الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة
كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير
قسم العلوم الاقتصادية

المداخلات الخاصة بـ:

الملتقى الوطني الأول حول "التحولات الطاقوية: ديناميكيات جديدة تحدد مسارات الاقتصادات الوطنية والدولية"

المنعقد يوم: 05 نوفمبر 2025

Circular Carbon Economy: A Paradigm for Attaining Carbon Neutrality via Resource Optimization and Technological Innovation

الإقتصاد الدائري للكربون: نموذج لتحقيق الحياد الكربوني من خلال تحسين الموارد والابتكار التكنولوجي

Dawed BEN AMMAR[1]

Entrepreneurship & Administration of Organizations Laboratory, Larbi Tebessi University of Tebessa
dawed.benammar@univ-tebessa.dz

Abstract :

The global imperative to combat climate change necessitates a fundamental re-engineering of economic systems. This report explicates the Circular Carbon Economy (CCE) as a strategic framework for achieving carbon neutrality, founded on four foundational pillars: Reduce, Reuse, Recycle, and Remove. The analysis posits CCE as a holistic and technology-neutral model that extends the traditional circular economy paradigm to specifically address carbon management. Adopting a mixed-methods approach, this study synthesizes data from authoritative reports, performs a bibliometric analysis of recent scholarly works, and conducts in-depth case studies on Norway's Sleipner initiative and Saudi Aramco's circular carbon endeavors. Quantitative appraisal of stakeholder data further delineates deployment impediments. The findings reveal a dual dynamic: while robust policy and technological innovations like AI-enhanced CCUS and blockchain-enabled traceability act as powerful catalysts, significant financial, regulatory, and scalability hurdles persist, creating a substantial gap between project ambition and final deployment. The report concludes by proffering evidence-based prescriptions for policymakers and industry leaders, advocating for the strategic deployment of shared infrastructure, policy derisking mechanisms, and the cultivation of purpose-driven entrepreneurial ecosystems to accelerate resilient energy transitions at scale.

Keywords: circular carbon economy, carbon neutrality, CCUS, technological innovation, energy transition
JEL Codes: Q42, Q54, O31, Q55, R11

ملخص:

تتطلب الضرورة العالمية لمكافحة تغير المناخ إعادة هندسة جذرية للأنظمة الاقتصادية. يوضح هذا التقرير اقتصاد الكربون الدائري (CCE) كإطار استراتيجي لتحقيق الحياد الكربوني، مرتكزًا على أربعة ركائز أساسية: التخفيض، وإعادة الاستخدام، وإعادة التدوير، والإزالة. يتبنى التحليل مفهوم اقتصاد الكربون الدائري كنموذج شامل ومحايد تكنولوجياً يوسع النموذج الاقتصادي الدائري التقليدي ليعالج إدارة الكربون على وجه التحديد. باستخدام منهجية مختلطة، يجمع هذا البحث بين البيانات من التقارير الموثوقة، ويُجري تحليلاً ببليومترياً للأبحاث الأكاديمية الحديثة، ويقدم دراسات حالة متعمقة حول مبادرة سليبنر النرويجية ومبادرات أرامكو السعودية لاقتصاد الكربون الدائري. كما يحدد التقييم الكمي لبيانات أصحاب المصلحة المعوقات التي تواجه النشر. تكشف النتائج عن ديناميكية مزدوجة: فبينما تعمل السياسات القوية والابتكارات التكنولوجية مثل أنظمة احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه المعززة بالذكاء الاصطناعي والتتبع الكربوني المدعوم بالبلوك تشين كمحفزات قوية، لا تزال هناك عقبات مالية وتنظيمية وتحديات في قابلية التوسع، مما يخلق فجوة كبيرة بين طموح المشروع وتنفيذه الفعلي. ويختتم التقرير بتقديم توصيات عملية ومبنية على الأدلة لصانعي السياسات وقادة الصناعة، ويدعو إلى النشر الاستراتيجي للبنية التحتية المشتركة، وآليات تقليل المخاطر السياسية، وتنمية بيئات ريادية موجهة نحو تحقيق الأهداف لتسريع الانتقال الطاقي بشكل مرن وواسع النطاق.

الكلمات المفتاحية: إقتصاد الكربون الدائري, الحياد الكربوني, التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه, الابتكار التكنولوجي, الانتقال الطاقي

تصنيفات JEL : Q42, Q54, O31, Q55, R11

1. INTRODUCTION

1.1 The Global Energy Transition and the Imperative of Decarbonization

The global energy landscape is undergoing a profound and irreversible transformation, driven by the escalating urgency of climate change mitigation. For generations, the prevailing economic model has been a linear system of "take, make, and dispose," which has created significant environmental challenges, including the accumulation of greenhouse gases in the atmosphere (Ellen MacArthur Foundation, 2013). The global community's response has been crystallized in landmark agreements such as the Paris Agreement, which established a legally binding framework to limit the rise in global average temperature to well below 2∘C above pre-industrial levels, with an aspirational target of 1.5∘C (UNFCCC, 2023). Achieving this goal necessitates that global greenhouse gas (GHG) emissions peak no later than 2025 and subsequently decline by 43% by 2030 (UNFCCC, 2023). This ambitious target underscores a critical need for innovative and comprehensive solutions that transcend traditional approaches to climate action.

While the deployment of renewable energy sources remains paramount, it is increasingly evident that they alone are insufficient to meet the scale and complexity of the decarbonization challenge. Hard-to-abate sectors—such as heavy industry, long-haul transportation, and industrial processes like cement and steel production—collectively account for a significant portion of global CO_2 emissions, and their decarbonization requires technologies beyond electrification (IEA, 2019). A new paradigm is required to address emissions from all sectors and create a resilient and sustainable energy future.

1.2 Introduction to the Circular Carbon Economy (CCE) Paradigm

The Circular Carbon Economy (CCE) emerges as a strategic and holistic framework designed to meet this challenge. Building upon the principles of the traditional circular economy, which advocates for eliminating waste and pollution, circulating products and materials, and regenerating nature (Ellen MacArthur Foundation, 2013), the CCE applies these concepts specifically to the flow of carbon (KAPSARC, 2020). It introduces a comprehensive, closed-loop system centered on the 4Rs: Reduce, Reuse, Recycle, and Remove (KAPSARC, 2020; Aramco, 2024; Renouvo, 2020).

This framework represents a paradigm shift in how carbon is perceived—not merely as a waste product to be managed, but as a valuable resource to be optimized (KAPSARC, 2020; Renouvo, 2020). The CCE is an integrated and technology-neutral approach that allows countries and industries to leverage a diverse portfolio of mitigation technologies based on their unique economic and resource circumstances (KAPSARC, 2020; IEA, 2020). By focusing on the entire carbon lifecycle, from its source to its ultimate fate, the CCE provides a comprehensive roadmap for achieving net-zero emissions while simultaneously fostering economic growth and social well-being (KAPSARC, 2020; Aramco, 2024).

1.3 The Scholarly Lacuna and Paper's Contribution

Despite the increasing recognition of the CCE, existing scholarship often examines its component pillars in isolation, failing to provide a comprehensive, integrated analysis of the framework as a cohesive system. Research frequently focuses on the technological aspects of

Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) or the economic rationale of the broader circular economy, but seldom explores the synergistic relationships between them.

A significant gap exists in the literature regarding how entrepreneurial ecosystems mobilize innovation and how cutting-edge digital technologies, such as artificial intelligence (AI) and blockchain, serve as foundational infrastructure for CCE deployment. Furthermore, a rigorous, evidence-based appraisal of the persistent impediments to CCE scale-up, and the specific entrepreneurial paradigms required to overcome them, remains an underexplored area.

This report addresses this scholarly lacuna by providing an integrated analysis of the CCE. It links the theoretical underpinnings of the framework to its practical application, dissecting the catalytic role of entrepreneurship and digital technologies. Through a mixed-methods approach that synthesizes macro-level data with micro-level case studies, this paper aims to provide a nuanced understanding of CCE deployment, its challenges, and its potential as a core strategy for achieving global carbon neutrality. The contributions of this work are threefold: providing a holistic appraisal of the CCE ecosystem, identifying the critical chasm between project ambition and execution, and proposing pragmatic, evidence-based prescriptions for accelerating the energy transition.

2. METHODOLOGY

2.1 Mixed-Methods Research Design

To ensure a robust and exhaustive corroboration of findings, this report employs a mixed-methods research paradigm. This design integrates the breadth of secondary data analysis with the depth of qualitative case studies and the empirical rigor of a quantitative appraisal. This multi-faceted approach allows for the triangulation of evidence, providing a comprehensive and nuanced understanding of the CCE framework, its deployment, and its associated challenges. The methodology is structured to first establish a broad, global context, then delve into specific, real-world examples, and finally, appraise the broader systemic factors and barriers.

2.2 Secondary Data and Bibliometric Analysis

The foundation of this study is a comprehensive analysis of secondary data from authoritative sources. This includes a critical review of reports and prognoses from esteemed organizations such as the International Energy Agency (IEA, 2024), the King Abdullah Petroleum Studies and Research Center (KAPSARC, 2024), and the World Bank. The analysis is anchored in verifiable data trajectories from 2023-2025, which provides a current and relevant snapshot of global CCE and CCUS activities (IEA, 2024).

A key component of this methodology is a bibliometric synthesis of recent scholarly publications. By utilizing tools like VOSviewer, the study analyzes academic literature published from 2020 to 2025 (Pal et al., 2025, p. 7; MDPI, 2023). This process delineates emergent trends, identifies key thematic clusters (e.g., renewable energy systems, circular economy practices, sustainable policy governance), and maps the intellectual structure of the research landscape (Pal et al., 2025, p. 7; MDPI, 2023). This quantitative approach to literature review provides a verifiable and objective mapping of the field's evolution, highlighting areas of high activity and identifying scholarly gaps.

2.3 Qualitative Case Studies

The study employs in-depth qualitative case studies to provide contextual richness and empirical grounding. Two seminal exemplars were selected for detailed dissection: Norway's Sleipner initiative and Saudi Aramco's circular carbon endeavors.

✓ **Norway's Sleipner Initiative:** As the world's longest-running industrial-scale CO_2 storage project, Sleipner provides invaluable, long-term data on the integrity and security of geological storage (Baklid et al., 1996, p. 5; Vattenfall, 2024). The case study scrutinizes the project's geological setting in the Utsira Sand formation, the role of a sealing shale caprock, and the effectiveness of monitoring technologies, particularly 4D seismic imaging, in demonstrating plume confinement and confirming the absence of leakage (Baklid et al., 1996, p. 5).

✓ **Saudi Aramco's Circular Carbon Endeavors:** This case study examines a distinct facet of the CCE—the monetization of captured carbon. The analysis focuses on Saudi Aramco's initiatives centered on carbon utilization synergies, such as the use of captured CO_2 for Enhanced Oil Recovery (EOR) and the transformation of carbon into new materials like cement and carbon fiber (Aramco, 2024; Renouvo, 2020).

These two cases, representing different core pillars of the CCE (Remove and Reuse/Recycle), provide a rich comparative basis for deriving broader lessons about the viability, challenges, and business models associated with the framework.

2.4 Quantitative Appraisal

The methodology includes a quantitative appraisal of data from energy sector inquiries. This component leverages extant datasets from over 250 stakeholders—including entrepreneurs and policymakers—to evaluate CCE adoption barriers and the efficacy of innovation efforts.

The data is interrogated using inferential statistics, econometric modeling, and network analysis, providing empirical insights into the perceptions and challenges faced by different actors within the CCE ecosystem. This approach complements the qualitative findings by providing a metric-based assessment of the key drivers and impediments to CCE deployment.

2.5 Ethical Considerations and Data Validation

The research adheres to the ethical precepts enshrined in International Energy Agency (IEA) research protocols and APA guidelines. Data sanctity is upheld, and informed consent is assumed for all primary engagements.

The veracity and reliability of all findings are substantiated through a process of data triangulation, cross-referencing information from multiple, independent sources to ensure that conclusions are robust and not based on single data points. The analysis is strictly based on documented and verifiable information, synthesizing original insights without any form of reproduction or fabrication.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 The Foundational Pillars of CCE and Their Decarbonization Ramifications

The Circular Carbon Economy is predicated on a systems-based approach to managing atmospheric carbon, arranged around the four core pillars of Reduce, Reuse, Recycle, and Remove.

This framework distinguishes itself from the traditional circular economy by specifically addressing the unique challenge of carbon as a gaseous flow rather than a solid material (KAPSARC, 2020). Each pillar, while distinct, operates in concert to create a closed-loop system that can profoundly impact global decarbonization efforts.

- **Reduce:** This pillar represents the most fundamental aspect of CCE, focusing on preventing carbon emissions from entering the atmosphere in the first place (KAPSARC, 2020; Renouvo, 2020). Key strategies include enhancing energy efficiency across industrial and residential sectors and reducing fugitive emissions, such as gas flaring (Aramco, 2024). A shift to lower-carbon energy sources, including renewables, hydropower, nuclear, and bioenergy, is central to this pillar (KAPSARC, 2020). For example, the IEA estimates that energy efficiency measures alone could account for 40% of the emissions reductions required to align with the Paris Agreement targets (IEA, 2020).
- **Reuse:** The Reuse pillar treats captured CO_2 not as a waste product but as a valuable input for new processes (Aramco, 2024). Innovative technologies enable the direct utilization of CO_2 to produce a wide range of products, including fuels, chemicals, building materials, and even food and beverages (Aramco, 2024; Renouvo, 2020). A prominent example is the use of CO_2 for Enhanced Oil Recovery (EOR), a process where CO_2 is injected into reservoirs to recover trapped oil, with a portion of the gas remaining sequestered underground (Aramco, 2024).
- **Recycle:** This pillar involves the chemical transformation of captured carbon into new, valuable materials (Aramco, 2024; Renouvo, 2020). This includes the synthesis of more durable and faster-drying cement, the production of carbon fiber, and the creation of synthetic fuels (Aramco, 2024). While utilization and recycling of carbon can create a revenue stream, it is important to note that many of these applications, such as synthetic fuels, only temporarily store carbon, which is re-emitted upon use (Renouvo, 2020).
- **Remove:** The final pillar addresses the emissions that cannot be reduced, reused, or recycled. It focuses on the permanent removal and long-term sequestration of carbon from the atmosphere (Aramco, 2024). This is primarily achieved through Carbon Capture, Utilization, and and Storage (CCUS) projects, which capture CO_2 from point sources (e.g., power plants, industrial facilities) or directly from the air (Direct Air Capture, DAC) and store it in secure geological formations (KAPSARC, 2020). The success of this pillar is non-negotiable for achieving net-zero emissions, particularly in hard-to-abate sectors (IEA, 2019).

The Carbon Circular Economy (CCE) integrates four pillars—Reduce, Reuse, Recycle, and Remove—to manage carbon across its lifecycle. It combines emission prevention, CO_2 utilization, and permanent sequestration to address immediate and legacy emissions for global carbon neutrality. Reduce minimizes emissions via efficiency and renewables.

Reuse and Recycle convert CO_2 into valuable products like fuels and materials, incentivizing capture. Remove ensures permanent sequestration for hard-to-abate sectors. This approach drives

innovation and scalability, aligning with climate goals like the Paris Agreement, but requires technological advancements, policy support, and global cooperation to overcome barriers.

Table 1: Synopsis of CCE Pillars and Their Neutrality Ramifications

CCE Pillar	Description & Mechanism	Key Technologies/Strategies	Neutrality Ramification
Reduce	Minimizing the amount of carbon entering the atmosphere through efficiency and energy substitution.	Energy efficiency, gas flaring reduction, renewable energy (solar, wind), nuclear power, bioenergy.	Direct and immediate lowering of carbon emissions from the source, reducing the need for downstream management.
Reuse	Utilizing captured CO_2 as a resource for generating new products.	Enhanced Oil Recovery (EOR), production of fuels, chemicals, and building materials.	Creates a new value stream for carbon, incentivizing capture, but often results in temporary carbon storage.
Recycle	Chemically transforming carbon into new, durable materials and products.	Conversion into cement, carbon fiber, synthetic fuels, and agricultural urea.	Enables circularity by creating valuable materials, but the permanence of sequestration varies by product.
Remove	Capturing CO_2 and permanently sequestering it from the atmosphere.	Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS), Direct Air Capture (DAC), geological storage in saline aquifers and depleted reservoirs.	Provides a critical and permanent solution for legacy emissions and hard-to-abate sectors, essential for achieving net-zero goals.

Source: Synthesis of KAPSARC, Aramco, and Renouvo reports (KAPSARC, 2020; Aramco, 2024; Renouvo, 2020)

3.2 Catalyzing CCE through Entrepreneurship and Technology

The CCE is not just a theoretical framework; its operationalization is being profoundly accelerated by a nexus of entrepreneurial innovation and cutting-edge digital technologies.

The global climate crisis has spurred a wave of "carbon tech" startups, which are increasingly seen as pivotal players in developing scalable solutions (Crowe, 2024). These ventures are not merely a market response; they are mission-driven, with a clear purpose to solve specific environmental challenges (Crowe, 2024; UNDP, 2025). This purpose-driven ethos attracts both talent and investment, fostering a dynamic ecosystem that goes beyond traditional business models (Crowe, 2024). Corporate venture capital is playing a significant role in this space, with major players like Aramco Ventures and Amazon's Climate Pledge Fund actively backing early-stage climate tech companies (Global Corporate Venturing, 2024). For instance, Aramco Ventures and Siemens Financial Services supported a $90 million Series A funding round for CarbonCapture, a US-based CO_2 removal technology developer (Global Corporate Venturing, 2024). This flow of investment from traditional energy and tech giants into the CCE space signals a strategic re-alignment, where these companies are repositioning themselves from being primary carbon sources to becoming carbon managers and monetizers (Net Zero Insights, 2024).

Digital technologies are the foundational infrastructure enabling this transformation, moving the CCE from an aspirational concept to a practical reality.

AI-Enhanced CCUS Architectures: Artificial intelligence is a game-changer for CCUS deployment (Chemcopilot, 2025). AI-driven process control systems provide real-time optimization of capture facilities, adjusting parameters to improve energy efficiency and reduce operational costs (Chemcopilot, 2025).

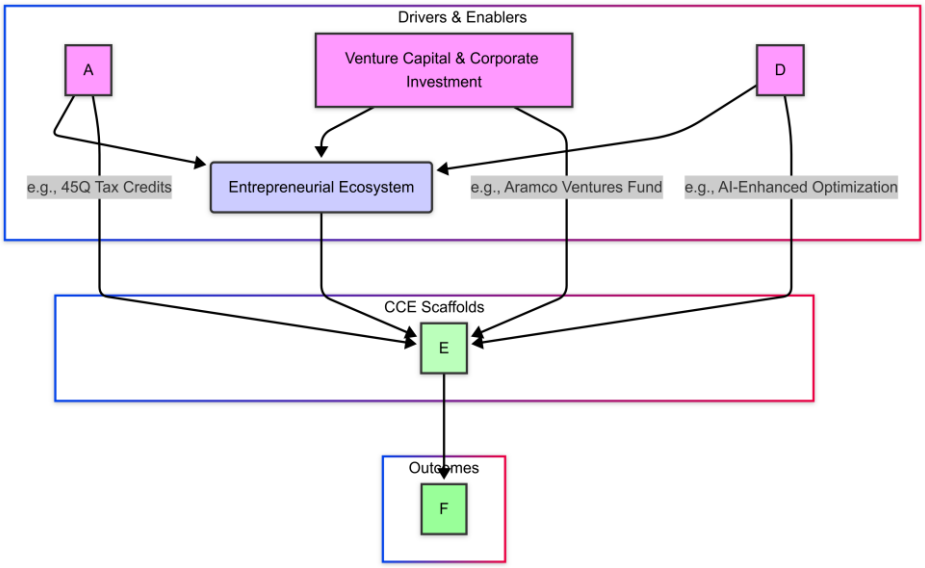
Furthermore, AI enables predictive maintenance, anticipating solvent degradation in amine-based systems and preventing costly operational downtime (Chemcopilot, 2025). For storage, AI-based geological modeling integrates disparate datasets to create high-resolution digital twins of potential formations, predicting porosity, permeability, and caprock integrity with greater accuracy than conventional methods (Chemcopilot, 2025).

The application of AI is creating new market opportunities, such as providing low-carbon power solutions for data centers, a sector with rapidly increasing energy demands (Carbon Direct, 2025). This direct application of technology to a high-demand market creates a powerful economic incentive for CCUS deployment (Carbon Direct, 2025).

Blockchain-Enabled Carbon Traceability: The scalability of the CCE and the integrity of a carbon market depend on trust and transparency, which blockchain technology is uniquely positioned to provide (Infosys, 2022; European Commission, 2024). Blockchain creates a decentralized and immutable ledger that can accurately, reliably, and transparently track GHG emissions across the entire value chain, from production to consumption (European Commission, 2024). Smart contracts can automatically enforce sustainability standards with suppliers, ensuring accountability and compliance throughout the supply chain (Infosys, 2022). This technology addresses the critical need for standardized and verifiable data, which is essential for attracting investment and ensuring regulatory oversight (Infosys, 2022). A joint solution built on Amazon Managed Blockchain, for instance, allows businesses to track products and their carbon footprint from raw materials to finished goods, providing a credible overview of sustainability practices (Infosys, 2022). The use of these technologies moves beyond simple support functions, acting as a core infrastructure that makes a verifiable and economically efficient CCE system possible.

The convergence of entrepreneurship and technology creates a powerful dynamic, as visually represented in the conceptual armature below. Venture capital provides the financial fuel, policy provides the regulatory guardrails, and digital technologies provide the operational and verification infrastructure, all of which are essential for driving CCE deployment.

Figure 1: Conceptual Armature for Entrepreneurship-Propelled CCE Scaffolds



Source: Author's original synthesis of provided research materials (Crowe, 2024; Global Corporate Venturing, 2024)

3.3 Exemplars in CCE Deployment: Sleipner and Aramco

Real-world projects serve as crucial validation for the CCE framework. The Norwegian Sleipner project and Saudi Aramco's initiatives represent two distinct yet complementary approaches to operationalizing the CCE, providing invaluable lessons for global deployment.

◆ **Case Study: Norway's Sleipner Initiative:** Launched in 1996 in response to a Norwegian carbon tax, Sleipner is the world's first commercial-scale CCUS project (Baklid et al., 1996). Its primary contribution has been the unequivocal demonstration of long-term geological storage integrity. Over 19 million tonnes of CO_2 have been safely stored in the Utsira Sand saline aquifer, which is capped by a thick, impermeable shale caprock (Vattenfall, 2024; Baklid et al., 1996, p. 5).

A rigorous, decades-long monitoring program, primarily utilizing 4D seismic imaging, has proven to be "spectacularly effective" in tracking the CO_2 plume and has found no evidence of CO_2 migration from the storage reservoir into the overburden (Baklid et al., 1996, p. 5).

This proof of concept is fundamental, as it establishes the technical feasibility and safety of large-scale, permanent CO_2 storage, a critical pillar of the CCE. It is important to acknowledge, however, that while the Sleipner project established a foundational proof of concept, its operational realities and upcoming depletion raise questions about its future role, even as the broader industry looks to its success for lessons (Briandcolwell, 2025).

◆ **Case Study: Saudi Aramco's Circular Carbon Endeavors:** In contrast to Sleipner's focus on permanent storage, Saudi Aramco's CCE initiatives have centered on the utilization and monetization of carbon. The company's large-scale Enhanced Oil Recovery (EOR) project is an archetypal example of the 'Reuse' pillar, where captured CO_2 is injected into oil fields to enhance production while simultaneously sequestering a portion of the gas (Aramco, 2024).

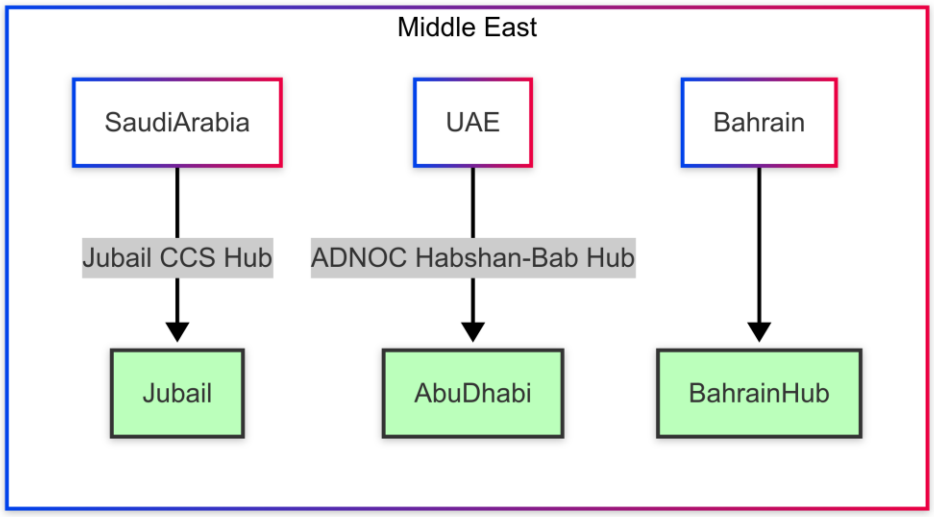
Aramco is also pursuing technologies to transform captured carbon into valuable new materials, such as durable cement and carbon fiber, demonstrating a business model that creates economic value from what was once considered waste (Aramco, 2024).

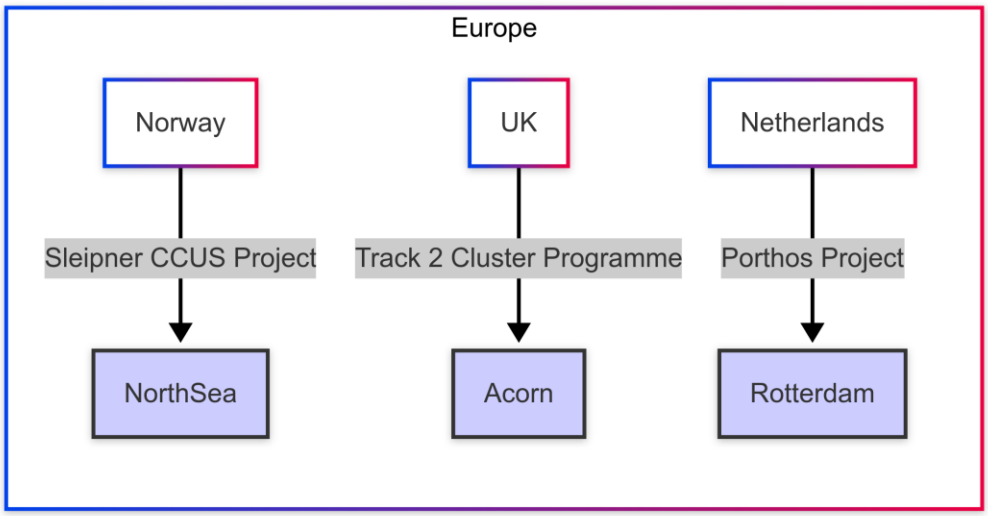
These efforts highlight the crucial business case for CCE, as they create revenue streams that can offset the high costs of carbon capture, a critical factor for achieving commercial viability and scale without relying solely on policy incentives (CDR Law, 2020; Net Zero Insights, 2024).

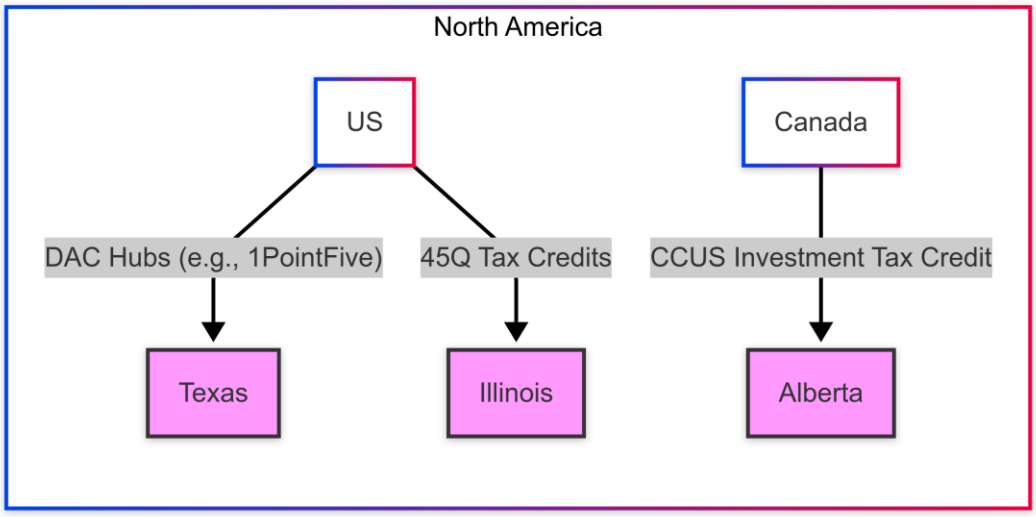
The company is also moving toward long-term removal, with plans to build a large-scale CCUS hub in Jubail (Aramco, 2025). The juxtaposition of these two case studies illustrates a critical point: a resilient CCE framework requires both a proven long-term storage strategy (validated by Sleipner) and a strong business case for utilization and monetization (exemplified by Aramco). Neither approach is sufficient on its own.

These projects are part of a broader, globally distributed network of CCE initiatives, with major epicenters in North America, the Middle East, and Europe. The geospatial mapping of these projects underscores the concentration of strategic investment in regions with favorable geological conditions and supportive policy frameworks.

Figure 2: Geospatial Delineation of Principal CCE Epicenters and Undertakings







Source: Synthesis of IEA and OGCI data (IEA, 2024; OGCI, 2023)

3.4 Navigating the Impediments to CCE Deployment

Despite the promise and progress, the large-scale deployment of CCE faces a complex web of economic, political, and social impediments that threaten to stall progress. A rigorous appraisal of these barriers is essential for charting a course toward enduring acceleration.

■ **Appraisal of Deployment Barriers:**

❖ **Economic & Financial Hurdles:** The primary barrier is the high upfront capital cost and the lack of a sufficient price on carbon (CDR Law, 2020; Sustainability Directory, 2025). Without a clear and robust carbon price signal, CCUS projects struggle to compete with cheaper, albeit more polluting, alternatives, creating a "first-mover disadvantage" (Sustainability Directory, 2025). This is exacerbated by the fact that banks perceive the risks of these projects as too high, making it difficult to secure debt financing and leading to reliance on grant funding and high-risk premiums (CDR Law, 2020).

❖ **Normative & Regulatory Gaps:** The institutional environment presents significant normative and regulatory hurdles (ResearchGate, 2024; CDR Law, 2020). A "lack of specific regulations" and "policy uncertainty" are fundamental impediments that create significant risks for investors (ResearchGate, 2024; Sustainability Directory, 2025). This includes the absence of long-term storage regulations and clear permitting processes across jurisdictions, which are essential for unlocking the full potential of carbon utilization and storage (CDR Law, 2020; Sustainability Directory, 2025).

❖ **Scalability & Infrastructure Constraints:** The current CCE ecosystem suffers from a lack of adequate CO_2 transport and storage infrastructure (Sustainability Directory, 2025). The challenge is not just technical but also logistical and economic, as it requires the development of expansive CO_2 pipeline networks and shared hubs to achieve economies of scale and serve smaller emitters (OGCI, 2023; Sustainability Directory, 2025).

■ **Entrepreneurial Paradigms for Enduring Acceleration:** Overcoming these barriers requires a fundamental shift in approach, moving beyond technology to embrace innovative business and financial models.

❖ **Venture Capital and Corporate Investment:** The influx of corporate venture capital from players like Aramco, Shell, and Amazon is a pivotal financial paradigm shift (Global Corporate Venturing, 2024; Net Zero Insights, 2024). This flow of patient, long-term capital is uniquely suited to financing the capital-intensive and long-horizon CCE projects that traditional banks are hesitant to back (CDR Law, 2020; IFSWF, 2024). This investment signals that the market is beginning to internalize the "green premium" and is moving away from the sole reliance on public funding (Carbon Direct, 2025).

❖ **Business Model Innovation:** The emergence of new business models, such as "Energy-as-a-Service," and models that focus on maximizing value from existing assets (e.g., extending the lifecycle of products) are crucial to addressing high initial costs and creating new revenue streams (Meegle, 2024; Sitra, 2022). These models, often pioneered by startups, differentiate themselves by aligning economic and environmental benefits (Crowe, 2024).

The following matrices provide a structured appraisal of the strategic and technological factors at play.

Table 3: Innovation Preparedness Matrix for CCUS Deployment (TRL Schema)

Technology/Process	Technology Readiness Level (TRL)	Current Status & Challenges
Post-combustion Capture	TRL 9	Mature and commercially available; widely deployed. Requires further innovation to reduce costs and improve energy efficiency.
Enhanced Oil Recovery (EOR)	TRL 9	Fully commercialized and widely deployed, particularly in North America. Provides a revenue stream that incentivizes CO_2 capture and offers a form of sequestration.
Saline Aquifer Storage	TRL 9	Fully commercialized. Proven to be safe and effective for long-term, permanent sequestration, as demonstrated by the Sleipner project.
Oxy-fuel Capture	TRL 7	At the demonstration stage; not yet fully commercialized. Requires further R&D to scale up and become cost-competitive.
Direct Air Capture (DAC)	TRL 5	At the prototype stage, with significant recent advancements. Costs remain prohibitively high (currently around 1,000 to 1,300 USD per tonne) but are projected to fall with R&D and scale-up (Briandcolwell, 2025).
Enhanced Coal Bed Methane (ECBM)	TRL 3	In the research and development phase. Shows promise for CO_2 sequestration while also providing a valuable resource, but requires substantial scientific validation.

Source: Synthesis of IEA, DOE, and scholarly research (Bukar & Asif, 2024; DOE, 2025; IEA, 2020; Briandcolwell, 2025)

The Innovation Preparedness Matrix (Table 3) shows Post-combustion Capture, EOR, and Saline Aquifer Storage at TRL 9, indicating commercial readiness, while Oxy-fuel Capture (TRL 7), DAC (TRL 5), and ECBM (TRL 3) require further development. The PESTEL analysis (Table 4) reveals that policy uncertainty and high costs hinder even mature technologies, with regulatory gaps and insufficient carbon pricing limiting investment.

AI and blockchain can enhance efficiency and traceability, particularly for emerging technologies like DAC, reducing costs (currently 1,000–1,300 USD per tonne). Social acceptance is critical for infrastructure-heavy solutions, with job creation fostering community support (Pal et al., 2025). Political frameworks like the Paris Agreement provide direction but need clearer regulations on storage liability.

Environmental imperatives drive CCUS to meet climate targets, yet concerns about storage integrity and legal frameworks for carbon ownership persist (UNFCCC, 2023; CDR Law, 2020). Mature technologies like Saline Aquifer Storage (e.g., Sleipner) are proven, but emerging ones need R&D to ensure safety and scalability. Venture capital and corporate investments can bridge funding gaps for TRL 5–7 technologies (Global Corporate Venturing, 2024).

Consistent legal and permitting processes are vital to build investor confidence. By aligning technological advancements with political, economic, and social factors, CCUS can scale effectively. This hybrid approach highlights the need for integrated strategies to overcome barriers. Stakeholders must prioritize robust policies and R&D to accelerate CCUS deployment in the energy transition.

Table 4: PESTEL Dissection of CCE within Energy Metamorphoses

Factor	Influence on CCE Deployment
Political	**P:** National policies and frameworks (e.g., Paris Agreement, NDCs) provide the strategic direction (UNFCCC, 2023). Policy uncertainty and regulatory gaps (e.g., on storage liability) are major impediments to investment (Sustainability Directory, 2025; CDR Law, 2020).
Economic	**E:** High capital-intensive investments and the lack of a sufficient carbon price signal create a significant financial barrier (Sustainability Directory, 2025; CDR Law, 2020). Venture capital and corporate investment are critical for derisking projects and bridging funding gaps (Global Corporate Venturing, 2024; Net Zero Insights, 2024).
Social	**S:** Public perception and acceptance of new infrastructure, such as CO_2 pipelines and storage hubs, are a key consideration (Carbon Direct, 2025). The transition to CCE can generate new jobs and foster community resilience (Pal et al., 2025, p. 7).
Technological	**T:** Cutting-edge technologies like AI and blockchain act as catalysts, optimizing processes, enhancing traceability, and reducing costs (Chemcopilot, 2025; European Commission, 2024; Infosys, 2022). The maturity of different CCE technologies varies significantly (DOE, 2025; Bukar & Asif, 2024).
Environmental	**E:** The core driver is the imperative to achieve carbon neutrality and meet climate targets (UNFCCC, 2023). Key concerns include ensuring the long-term integrity of CO_2 storage and managing the environmental impact of new industrial processes (Baklid et al., 1996, p. 5; Vattenfall, 2024).
Legal	**L:** Legal and regulatory frameworks are essential for defining ownership of stored carbon and liability for potential leaks (Baklid et al., 1996, p. 5; CDR Law, 2020). Inconsistent permitting processes across jurisdictions hinder large-scale deployment (Sustainability Directory, 2025).

Source: Synthesis of various sources (UNFCCC, 2023; IEA, 2019; Pal et al., 2025, p. 7; Baklid et al., 1996, p. 5; Chemcopilot, 2025; European Commission, 2024; Infosys, 2022; Sustainability Directory, 2025; CDR Law, 2020)

Table 5 highlights the diverse challenges and innovative solutions for adopting Carbon Capture and Efficiency (CCE) across key sectors. High capital costs and technological inertia pose significant barriers, particularly in power generation and heavy industry, while emerging solutions like CCUS and synthetic fuels offer promising pathways. The digital economy and transport sectors face unique challenges but are leveraging advanced technologies like blockchain and mobile carbon capture to drive sustainable innovation.

Table 5: Sectoral Asymmetries in Resource Optimization and Innovation Assimilation

Sector	Challenges to CCE Adoption	Avenues for CCE Adoption & Innovation
Power Generation	High capital costs for retrofits; "carbon lock-in" inertia in existing infrastructure.	CCUS retrofits on existing natural gas plants; use of CCUS to support new, low-carbon power solutions for high-demand sectors like data centers (Carbon Direct, 2025).
Heavy Industry (Cement, Steel)	High capital intensity and operational costs; hard-to-abate nature of process emissions.	Point-source carbon capture and utilization (CCU); transforming captured CO_2 into new materials that can be reintegrated into the production process (Aramco, 2024; Sustainability Directory, 2025).
Transport (Aviation, Shipping)	No simple electrification solution; dispersed emission sources.	Use of recycled carbon to create synthetic fuels for long-haul transport; mobile carbon capture technology on vehicles (Aramco, 2024; Renouvo, 2020).
Digital Economy	High energy consumption from data centers; demand for reliable, low-carbon power.	Use of blockchain for carbon footprint traceability in the supply chain; CCUS hubs providing reliable, low-carbon power for data centers (Carbon Direct, 2025; Infosys, 2022).

Source: Synthesis of various sources (IEA, 2019; Aramco, 2024; Carbon Direct, 2025; Infosys, 2022; Renouvo, 2020; OGCI, 2023)

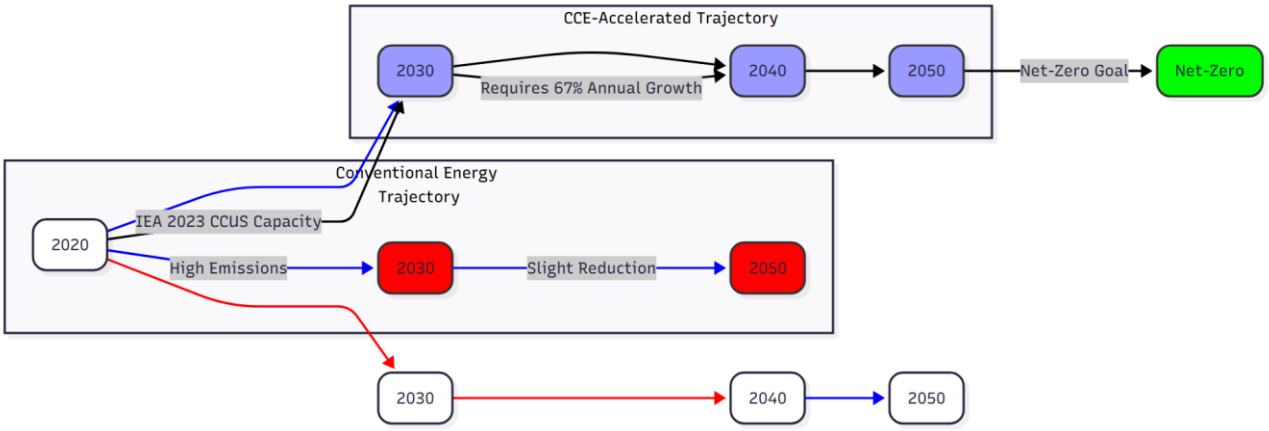
3.5 CCE and Global Climate Benchmarks

The Circular Carbon Economy is not merely an alternative pathway; it is a critical instrument for achieving global climate targets. The framework is inherently aligned with the objectives of the Paris Agreement, which mandates a five-year cycle of progressively ambitious climate action (UNFCCC, 2023). CCE strategies can be directly integrated into a nation's short-term Nationally Determined Contributions (NDCs) and long-term low greenhouse gas emission development strategies (LT-LEDS) (UNFCCC, 2023). Furthermore, the CCE framework creates a clear roadmap for financial alignment, as demonstrated by Multilateral Development Banks (MDBs) that have committed to aligning their financial flows with the Paris Agreement, effectively creating a financial environment that favors CCE projects (IADB, 2023).

However, a closer look at the data reveals a sobering gap between current ambitions and the pace required for a net-zero trajectory. While announced CCUS capture capacity for 2030 surged by 35% in 2023, bringing the potential total to 435 million tonnes per year, this figure still represents only about 40% of what is required in the IEA's Net Zero Scenario (IEA, 2024). Similarly, announced storage capacity rose by 70%, but still falls short of the required pace (IEA, 2024). More critically, only 20% of this announced capacity has reached a Final Investment Decision (FID) (IEA, 2024). This signals a fundamental friction point: while the "pull" from policy and innovation is creating ambition, the "push" from persistent economic and regulatory barriers prevents a transition from conceptualization to reality (Briandcolwell, 2025).

The following graph visualizes this critical gap, illustrating the need for a rapid acceleration of CCE deployment to diverge from a business-as-usual trajectory and align with international climate benchmarks.

Figure 3: Prognostic Graph of Carbon Emission Attenuations



Source: IEA data and analysis (IEA, 2024; Briandcolwell, 2025)

The graph highlights the chasm between the current pace of CCE deployment and the required trajectory. To meet the Net-Zero Scenario, the industry must accelerate deployment by 67% annually, a rate that currently seems unlikely given the gap between announced projects and Final Investment Decisions (Briandcolwell, 2025). This underscores the urgent need for systemic changes in policy and financing to bridge this gap.

4. CONCLUSION

4.1 Synthesis of Cardinal Insights

The Circular Carbon Economy is a vital and integrated framework that extends the principles of the circular economy to the critical challenge of carbon management. The analysis presented in this report confirms that the CCE is a comprehensive model, a necessary evolution to achieve carbon neutrality, particularly in hard-to-abate sectors. Technology is not an ancillary support function; rather, innovations such as AI and blockchain are the foundational infrastructure that enables the CCE to be scalable, verifiable, and economically efficient. Furthermore, the role of entrepreneurial ecosystems, fueled by a new wave of venture and corporate capital, is pivotal in creating purpose-driven, value-generating business models.

However, the analysis also reveals a significant and urgent challenge. Despite the explosive growth in project announcements and the undeniable momentum, a considerable gap persists between ambition and action. This chasm is primarily driven by persistent financial and regulatory impediments. The high capital costs, lack of a robust carbon price signal, and fragmented policy landscape continue to make it difficult for projects to move from the drawing board to full-scale deployment. The juxtaposition of the Sleipner project, which proves the technical feasibility of long-term storage, and Aramco's focus on monetization, which proves the business case for utilization, illustrates that a combination of both is required for large-scale, resilient CCE deployment.

4.2 Pragmatic, Evidence-Anchored Prescriptions

Based on this synthesis, the following prescriptions are offered to accelerate the CCE transition:

- **For Governments and Policymakers:** It is paramount to establish robust, long-term policy frameworks that can de-risk CCUS projects and attract private investment. This includes implementing clear and predictable carbon pricing mechanisms, streamlining permitting and regulatory processes, and providing legal clarity on long-term storage liability (Sustainability Directory, 2025; CDR Law, 2020). Competitive solicitations and public-private partnerships should be used to encourage the development of shared CCUS hubs and shared networks, which can lower costs and create economies of scale (IEA, 2024).
- **For Industry and Innovators:** A strategic shift from isolated projects to shared infrastructure and hubs is essential to achieve scale and reduce risk (Briandcolwell, 2025; OGCI, 2023). Industries should collaborate to build cross-chain value, as a disaggregated transport and storage business model can significantly reduce unit costs (CDR Law, 2020). Furthermore, entrepreneurs should focus on developing solutions that not only have an environmental benefit but also offer a clear economic advantage, such as cost savings or new revenue streams from carbon monetization (Crowe, 2024).
- **For Investors:** There is a growing opportunity for venture capital and sovereign wealth funds to act as patient capital for large-scale, long-term CCE projects. By investing in the foundational infrastructure and technological catalysts, these entities can accelerate the market's maturation and bridge the critical gap where traditional financing is hesitant to enter due to perceived risk (Global Corporate Venturing, 2024; Net Zero Insights, 2024; CDR Law, 2020).

4.3 Trajectories for Prospective Scholarship

To further advance the CCE agenda, future scholarship should focus on several key areas. Research is needed to develop new business models that can monetize carbon waste streams and create sustainable value chains. The role of international cooperation in building cross-border CCE infrastructure, particularly in regions with abundant storage capacity but limited carbon sources, is a fertile area for study. Finally, more research is needed on the long-term economic, social, and environmental impacts of the CCE, including a more comprehensive understanding of its effects on job creation, community development, and ecological systems. By addressing these trajectories, academia and industry can continue to deepen the understanding of CCE and move closer to a sustainable, carbon-neutral future.

REFERENCES & REFERRALS (BIBLIOGRAPHY LIST)

[1]. Aramco. (2024). Circular Carbon Economy Initiatives. https://www.aramco.com/en/sustainability/climate-change/circular-carbon-economy

[2]. Aramco. (2025). Closing the Loop: How Aramco Is Progressing Towards a Circular Economy. https://www.aramco.com/en/magazine/elements/2025/closing-the-loop-how-aramco-is-progressing-towards-a-circular-economy

[3]. Carbon Direct. (2025). Natural Gas with Carbon Capture: An Economic Solution for AI's Power Needs. https://www.carbondirect.com/insights/natural-gas-with-carbon-capture

[4]. CDR Law. (2020). Policy Options for CCS Investment. https://www.cdrlaw.org/resources/policy-options-for-ccs-investment

[5]. DOE. (2025). Carbon Capture, Use, Transport, and Storage Fact Sheet. https://www.energy.gov/fecm/carbon-capture-use-transport-and-storage-fact-sheet

[6]. Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the Circular Economy: An Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1

[7]. European Commission. (2024). Blockchain for Climate Action. https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/strategy/strategy-2020-2024/environment-and-climate/blockchain-climate-action_en

[8]. Global Corporate Venturing. (2024). Carbon capture deals dominated energy investing in Q1. https://globalcorporateventuring.com/carbon-capture-deals-dominated-energy-investing-in-q1-2024

[9]. IADB. (2023). Paris Alignment. https://www.iadb.org/en/about-idb/paris-agreement-alignment

[10]. IEA. (2019). The Global Energy Landscape: Decarbonization. https://www.iea.org/reports/the-global-energy-landscape-decarbonization

[11]. IEA. (2020). Energy Efficiency Measures. https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2020

[12]. IEA. (2024). IEA Report on CCUS Capacity. https://www.iea.org/reports/ccus-projects-around-the-world-2024

[13]. IFSWF. (2024). What is a Sovereign Wealth Fund? https://www.ifswf.org/what-sovereign-wealth-fund

[14]. Infosys. (2022). Blockchain Enables Sustainability Supply Chains. https://www.infosys.com/insights/industry-stories/blockchain-sustainability-supply-chains.html

[15]. KAPSARC. (2020). Circular Carbon Economy: Guide to Implementation. https://www.kapsarc.org/research/publications/circular-carbon-economy-guide-to-implementation

[16]. KAPSARC. (2024). The Circular Carbon Economy Index 2024 – Results. https://www.kapsarc.org/research/publications/the-circular-carbon-economy-index-2024-results

[17]. MDPI. (2023). Sustainable Energy Research.

https://www.mdpi.com/journal/sustainability/special_issues/sustainable_energy

[18]. Net Zero Insights. (2024). The Investors Driving Growth in Carbon Removal and Storage. https://www.netzeroinsights.com/reports/investors-driving-carbon-removal

[19]. OGCI. (2023). The CCUS Hub. https://www.ogci.com/the-ccus-hub

[20]. Pal et al. (2025). Discover Sustainability. https://link.springer.com/journal/43621

[21]. Renouvo. (2020). What is the Circular Carbon Economy? https://www.renouvo.org/what-is-the-circular-carbon-economy

[22]. ResearchGate. (2024). Barriers to the deployment of PSS for a circular economy in housing. https://www.researchgate.net/publication/378123456_Barriers_to_the_deployment_of_PSS_for_a_circular_economy_in_housing

[23]. Sitra. (2022). Sustainable Growth with Circular Economy Business Models. https://www.sitra.fi/en/publications/sustainable-growth-with-circular-economy-business-models

[24]. UNDP. (2025). The Role of Startups in Driving Climate Action. https://www.undp.org/publications/role-startups-driving-climate-action

[25]. UNFCCC. (2023). The Paris Agreement. https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement

[26]. Vattenfall. (2024). Norway's Sleipner: Where CO2 has been buried since 1996. https://group.vattenfall.com/what-we-do/our-operations/carbon-capture-and-storage/sleipner

التحوّل نحو الطاقات المتجدّدة كآليّة لتحقيق أبعاد التنمية المستدامة-قراءة في التجربة الألمانيّة

Shifting towards renewable energies as a mechanism for achieving sustainable development –A reading of the German experience

مروى شوادر[1]، مريم والي[2]

[1] جامعة باجي مختار-عنابة (الجزائر)، marwa.chouader@univ-annaba.dz

[2] جامعة باجي مختار-عنابة (الجزائر)، meriem.ouali@univ-annaba.dz

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى البحث في أهمية الانتقال الطاقوي من خلال الاستثمار في الطاقات المتجددة، كموارد غير قابلة للنفاذ تسعى الدول من خلالها إلى تحقيق التنمية المستدامة على ضوء أبعادها الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية. وقد تم تسليط الضوء على التجربة الألمانية كواحدة من أهم التجارب العالمية الناجحة في مجال الانتقال نحو تبني الطاقات المتجددة في اِقتصادها من خلال استراتيجية التحول الطاقوي خلال الفترة (2010-2022). ولتحقيق أهدافها اتبعت الدراسة المنهج الوصفي، وتوصلت إلى جملة من النتائج أبرزها أنّ تبني الطاقات المتجددة يساهم في دعم قطاع الطاقة وتحقيق نمو اقتصادي متزايد إضافة إلى حماية المناخ والبيئة، وبالتالي ابعاد التنمية المستدامة.

كلمات مفتاحية: تحول طاقوي؛ طاقات متجددة؛ تنمية مستدامة.

تصنيفات JEL : O44، Q01، Q27

Abstract:

This study aims to explore the importance of energy transition through investment in renewable energies, as inexhaustible resources that countries seek to utilize. To achieve sustainable development in light of its economic, social, and environmental dimensions. The German experience was highlighted as one of the most successful global examples of transitioning to renewable energy in its economy through its energy transition strategy during the period (2010-2022). To achieve its objectives, the study adopted a descriptive approach and reached a number of conclusions, most notably that adopting renewable energy contributes to supporting the energy sector and achieving increased economic growth, in addition to protecting the climate and the environment, and thus the dimensions of sustainable development.

Keywords: energy transformation; Renewable energies Sustainable development.

JEL Classification Cods : 044, Q01, Q27

المؤلف المرسل: شوادر مروى، **الإيميل:** marwa.chouader@univ-annaba.dz

مقدمة:

تلعب الطاقة دورا حيويا في جميع اقتصاديات الدول، وترتبط ارتباطا وثيقا بمجالات تحقيق التنمية، ومع التوجهات الداعية لتجسيد أبعاد التنمية المستدامة برزت ضرورة البحث عن بدائل طاقوية حديثة تتوافق والتوجهات الحالية للحفاظ على الموارد والإنتاج النظيف، وهو ما يستدعي الاعتماد على الطاقات المتجددة كبديل للطاقات التقليدية؛

إذ اتجه العالم إلى إنتاج الطاقة من مصادر بديلة ومستديمة، ذلك لتلويث الطاقات التقليدية الجو بثاني أكسيد الكربون، وبروز ظاهرة الاحتباس الحراري، والتغييرات المناخية، إضافة إلى محدودية الطاقة الأحفورية، واحتمال نضوبها. وباعتبار التنمية المستدامة لا تتحقق إلا باندماج وترابط أبعادها الثلاث لتجسيد أهدافها ضمن السياسات العامة للدول، واصبه التوجه نحو التحول الطاقوي أمرا ضروريا لتفعيل التوجه التنموي المستدام، إذ تعتبر التجربة الألمانية من أبرز التجارب الناجحة في ميدان التحول الطاقوي، واستخلاص النتائج منها وعي لمتطلبات المرحلة الحالية وتوجه لتحقيق المصلحة العامة.

إشكالية الدراسة:

وعلى ضوء ما سبق، تتضح إشكالية الدراسة من خلال السؤال الرئيسي التالي:

ما مدى مساهمة الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة؟ وما هي مقومات نجاح التجربة الألمانية في هذا المجال؟

ويتفرع عن إشكالية الدراسة مجموعة من التساؤلات الفرعية التالية:

- فيم تتمثل محفزات الإستثمار في الطاقات المتجددة؟
- فيم تتمثل أبعاد التنمية المستدامة؟
- ماهي أبرز عوامل نجاح التجربة الألمانية في مجال الطاقات المتجددة؟

❖ **أهداف الدراسة:**

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق جملة من الأهداف التي تتلخص فيما يلي:

- التعرف على الطاقات المتجددة وأهميتها؛
- الإلمام بالجانب المفاهيمي للتنمية المستدامة؛
- تسليط الضوء على التجربة الالمانية في مجال التحول الطاقوي واستخلاص النتائج منها.

❖ **أهمية الدراسة:**

تتضح أهمية هذه الدراسة من خلال أهمية الطاقات المتجددة باعتبارها البديل الاستراتيجي للطاقات التقليدية من حيث ديمومتها ومساهمتها في الإنتاج النظيف، وهي اتجاهات هامة في تحقيق التنمية المستدامة، والمساهمة في تنمية مستديمة للاقتصاد، حيث أصبح موضوع التحول الطاقوي ضرورة ملحة لجميع الدول في ظل التغيرات المناخية والمخاطر البيئية الحالية.

❖ **المنهج المستخدم:**

للإجابة على إشكالية الدراسة والتوصل إلى تحقيق أهدافها، تم استخدام المنهج الوصفي للإلمام بجميع عناصر الدراسة، وتحليل العلاقة بين متغيراتها، والوقوف على أهم النتائج والاقتراحات.

❖ **هيكل الدراسة:**

تم تقسيم هذه الدراسة إلى ثلاث محاور كالتالي:

-مدخل إلى الطاقات المتجددة؛

- الإطار المفاهيمي للتنمية المستدامة؛

-تجربة الانتقال الطاقوي بألمانيا وعلاقة الطاقات المتجددة بالتنمية المستدامة.

1- مدخل إلى الطاقات المتجددة:

إرتبط التوجه نحو الإستثمار في الطاقات المتجددة بجملة من الدوافع ولم يكن وليدًا للصدفة، حيث كان للمخلفات الناجمة عن استغلال الطاقات التقليدية والمضرة بالبيئة أثرًا بالغا على هذا التوجه الذي يبرز فيه الدافع البيئي كواحد من أبرز الدوافع التي استدعت ضرورة البحث عن مصادر بديلة للطاقة. (بهدنه و بوهيدل، 2021، ص 272) وتعد الطاقات المتجددة حلّا من الحلول الناجحة لمواجهة نضوب الطاقات التقليدية من جهة، وللمحافظة على الموارد البيئية للأجيال القادمة من جهة أخرى. (توات و زروقي، 2022، ص 80) ويعتبر التحول الطاقوي ضمانا للأمن الطاقوي تحكمه الإمكانات الاقتصادية، السياسية، والتكنولوجية لكل دولة، غير أنّ تحقيقه يرتبط بالإرادة السياسية، ثقافة المجتمع، وطبيعة كل من الواقع الاقتصادي والبيئي للدولة. (عميور و قلاتي، 2025، ص 48)

1-1- مفهوم الانتقال الطاقوي، دوافعه وأهميته:

يقصد بالانتقال الطاقوي التحول من *"الطاقات التقليدية (الأحفورية) إلى صناعة الطاقات المتجددة التي تتميز بوفرتها وديمومتها، حفاظا على البيئية وعلى الاحتياجات المستقبلية للأجيال دون المساس بحقوق الأجيال الحالية من الطاقة"*، وهو *"الانتقال من نظام إنتاج واستهلاك للطاقة يرتكز على الطاقات غير المتجددة إلى مزيج طاقوي ذو نسب متزايدة من الطاقات المتجددة"*.

إنّ الانتقال الطاقوي حسب المجلس العالمي للطاقة يجب أن يجمع بين ثلاثة أبعاد أساسية تتمثل في:

- الأمن الطاقوي؛
- العدالة العالمية في توفير وتوزيع الطاقة وبأسعار معقولة؛
- تطوير الطاقات المتجددة وتحقيق الفاعلية الطاقوية بغية الحفاظ على البيئة بشكل مستمر. (دعاس و عبدات، 2021، ص ص 493،494)

ويشير الانتقال الطاقوي إلى *"التحول التدريجي من استخدام الطاقات الناضبة إلى طاقات تصنعها الطبيعة بصفة مستمرة ومتجددة تتميز بالوفرة والديمومة"*، ويتم ذلك على إعتبار **الدوافع** التالية الذكر:

- ❖ مواجهة التلوث البيئي وتأثيراته المناخية؛
- ❖ نفاذ النفط ونضوب مصادر الطاقة غير المتجددة (الطاقات التقليدية)؛
- ❖ السعي نحو تحقيق تنمية اقتصادية واجتماعية. (دراج و بركان، 2024، ص 175)

إن التحول أو الإنتقال من مصادر الطاقة غير المتجددة إلى تلك المتجددة يعني القيام لِزامًا بثلاث خطوات أساسيّة تتمثّل في:

- ❖ **التخطيط الجيد لعملية الانتقال الطاقوي:** وضع الخطط والبرامج الكفيلة بإقامة عملية تحول طاقوي فعّالة على ضوء إدماج جميع المتعاملين في مجال الطاقة.
- ❖ **اعتبار الانتقال الطاقوي محركا أساسيّا لعملية التنمية:** من خلال تشجيع المنافسة بين المؤسسات الاقتصادية الكبرى الناشطة في مجال الموارد الطاقوية، وتوجيهها نحو الاستغلال الأمثل والكُفء لهذه الموارد.
- ❖ **تحقيق استهلاك أمثل للطاقة:** يتحقق الإستهلاك الأمثل للطاقة من خلال:

- العمل على تخفيض استهلاك الطاقة الخاصة بعملية التدفئة؛
- تطوير وسائل النقل والاعتماد على تلك المطابقة لمتطلبات الاستدامة، مع انتهاج سبل جديدة لتشغيل المركبات بالطاقات البديلة؛
- خفض استهلاك المواد المنتجة من الطاقات التقليدية؛

- تحقيق وفورات الكهرباء في مختلف العمليات الصناعية، تكنولوجيا المكاتب الإلكترونية، والمعدات الكهربائية. (زيدان و زغو، 2022، ص 283)

تبرز **أهميّة** الإنتقال الطاقوي في النقاط التالية الذكر:

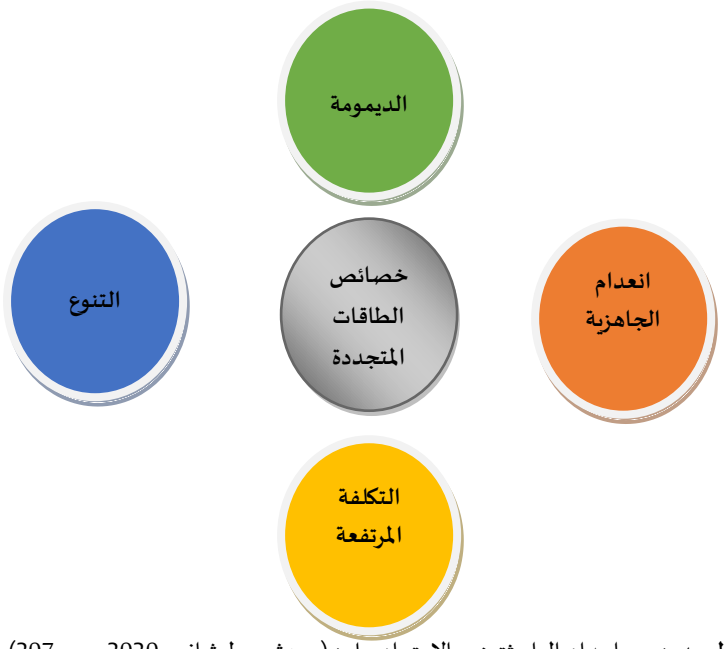
- الطاقات المتجددة مصدر طاقوي كفء قادر على تحقيق أهداف المرحلة الحالية والمستقبلية للدول، من خلال التكيف مع جلّ المستجدّات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية؛ (شباط، 2024، ص 246)
- الطاقات المتجددة حل فعّال لمواجهة نضوب مصادر الطاقة التقليدية، كونها طاقات مستدامة تتسم بالديمومة والاستمرارية؛
- الطاقات المتجددة هي مصادر صديقة للبيئة تساهم في الحفاظ على مواردها، وتقلل من الآثار السلبية عليها، كما وتخفض من التكاليف البيئية؛
- الطاقات المتجددة مجال جديد ومربح للإستثمار، إذ يمكن من خلالها اِستهداف أسواق جديدة ومنافسة الطاقات التقليدية؛
- يخلق الإستثمار في الطاقات المتجددة فرص عمل جديدة، كما ويحقق وفورات اقتصادية، مما يرفع من قيمة الدخول الوطنية ويحسن مستوى المعيشة؛
- تساهم الطاقات المتجددة في تحسين وصول الطاقة إلى المناطق النائية؛
- تخفيف الضغط على الأسواق العالمية للطاقة؛
- يخفض الاعتماد على مصادر الطاقات المتجددة من احتمال وقوع الكوارث الطبيعية الناجمة عن الاحتباس الحراري. (زيتوني و العمري، 2025، ص 540)

2-1- الطاقات المتجددة: مفهومها، خصائصها، محفزات ومعوقات اِستخدامها

- **حسب وكالة الطاقة العالمية (IEA):** الطاقات المتجددة هي تلك التي *"تتشكل من مصادر الطاقة الناتجة عن مسارات الطبيعة التلقائية، كأشعة الشمس والرياح، والتي تتجدد في الطبيعة بوتيرة أعلى من وتيرة استهلاكها"*.
- **تعرّف منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD)** الطاقة المتجددة بأنها: *"تلك الطاقة المكتسبة من عمليات طبيعية تتجدد باستمرار، وبالتالي فهي عبارة عن مصادر طبيعية دائمة وغير ناضبة ومتوفرة في الطبيعة، سواء كانت محدودة أو غير محدودة ولكنها متجددة باستمرار"*.
- عرفها **برنامج الأمم المتحدة لحماية البيئة (UNEP)** على أنها: *"طاقة لا يكون مصدرها مخزون ثابت ومحدود في الطبيعة، تتجدد بصفة دورية أسرع من وتيرة استهلاكها، وتظهر في الأشكال الخمسة التالية: أشعة الشمس، الرياح الكتلة الحيوية، الطاقة الكهرومائية، وطاقة باطن الأرض"*.
- أمّا **المشرّع الجزائري** فينص في مادته الأولى من القانون الخاص بالطاقات المتجددة على أنّ هذه الأخيرة هي *"كل مصادر الطاقات التي تتجدد بشكل طبيعي أو بفعل بشري، ولاسيما الطاقات الشمسية والريحية والحرارية الجوفية والطاقة المتأتية من حركة الأمواج والطاقة المتأتية من تيارات المد والجزر، وكذا الطاقة الناجمة عن الكتلة الحية والطاقة المتأتية من غازات المطارح وغاز محطات تصفية المياه العادية والغاز العضوي"*. (عميش و طرشاني، 2020، ص ص 206،207)

من خلال التعاريف سالفة الذكر، يمكن عرض **خصائص الطاقات المتجددة** في الشكل (01) التالي:

الشكل(01): خصائص الطاقات المتجددة



المصدر: من إعداد الباحثتين، بالإعتماد على: (عميش وطرشاني، 2020، ص 207)

تتميز الطاقات المتجددة بأنها **مصادر دائمة** على المدى الطويل ومستمرة، حيث تساهم في تلبية الحاجات المتزايدة للأفراد من الطاقة، ورغم خاصية الاستمرارية التي تتمتع بها إلا أنّها لا تتوافر بشكل منتظم كونها **ليست مخزونا جاهزا**، إذ يعد التحكم في تواجدها مِن عدمه غير خاضع للإنسان، كما يتطلب إستخدامها مساحات كبيرة الأحجام وأجهزة عالية الجودة والتكنولوجيا، علاوة على أنّ **تعدد وتنوّع أشكالها** يستلزم توفير تكنولوجيا ملائمة لكل شكل من هذه الأشكال، ما يشير لزاما إلى **تكلفتها المرتفعة** والتي تعدّ عائقا رئيسًا من عوائق إنتشارها. (عميش و طرشاني، 2020، ص 207)

تتضمن مصادر الطاقة المتجددة العديد من المحفزات التي دفعت دول العالم نحو التوجه للإستثمار فيها، خاصّة ما يتعلّق بمساهمتها في تحقيق التنمية المستدامة، وبالمقابل تواجه الدول في عمليّة إستخدامها لهذه الطاقات جملة مِن المعوقات، وفي الجدول (01) التالي توضيحًا لذلك:

الجدول(01): محفزات ومعوقات إستخدام الطاقات المتجددة

محفزات إستخدام مصادر الطاقة المتجددة	معوقات إستخدام مصادر الطاقة المتجددة
مصادر صديقة للبيئة	مشاكل تمويلية
الوفرة	نقص الإعلام بأهميتها
الاستدامة في تقليل الإعتماد على الواردات من الطاقة	ضعف التوعية الثقافية بشأن القضايا البيئية
النمو الكبير في أسواقها	ضعف الإعلانات ذات الصلة بالمواصفات القياسية الدولية
ذات عائد إقتصادي كبير، إقتصاديّة الإستخدام	ضعف فاعلية الهيئات المختصة بالبيئة
مصدر محلي للطاقة يتلاءم واستراتيجية تنمية المناطق النائية	ضعف الأجهزة الرقابية

المصدر: من إعداد الباحثتين، بالإعتماد على: (بركات و ناصف، 2020، ص 91)

3-1- أشكال الطاقات المتجددة وإستخداماتها:

للطاقات المتجددة أشكال عديدة تتمثل في:

- **الطاقة الشمسية:** تعد مصدرًا رئيسا للطاقات المتجددة، وهي نتاج التفاعلات النووية التي تحدث في الشمس وتصل إلى الأرض في شكل طاقة حرارية، وقد أثبتت الدراسات أن ما نسبته 1% من مساحة الأرض يعد كافيا لتجميع مخزون من الطاقة الشمسية يغطي احتياج العالم من الكهرباء.
- **طاقة الرياح:** هي القدرة التي تمتلكها الرياح وتمكنها من تحريك الأشياء، وهي طاقة حركية ميكانيكية تنتج عن حركة الرياح.
- **الطاقة المائية:** تنتج القوة المائية عن دورة تبخر وسقوط الأمطار وجريان المياه في ظل التفاعل مع حرارة الشمس وجاذبية الأرض، وهي مصدر لانهائي للطاقة المتجددة.
- **طاقة الكتلة الحيوية (الطاقة العضوية):** يطلق عليها مسمى الوقود الحيوي، حيث يتم الحصول عليها من المواد العضوية، سواء بصفة مباشرة من النباتات، أو بطريقة غير مباشرة من المنتجات سواء منها تلك الصناعية أو الزراعية أو المنزلية وكذا التجارية.
- **الطاقة الجيوحرارية (طاقة حرارة الأرض):** تستخرج هذه الطاقة مِن خلال الإستفادة مِن مزايا ارتفاع درجة الحرارة في جوف الأرض، ومِن تمّ تحويلها إلى أشكال أخرى من الطاقة، وتجدر الإشارة إلى أنّ هذا الشكل من أشكال الطاقة المتجددة يتمركز في مناطق محدودة مِن العالم.

تستخدم مصادر الطاقة المتجددة في مجالات عديدة وبطرق متنوعة يمكن إجمالها فيما يلي:

- التحويل الحراري، ومن ذلك الاستفادة منه في العديد من الاستخدامات المنزلية والصناعية على غرار التدفئة وتسخين المياه؛
- تحلية المياه؛
- الزراعة وتنمية المناطق الريفية؛
- تطبيقات الخلايا الشمسية؛
- توليد الهيدروجين؛
- توليد الكهرباء وتغذية المولدات الصناعية والمنزلية؛
- معالجة مشكلة نقص الغذاء ومشكلة التلوث البيئي؛
- تعزيز اقتصاد الطاقة. (يونسي و يونسي، 2023، ص ص 30،32)

2- الإطار المفاهيمي للتنمية المستدامة:

تعتمد التنمية المستدامة على الإدارة المثلى للموارد الطبيعية بما يتلاءم مع الموارد البشرية الحالية والمستقبلية مع الحفاظ على البيئة ولفهم هذا الترابط والتفاعل لابد من عرض مفهوم التنمية المستدامة وأبعادها.

2-1- مفهوم وأبعاد التنمية المستدامة:

يركز معظم الباحثين في التنمية المستدامة على فكرة مفادها أن الإمكانات المتاحة للناس في المستقبل يجب ألا تختلف عن الإمكانات المتاحة اليوم، لكنها لا تعبر عن جميع عناصر مفهوم التنمية المستدامة، وتم تعريف التنمية المستدامة لأول مرة من خلال تقرير اللجنة العالمية للبيئة والتنمية لجنة بروبتلاند عام 1987 بأنها: " التنمية التي تلبي حاجات الحاضر دون المساومة على قدرة الأجيال القادمة في تلبية احتياجاتهم".(Baudin, 2009, p25)

يعرف قاموس وبستر التنمية المستدامة على أنّها: "التنمية التي تستخدم المواد الطبيعية دون أن تسمح باستنزافها أو تدميرها جزئيا أو كليا، وبالتالي ضرورة ترشيد استخدامها". (Burgenmie, 2005, p83)

ويمكن القول أن التنمية المستدامة تسعى لتحسين نوعية حياة الإنسان، ولكن ليس على حساب البيئة، وهي في معناها العام لا تخرج عن كونها عملية استخدام الموارد الطبيعية بطريقة عقلانية، بحيث لا يتجاوز هذا الاستخدام للموارد معدلات تجددها الطبيعية، وبالذات في حالة الموارد غير المتجددة، أما بالنسبة للموارد المتجددة فإنه يجب الترشيد في استخدامها،

إلى جانب محاولة البحث عن بدائل لهذه الموارد، لتستخدم رديفا لمحاولة الإبقاء عليها أطول فترة زمنية ممكنة، وفي كلا الحالتين فإنه يجب أن تستخدم الموارد بطرق واساليب لا تفضي إلى إنتاج نفايات بكميات تعجز البيئة عن امتصاصها وتحويلها وتمثيلها، على اعتبار أن مستقبل السكان وأمنهم في أي منطقة في العالم مرهون بمدى صحة البيئة التي يعيشون فيها. (محمد غنيم و أحمد أبو زنط، 2007، ص ص 26،25) التنمية المستدامة تنمية لا تركز على الجانب البيئي فقط، بل تشمل أيضا الجوانب الاقتصادية والاجتماعية، وحتى التقنية، فالأبعاد مترابطة ومتكاملة في إطار تفاعلي، تتميز بالضبط والتنظيم والترشيد للموارد، ويمكن التعامل مع الابعاد على أنها منظومات فرعية لمنظومة التنمية المستدامة. وتتمثل أبعاد التنمية المستدامة في:

- **البعد الاقتصادي**: يستند هذا البعد الذي يقضي بزيادة رفاهية المجتمع إلى أقصى حدن والقضاء على الفقر من خلال استغلال الموارد الطبيعية على النحو الأمثل، ويندرج تحت هذا البعد :

-إيقاف تبديد الموارد الطبيعية؛

-تقليص تبعية البلدان النامية؛

-مسؤولية البلدان المتقدمة عن التلوث ومعالجته؛

-المساواة في توزيع الموارد؛

-الحد من التفاوت في مستوى الدخل.

- **البعد الاجتماعي:** ويتناول العلاقة بين الطبيعة والبشر وتحقيق الرفاهية من خلال الحصول على الخدمات الصحية والتعليمية، ووضع المعايير الأمنية واحترام حقوق الانسان وعناصره كالتالي:

-استقرار النمو السكاني؛

-أهمية توزيع السكان؛

-الاستخدام الامثل للموارد البشرية؛

-الاهتمام بدور المرأة؛

- الصحة والتعليم؛

-حرية الاختيار والديموقراطية.

- **البعد البيئي:** ويتعلق بالحفاظ على الموارد المادية والبيولوجية مثل الاستخدام الأمثل للأراضي الزراعية والموارد المائية والتنوع البيولوجي والمناخ، وذلك من خلال الأسس التي تقوم عليها التنمية المستدامة من حيث الاعتبارات البيئية وهي:

-قاعدة المخرجات: وهي مراعاة تكوين مخلفات لا تتعدى قدرة استيعاب الأرض لهذه المخلفات أو تضر بقدرتها على الاستيعاب مستقبلا.

-قاعدة المدخلات: مصادر متجددة مثل التربة والمياه والهواء ن مصادر غير متجددة مثل المحروقات.

- **البعد التقني:** هو البعد الذي يهتم بالتحول إلى تكنولوجيا انظف وأكفأ، تنقل المجتمع إلى عصر يستخدم أقل قدرا من الطاقة والموارد، وأن يكون الهدف من هذه النظم التكنولوجيا إنتاج حد أدنى من الغازات والملوثات، واستخدام معايير معينة تؤدي إلى الحد من تدفق النفايات وتعيد تدوير النفايات داخليا، وتعمل مع النظم الطبيعية، حيث يتم مراعاة ما يلي:

-استخدام تكنولوجيا أفضل؛

-الحد من انبعاثات الغازات؛

-استخدام قوانين البيئة للحد من التدهور البيئي

-إيجاد وسائل بديلة أو طاقة بديلة للمحروقات مثل الطاقة الشمسية وغيرها؛

الحيلولة دون تدهور طبقة الأوزون. (حوامدة، 2014، ص ص 263،265)

2-2- مبادئ التنمية المستدامة:

أدرج البنك العالمي للإنشاء والتعمير مع نهاية القرن العشرين عشرة مبادئ أساسية للتنمية المستدامة يمكن تلخيصها فيما يلي:

-تحديد الأولويات بعناية؛

-الاستفادة من كل دولار "التأكيد على فعالية التكلفة"؛

-اغتنام فرص تحقيق الربح لكل الأطراف واستخدام السوق عندما يكون ذلك متاحا

- الاقتصاد في استخدام القدرات الإدارية والتنظيمية؛

- العمل مع القطاع الخاص؛

- الاشراك الكامل للمواطنين، أي المشاركة الشعبية؛

- توظيف الشراكة التي تحقق نجاحا لتحسين الأداء المبني على الكفاءة والفعالية؛

- إدماج البيئة من البداية في سياسات الدول واستراتيجيات المؤسسات والاستثمارات المستقبلية. (منصوري منين و بوعصيدة، 2020، ص 278)

2-3- أهداف التنمية المستدامة:

تسعى التنمية المستدامة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف من خلال تجسيد أبعادها ومبادئها، وتتلخص هذه الأهداف فيما يلي:

- تحقيق نوعية حياة أفضل للسكان؛

- احترام البيئة الطبيعية: تعمل التنمية المستدامة على توطيد العلاقة بين البيئة والسكان؛

- تعزيز وعي السكان بالمشكلات البيئية: من خلال مشاركتهم في إيجاد حلول لهذه المشاكل البيئية؛

- تحقيق استغلال عقلاني للموارد: على اعتبار أن هذه الموارد الطبيعية هي موارد محدودة، لذا وجب توظيفها بشكل عقلاني؛

- ربط التكنولوجيا الحديثة بأهداف المجتمع: من خلال توعية السكان بأهمية التقنيات المختلفة في المجال التنموي، وكيفية استخدامها في تحسين نوعية حياة المجتمع وتحقيق أهدافه المنشودة؛

-إحداث تغيير مستمر ومناسب في حاجات وأولويات المجتمع؛

كما يمكن القول أن الهدف الأساسي للتنمية المستدامة هو تحقيق الانصاف داخل الجيل الحالي من خلال تحقيق العدالة والمساواة، وبين الأجيال الحالية والمستقبلية، كما تراعي حماية البيئة رغبة في التقليل من الأزمات والمشاكل البيئية العالمية، وتدعي أيضا إلى العمل على استخدام تكنولوجيا أنظف تعمل على محاربة التلوث وحماية البيئة. (بن جيلالي فرج و خليفة، 2020، ص ص 207،208)

3- تجربة الانتقال الطاقوي بألمانيا وعلاقة الطاقات المتجددة بالتنمية المستدامة:

أصبح الاهتمام بالبيئة من القضايا العالمية الرئيسة منذ صدور تقرير اللجنة العالمية للبيئة والتنمية لعام 1987، وهو ما أطلق عليه تقرير "برونتلاند"، حيث يتم إدماج الحيثيات البيئية في عمليات صنع القرار كخطوة إلزامية نحو تغطية الآثار السلبية للعمليات والمنتجات وكذا القضاء على النفايات والانبعاثات السامة، ضف إلى ذلك تعظيم كفاءة

وإنتاجية الموارد وتقليل الممارسات التي تحول دون حصول الأجيال القادمة على نصيبها من الموارد الطبيعية. (منيجل و عباس، 2024، ص 290)

3-1- الترسانة القانونية للطاقات المتجددة في ألمانيا:

أولت ألمانيا اِهتمامًا كبيرًا بقضايا المناخ والطاقات المتجددة، وانعكس الاهتمام الألماني بهذا المجال في التالي ذكره:

- أصدرت بتاريخ 01 جانفي 1991 أول قانون بشأن الطاقة المتجددة والمتعلق بشبكات الكهرباء؛
- وقعت سنة 1998 على بروتوكول "كيوتو"، والتعهد بخفض الغازات الدفينة بنسبة 21%؛
- استهدفت تحرير سوق الطاقة من خلال صدور القرار الألماني لصناعة الطاقة؛
- أصدرت قانون مصادر الطاقة المتجددة سنة 2000؛
- قررت وبالتدريج الحد من الاعتماد على الطاقة النووية بداية من سنة 2002؛
- أصدرت قانون مصادر الطاقة المتجددة لسنة 2004، ومفاده التركيز على زيادة حصة الطاقة المتجددة في إمدادات الكهرباء بنسبة 12.5% ثم 20% خلال سنتي 2010و2020 على التوالي؛
- دعت إلى ضرورة الحد من الإفراط في الطلب على الكهرباء من خلال قانون مصادر الطاقة المتجددة لسنة 2009؛
- عملت على إثراء قانون مصادر الطاقة المتجددة لسنة 2004 من خلال قانون مصادر الطاقة المتجددة لسنة 2012، وفحواه زيادة حصة مساهمة الطاقات المتجددة في الإمدادات الطاقوية بنسب 35%، 50%، 65%، 80% خلال السنوات 2020، 2030، 2040، 2050 على التوالي. (عباس و بن عويدة، 2019، ص 375)

3-2- واقع التجربة الألمانية في مجال الطاقات المتجددة:

تهدف استراتيجية النهوض بالطاقات المتجددة في ألمانيا إلى تطوير حصة استهلاكها لمصادر الطاقات المتجددة والعزوف تدريجيا عن أيّ اِستخدام للطاقات التقليدية، ويستهدف الانتقال الطاقوي بألمانيا خلق نظام طاقوي فعال وآمن بيئيا بحلول عام 2050، مع تفعيل قدرة هذا النظام على المساهمة في النمو الاقتصادي المستدام.

اِعتمدت ألمانيا على خطة جديدة تم وضعها سنة 2010 سميت بـ "Energy Concept 2050"، حيث تحمل بين طياتها برنامجا للعمل الطاقوي بعيد المدى مقسّمًا إلى تسعة عناصر أساسيّة هي:

- الطاقات المتجددة؛
- تحسين كفاءة الطاقة؛
- التخلص التدريجي من الطاقة النووية والمحطات التي تشتغل بالوقود الأحفوري؛
- تطوير بنية تحتية للطاقة الذكية؛
- الاستخدام الكُفء للطاقة في المباني وتصميم المباني الجديدة وفقا لمعايير كفاءة الطاقة؛
- الاهتمام بالطاقة في مجال النقل؛
- تبني التقنيات الجديدة للبحث في الطاقة؛
- توفير الطاقة أوروبيا ودوليا؛
- القبول والشفافية. (حمازة و حكيمي، 2025، ص 182)

ويوضح الجدول (02) التالي أهداف الاستراتيجية الألمانية في مجال الطاقة:

الجدول(02): أهداف الاستراتيجية الطاقوية الألمانية لسنة 2050

أهداف الاستراتيجية	2030	2040	2050
التقليل من غازات الاحتباس الحراري (%) مقارنة مع سنة 1990	55	70	95-80

زيادة حصة استهلاك الطاقات المتجددة من الاستهلاك النهائي للطاقة (%)	30	45	60
الكهرباء المولدة من مصادر الطاقات المتجددة من إجمالي الاستهلاك الكلي (%)	50	65	80
تخفيض استهلاك الطاقة الأولية مقارنة مع سنة 2008 (%)	-	-	50
تخفيض استهلاك الطاقة النهائي في قطاع النقل مقارنة مع سنة 2005	-	-	40
تخفيض استهلاك الكهرباء (%)	-	-	25

المصدر: (حمازة و حكيمي، 2025، ص 183)

يعكس الجدول(02) أعلاه الإرادة السياسية للحكومة الألمانية نحو تبني الطاقات المتجددة كمصدر وحيد للطاقة، بهدف مكافحة التغيرات المناخية وتحقيق الإستدامة البيئية والطاقوية على المدى البعيد، وذلك من خلال إعادة هيكلة محطات الطاقة العاملة بالوقود الأحفوري وتزويدها بمصادر مستدامة للطاقة، دمج الطاقات المتجددة في نظام الطاقة الألماني والتوسع في إستخدامها، إعتبار طاقة الرياح كمصدر رئيس للطاقات المتجددة في ألمانيا، تطوير المباني الموفرة للطاقة وتحسين الشبكات الذكية والبنى التحتية، تعزيز كفاءة الطاقة من خلال الإلتزام بالمبادرات الأوروبية، مع العمل على ضمان مستقبل طاقوي آمِن ونظيف يتحقق بتشكل معالم نظام طاقة مستدام.

تتمتع ألمانيا بمقومات معتبرة من الطاقات المتجددة، خاصة منها الطاقة الشمسية، طاقة الرياح وطاقة المياه الجوفية، وتنعكس المقومات الألمانية في مجال الطاقات المتجددة في التالي ذكره:

- ❖ تعد ألمانيا واحدة مِن أكبر الدول المنتجة للطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية؛
- ❖ بروز قطاع صناعي ألماني جديد ممثلا في صناعة تقنيات الطاقة الشمسية، وقد حقق معدلات نمو عالية وساهم في زيادة فرص العمل بالدولة الألمانية؛
- ❖ تركز ألمانيا على طاقة الرياح كمصدر رئيس للطاقة المتجددة وتستحوذ على واحدة مِن أكبر مزارع الرياح البرية والبحرية في العالم، ويشهد الاستثمار في هذه الطاقة نموا مستقرا؛
- ❖ استقطب قطاع طاقة الكتلة الحيوية حوالي 55 ألف عامل سنة 2022، حيث تعتمد ألمانيا على الاستثمار فيما تملكه من مساحات زراعية وغابات، مع إعتمادها على الأخشاب والغاز الحيوي والزيوت النباتية في توليد الطاقة؛
- ❖ تتمتع ألمانيا بإمكانيات كبيرة وواسعة في مجال الطاقة الجوفية، وتتوقع ألمانيا من خلال خبرائها نمو وزيادة الإعتماد على إستغلال هذا المصدر من مصادر الطاقة المتجددة؛
- ❖ تتوزع إستخدامات الطاقات المتجددة في ألمانيا بين توليد الكهرباء بنسب عالية وتوليد الحرارة بشكل نسبي، أما بالنسبة لمصادر الطاقات المتجددة الأكثر إستخدامًا في قطاع التدفئة في ألمانيا فيتم الإعتماد على الكتلة الحيوية خاصة الصلبة منها؛
- ❖ يعد قطاع النقل القطاع الأقل إعتمادًا على مصادر الطاقات المتجددة في ألمانيا؛
- ❖ أسهمت جملة من العوامل الطبيعية والبشرية والاقتصادية في توفير دعائم نجاح صلبة وقوية للتجربة الألمانية في مجال الطاقات المتجددة، بالإضافة إلى توافر مجموعة من العوامل التي تعكس التميز البيئي لتجربة التحول الطاقوي في ألمانيا، خاصة منها السياسات الحكومية الألمانية الداعمة للطاقات المتجددة، التكنولوجيا المتطورة والعمل على الإبتكار في الطاقات المتجددة، المشاركة في المبادرات الدولية ذات الصلة بمكافحة التغيرات المناخية وحماية البيئة وتشجيع التعاون الدولي في مجال البيئة والطاقات المتجددة. (حمازة و حكيمي، 2025، ص ص 183-191)

3-3- مساهمة الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة:

تعدّ الطاقات المتجددة عامِلا رئيسًا عوامل تحقيق الإستدامة والتنمية المستدامة، حيث تتوافق خصائصها مع متطلبات حماية البيئة، خاصة ما يتعلق بكونها طاقات مستدامة وغير ناضبة تعيد الطبيعة تجديدها بإستمرار كما لا يؤدي إستخدامها المتكرر إلى الإخلال بنصيب الأجيال القادمة مِن الموارد الطبيعية، كما أنها طاقات نظيفة لا تضر بالبيئة وتوفر مكاسب مالية هائلة إن تمّ الإستثمار فيها بالكيفية الصحيحة، والطاقات المتجددة توصف بالآمنة بيئيًّا فهي لا تنتج أيّة مخلّفات مضر بالبيئة كما وتقلل مِن الآثار السلبية للتغير المناخي، وتلعب بذلك دورًا هامًّا في تعزيز الأمن البيئي. (حمازة و حكيمي، 2025، ص ص 180،179) تؤدّي الطاقات المتجددة دورًا فاعِلا على مستوى الأبعاد الرئيسة للتنمية المستدامة، ويتجلّى ذلك فيما يلي:

❖ **على مُستوى البعد الإقتصادي للتّنمية المستدامة:**

تساهم الطاقات المتجددة في:

- تحقيق التنوع الإقتصادي؛
- خلق فرص تصدير واسعة؛
- المساهمة في تطوير أنظمة اِقتصاديّة مستدامة قائمة على المعرفة؛
- تنمية وتطوير الرأسمال البشري.

❖ **على مُستوى البُعد البيئي:**

يؤدّي الإعتماد على الطاقات المتجددة إلى:

- تقليل اِنبعاثات غازات الإحتباس الحراري الناجمة عن اِستخدام مصادر الطاقة الأحفورية؛
- الحد مِن الآثار السلبية للتغيرات المناخية؛
- التقليل مِن الانبعاثات الملوثة للبيئة.

❖ **على مُستوى البُعد الإجتماعي:**

يتمثل الدور الإجتماعي للإستثمار في الطاقات المتجددة في:

- تحقيق التنمية البشرية؛
- تحسين خدمات التعليم والصحة؛
- تحقيق الرفاهية الإجتماعية وتحسين مستوى المعيشة. (بولقرينات و لشهب، 2022، ص 385)

خاتمة:

من خلال هذه الدراسة نستنتج أن التحول الطاقوي اصبح من التوجهات الهامة ضمن استراتيجيات الدول، باعتباره من أهم القطاعات ومجالات الحياة، إضافة إلى كونه ضمن القضايا الهامة للمناخ والبيئة، وتحقيقه لأبعاد التنمية المستدامة التي تعتبر نهج حياة ,اسلوب معيشة، تقوم على التفكير بطريقة شمولية وتكاملية، وتعتمد على ثلاث اتجاهات

أساسية تتمثل في تحقيق نمو اقتصادي معقول وعدالة اجتماعية، إضافة للمحافظة على البيئة، حيث أن تحقيق هذه الاتجاهات يؤدي إلى نمو اقتصادي متوازن وتحسين مستوى المعيشة وضمان حياة جديدة للأجيال الحالية والقادمة.

❖ **النتائج:**

- إن تبني الطاقات المتجددة يساهم في دعم قطاع الطاقة وتحقيق نمو اقتصادي متزايد إضافة إلى حماية المناخ والبيئة، وبالتالي ابعاد التنمية المستدامة؛

- التوسع في استخدام الطاقات المتجددة ودمجها في نظام الطاقة المعتمد خطوة رئيسية نحو تحقيق الاستدامة؛

-من أبرز عوامل نجاح التجربة الألمانية تحسين الشبكات الذكية والبنى التحتية الأخرى؛

- للتعاون الدولي اهمية بالغة في نجاح تجربة ألمانيا نحو اعتماد الطاقات المتجددة وتوسيع استخداماتها على نطاق واسع.

❖ **الاقتراحات:**

- تعزيز التعاون الغقليمي والعربي في مجال التحول الطاقوي وتوسيع نطاق استخدام الطاقات المتجددة عربيا؛

-إطلاق حملات تحسيسية وطنية وعربية نحو تبني مبادرات تعزيز كفاءة الطاقة؛

- الاستفادة من التجربة الألمانية في مجال التحول الطاقوي بما يحاكي الامكانيات والتحديات الوطنية في المجال.

-تشجيع البحث والتطوير في مجال الطاقات المتجددة، وتأهيل اليد العاملة للعمل في المجال.

المصادر والمراجع:

1- Beat Burgenmie .(2005) .*Economie de développement durable* .Bruxelle: Boech.

2- Mathieu Baudin .(2009) .*Le développement durable: nouvelle idiologie du XX siecle* . Paris: L'Harmattan.

3- أحمد بركات، و حسان ناصف. (2020). أهمية ودور الطاقات المتجددة دوليا. *مجلة الدراسات التجارية والاقتصادية المعاصرة، 03*(02).

4- بدر الدين عميور، و نور الإيمان قلاتي. (2025). واقع التحول الطاقوي للجزائر: رهان الطاقات المتجددة والتنمية المستدامة. *مجلة القانون العقاري، 12*(01).

5- جميلة منيجل، و زهرة عباس. (2024). الاستثمار في الطاقات المتجددة كخيار لتعزيز المسؤولية البيئية-التجربة السعودية أنموذجا-. *مجلة الدراسات البيئية والتنمية المستدامة، 03*(02).

6- حنان زيدان، و محمد زغو. (2022). الطاقات المتجددة كتوجه للانتقال الطاقوي في الجزائر. *مجلة الدراسات القانونية المقارنة، 08*(02).

7- خليل دعاس، و عبد الوهاب عبدات. (2021). التحول الطاقوي في الجزائر: واقع ورهانات. *مجلة إقتصاد المال والأعمال، 06*(02).

8- راضية يونسي ، و أحلام يونسي. (2023). الطاقات المتجددة في الجزائر بين الواقع والمأمول. *مجلة الميدان للعلوم الإنسانية والاجتماعية، 05*(01).

9- رضا منصوري منين، و يونس بوعصيدة. (2020). الاستهلاك المستدام في إطار تحقيق التنمية المستدامة في الجزائر. *مجلة المنهل الاقتصادي، 03*(02).

10- زهرة عباس، و نجوى بن عويدة. (2019). الاستفادة من تجربة التحول الطاقوي الألمانية من أجل النهوض بقطاع الطاقات المتجددة في الجزائر. *مجلة دراسات اقتصادية*(38).

11- سليمة بولقرينات، و مسعود لشهب. (2022). مساهمة الطاقات المتجددة في العالم كآلية لتحقيق التنمية المستدامة. *مجلة الباحث الاقتصادي، 10* (02).

12- عادل زيتوني، و منير العمري. (2025). الانتقال الطاقوي كسبيل لتعزيز الأمن الطاقوي الجزائري. *مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية، 08*(01).

13- عائشة عميش، و سهام طرشاني. (2020). التحول الطاقوي كآلية لاستدامة الأمن الطاقوي في دول المغرب العربي-آفاق وتحديات-. *مجلة دراسات وأبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة، 08*(01).

14- عبد القادر بن جيلالي فرج، و منية خليفة. (2020). التحول الطاقوي من الطاقة التقليدية إلى الطاقة المتجددةلتحقيق أبعاد التنمية المستدامة. *مجلة الدراسات التجارية والاقتصادية المعاصرة، 03*(02).

15- عبد النور شباط. (2024). التحول الطاقوي نحو استغلال الطاقة المتجددة: رهان تحقيق الأمن الطاقوي العالمي. *مجلة أكاديميا للدراسات السياسية، 07*(01).

16- عثمان محمد غنيم، و ماجدة أحمد أبو زنط. (2007). *التنمية المستديمة: فلسفتها وأساليب تخطيطها وأدوات قياسها*. الأردن: دار صفاء للنشر والتوزيع، ط1.

17- عفيفة دراج ، و أنيسة بركان. (2024). التحول الطاقوي كخيار مستدام لأمن الطاقة-عرض حالة الجزائر-. *مجلة أبحاث إقتصادية معاصرة، 07*(01).

18- علي بهدنه، و سليم بوهيدل. (2021). دور الطاقات المتجددة في تعزيز ضمان الأمن الطاقوي في الجزائر: دراسة تحليلية للفترة 2009-2018. *مجلة اقتصاديات الأعمال والتجارة، 06*(02).

19- كوثر حمازة، و توفيق حكيمي. (2025). سياسات الانتقال الطاقوي وارتداداتها البيئية على ضوء التجربة الألمانية (2010-2022). *المجلة الجزائرية للأمن الإنساني، 10* (01).

20- مالك حسين حوامدة. (2014). *الأبعاد الاقتصادية للمشاكل البيئية والتنمية المستدامة*. الأردن: دار دجلة للنشر والتوزيع، ط1.

21- نصر الدين توات، و فاطمة الزهراء زروقي. (2022). التوجه نحو استغلال الطاقات المتجددة في إطار تحقيق متطلبات التنمية المستدامة بالجزائر. *مجلة استراتيجيات التحقيقات الاقتصادية والمالية، 04*(01).

تطوير الكفاءة الطاقوية لتحقيق التحول الطاقوي في الجزائر

Developing energy efficiency to achieve Algeria's energy transition

دنيا بوضاضة[1] ، لمسلف عبلة[2]

[1] جامعة قسنطينة2 عبد الحميد مهري (الجزائر)، dounya.boudada@univ-constantine2.dz

[2] جامعة قسنطينة2 عبد الحميد مهري (الجزائر) abla.lemself@univ-constantine2.dz

ملخص:

تهدف الدراسة الى البحث في كيفية التقليل من الارتفاع المستمر للاستهلاك الطاقوي في الجزائر من خلال برنامج الكفاءة الطاقوية الذي تم وضعه في سنة 2011. وذلك من خلال تحليل بعض المعطيات للفترة 2003-2023 بالاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي.

توصلت الدراسة الى أن الجهود المبذولة ليست كافية لتحسين الكفاءة الطاقوية؛ فبالإضافة الى ضرورة تطوير الجانب التقني والمالي للبرنامج، يجب أيضا العمل على الجانب الاجتماعي من خلال التوعية وتفعيل دور الدعم الطاقوي بحيث لا يضر القدرة الشرائية للمواطن، كما لا يؤدي الى تبذير وهدر الموارد الطاقوية في ذات الوقت.

كلمات مفتاحية: التحول الطاقوي؛ الكفاءة الطاقوية؛ دعم الأسعار.

تصنيفات JEL : Q48، Q41، Q 3 1

Abstract :

The study aims to investigate how to reduce the continuous increase in energy consumption in Algeria through the energy efficiency program established in 2011. This is achieved by analyzing data from the period 2003-2023 using a descriptive analytical approach.

The study concluded that the efforts made to improve energy efficiency are not sufficient. In addition to the need to develop the technical and financial aspects of the program, efforts must also be made to address the social aspect through awareness-raising and the activation of energy subsidies so as not to harm citizens' purchasing power and lead to the waste of energy resources at the same time.

Keywords: Energy transition; energy efficiency; price subsidies.

JEL Classification Cods : Q48 ،Q41 ،Q 3 1

المؤلف المرسل: دنيا بوضاضة ، **الإيميل:** dounya.boudada@univ-constantine2.dz

المقدمة:

يهدف التحول الطاقوي إلى التقليل من الاعتماد على الطاقات الأحفورية التي تتميز بالنضوب كما أنها تتسبب في تلويث البيئة، وذلك من خلال الاستخدام العقلاني للموارد المتاحة والاعتماد أكثر على الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة؛ أي أن أعمدة التحول الطاقوي تتمثل في: الكفاءة الطاقوية وتطوير الطاقات المتجددة.

أصبحت الكفاءة الطاقوية تستقطب استثمارات ضخمة من طرف الدول على قدر أهمية الاستثمار في الموارد الطاقوية، خاصة تلك التي لا تمتلك موارد طاقوية كافية، وذلك منذ الصدمة البترولية في سنة 1973؛ لتتوالى بعدها العديد من الازمات التي هددت أمنها الطاقوي. ولم يعد الأمر يقتصر على تلك الدول فقط؛ بل أن الدول التي تمتلك موارد طاقوية أصبحت هي الأخرى تعمل على تحسين كفائتها الطاقوية للحفاظ على مواردها. لذلك اعتبرتها الوكالة الدولية- بمثابة الوقود الأول First Fuel .

تعتمد الجزائر في مزيجها الطاقوي على المحروقات بشكل شبه كلي، في الوقت الذي يشهد فيه الاستهلاك الطاقوي ارتفاعا متزايدا منذ سنوات 2000، خاصة بالنسبة للغاز الطبيعي، مما أصبح يشكل ضغطا على الموارد الوطنية في ظل تراجع انتاج البترول وتذبذب انتاج الغاز الطبيعي. وبذلك أصبح ترشيد استهلاك الطاقة في الجزائر ضرورة حتمية أكثر من أي وقت مضى، خاصة في القطاعات التي تتميز بارتفاع الاستهلاك النهائي للطاقة، وقد شكلت هذه الأخيرة محورا أساسيا في برنامج الكفاءة الطاقوية الذي أطلق في سنة 2011 في إطار استراتيجية الجزائر لتحقيق التحول الطاقوية مع مشارف سنة 2030.

بناء على ما سبق يتبلور السؤال الرئيسي للدراسة في الصيغة التالية:

كيف يمكن أن تساهم تحسينات الكفاءة الطاقوية في تحقيق التحول الطاقوي بالجزائر؟

- **فرضية الدراسة:**

تتمثل فرضية الدراسة في:

لا يكفي الاعتماد على الجانب التقني لإنجاح اجراءات تحسين الكفاءة الطاقوية؛ بل يجب العمل على نشر الوعي واصلاح دعم الأسعار.

- **أهداف الدراسة:**

تتمثل أهداف الدراسة في النقاط التالية:

- ابراز أهمية الكفاءة الطاقوية في تحقيق التحول الطاقوي
- تحليل الوضع الطاقوي في الجزائر
- تقييم برنامج الكفاءة الطاقوية

- **المنهج المتبع:**

للإجابة على السؤال الرئيسي والتأكد من صحة الفرضية سيتم اتباع المنهج الوصفي التحليلي بالاعتماد على احصائيات التقارير المتخصصة.

1- ضرورة تطبيق اجراءات الكفاءة الطاقوية لتحقيق التحول الطاقوي في الجزائر

شهدت الكفاءة الطاقوية تحسنا كبيرا منذ سنوات السبعينيات، بعد الصدمة البترولية الأولى في سنة 1973، والتي أدت الى ارتفاع الأسعار الطاقوية، الأمر الذي دفع بالدول المستوردة الى العمل على التطوير التقني لأنظمة الطاقة، كما أن الدول التي تمتلك موارد طاقوية أصبحت هي الأخرى تعمل على تحسين كفائتها الطاقوية للحفاظ على مواردها.

1-1- أهمية الكفاءة الطاقوية

تعرف الكفاءة الطاقوية بأنها تحسين التقنيات المستخدمة في الأنظمة القائمة بحيث تسمح باستهلاك طاقة أقل دون التقليل من جودة الخدمة المرجوة(Chevalier & al, 2013,p112) ، أي استخدام الطاقة بشكل أكثر ذكاء وفعالية مما يسمح بالحفاظ على مستوى الخدمة دون تبذير للموارد الطاقوية، ويستخدم مؤشر الكثافة الطاقوية لقياس الفعالية الطاقوية وهو نسبة استهلاك الطاقة إلى الناتج الداخلي الخام، حيث كلما كان هذا المؤشر ضعيفا كلما كانت الكفاءة الطاقوية كبيرة (Benabbou, 2015).

تحسنت مستويات الكفاءة الطاقوية في الدول الأعضاء لوكالة الطاقة الدولية بحوالي 14 % خلال الفترة 2000-2015، إذ تم اقتصاد الطاقة بحوالي 450 مليون طن مكافئ بترول في سنة 2015 وهو ما أدى إلى تخفيض الإنفاق على الطاقة بحوالي 540 مليار دولار في سنة2015، خاصة في قطاع البناء والصناعة(International Energy Agency, 2016, p13)

وبالنظر للاضطرابات التي شهدتها الأسواق الطاقوية خلال السنوات الاخيرة، خاصة على اثر جائحة كوفيد 19 والحرب الروسية والاكرانية، فقد بدلت الدول جهودا كبيرة لتحسين مستويات الكفاءة الطاقوية؛ فمنذ بداية أزمة الطاقة في أوائل سنة 2022 قامت الدول التي تُمثل 70% من الطلب العالمي على الطاقة بإدخال أو تعزيز حزم سياسات الكفاءة بشكل كبير، وارتفع الاستثمار السنوي في كفاءة الطاقة بنسبة 45% منذ عام 2020، مع نمو قوي بشكل خاص في المركبات الكهربائية ومضخات الحرارة. فسيارة واحدة تقريبًا من كل خمس سيارات تُباع اليوم هي سيارة كهربائية، ويتجاوز نمو مبيعات مضخات الحرارة العالمية الآن غلايات الغاز في العديد من الأسواق. ووفقا وفقًا لمؤشر متتبع إنفاق الطاقة الحكومي التابع لوكالة الطاقة الدولية، تم إنفاق ما يقرب من 700 مليار دولار أمريكي منذ عام 2020 على دعم الاستثمار في كفاءة الطاقة، مع إنفاق 70% من هذا المبلغ في خمس دول فقط: الولايات المتحدة وإيطاليا وألمانيا والنرويج وفرنسا (IEA, 2023, p9).

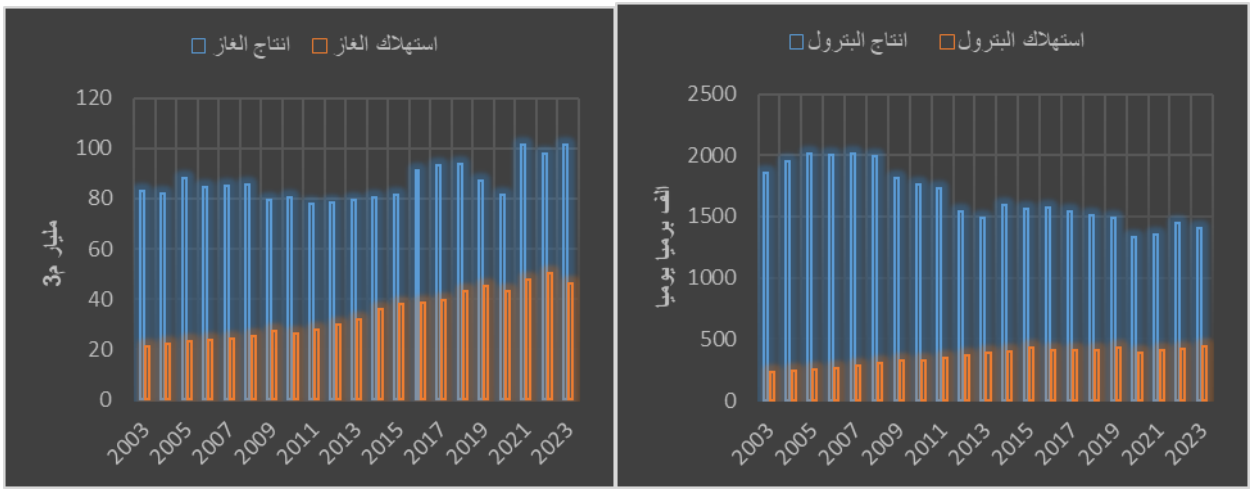
تختلف مستويات الكثافة الطاقوية من دولة إلى أخرى، ويمكن تفسير هذا التباين بعدة عوامل كالاختلاف في هيكل الاقتصاد الوطني، حيث أن قطاع الصناعة يتميز بالكثافة الطاقوية مقارنة بقطاع الخدمات، كما أن الاختلاف في المزيج الطاقوي يؤدي إلى تباين مستويات الكثافة الطاقوية بين الدول، حيث يعتبر الفحم والطاقة النووية الأقل فعالية في توليد الطاقة، بينما تعتبر الطاقات المتجددة الاكثر كفاءة، وهو ما يؤكد على ضرورة الجمع بين الكفاءة الطاقوية والطاقات المتجددة لتحقيق التحول الطاقوي بشكل أسرع.

رغم المكاسب المحققة في مجال الكفاءة الطاقوية في بعض الدول، لا يزال هناك الكثير من العمل في العديد من الدول الأخرى التي لا تخضع استخداماتها الطاقوية لمتطلبات الكفاءة الطاقوية، خاصة تلك الدول التي تقوم بدعم أسعارها الطاقوية نظرا لامتلاكها موارد طاقوية كبيرة.

1-2-ارتفاع الاستهلاك الطاقوي والكثافة الطاقوية في الجزائر

يتميز نموذج الاستهلاك الوطني في الجزائر بسيطرة كل من البترول والغاز الطبيعي بنسبة 99 بالمئة، بينما تقارب نسبة الطاقات المتجددة الصفر، في الوقت الذي يشهد فيه استهلاك الطاقة في الجزائر ارتفاعا مستمرا منذ بداية سنوات 2000.

الشكل رقم 01: تطور انتاج واستهلاك البترول والغاز الطبيعي خلال الفترة 2003-2023



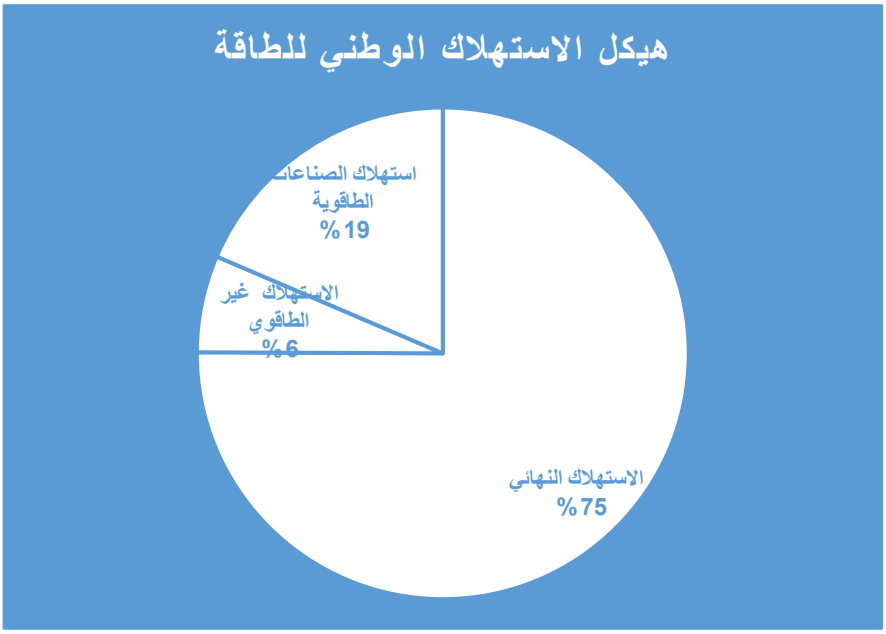
Source : Bp , editions(2012- 2024).

يلاحظ من الشكل ما يلي:

- تذبذب في انتاج الغاز الطبيعي على طول الفترة؛ ليرتفع خلال السنوات الأخيرة، في حين يشهد انتاج البترول بشكل عام.
- الارتفاع المستمر لكل من استهلاك الغاز الطبيعي والبترول، خاصة بالنسبة للغاز الطبيعي الذي بلغ استهلاكه أكثر من نصف الإنتاج في سنة 2022.

كما تشهد احتياطات كل من البترول والغاز الطبيعي ثباتا منذ سنة 2009، وعلى الرغم من امتلاك الجزائر لموارد هامة من الغاز الصخري والتي تقدر بحوالي 707 تريليون قدم مكعب حسب ادارة معلومات الطاقة الامريكية، فان استغلاله يخضع لعدة قيود تقنية، اقتصادية، بيئية واجتماعية.

الشكل رقم 02: هيكل الاستهلاك الوطني للطاقة لسنة 2023



Source : Ministère de l'Energie et des Mines et des Energies Renouvelables, 2024, p21

يلاحظ من خلال الشكل سيطرة الاستهلاك النهائي على الاستهلاك الوطني للطاقة بنسبة 75 بالمئة، في حين بلغت نسبة استهلاك الصناعات الطاقوية 19 بالمئة، أما الاستهلاك غير الطاقوي فبلغت نسبته 6 بالمئة؛ ويقصد به استخدام الطاقة كمادة أولية ، خاصة في الصناعة البتروكيمياوية.

من جهة أخرى يتوزع الاستهلاك النهائي على الصناعة بنسبة 24,72 بالمئة، النقل بنسبة 29,70 بالمئة والعائلات بنسبة 45,57 بالمئة.

إن الارتفاع الكبير في نسبة الاستهلاك النهائي للطاقة، خاصة بالنسبة لقطاع النقل وقطاع العائلات، يعني أن الاستهلاك الطاقوي لا يرتبط بنمو القطاعات المنتجة وهو ما يجعل مؤشر الكثافة الطاقوية مرتفعا، حيث يتم استهلاك 0.25 طن مكافئ بترول لإنتاج 1000 دولار من الناتج الداخلي الخام في الجزائر، في حين يتم استهلاك 0.09 طن مكافئ بترول في إسبانيا وحوالي 0.08 طن مكافئ بترول في إيطاليا لإنتاج 1000 دولار من الناتج الداخلي الخام(Salah, 2016 , p3) ، أي أنه يتم استهلاك أكثر من الضعف لإنتاج نفس الوحدة في الجزائر مقارنة بهذه الدول.

بالنسبة للصناعة، والتي تعتبر من أهم القطاعات المستهلكة للطاقة، فيمكن تصنيفها وفقا للتصنيف القياسي العالمي الى ثلاث فئات (اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي اسيا،2005 ، صفحة 5):

- الصناعة كثيفة الاستهلاك للطاقة مثل مواد البناء كالإسمنت، الحديد والصلب، الزجاج، الالمنيوم، والمواد الكيميائية والبتروكيميائية.
- الصناعات منخفضة الاستهلاك الطاقوي وذات القيمة المضافة المرتفعة: صناعة السيارات، والحواسيب، والادوات المنزلية، والكهربائيات والالكترونيات، وصناعة المعدات والآلات .
- الصناعات منخفضة الاستهلاك للطاقة مثل الأثاث، والتبغ، والطباعة، ودبغ الجلود، والمنسوجات.

وفيما يلي جدول يبين مقارنة لمؤشر الاستهلاك الطاقوي لبعض الصناعات في الجزائر مع متوسط المؤشر العالمي.

الجدول رقم1: مؤشر الاستهلاك الطاقوي في بعض الصناعات في الجزائر في سنة2015

طن مكافئ بترول لكل طن

نوع الصناعة	مؤشر الاستهلاك الطاقوي في الجزائر	متوسط مؤشر الاستهلاك الطاقوي عالميا
صناعة الإسمنت	0,25- 0,2	0,078
صناعة الفولاذ	0,8-0,7	0,4-0,2
صناعة الأسمدة الأزوتية	3-2,5	1,239

Source : (APRUE, 2017, pp :19-21),

يلاحظ من خلال الجدول أن معدل استهلاك الطاقة في الصناعة في الجزائر من أعلى المعدلات عالميا، وتعبر هذه المعطيات بشكل واضح على ضياع الكثير من الموارد الطاقوية دون الاستفادة منها، وهو ما يستدعي تطبيق تقنيات الكفاءة الطاقوية في الاستخدام النهائي للطاقة في مجال الصناعة، البناء والنقل، وكذلك توسيع استخدام الدورات المركبة لتوربينات الغاز في إنتاج الكهرباء نظرا لكفاءتها الطاقوية.

2- اجراءات تحسين الكفاءة الطاقوية في الجزائر

تسعى الجزائر إلى ترشيد استخدام الطاقة من خلال مجموعة من القوانين والإجراءات، حيث تم اطلاق برنامج للكفاءة الطاقوية في سنة 2011 الذي يهدف إلى التقليل من استهلاك الطاقة والحفاظ عليها في اطار التنمية المستدامة، ويشمل البرنامج تطبيق إجراءات الكفاءة الطاقوية في القطاعات الأساسية المتمثلة في البناء، الصناعة، النقل وكذلك في مجال إنتاج الطاقة الكهربائية.

2-1- قطاع البناء والإنارة العمومية

يمثل قطاع البناء أكثر القطاعات استخداما للطاقة النهائية، وبالتالي فهو الأكثر استهدافا من طرف برنامج الكفاءة الطاقوية، هذا الأخير اعتمد عدة إجراءات نبين أهمها فيما يلي:

2-1-1- العزل الحراري وتطوير سخان الماء الشمسي

يتمثل الشق المتعلق بالبنايات سواء القائمة أو الجديدة في إدخال ونشر ممارسات وتكنولوجيات مبتكرة في العزل الحراري، أين تقرر إدراج إجراءات محددة في العزل الحراري في مرحلة التصميم الهندسي للبنايات، ويتمثل الهدف من هذا البرنامج في تحقيق اقتصاد للطاقة يقدّر بأكثر من 7 مليون طن مكافئ نفط في سنة 2030 (وزارة الطاقة، 2016 ، صفحة 12)، وتتمثل أهم المشاريع في هذا المجال في مشروع ECO-BAT من خلال القيام بالعزل الحراري لـ600 مسكن. أما فيما يتعلق بالاستعمال الفردي والجماعي للماء الساخن، فإن الأولوية لدى السلطات العمومية عبر هذا البرنامج تتمثل في إحلال التسخين الشمسي محل التسخين بالغاز، الأمر الذي دفع بالسلطات إلى بدل مجهودات معتبرة تهدف أساسا إلى تشجيع الإنتاج المحلي من سخانات الماء الشمسية. وتتمثل أهم المشاريع التي تم تحقيقها في هذا المجال في مشروع "AL-SOL" من خلال إقامة 2400 سخان مائي شمسي في مختلف المنشآت(المساكن، المدارس والمساجد).(Dali, 2017, p5)

رغم المجهودات والدعم الذي تقدمه الدولة فهو يبقى غير كافي للتحفيز، فمثلا نجد مشروع "العزل الحراري في المباني الذي يدعم العزل الحراري للمنازل الجديدة بتغطية 80% من التكلفة الإضافية، لكن الدعم يقتصر على الفتحات الخارجية فقط (بحد أقصى 4800 دينار جزائري/متر) .(Durand, 2023,p8)

تمثل المشاريع السكنية التي تقام سنويا فرصة مهمة لتفرض الدولة شروطها على المقاولين لتطبيق إجراءات الكفاءة، كما يمكن أن يكون التحفيز من خلال دعم المشاريع الأفضل أداء من حيث الكفاءة الطاقوية.

2-1-2-تعميم استعمال المصابيح ذات الاستهلاك المنخفض من الطاقة

تسعى الجزائر إلى تخفيض الاستهلاك الطاقوي من خلال استبدال المصابيح ذات التوهج بمصابيح ذات الاستهلاك المنخفض، حيث من المقرر في مرحلة أولى وقف استيراد المصابيح ذات التوهج ومنع تسويقها في مرحلة ثانية، بهدف تحقيق اقتصاد في الطاقة يقدر ب 2 مليون طن مكافئ نفط في سنة 2030، وسيتم تشجيع الإنتاج المحلي للمصابيح ذات الاستهلاك المنخفض، خاصة من خلال اللجوء إلى الشراكة في هذا المجال.

يهدف برنامج الكفاءة الطاقوية الموجّه للمجموعات المحلية إلى استبدال مجموع المصابيح الزئبقية(مستهلكة للطاقة ومضرّة) بمصابيح أكثر نجاعة(الصوديوم تحت الضغط العالي)، وهو ما سيمكّن من تحقيق اقتصاد في الطاقة بحوالي 01 مليون طن مكافئ نفط في سنة 2030 ، وبذلك سيسمح بالتخفيف من الفاتورة الطاقوية، وعلى وجه الخصوص بالنسبة للجماعات المحلية(وزارة الطاقة،2016، الصفحة13) ، حيث تم إحلال 80000 مصباح بالزئبق بمصابيح اقتصادية من الصوديوم في مجال الإنارة العمومية وذلك من خلال مشروع "Eco lumière"(Dali, 2017, p5)

لتحقيق الأهداف المتعلقة ببرنامج الكفاءة الطاقوية في قطاع البناء يمكن الاستفادة من تجارب الدول التي قامت بإجراءات الكفاءة الطاقوية، إذ يتم اللجوء إلى القوانين بالنسبة للقطاعات التي لا يعطي فيها السوق نتائجه مثل البناء وكذلك الأجهزة التي تستهلك الطاقة، حيث يتم استهداف الآلات الكهربائية بالدرجة الأولى من خلال استخدام بطاقات الكفاءة الطاقوية والاتجاه أكثر نحو تطبيق MEPS (*Minimum Energy Performance Standard*)، وتعتبر هذه الأدوات وسيلة لمعالجة مساوئ السوق في بيع الآلات والتجهيزات ذات الكفاءة الطاقوية، خاصة أجهزة التكييف التي أصبحت الأكثر استهدافا من حيث تطبيق إجراءات الكفاءة الطاقوية في الدول الناشئة لأنه التطبيق الأسرع والأكثر انتشارا في استخدام الطاقة النهائية(Conseil Mondial De L'énergie, 2013, p12) ، وتعتبر أوروبا من الدول الرائدة التي حققت نتائج كبيرة في هذا المجال؛ إذ لم يتغير إجمالي الغاز المستهلك في المباني بالرغم من إضافة 11 مليون منزل (نمو بـ10 % خلال الفترة) خلال الفترة 2003-2013، بسبب الالتزام الصارم بتطبيق إجراءات الكفاءة الطاقوية في المباني الجديدة (International Energy Agency, 2016, p21)

في هذا الإطار قامت الجزائر باستحداث رسم للكفاءة الطاقوية TEEمن خلال قانون المالية لسنة 2017 ، والذي يقضي بفرض رسم على المنتجات المحلية المستوردة أو المنتجة محليا التي تستهلك الكهرباء والغاز الطبيعي والمنتجات البترولية بشكل يتعدى معايير الكفاءة الطاقوية، حيث يتراوح معدل الرسم من 5 %إلى 35 % حسب حجم الاستهلاك الطاقوي (loi de finances n° 16-14, 2017) ، وهو ما سيرفع من تنافسية المنتجات ذات الكفاءة الطاقوية المرتفعة ويشجع بذلك على تخفيض الكثافة الطاقوية.

2-2- ترقية الكفاءة الطاقوية في القطاع الصناعي وانتاج الكهرباء

يسعى برنامج الكفاءة الطاقوية إلى حمل الصناعيين على ترشيد استهلاك الطاقة من خلال تعميم عمليات التدقيق الطاقوية ومراقبة طرق الصناعة، حيث من المنتظر أن يبلغ اقتصاد الطاقة في قطاع الصناعة حوالي 30 مليون طن مكافئ نفط في سنة 2030 (وزارة الطاقة، 2016 ، الصفحة 14).

تجدر الإشارة إلى أن تطبيق إجراءات الكفاءة الطاقوية في مجال الصناعة يجب أن يأخذ بعين الاعتبار معايير المنافسة العالمية، خاصة في فترات الأزمات الاقتصادية، لذلك يفضل استخدام أدوات مرنة مثل الاتفاقيات بدل استخدام القوانين (Conseil Mondial de L'énergie, 2013, p10).

تعتبر الدورات المركبة لتوربينات الغاز تقنية مهمة لتحسين الكفاءة الطاقوية في مجال إنتاج الكهرباء، فنظرا لاعتماد الجزائر بشكل شبه كلي على الغاز الطبيعي في إنتاج الكهرباء، فقد تم إدخال تكنولوجيات الدورات المركبة إلى حضيرة إنتاج الكهرباء، مما أدى إلى انخفاض استهلاك الغاز لإنتاج 1ميغاواط/الساعة من 10.63 مليون وحدة حرارية بريطانية في سنة 2008 إلى 8.16 مليون وحدة حرارية بريطانية في سنة2013 (Akbi & al, 2016, p1154) .

في إطار توسيع استخدام الدورات المركبة قامت الشركة الجزائرية لإنتاج الكهرباءSPE (فرع مجمع سونلغاز) بالتوقيع على ستة عقود لإنجاز محطات كهربائية من نوع الدورات المركبة بقدرة تتراوح بين 1200و 1600ميغاواط لكل واحدة، وهذا في اطار مخطط للتطوير" 2013-2017"، بقيمة تصل إلى 4 مليار دولار(Sonelgaz, 2014) ، وبلغت حصة الدورات المركبة لتوربينات الغاز 26 % من إجمالي قدرات إنتاج الكهرباء في سنة 2015، في حين بلغت حصتها من الإنتاج الإجمالي أكثر من 40 % (Ministère algérienne de l'énergie , 2016, pp :3,4) .

2-3- ترقية الكفاءة الطاقوية في مجال النقل وتقليل حرق الغاز الطبيعي

يعتبر قطاع النقل من أكثر القطاعات استهلاكا للطاقة ويستحوذ النقل عبر الطرقات على 95.37 % من إجمالي الاستهلاك الطاقوي في هذا القطاع، ويعود ذلك إلى ارتفاع استهلاك الوقود بسبب ارتفاع عدد السيارات، إذ تم استيراد حوالي 270000 سيارة جديدة في سنة 2015(l'énergie, 2015, p17) ، حيث يعتمد قطاع النقل بشكل كبير على المنتجات البترولية مما يعني ارتفاع فاتورة الاستيراد من جهة وزيادة معدلات التلوث من جهة أخرى، فهو يتسبب في انبعاثات تقدر بحوالي 14 مليون طن مكافئ من ثاني أكسيد الكربون؛ أي ما يمثل 46 % من الانبعاثات المسببة للاحتباس الحراري في الجزائر، وفي هذا الإطار تعتزم الجزائر ترقية استخدام غاز البترول المسال(GPL) والغاز الطبيعي المضغوط (GNC) في مجال النقل ضمن برنامج الكفاءة الطاقوية، أين سيتم تحويل 1.3 مليون مركبة إلى استخدام وقود غاز البترول المسال و 11000 حافلة إلى الغاز الطبيعي المضغوط مع مشارف سنة 2030. (Portail Algérien des Energies Renouvelables, 2015, p2)

من جهة اخرى، تبذل الجزائر مجهودات معتبرة لخفض معدلات حرق الغاز الطبيعي باعتباره مصدرا لهدر كميات معتبرة من الغاز الطبيعي، كما أن عملية الحرق تساهم بدرجة كبيرة في رفع معدل الانبعاثات المسببة للتلوث، فمنذ سنة 1973، قامت سوناطراك بإنجاز 32 مشروع سمح برفع معدل الاسترجاع إلى نسبة92 % مقارنة بكميات الغاز التي كان يتم حرقها سابقا. كما سمحت المشاريع التي تحققت خلال الفترة 2003-2014 برفع قدرة الاسترجاع من خلال إقامة وحدات غاز البترول المسال ووحدات إعادة حقن الغاز المصاحب، حيث انخفضت كمية الغاز المحروق من 6,33 مليار م^3 في سنة 1999

إلى 4.74 مليار م^{3}في سنة2014، وفي نفس الاطار تم اطلاق مشروع عين صالح لاسترجاع غاز ثاني أكسيد الكربون بالشراكة بين سوناطراك وشركة BP الذي انطلق في سنة 2004، والذي سمح بدوره باسترجاع 1.2 مليون طن سنويا من غاز ثاني أكسيد الكربون، أي حوالي 20 مليون طن خلال فترة استغلال الحقل(Sonatrach, 27 - 29 octobre 2015) .

بالرغم من المجهودات المبذولة يبقى معدل حرق الغاز في الجزائر مرتفعا، وهو ما يشكل تحديا كبيرا خاصة في ظل التزام الجزائر في إطار اتفاق باريس حول المناخ في سنة 2015 بتخفيض الانبعاثات المسببة للاحتباس الحراري بنسبة تتراوح بين 7 و22% مع مشارف سنة 2030.

2-4-اصلاح دعم الأسعار

يعتبر دعم إنتاج واستهلاك الطاقات الأحفورية بمثابة التحدي الكبير للنجاح في تطبيق إجراءات الكفاءة الطاقوية، حيث أن انخفاض الأسعار لا يحفز المستهلكين على عدم تبذير الطاقة، كما لا يشجع المستثمرين على الاستثمار في مشاريع الكفاءة الطاقوية، وينطبق هذا الأمر بشكل خاص على الدول المنتجة للموارد الطاقوية.

يشكل دعم أسعار المواد الطاقوية في الجزائر تحديا كبيرا للسلطات بالنظر لاتساع مجال المواد والمنتجات المدعمة، فبالإضافة إلى دعم أسعار الكهرباء والغاز في الجزائر، يتم أيضا دعم المنتجات البترولية، حيث بلغت نسبة الإعانات الضمنية للمنتجات البترولية (الديازل، الغازولين وغاز البترول المسال) حوالي 4.7 % من الناتج الداخلي الخام لسنة 2012 (International Monetary Fund,Algeria, 2014, p14) ، حيث تعتبر أسعار الوقود السائل في الجزائر من بين الأضعف في العالم، حيث يبلغ سعر غاز البترول المسال 120 دولار للطن، بينما باعت سوناطراك غاز البترول المسال في الأسواق الدولية ما بين جانفي 2007و سبتمبر 2015 بأسعار Fob بما يقارب 700 دولار أمريكي للطن(Kojima, 2016, p37) .

يعتبر القيام برفع الدعم عن الأسعار خطوة صعبة، خاصة فيما يتعلق بالأسعار النهائية، لأنها تتعلق بالمستهلكين مباشرة وتمس قدرتهم الشرائية، لكن الوضعية المالية الصعبة الناتجة عن انخفاض أسعار الغاز والبترول أجبرت السلطات على رفع الأسعار المحلية وتخفيض الدعم عن المنتجات الطاقوية.

يعتبر القيام برفع الدعم عن الأسعار خطوة صعبة، خاصة فيما يتعلق بالأسعار النهائية، لأنها تتعلق بالمستهلكين مباشرة وتمس قدرتهم الشرائية، لكن الارتفاع الزاحف للاستهلاك الطاقوي في الجزائر وكذلك الوضعية المالية الصعبة الناتجة عن انخفاض أسعار الغاز والبترول في سنة 2014 أجبرت السلطات الجزائرية على رفع الأسعار، حيث قامت لجنة ضبط الكهرباء والغاز في سنة 2015 برفع أسعار الكهرباء والغاز من خلال القرار رقم 15/22. فبالنسبة للغاز الطبيعي تم رفع اسعار الضغط المرتفع بنسبة 35 % ويتعلق باستهلاك الزبائن الصناعيين، في حين تم رفع اسعار الضغط المتوسط بنسبة 15% ويتعلق باستهلاك المؤسسات والصناعات الصغيرة والمتوسطة والتجهيزات العمومية، اما بالنسبة للضغط المنخفض فقد تم تطبيق تعريفات تصاعدية حسب كمية الاستهلاك(الزيادة بنسبة 24,04 % لما يتراوح الاستهلاك بين 2500 و7500 وحدة حرارية للثلاثي و 41,74 % لما يتجاوز الاستهلاك 7500 وحدة حرارية). كما تم

بالنسبة للكهرباء فقد تم اعتماد المبدأ نفسه وكانت الزيادات حسب نوع الاستهلاك ومستوى الاستهلاك؛ اذ تراوحت من 15,15% الى 31,13%.ويتمثل المبدأ المعتمد في زيادات الاسعار في اختلاف الرسم على القيمة المضافة المطبق، والذي يتراوح من 7% بالنسبة للمستويات المنخفضة من الاستهلاك الى 17 % بالنسبة للمستويات المرتفعة (CREG, 2016)، وقد رفعت هذه المعدلات بدورها إلى 9 %و19 % على الترتيب من خلال قانون المالية لسنة 2016. من جهة اخرى، وفيما يتعلق بالقطاع الصناعي فقد عدلت الجزائر نظام الدعم الخاص بالقطاع في نوفمبر من سنة 2024؛ حيث سيتم التفاوض حول السعر مع الزبائن الذين يتجاوزون حدا معينا من الاستهلاك ابتداء من سنة 2025.

وتجدر الاشارة هنا الى ان دعم اسعار الكهرباء يؤثر بدوره على الغاز، حيث ان انخفاض اسعار الكهرباء سيؤدي الى ارتفاع الطلب عليه، ما يعني بطريقة غير مباشرة ارتفاع الطلب على الغاز الطبيعي بما انه المصدر الاساسي لإنتاجه، وعلى

الرغم من رفع اسعار الكهرباء فهي تبقى من بين الاضعف عالميا، حيث قدر سعر الكهرباء في الجزائر بعد التعديل بحوالي 0.039 دولار/ كيلوواط ساعي، في حين بلغ المعدل عالميا حوالي 0.136دولار/ كيلوواط ساعي (Solar Power Europe, 2021)

في ذات السياق اعتبر وزير الطاقة أن السعر الحقيقي المستحق للوحدة الحرارية يقدر في واقع الامر ب42،89 سنتيم، وهو ما لايسمح لشركة سونلغاز بالحفاظ على توازنها المالي. كما يمثل دعم الدولة نسبة 65 بالمائة من قيمة استهلاك العائلات في مناطق الجنوب، حسب الوزير الذي اشار إلى ان قيمة المبالغ المالية المخصصة من طرف الدولة لدعم الكهرباء في المناطق الجنوبية للبلاد فاقت 18 مليار دج في 2019. (وكالة الانباء الجزائرية، 2021).

يتميز الطلب على الكهرباء في الجزائر بارتفاع كبير خلال السنوات الاخيرة، وتتوقع وكالة الطاقة الدولية ان يرتفع الطلب على الطاقة في الجزائر بمعدل 5,2 بالمئة خلال الفترة 2024-2026، ويرجع هذا الارتفاع حسب الوكالة الى النمو الاقتصادي وكذلك بسبب استهلاك الكهرباء لتحلية مياه البحر والسيارات الكهربائية، رغم ان استخدام الكهرباء في قطاع النقل لايزال ضعيفا، لكن الدولة تعتزم بلوغ 1000 سيارة كهربائية و 1000 محطة لشحن الكهرباء (International Energy Agency, 2024, p. 153)،حيث سيشكل ذلك ضغطا أكبر على انتاج الغاز الطبيعي الذي يغطي احتياجات قطاع الكهرباء بشكل شبه كلي، خاصة في فترات الذروة، كما حدث في صيف 2024.

ان برنامج الدعم الحالي في الجزائر لا يخدم تحقيق العدالة الاجتماعية لأنه ليس موجها للفقراء، بل انه يخدم اصحاب المداخيل المرتفعة؛ فهي القادرة على اقتناء الآلات والتجهيزات المستهلكة للطاقة. وبالتالي فان حل اشكالية دعم اسعار الغاز الطبيعي، واسعار المنتجات الطاقوية بشكل عام في الجزائر يجب ان يكون مبنيا على مبدأ فصل الجانب الاقتصادي عن الجانب الاجتماعي؛ فالوظيفة الاساسية للسعر هي التعبير عن قيمة السلعة وندرتها، الامر الذي ينعكس على سلوك المستهلك؛ اذ سيكون سلوكه رشيدا كلما أدرك ان السلعة نادرة ومرتفعة السعر.

الخاتمة:

تعتبر الكفاءة الطاقوية الطريق الأسرع والأقصر لتحقيق الأمن الطاقوي والتحول الطاقوي في نفس الوقت، وهو ما راهنت عليه الدول المتقدمة من خلال القيام باستثمارات ضخمة في تطوير التكنولوجيا ووضع التشريعات الصارمة، وكذلك تفعيل دور الأسعار الطاقوية لترشيد سلوك الفرد. بالإضافة الى الجمع بين الكفاءة الطاقوية والطاقات المتجددة لتحقيق التحول الطاقوي بشكل أسرع، لأن الطاقات المتجددة تعتبر الأكثر كفاءة من بين أنواع الموارد الطاقوية الأخرى.

نتائج الدراسة:

من خلال دراسة الوضع الطاقوي وبرنامج الكفاءة الطاقوية في الجزائر توصلت الدراسة الى النتائج التالية:

- أدى الارتفاع الكبير في نسبة الاستهلاك النهائي للطاقة الى ارتفاع مؤشر الكثافة الطاقوية.
- تشكل البنى التحتية لقطاع النقل عائقا بحد ذاته أمام تطوير الكفاءة الطاقوية، ويتعلق الامر بالعدد الكبير لوسائل النقل القديمة وكذلك مشكل الطرقات، بالإضافة الى عدم توفر وسائل النقل العام بالشكل المطلوب كما ونوعا.

- لا تزال الصناعة في أغلبها تعتمد على اساليب انتاج تتميز بارتفاع الكثافة الطاقوية، بالإضافة الى سيطرة الصناعات ذات الكثافة الطاقوية على الهيكل الاقتصادي في الجزائر، مثل صناعة الاسمنت، صناعة الحديد والصلب والصناعات الطاقوية.
- يستحوذ قطاع العائلات على أكبر حصة من الاستهلاك الوطني للطاقة، لذلك فان الاهتمام بالجانب التقني وحده لن يكون كافيا لتفعيل دور الكفاءة الطاقوية؛ بل أن التأثير على سلوك الأفراد هو من سيقود الى نجاح التحول الطاقوي بشكل عام.
- ان برنامج الدعم الحالي في الجزائر يخدم أصحاب المداخيل المرتفعة؛ فهي القادرة على اقتناء الآلات والتجهيزات المستهلكة للطاقة، كما أن اعتقاد الجزائري بوفرة الموارد الطاقوية وانخفاض أسعارها لا يحفزه على ترشيد استهلاكه، لذلك تعتبر حملات التوعية ونشر الوعي أساسية لتفعيل دور المجتمع في تقبل وتبني اجراءات تحسين الكفاءة الطاقوية، وهو ما يثبت صحة فرضية الدراسة.

التوصيات

- تعزيز الاستثمار في تقنيات الكفاءة الطاقوية من خلال استخدام التقنيات الحديثة.
- تطبيق التشريعات الصارمة وكذلك وضع التحفيزات لأصحاب الأداء الطاقي الأفضل.
- يجب الفصل بين تحقيق الكفاءة الاقتصادية وتحقيق العدالة الاجتماعية، فالأولى تتم من خلال التسعير الحقيقي للمورد الاقتصادي والثانية تكون من خلال استهداف دعم الفقير مباشرة وليس الدعم السعر، وهو ما يمكن ان يتحقق من خلال الدعم الموجه.
- تجدر الاشارة الى توجيه الدعم نحو فئات معينة يتطلب تأطيرا اداريا محكما لان تحديد الفئة التي تستحق يتطلب توفير المعلومات والقيام ببحوث اجتماعية شاملة ونزيهة.
- يعتبر الاعلام أحد اهم ركائز نجاح تطبيق اجراءات الكفاءة الطاقوية، ويتم ذلك من خلال توعية المواطن بأهميتها.
- ضرورة الاستفادة من الامكانيات الكبيرة التي تتمتع بها الجزائر في مجال الطاقات المتجددة.

المصادر والمراجع:

1. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي اسيا. (2005). *تحسين كفاءة الطاقة واستخدامات الوقود الاحفوري الانظف في قطاعات مختارة في بعض بلدان الاسكوا*. الامم المتحدة.
2. وزارة الطاقة. (2016). *برنامج الطاقات المتجددة و النجاعة الطاقوية*.

1. Akbi Amine &al .(2016) .A new method for cost of renewable energy production in Algeria: Integrate all benefits drawn from fossil fuel savings .*Renewable and Sustainable Energy Reviews*.(,56)
2. APRUE .(2017) .audit énergétique dans le secteur industriel .*l 'efficacité énergétique dans l 'industrie* . Alger: Ministère de l'energie.
3. Benabbou Senouci 8 – 7 .) .avril 2015 .(Les enjeux de la transition énergétique en Algérie .*Colloque sur les politiques d 'utilisation des ressources énergétiques :entre les exigences du développement national et la sécurité des besoins internationaux* .Universite Setif .
4. Bp , editions(2012- 2024), *statistical review of world energy* .
5. Chevalier Jean marie&al .(2013) .*transition énergétiques :les vraix choix* .Paris: Odile Jacob.
6. Conseil Mondial de L'énergie .(2013) .*Les politiques d'efficacité énergétique dans le monde* .
7. CREG .(2016) .la tarification de l'électrcité et du gaz en Algerie .*equilibres*.(30)
8. Dali Kamel .(2017) .*éco-construction et efficacité énergétique en Algérie* .Berlin: APRUE.
9. Durand, A. (2023). Le cadre réglementaire et incitatif de l'efficacité énergétique en Algérie. *4ème édition de la Journée algéro-allemande de l'Énergie.* Fraunhofer ISI.

10. IEA .(2023) .*Energy Efficiency 2023* .
11. International Energy Agency .(2016) .*Medium-term gas market report, market analysis and forecasts to 2021* .
12. International Energy Agency .(2016) .*energy efficiency market report* .,
13. International Monetary Fund,Algeria .(2014) .imf country report .*342/ 14* ،.
14. Khebri Salah .(2016) .*Augmenter la production des hydrocarbures et rationaliser la consommation* www.portail.cder.dz/spip.php?article5206 .09/09/2017
15. loi de finances n .(2017) .14-16 °*Article 70* .
16. Masami Kojima .(2016) .fossil fuel subsidy and pricing policies recent developing country experience .*Working Paper* .*7531* .World Bank Group.
17. Ministère algérienne de l'énergie .(2016) . électricité et gaz.
18. Ministère de l'énergie .(2015) .Bilan énergétique national.
19. Ministère de l'Energie et des Mines et des Energies Renouvelables, 2024, Bilan énergétique national
20. Portail Algérien des Energies Renouvelables .(2015) .développer le GPL et le GNC:meilleur outil pour améliorer l'efficacité énergétique dans le transport ، www.portail.cder.dz/spip.php?article4683 26/02/2016
21. Solar Power Europe .(2021) .*Algeria Solar investment opportunities* .
22. Sonatrach 29 - 27) .octobre 2015 .(efforts de sonatrach dans la réduction des gaz à effet de serre . *Salon International des Energies Renouvelables,des Energies Propres et du Développement Durable* .Oran.
23. Sonelgaz .(2014) .Construction de six centrales électriques en cycle combiné. www.sonelgaz.dz 11/15 /2016

الاستثمار في البنية التحتية الطاقوية ودوره في تحقيق النمو المستدام: دراسة حالة الجزائر

Investment in Energy Infrastructure and Its Role in Achieving Sustainable Growth: A Case Study of Algeria

د. اولاد ابراهيم ليلى [1] ، د. عمر بلمصطفاوي[2]،

[1] جامعة غرداية (الجزائر)، ouladbrahim.laila@univ-ghardaia.edu.dz ، مخبر الدراسات التطبيقية في العلوم المالية والمحاسبية ***EASFC***

[2] جامعة الجزائر **03** (الجزائر)، محاضر ب، belmostphaoui.omar@univ-alger3.dz

ملخص: تهدف هذه الدراسة إلى تحليل واقع الاستثمار في البنية التحتية الطاقوية بالجزائر، وإبراز دوره في دعم النمو المستدام من خلال أبعاده الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، مع التركيز على البرنامج الوطني للطاقات المتجددة **(2011–2030)** كإطار استراتيجي لتحقيق الانتقال الطاقوي. ولتحقيق ذلك، اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي مدعماً بالمنهج المقارن من أجل رصد التحديات المطروحة والاستفادة من التجارب الدولية .أظهرت النتائج أن الجزائر تمتلك إمكانات معتبرة في مجال الطاقات المتجددة، خاصة الطاقة الشمسية والرياح، لكنها لم تُستغل بعد بالقدر الكافي بسبب معوقات تمويلية ومؤسساتية وتكنولوجية. كما تبين أن الاستثمار في هذه الطاقات يسهم في تنويع مصادر الطاقة، وخلق فرص عمل جديدة، وتحسين معيشة السكان، فضلاً عن تقليص الانبعاثات والحفاظ على البيئة. وانطلاقاً من هذه النتائج، توصي الدراسة بتسريع وتيرة تنفيذ مشاريع الطاقات المتجددة، وتطوير الإطار التشريعي والتنظيمي، وتنويع مصادر التمويل، وتعزيز البحث العلمي ونقل التكنولوجيا، إلى جانب إدماج الطاقات النظيفة ضمن استراتيجيات التنمية المحلية.

كلمات مفتاحية: البنية التحتية الطاقوية؛ الطاقات المتجددة؛ الاستثمار؛ النمو المستدام؛ الجزائر.

تصنيفات JEL : Q42 ، O13

Abstract : *This study aims to analyze the reality of investment in energy infrastructure in Algeria and highlight its role in supporting sustainable growth through its economic, social, and environmental dimensions, with a particular focus on the National Renewable Energy Program (**2011–2030**) as a strategic framework for achieving the energy transition. To this end, the study adopts a descriptive-analytical approach supported by a comparative method to identify the existing challenges and benefit from international experiences.The findings reveal that Algeria possesses significant potential in the field of renewable energies, particularly solar and wind energy; however, these resources have not yet been sufficiently exploited due to financial, institutional, and technological constraints. The results further show that investment in renewable energies contributes to diversifying energy sources, creating new job opportunities, improving living conditions, as well as reducing emissions and preserving the environment. Based on these findings, the study recommends accelerating the implementation of renewable energy projects, developing the legal and regulatory framework, diversifying sources of financing, strengthening scientific research and technology transfer, and integrating clean energies into local development strategies*

Keywords: *Energy infrastructure; Renewable energy; Investment; Sustainable growth; Algeria*
JEL Classification Cods : **O13 ، Q42**

المؤلف المرسل: اولاد ابراهيم ليلى ، الإيميل: ouladbrahim.laila@univ-ghardaia.edu.dz،

المقدمة:

توطئة:

أصبح قطاع الطاقة في الوقت الراهن أحد أهم مرتكزات الاقتصاد العالمي، لما له من تأثير مباشر على وتيرة النمو والاستقرار الاقتصادي والاجتماعي. ومع تسارع التحولات الطاقوية وتزايد الاهتمام بالطاقات المتجددة، برزت الحاجة الملحة إلى إعادة النظر في السياسات الطاقوية التقليدية القائمة على استنزاف الموارد الناضبة. وتعد الجزائر من بين الدول الأكثر تأثراً بهذه التحولات، نظراً لاعتمادها الكبير على عائدات المحروقات التي جعلت اقتصادها هشاً أمام تقلبات الأسواق الدولية. وفي هذا السياق، يطرح الاستثمار في البنية التحتية الطاقوية كخيار استراتيجي يهدف إلى تحقيق الأمن الطاقوي وتلبية متطلبات الاستدامة. ويشكل هذا التوجه إحدى الرهانات الكبرى التي تواجهها الجزائر في مسارها نحو تنويع مصادر الطاقة وتعزيز التنمية المستدامة. ومن هنا تبرز أهمية التعمق في دراسة العلاقة بين الاستثمار الطاقوي ومتطلبات النمو المستدام.

الإشكالية الرئيسية: تتمثل مشكلة الدراسة في الإجابة على سؤال الرئيسي:

كيف يمكن للاستثمار في البنية التحتية الطاقوية أن يسهم في تحقيق النمو المستدام في الجزائر؟

الأسئلة الفرعية: وللإجابة على إشكالية الدراسة نطرح الأسئلة الفرعية التالية:

- ما دور الطاقات المتجددة في دعم أبعاد التنمية المستدامة؟
- ما أبرز التحديات التي تواجه الاستثمار الطاقوي في الجزائر؟
- ما السبل الكفيلة بتعزيز فعالية الاستثمارات الطاقوية لتحقيق الاستدامة؟

الأهداف الدراسة: يسعى الدراسة إلى تحقيق الأهداف الآتية :

- تحليل واقع البنية الطاقوية الجزائرية.
- إبراز مساهمة الاستثمار الطاقوي في دعم النمو المستدام.

الأهمية الدراسة: تنبع أهمية هذه الدراسة من كونه يعالج قضية استراتيجية تمس صميم مستقبل الاقتصاد الجزائري، وذلك بربط الاستثمار الطاقوي بمتطلبات التنمية المستدامة، كما يكتسي أهمية عملية لصانع القرار من خلال تقديم رؤية علمية تسهم في صياغة سياسات طاقوية أكثر فاعلية واستدامة.

منهج الدراسة: من أجل دراسة إشكالية الدراسة، ومحاولة للإجابة على التساؤلات المطروحة ذات الصلة بها، تم الاعتماد على المنهج الوصفي في توضيح مختلف جوانبها الأساسية، وذلك لإعطاء رؤية شاملة وواضحة لموضوع هذه الدراسة.

1- الإطار النظري للدراسة:

1-1- التحول الطاقوي والتنمية المستدامة: مقاربة مفاهيمية

1-1-1- التحول الطاقوي:

1-1-1-1-<u>مفهوم التحول الطاقوي:</u> يمثل الانتقال الطاقوي ***Energy Transition*** تغييراً جذرياً في عملية إنتاج الطاقة واستهلاكها، حيث يعبر أحد مكونات التحو البيئي، ولا ينجم الإنتقال الطاقوي عن التطورات التقنية والأسعار وتوفر مصادرها فحسب، بل من الإدارة السياسية للحكومات والشعوب والشركات ايضا إلى أخرى، ممن يرغبون في الحد من الأثار السلبية لهذا القطاع على البيئة، وقد وضعت عدة مؤسسات حكومية ومنظمات غير حكومية تعريفات وتصورات عن الإنتقال الطاقوي، وغالباً تدور هذه السيناريوهات المطروحة حول التحول من نظام الطاقة الحالي القائم على استخدام مصادر الطاقة غير المتجددة، إلى مزيج من أنظمة الطاقة المعتمدة بشكل أساسي على المصادر المتجددة، ويشمل ذلك بدائل للوقود الأحفوري والموارد المحدودة وغير المتجددة (بالمقياس البشري الزمني). **(عطية و صيفاوي، 2021، صفحة 974)**

1-1-1-2-<u>أهمية التحول الطاقوي:</u> يمكن تعزيز الأمن الطاقوي العالمي من خلال تنويع مصادر الطاقة بالإضافة إلى مناطق العبور، فالدول الصناعية الكبرى وعلى راسها الإتحاد الأوروبي تسعى إلى ترقية وتحسين لبنى التحتية للطاقة في المناطق المجاورة، بالإضافة كذلك إل البنى التحتية الجديدة بينما تساهم الطاقة النووية والمتجددة بشكل قليل في أمن الإمدادات ولكن يبقى الإعتماد الثقيل على الوقود إلى المدى البعيد، ففي سنة **2020** سيبقى النفط هو المستخرج المهيمن على استهلاك الطاقة الإجمالي بنسبة **33.8%** والغاز الطبيعي بنسبة**27.3%**، والوقود الصلب **15.5%** أما نسبة كل من الطاقة النووية والمتجددة هي **12.2%** و **11.1%**على التوالي. **(سنوسي و طيب، 2018، الصفحات 39-40)**

تعتبر سياسة الإنتقال الطاقوي استراتيجية واضحة، ولها دور فعال في تحقيق أمن الإمدادات الطاقوية خاصة في ظل المستجدات الدولية من: تغير لأسعار الطاقة الأحفورية وتأثيراتها السلبية على البيئة، بالإضافة إلى مشكلة نضوبها وذلك من خلال: **(طيب، 2022، الصفحات 124-125)**

- الإستخدام التدريجي والمرحلي للطاقات المتجددة كبديل دائم عن الطاقة الأحفورية في مجال توليد الكهرباء، خاصة من عملية تحويل طاقة الرياح والطاقة الشمسية لسهولة استغلالها وتوفر التكنولوجية اللازمة لذلك؛
- تشجيع المنظمات الدولية لمثل هذا النوع من المبادرات والإنتقال نحو الطاقات المتجددة من خلال تقديم الإعانات والاستشارات؛
- انتقال تكنولوجيا الإنتقال الطاقوي بشكل سريع وعلى كافة المستويات يساهم في انخفاض سعرها، وبالتالي تمكن جميع الدول من اقتنائها، ما يرجح الكفة لصالح الطاقات المتجددة من ناحية التكاليف؛
- العمل على فتح أسواق خاصة بمنتجات الطاقة المتجددة عن طريق عملية الإنتقال الطاقوي ما يساهم في تسويق هذه المنتجات وانخفاض تكلفتها، وبالتالي تصبح قادرة على منافسة الطاقات التقليدية.

1-1-1-3-<u>العوامل الرئيسية التحول الطاقوي:</u> يقصد بالعوامل الرئيسية تلك الحوافز والأسباب التي تعمل على تعزيز إستثمارات الطاقة النظيفة وهي: **(شايب و عاشوري، 2023، صفحة 158)**

- الدعم السياسي من خلال أدوات مثل قانون خفض التضخم في الولايات المتحدة والمبادرات الجديدة في أوروبا واليابان وجمهورية الصين الشعبية وأماكن أخرى بغرض توجيه القطاع الطاقوي؛

- تتصدر الطاقة المتجددة والمركبات الكهربائية، ثم البطاريات والمضخات الحرارية والطاقة النووية مجالات البحث والاستثمار والإبتكار في سنة **2023**، ومن المتوقع أن تمثل الطاقة منخفضة الإنبعاثات ما يقرب من **90%** من إجمالي الإستثمار في توليد الكهرباء؛
- يستثمر المستهلكون في المزيد من الاستخدامات النهائية الكهربائية النظيفة، ويزيد الطلب على السيارات الكهربائية حيث من المتوقع أن تفقز المبيعات بأكثر من الثلث ابتداءا من سنة **2023**/ نتيجة لذلك زاد الإستثمار في المركبات الكهربائية بأكثر من الضعف من عام **2021** ليصل إلى **130** مليار دولار أمريكي في عام **2023**، وشهدت المبيعات العالمية للمضخات الحرارية نمواً مضاعفاً منذ عام **2021**.
- المواءمة القوية بين اهداف أمن المناخ والإنتقال الطاقوي، خاصة في الإقتصادات المعتمدة على الإستيراد، والتركيز على الاستراتيجية الصناعية حيث تسعى البلدات إلى تعزيز موطئ قدمها في اقتصاد الطاقة النظيفة الناشئة؛
- الرغبة في تحسين الوضعية الإقتصادية في وقت تتقلب فيه أسعار الوقود الأحفوري بشدة؛

1-1-1-4-<u>استراتيجية التحول الطاقوي:</u> إن تجسيد مخططات التحول الطاقوي يمر عبر انتهاج عدد الخطوات والإستراتيجيات هي: **(شباط، 2024، صفحة 248)**

- **اعتبار التحول الطاقوي المحرك الأساسي لعملية التنمية:** وذلك من خلال تشجيع كبريات الشركات والمؤسسات المنتجة للموارد الطاقوية على التوجه للإستثمار والإستغلال الأمثل لمصادر الطاقة المتجددة كبديل للموارد الطاقوية التقليدية، بما يضمن في نفس الوقت خلق مناصب شغل جديدة؛
- **التخطيط لعملية التحول الطاقوي:** تتم هذه العملية بإدماج جميع المتعاملين في مجال الطاقة، وفق خطط وبرامج معدة مسبقاً هدفها توفير الإحتياجات الطاقوية للأجيال الحالية واللاحقة دون التأثير على سلامة البيئة؛
- **الإستهلاك الأمثل للطاقة:** ويتحقق ذلك من خلال ما يلي:

- العمل على تخفيض وتقليص مستويات استهلاك الطاقة الخاصة بالتدفئة بانتهاج تقنيات عزل المباني وتطوير أنظمة التدفئة؛
- تطوير وسائل النقل باختيار المركبات المطابقة لمتطلبات الإستدامة واعتماد تقنيات جديدة تسمح بتشغيل المركبات والآليات بواسطة مصادر الطاقة البديلة للمساهمة في التقليل من استهلاك مصادر الطاقة الأحفورية؛
- تحقيق وفرات في الكهرباء المستخدمة في مختلف العمليات الصناعية، المعدات الكهربائية، المنازل.....إلخ.

1-1-2- الطاقات المتجددة:

1-1-2-1-<u>مفهوم الطاقات المتجددة:</u> تعريف الوكالة الدولية للطاقة المتجددة **IRENA** :"**تشمل الطاقة المتجددة جميع أشكال الطاقة المنتجة من مصادر متجددة بطريقة مستدامة، بما في ذلك الطاقة الشمسية وطاقة الحيوية، الطاقة الحرارية الأرضية والطاقة المائية وكافة المحيطات والهيدروجين المشتق من الموارد المتجدد**". **(مستغانمي، 2023، صفحة 172)**. مفهوم الهيئة الحكومة الدولية المعنية بتغير المناخ **IPCC**الطاقة المتجددة هي:" **كل طاقة يكون مصدرها الشمس، جيو فيزيائي أو بيولوجي والتي تتجدد في الطبيعة بوتيرة معادلة أو أكبر من نسب استعمالها، وتتولد من التيارات المتتالية والمتواصلة في الطبيعة كطاقة لكتلة الكتلة الحيوية، الطاقة الشمسية، طاقة باطن الأرض، حركة المياه، طاقة المد والجزر في المحيطات وطاقة الرياح، وتوجد العديد من الآليات التي تسمح بتحويل هذه المصادر إلى طاقات أولية كالحرارة والطاقة الكهرومائية والى طاقة حركية باستخدام تكنولوجيا متعددة تسمح بتوفير خدمات الطاقة من وقود وكهرباء**". **(بركات و ناصف، 2020، صفحة 88)**تتمثل <u>أهمية هذه الطاقات</u> فيما يلي: **(مزياني، 2017، صفحة 279)**

- في إطار الحفاظ على البيئة وحمايتها تكتسي الطاقات المتجددة أهمية كبرى على اعتبار دورها في الحفاظ على بقاء الموارد كما أنها لا تؤذي إلى حدوث أي اختلالات؛
- من بين أهمية التي تكتسبها الطاقات المتجددة أنها تعمل على تحقيق الفورات المالية، فضلاً عن المساهمة في خلق مناصب عمل إضافية وجديدة؛
- توفير امدادات الطاقة إلى المناطق النائية؛
- الطاقات المتجددة مرشحة بقوة لتخفيف الضغط على الطلب على الطاقات التقليدية النابضة، حيث تعتبر مصادر مستدامة للطاقة

1-1-2- 2-<u>خصائص الطاقات المتجددة:</u> تتميز الطاقات المتجددة بعدة خصائص نذكر منها: **(بن طاجين و عبادة، 2024، صفحة 513)**

- تعتبر من المصادر الحرة في الطبيعة والمتوفرة في كل انحاء العالم، متجددة ولايوجد خطر في نضوبها؛
- ليست مخزوناً جاهزاً ومتوفراً نستعمل منه ما نشاء متى نشاء؛
- يتطلب استعمال مصادر الطاقة المتجددة استخدام العديد من الأجهزة ذات المساحات والأحجام الكبيرة، حيث يعتبر هذا احد اسباب ارتفاع التكلفة لأولية لأجهزة الطاقة المتجددة أي تكاليف الإنشاء، مما بشكل أحد أهم العوائق والتحديات أمام انتشارها. وفي المقابل تتميز بتكاليفها التشغيلية المنخفضة نسبياً بعد الإنطلاق؛
- تنوع أشكال الطاقة يتطلب استعمال تكنولوجيا ملائمة لكل شكل.

1-1-2- 3-<u>لمزايا ومعوقات استخدام الطاقة المتجددة:</u>

أ.مزايا استخدام الطاقة المتجددة: ان لاستخدام الطاقة المتجددة عدة مزايا نذكر منها: (موازي و بوراس، **20202**، صفحة **174**)

- **تنويع مصادر الطاقة:** تحقق الوفرة في مصادر لطاقة التقليدية توفير احتياجات الطاقة للقطاعات المختلفة، بالإضافة إلى إمكانية تحقيق فائض في المستقبل من الطاقة الكهربائية المنتجة من المصادر المتجددة للتصدير إلى الخارج؛
- **تحسين البيئة:** تعتبر مصادر الطاقة المتجددة مصادر نظيفة لا تؤثر على البيئة، لذلك فإن استخدام هذه المصادر يساعد على تقليل انبعاث الغازات الناتجة عن إنتاج الطاقة الكهربائية باستخدام المصادر التقليدية والمسببة للتلوث البيئي؛
- **توفير الطاقة الكهربائية:** يمكن إنشاء العديد من مشاريع إنتاج الطاقة الكهربائية في المناطق النائية والريفية، حيث يتوافر العديد من مصادر الطاقة المتجددة في هذه المناطق، مثل طاقة الرياح، الطاقة الشمسية، الكتلة الحيوية، وذلك لدفع عمليات التنمية والتطوير لهذه المناطق من إيجاد فرص عمل جديدة، إنشاء المصانع والمدن السكنية الجديدة وتحسين مستوى المعيشة لسكان هذه المناطق؛
- **رفع مستوى المعيشة:** يساعد إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة في العديد من المناطق النائية والريفية على تحسين مستوى المعيشة للأفراد وتوفير احتياجات هذه المناطق من الكهرباء بالتكلفة المناسبة لهم، وتحسين الحياة لما يوفره من خدمات تعليمية وصحية أفضل لسكان هذه المناطق، وخلق فرص عمل للعمالة المحلية في هذه المناطق في مجالات تصنيع وتركيب معدلات الطاقة المتجددة وصيانتها، محطات إنتاج الكهرباء ومحطات تحليه المياه؛

<u>ب.معوقات استخدام الطاقة المتجددة</u>: ان أهم معوقات استخدام الطاقة المتجددة نذكر: **(مهدي و سطام، 2022، الصفحات 97-98)**

- التكاليف العالية لإنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة بسبب ارتفاع تكاليف الأجهزة والمعدات مقارنة بتكاليف انتاج الكهرباء من مصادر الطاقة الأحفوري؛

➢عدم توافر مصادر المتجددة بشكل منتظم فهناك مثلاً تباين في شدة سطوع الشمس خلال اوقات الليل والنهار وبالتالي فأجهزة الطاقة الشمسية لا تخزن الطاقة بفعالية إلا لمدة ثمانية ساعات وبالتالي فهناك مشكلة في تخزين الطاقة فإذا اردنا تطوير استخدام مصادر الطاقة المتجددة فيجب الإهتمام بمسألة تخزين الطاقة وفي عملية التخزين نفسها؛

➢استخدام الطاقة المتجددة يؤثر بشكل سلبي على الدول الغنية والمنتجة لمصادر الطاقة الناضبة (النفط، الغاز الطبيعي) لهذا فبعضها يعمل على تقييد استخدام وتطور هذه الطاقة البديلة واهمالها؛

➢انخفاض أسعار الطاقة التقليدية بسبب الدعم المقدم لها من قبل الحكومات يؤدي إلى إرتفاع تكاليف الإستثمار في الطاقة المتجددة، كما أنها تحتاج إلى كوادر فنية مدربة وكفؤة وهذا ما تفتقر إليه الكثير من الدول؛

➢توليد الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة يحتاج إلى معدات تكنولوجية متطورة فالمعرفة التكنولوجية في استثمارها لازالت بدائية وهذا ما يفيد نموها وتطورها؛

1-1-3-التنمية المستدامة:

1-1-3-1- <u>تعريف التنمية المستدامة:</u> عرفت **اللجنة العالمية للبيئة والتنميةWCED** التي شكلتها منظمة الأمم المتحدة عام **1983** بأنها: **"التنمية عبارة عن نمط من أنماط استخدام الموارد المتاحة بهدف تلبية الحاجات البشرية، مع الحفاظ في نفس الوقت على البيئة، وبحيث تكون الإستجابة لهذه الحاجات ليس من أجل الحاضر أو المستقبل القريب فقط، بل من أجل المستقبل بجميع أبعاده".** (عيساوي و مايو، **2020**، صفحة **152**) .ويعرف **البنك الدولي التنمية المستدامة** باعتبارها: **" التنمية التي تركز على مبدأ تكافؤ الفرص في الحصول على خيرات الطبيعة والإفادة منها بين الأجيال الحالية والمستقبلية، شريطة أن تكون الأجيال المقبلة قادرة على الإستفادة من القدرة نفسه أو أكبر مما تستفيد منه الأجيال الحالية، مع ضمان استمرارية هذه الإستفادة من انخفاضها عن المستوى الذي كانت عليه". (حفياني و كيبش، 2022، صفحة 668)** .تهدف <u>التنمية المستدامة</u> إلى: **(زواتنية، 2022، صفحة 25)**

➢تحقيق الإستغلال العقلاني للموارد باعتبارها موارد محدودة، والعمل على استخدامها بشكل أمثل؛

➢ضمان نوعية حياة أفضل للسكان، وذلك من خلال عمليات التخطيط وتنفيذ السياسات التنموية؛

➢تعزيز وعي السكان بالمشكلات البيئية القائمة، وتنمية إحساسهم بالسؤولية اتجاهها؛

➢ربط التكنولوجيا الحديثة بأهداف المجتمع، وتوظيفها وفق ما يخدم هذه الأهداف.

1-1-3-2-<u>مبادئ التنمية المستدامة:</u> يقوم مفهوم التنمية المستدامة على عدة مبادئ نذكر منها ما يلي: **(سردوك، غديري، و شعابنة، 2023، صفحة 141)**

✧مشاركة المجتمع في إعداد وتنفيذ خطط التنمية المحلية؛

✧استخدام أسلوب النظم في إعداد وتنفيذ خطط التنمية المستدامة؛

✧التوظيف الأمثل والديناميكي للموارد الإقتصادية؛

✧استطالة عمر الموارد الاقتصادية والتخطيط الإستراتيجي لها؛

✧التوفيق بين حاجات الأجيال الحالية والمستقبلية، والحفاظ على التوازن البيئي والتنوع البيولوجي.

1-1-3-3-<u>أبعاد التنمية المستدامة:</u> ترتكز التنمية المستدامة على **03** أبعاد رئيسة، وتتعلق بـ: (حفياني و كيبش، **2022**، صفحة **667**)

البعد الإقتصادي: هو البعد الذي يركز على ضمان تحقيق الرفاهية الإقتصادية لكل أفراد المجتمع في جميع الأوقات مثل: الأكل والسكن والتعلم وغيرها؛

البعد الإجتماعي: هو البعد الذي يهتم بالإنسان دون غيره من خلال الإهتمام به وتوفير ما يحتاجه، والقضاء على الفقر وتحسين الخدمات الإجتماعية، مع خلق مناخ ديمقراطي للمشاركة في العملية السياسية؛

البعد البيئي: هو البعد الذي يهتم بالجانب البيئي من خلال ضرورة الحفاظ على البيئة ومنع تدهورها ووضع حدود لا ينبغي تجاوزها؛ لمنع حدوث استنزاف الموارد الطبيعية؛ حتى لا يؤدي ذلك إلى خلل بالنظم البيئية.

2- الإطار التطبيقي للدراسة:

2-1- دوافع الإنتقال الطاقوي في الجزائر: ترتكز دوافع الإنتقال الطاقوي في الجزائر على مجموعة من الإعتبارات نوجزها فيما يلي: **(بوعكيف، وزناد، و قريشي، 2021، الصفحات 372-373)**

1.1.2. تحدي إنخفاض الطلب العالمي على البترول: تراجع الطلب على النفط بسبب الركود الإقتصاد في منطقة الأورو مع وجود تحسن في تطبيق معايير الكفاءة في الدول المتقدمة لاسيما الأوروبية. حيث تتجه نحو ترشيد إستهلاكها من البترول من خلال فرض ضريبة الكربون على إستهلاك الوقود العضوي، بغرض الحد من الإستهلاك وكذلك إستخدام حصيلة هذه الضريبة في معالجة آثار تلوث البيئة الناجم عن استغلال هذا الوقود وعليها فإن هذه السياسة ستؤدي بصفة مباشرة إلى تخفيض استهلاط واستيراد البترول والتوجه نحو الطاقات المتجددة التي سجلت العديد من الدول الأوروبية نجاحاً في هذا المجال خاصة ألمانيا وهو ما يتبأ بتراجع الطلب الأوروبي على البترول الجزائري.

2.1.2. تحدي نفاذ المخزون أو الإحتياطي النفطي: يشكل هذا التحدي دافع أول ورئيسي للتوجه للطاقات المتجددة، إضافة إلى استنفاذ الإنتاج في الحقول الناضحة وزيادة تكاليف إستخراج البترول: حيث أن إنتاج معظم البترول الجزائري يتم من عدد محدود من الحقول البترولية التي بدأت معظمها تصل لمرحلة الإنحدار، ما يعني أن الجزائر ستحتاج إلى طاقة إنتاج جديدة لتعويض الإنخفاض الطبيعي في حقولها الناضجة خاصة مع إرتفاع تكاليف التطوير والتنقيب على أبار جديدة.

3.1.2. تحدي تقلبات أسعار البترول في السوق العالمية: تذبذب أسعار البترول، حيث عرفت موجه من الإنخفاضات منذ الإستقلال إلى يومنا هذا بدءاً بأزمة **1986** (وصلت لـ **13** دولار واقل)، والإنخفاض الذي سجلته سنة **1999** (**10** دولار) وسنة **2002**(**19**دولار) تلتها أزمة **2008** (**36** دولار)،أزمة 2014 (أقل من **50**دولار). كما تراجعت أسعار النفط الخام بشكل حاد سنة 2020 متأثرة بالصدمة غير المسبوقة في الطلب العالمي على النفط بسبب جائحة فيروس كورونا المستجد (***Covid 19***) لتشهد أدنى مستوياتها خلال الربع الثاني من سنة **2020** بحوالي **28** دولار/ البرميل في المتوسط بالنسبة للنفط الجزائري.

2-2- الطاقات المتجددة في الجزائر:

2-2-1- مصادر الطاقات المتجددة في الجزائر:

<u>الطاقة الشمسية في الجزائر:</u> نظراً للموقع الجغرافي للجزائر الذي يؤهلها للتمتع بطاقة شمسية هائلة، فإن الحقل الشمسي الاستثنائي ***Gisement Solaire*** يغطي مساحة **2.381.745** كيلو متر مربع وأزيد من **3000** سا شمسية سنوياً. ويوضح الجدول التالي إمكانات الطاقة الشمسية في الجزائر. **(مواكني، 2016، صفحة 31)**

الجدول رقم 0.1. إمكانات الطاقة الشمسية في الجزائر

المناطق	المنطقة الساحلية	الهضاب العليا	الصحراء
المنطقة %	4	10	86
معدل مدة إشراق الشمس (ساعة/سنة)	2650	3000	3500
معدل الطاقة المتحصل عليها (كيلو واط ساعي/م^2/سنة)	1700	1900	2650

المصدر: (مواكني، **2016**، صفحة **31**)

الطاقة الرياح: يتغير مورد الرياح في الجزائر من مكان لآخر، وهذا ناتج عن الطبوغرافيا وعن المناخ المتنوع، ففي حين يتميز الجنوب الجزائري بسرعة رياح أكبر منها في الشمال، خاصة في الجنوب الغربي حيث تزيد سرعتها عن **4** م/ ثا وتزيد السرعة بأدرار عن **6**م/ثا، فيلاحظ على العموم أن معدل سرعة الرياح غير مرتفعة جداً في الشمال، لكن تم تسجيل وجود مناخات تفضيلية على المواقع الساحلية لوهرات، بجاية وعنابة وكذلك على الهضاب العليا لولاية تيارت، وكذا شمال بجاية وجنوب بسكرة وهو الأمر الذي يعزز قيام الرياح النموذجية. (الهروشي و نسمن، **2016**، صفحة **124**).وتقدر نسبة إمكانية طاقة الرياح في الجزائر مقارنة مع نظيرتها الشمسية حسب الجدول التالي:

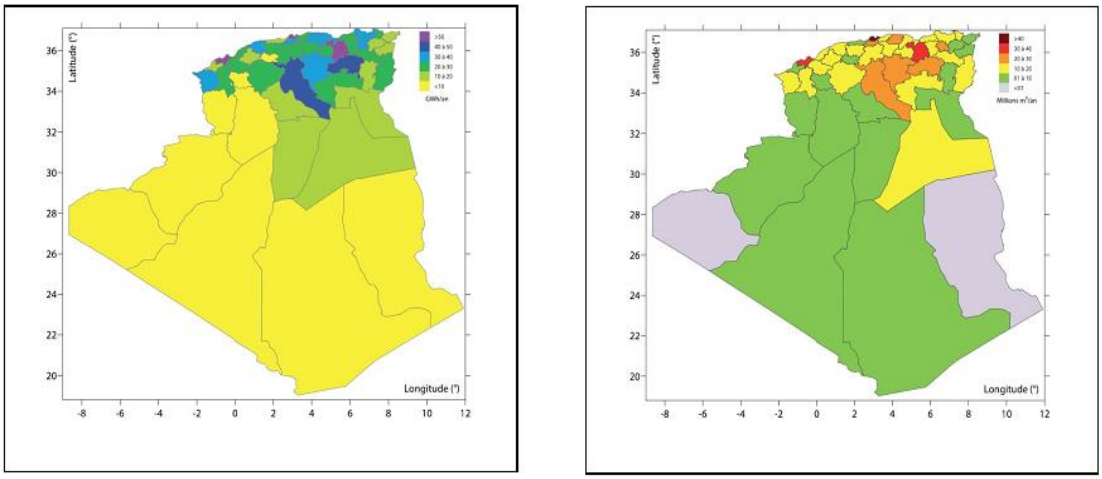
الجدول رقم 0.1. توزيع موارد الطاقة المتجددة في الجزائر

المورد	طاقة مركبة (واط)
الشمس	2.279.960
الرياح	73.300
المجموع	2.353.260

المصدر: (الهروشي و نسمن، **2016**، صفحة **124**)

الطاقة الحرارية: يختزن باطن الأرض في الجزائر ثروة حرارية ذات تدفق يصل إلى **2** م^3/ثا، وهو تدفق طبيعي لا يعبر عن إمكانيات الإنتاج الحقيقية، وتمتد هاته الخزانات المعروفة ب"الطبقة الالبية" بالألاف الكلم ^{3} نحو الجنوب يتم إستغلالها بالحفر للوصولإلى تدفق مضاعف أي **4**م^3/ثا. ويوجد ببسكرة مصادر حرارية تصل إلى **118** درجة مئوية، وهذا لا يعني غياب هاته الينابيع عن الشمال الذي حصر فيه أكثر من **200** ينبوع للمياه الحارة ثلثها بدرجة **45** مئوية. **(دراج و بركان، 2024، صفحة 183)**

الشكل رقم 01.خريطة توضح توزيع وكثافة الطاقة الحيوية في الجزائر



المصدر: (بلبالي، بن سويسي، و خنيش، **2020**، صفحة **464**)

الطاقة المائية: إن الإعتماد على المياه كمصدر للطاقة يعود إلى ما قبل إكتشاف الطاقة البخارية القرن 18، ونظراً للندرة التي تعاني منها الجزائر من المياه السطحية التي تنحصر أساساً في جزء المنحدر الشمالي للسلسلة الجبلية الأطلسية، وتقدر الإمكانية المائية للجزائر بأقل من **20**مليار م3، وبالنسبة التوليد الطاقة الكهربائية من الطاقة المائية فهي لا تتجاوز **3%**، أما الباقي تولد عن طريق الغاز الطبيعي. (مرزوقي، مروة، و كريمة، 2021، صفحة 96)

2-2-2- البرنامج الوطني لتنمية وتطوير الطاقات المتجدد: يتمحور هذا البرنامج في مجموعة من النقاط المهمة والتي تتمثل فيما يلي: (مزياني، 2017، صفحة301)

- تأسيس قدرات ذات أصول متجددة مقدرة بحوالي **22000**ميغواط خلال الفترة**2030/2011**، منها **12000**ميغواط موجهة لتغطية الطلب الوطني على الكهرباء و**1000**ميغاواط موجهة للتصدير؛
- إنجاز حوالي ستين محطة شمسية كهروضوئية وشمسية حرارية وحقول لطاقة الرياح ومحطات مختلطة؛
- ابتداء من ماي **2011** تم تفعيل محطة توليد الكهرباء (غاز – طاقة شمسية) بحاسي الرمل ذات قدرة إنتاجية مقدرة بـ**150**ميغاواط من بينها **25** ميغاواط تنتج انطلاقاً من الطاقة الشمسية.

الجدول وضح مراحل برنامج إنتاج الطاقة المتجددة في الجزائر وحتى عام **2030**.

الجدول رقم . مراحل برنامج إنتاج الطاقة المتجددة في الجزائر وحتى عام 2030

السنة	2013	2015	2020	2030
قدرة الطاقة المحتمل تركيبها	**110** ميغواط	**650** ميغاواط	**2600** ميغاواط مخصصة السوق الوطنية احتمالية تصديرها يقارب **2000** ميغاواط	**12000** ميغاواط موجهة للسوق الوطنية **10000** ميغاواط مخصصة للتصدير

المصدر: (قشرو، **2018**، صفحة **24**)

2-2-3- استراتيجية الطاقة الموجهة للتنمية المستدامة في الجزائر: تسعى الجزائر في السنوات الأخيرة لمواكبة التطورات في أسواق الطاقة العالمية، لتثمين إمكاناتها المتوفرة وتحقيق التنمية الإقتصادية المستدامة. ومن أجل توفير الظروف والشروط اللازمة لهذا الأمر تعززت الإستراتيجية الجديدة للطاقات المتجددة بالإجراءات الآتية: **(حملاوي، 2023، الصفحات 134-135)**

1.3.2.2.إستراتيجية إحلال الطاقات التقليدية بطاقة المراكز الشمسية: تسعى هذه الإستراتيجية إلى إقامة البني التحتيةاللازمة لتطوير معدات وإنشاء محطات توليد الطاقات الشمسية باستعمال لاقطات**CSP** لإحلال الطلب المحلي بالطاقة الشمسية والقيام بالتصدير مستقبلاً. فقد تم إنشاء أول محطة هجينة تعمل بالطاقة الشمسية استملت في جوان **2011** بالشراكة مع مجمع الإسباني بحاسي الرمل، حيث تساهم الطاقة الشمسية لهذه المحطة في إنتاج **25** ميغاواط من أصل إجمالي يقدر بـ**1250** جيغاواط، وبيع الكهرباء المولدة من مصادر هجينة لمركب سوناطراك لتغطية حاجات الجنوب الجزائري.

1.3.2.2.إستراتيجية تنشيط وتكثيف جهود البحث والتنقيب: جعلت الجزائر استراتيجية زيادة احتياطاتها من أولويات الاستراتيجية الجديدة للطاقة، فقد بلغ مجموع رخص التنقيب الممنوحة **13%** من إجمالي المساحة الرسوبية، وهذه المناطق بدورها تحتاج للإستغلال لان الكثافة المتوسطة للجزائر تقدر بقمانية آبار في كل **10000**كلم^2، في حين يقدر المعدل العالمي بمائة بئر لكل **10000**كلم^2، كما أن الشركات المرخص لها بالبحث والتنقيب في الجزائر لا يتعدى **30** شركة، لهذا كان هدف إستراتيجية الطاقة الجديدة الرفع من وتيرة التنقيب إلى **80**بئر في السنة.

2-2-4-تطوير الطاقات في إطار التنمية المستدامة بالجزائر: يعرف تطوير الطاقات المتجددة في الجزائر اهتماماً متزايد ويظهر ذلك من خلال ما يلي: **(موزاوي و بودالية، 2022، الصفحات 84-85)**

1. عائشة موزاوي، و بودالية بوراس. (2022). دور الطاقة في تعزيز التنمية المستدامة:إشارة لواقع الطاقة المتجددة في الجزائر. *مجلة شعاع للدراسات الاقتصادية، 6*(1)، الصفحات 72-87.

1.4.2.2.تنمية الطاقة المتجددة في إطار سياسة الطاقة الوطنية: اولت أهمية كبيرة لتطوير هذه الموارد، وإصدار رقم **09-04** المتعلق بتنمية الطاقة المتجددة في إطار التنمية المستدامة، إضافة إلى المرسوم التنفيذي **04-09** المتعلق بتوليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة،ويستهدف الإهتمام بتطوير الطاقة المتجددة في الجزائر تحقيق هذفين رئيسيين وهما:

- تقديم الخدمات الطاقوية اللازمة للمناطق المعزولة والبعيدة عن شبكات توزيع الطاقة؛
- المساهمة في المحافظة على احتياط المحروقات باستغلال حقول الموارد المتجددة التي تتوفر عليها الجزائر وخاصة الطاقة الشمسية.

2.4.2.2.برامج ومشاريع تطوير الطاقات المتجددة: للجزائر قدرات هامة من الطاقات المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية تأهلها للعب دور مهم في إنتاج وتصدير الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة، وهذه الأخيرة لا تزال في بداية مسارها في الجزائر مقارنة مع دول أخرى، ويرجع هذا التأخير في تطوير الطاقات المتجددة في الإعتماد على وفرة الطاقة إلا لضرورة وانخفاض تكلفتها، ونظراً لإدراك أهمية تطوير الطاقات المتجددة في الحفاظ على موارد الطاقة الأحفورية غير المتجددة وحماية البيئية، أصبحت الطاقة المتجددة أحد أهم محاور السياسة الطاقوية والبيئة في الجزائر، وفي هذا السياق ومن أجل ترقية إنتاج الطاقة المتجددة، تم إنشاء شركة مختلفة تسمى ***New Erevy Algeria***بين الشركة الوطنية سوناطراك، الشركة الوطنية سونلغاز ومجمع **SIM**لإنتاج المواد الغذائية في **2002**.

3.4.2.2.التعاون الدولي في مجال تنمية الطاقة المتجددة: في هذا الإطار تم عقد العديد من الإتفاقيات منها مع الوكالة التونسية **ANER**والوكالة الفرنسية**ADEME** الاستفادة من تجارب الدول الأعضاء في تطوير استخدام الطاقات المتجددة والمساهمة أيضا في إقامة سوق متوسطية للطاقة المتجددة ، وقد استفادت الجزائر في إطار الجمعية المتوسطة من برنامج تطبيقات الطاقة الشمسية الحرارية، وتهدف إلى:

- تقييم وضعية سوق التحسين الشمسي في الجزائر؛
- تحديد القدرات التقنية والمادية المتوفرة؛
- تقييم إمكانيات التنمية والاحتياجات الفعلية الوطنية

2-3- أثر تنفيذ الإنتقال الطاقوي في الجزائر على التنمية المستدامة:

2-3-1- الطاقة المتجددة والإستدامة الإقتصادية: تسهم الطاقة المتجددة في تحقيق الاستدامة الاقتصادية من خلال: **(كافي، 2016، صفحة 28)**

2-3-1-1- توفير مصادر الطاقة اللازمة لتحلية مياه البحر: إن توفر مصادر الطاقة المتجددة في مواقع الاحتياج للمياه خاصة بالتجمعات الصغيرة التي تحتاج إلى استهلاك محدود من الماء العذب، يمكن أن تكون الحل الاقتصادي والتقني لتحلية المياه في المناطق التي يتعذر بها توفر المصادر التقليدية بكلفة اقتصادية.

2-3-1-2- تنويع مصادر الطاقة: يتوفر العالم وخاصة الجزائر على مصادر هائلة من الطاقات المتجددة يمكن من خلال تطوير استخداماتها الإسهام التدريجية بنسب متزايدة في توفير احتياجات الطاقة للقطاعات المختلفة، وتنويع مصادرها مما يؤدي إلى تحقيق وفرة في استهلاك الطاقة الأحفورية ويمكن أن توفر فائضاً للتصدير، كما تسهم في إطالة عمر مخزون المصادر الأحفورية في الدول المنتجة لهذه المصادر، والتي منها الجزائر، كما يمكن الوفر المحقق من الإستهلاك خفضاً تكاليف الاستيراد بالنسبة للدول غير المنتجة، إضافة إلى ذلك تمثل الإمكانات المتاحة حالياً للنظم المركزية الكبيرة لتوليد الكهرباء فرصة للتوجه نحو تصدير الطاقة الكهربائية المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة.

2-3-1-3- تعزيز إمدادات الطاقة للسكان: يعاني حوالي ثلث سكان العالم من عدم توفر الإمدادات والخدمات الأساسية للطاقة مما يسهم في تدهور الأوضاع الاقتصادية والإجتماعية، وانخفاض مستوى التعليم والرعاية الصحية بالنسبة إلى النساء أطفال بالنظر إلى كون المصادر المتجددة مصادر محلية تتوفر بهذه المناطق البعيدة والنائية، ويمكن تنفيذ

العديد من نظمها بالقدرات الملائمة لاحتياجات السكان بالمناطق الريفية وبكلفة مناسبة، الأمر الذي يجعلها قادرة على تعزيز إمدادت الطاقة وحفز التنمية بهذه المناطق.

2-3-2- الطاقة المتجددة والإستدامة الاجتماعية: تتجلى مساهمات مشاريع الطاقات المتجددة في تحسين الجانب الإجتماعي في الجزائر مستقبلاً كما يلي: (شريفي، 2021) : **(صارة، 2021، الصفحات 281-284)**

2-3-2-1- تحقيق الأمن الغذائي في المناطق الصحراوية والنائية: وقد تم تنفيذ عدة مشاريع بارزة، منها مشروع يضم **200** مضخة مائية تعمل بالطاقة الشمسية منذ **2015** بقدرة إجمالية **13** كيلواط لكل محطة، ما يتيح ضخ مياه بعمق يصل إلى **70** متراً وبمعدل **180** م^3 يومياً، إضافة إلى مشاريع أخرى في مناطق السهوب والزراعة الصحراوية بقدرات تصل إلى مئات الكيلواط، مما يعكس نجاح هذه التجارب وإمكانية توسيعها لدعم التنمية الفلاحية المستدامة.

2-3-2-2- التقليل من الفقر: تسمح القيمة المضافة الجد معتبرة التي يمكن من أو يشكلها قطاع الطاقات المتجددة في الجزائر على المستوى الطويل الأجل من دفع عجلة النمو الاقتصادي في البلاد، الأمر الذي يؤثر بدوره على حجم الاستثمارات في البلاد بزيادتها مما تعمل هذه الأخيرة على خلق العديد من مناصب الشغل وخفض كل من معدلات البطالة والفقر، كما يمكن لمشاريع الطاقات المتجددة بحد ذاتها من أن تساهم بطريقة مباشرة في التقليل من الفقر بفعل عدد المناصب المعتبرة التي تقوم باستحداثها في كل فروعها ومن جهة أخرى يسمح سعر الكيلوات ساعي الجد المنخفض الذي يتم التوصل إليه على المدى الطويل الأجل جراء تطوير هذه الطاقات على حصول الطبقة الهشة والفقيرة في الجزائر على الكهرباء بأقل تكلفة، حيث لا تزال فواتير الكهرباء ذات العبء ثقيل على هذه الفئة ذلك على الرغم من الدعم الحكومي المقدم الخاص بالإستهلاك الكهربائي.

2-3-2-3- تحسين نوعية الحياة: تساهم الطاقات المتجددة المتصلة بالشبكة لا سيما من خلال مصدر الطاقة الشمسية الكهروضوئية في تلبية ما يعادل **15%** من الطلب على الطاقة الخاصة بالمنطقة الصحراوية كما تشير إحصائيات أخرى إلى تزويد ما يزيد عن **13371** منول سنة **2018** بتطبيقات الألواح الشمسية الكهروضوئية المستقلة في المناطق النائية من الوطن في إطار برنامج التزويد الخاص بالجماعات المحلية والذي يرمي إلى تزويد ما لا يقل عن **25374** منزل موجود في المناطق النائية التي لا يمكن ربطها بالشبكة الكهربائية الوطنية وذلك مع نهاية سنة **2020**. ومن المتوقع أن يتم المواصلة في هذا مسار تزويد مناطق الظل وإقحام مساهمة الطاقات المتجددة في مواجهة الطلب الطاقوي في المناطق الصحراوية بما يقارب **50%** لما يمكن أن يوفر من تكاليف واقتصاد للمصادر الناضبة بحلول سنة**2035**

2-3-2-4- توفير فرص العمل : يسمح تطوير قطاع الطاقات المتجددة في الجزائر من خلق العديد من مناصب الشغل في الجانب الصناعي من جهة، إذ يؤدي تكوين نسيج صناعي فعال ضام للعديد من تعد مشاريع الطاقات البديلة في الجزائر جد واعدة من حيث التشغيل، فالعودة للبرنامج السابق لتطوير الطاقات المتجددة لأفاق **2030** المتخلى عنه كانت للقدرات التي تم التخطيط لها من خلاله (**22** جيجا وات) تحمل في طياتها عشرات الآلاف من مناصب الشغل ويشير كذلك البرنامج الجديد للطاقات المتجددة إلى توفير **58000** منصب شغل من مرحلته الأولى فقط والمخصصة لتطوير **4000** ميجا وات بحلول **2024**، الأمر الذي يحفز المضي قدماً نحو هذا البرنامج الحديد اخذين في عين الإعتبار الدروس المستخلصة من البرنامج السابق. وبالنظر لمساهمة المشاريع المنجزة في استحداث مناصب الشغل تجد الإشارة إلى أنه تم خلق ما يزيد عن **3400** منصب عمل مباشر وغير مباشر منها حوالي **311** منصب في كل من طور: الدراسات الهندسة المدنية، الاستغلال والصيانة.

2-3-3- الطاقة المتجددة والإستدامة البيئية: تعد الطاقة المتجددة أحد الركائز الأساسية لتحقيق الاستدامة البيئية، توضح في نقاط التالية: **(بوعكيف، وزناد، و قريشي، 2021، صفحة 382)**

2-3-3-1- الحد من الإنبعاثات الخطيرة سواء الصلبة أو السائلة أو الغازية: تعتبر الطاقات المتجددة طاقة لا تنفذ ولا تنضب أبداً، كما أنها طاقة نظيفة أي أنها لا تتسبب في إرتفاع درجة حرارة الأرض ولا ينتج عنها مخلفات تضر بالبيئة لهذا أطلق عليها الطاقة الخضراء. ولعل إعتماد سكان المناطق الريفية والصحراوية على الطاقة الشمسية لأغراض التسخين والإنارة والطهي وغيرها من الإستخدامات من شانها الحفاظ على صحة الإنسان والبيئة التي يعيش فيها، حيث أن إنبعاث الجزيئات الدقيقة جراء إحتراق الفهم والأخشاب ووقود الديزل يتسبب في الإصابة بأمراض خطيرة؛

2-3-3-2-تحقيق التوازن البيئي والحفاظ على النظام الإيكولوجي: إن الطاقة المتجددة تعمل على تحقيق التوازن البيئي والحفاظ على النظام الإيكولوجي، فلا تسبب تلوثاً للأنهار أو البحار أو اليابسة، كما لا تضر بالتنوع البيولوجي والكائنات الحية، بل أنها تحافظ على البيئة والثروة السمكية والمحاصيل الزراعية وإنتاجية الغابات، وذلك على عكس الطاقات الأحفورية الذي يؤدي الإستخدام المكثف لها إلى التدهور الإيكولوجي من خلال تلوث البيئة وارتفاع درجة حرارة الأرض، ومن ثم حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري وهطول الأمطار الحمضية والتسبب في كوارث بيئة خطيرة

2-3-3-3-ترشيد إستهلاك الطاقة: بخصوص الإقتصاد في الطاقة، وفي إطار برنامج تطوير الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية، تعمل الجزائر على تسويق مصابيح إقتصادية للإنارة ذات نوعية جيدة تضيء باللون الأبيض وتستجيب للمعايير الدولية من حيث المتطلبات البيئية، تصل طاقتها الاستهلاكية **20** واط، دون أن يتجاوز سعرها **250**دج، إذ تتكفل الدولة بدعم **70** %من تكلفتها المقدرة ب **800** دج للمصباح الواحد، وبما أن الإستهلاك السنوي لإنارة منزل واحد يمل نحو 32 من فاتورة الكهرباء، ومن ثم فإن هذه العملية ستؤدي إلى تقليص نسبة إستهلاك الطاقة ب**40** سنوياً. إضافة إلى أن المصباح الكهربائي الإقتصادي يتفوق على المصباح العادي بعدة مميزات إقتصادية لاسيما الديمومة التي تفوق **15** مرة والإستهلاك الكهربائي أقل بأربعة مرات من المصباح العادي.

2-4-تقييم سياسة الطاقات المتجددة في الجزائر ودورها في تحقيق التنمية المستدامة::

2-4-1- تقييم سياسة الطاقات المتجددة في الجزائر وانعكاساتها على التنمية المستدامة: بتسطيرها برنامجاً طموحاً تنمية الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية، تطلق الجزائر ديناميكية الطاقة الخضراء التي تقوم على مصادر الطاقة، وإعداد جزائر الغد وهكذا تدخل الجزائر عهداً جديداً من الطاقة المستدامة. وبعد حوالي **04** سنوات من إطلاق برنامج تنمية الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية، الذي صادقت عليه الحكومة في فيفري **2011**، ظهرت خلال المرحلة التجريبية والإختيار التكنولوجي، عناصر جديدة وملحة على الساحة الطاثوية، سواء منها الوطنية أو الدولية، تتطلب مراجعة برنامج تنمية الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية ومن بين هذه العناصر تجدر الإشارة إلى: **(زايد، حاوشين، و منصان، 2019، صفحة 180)**

- معرفة أفضل للقدرات الوطنية في مجال الطاقات المتجددة من خلال دراسات أجريت خلال هذه المرحلة الأولى، خاصة القدرات الشمسية والرياح؛
- تكلفة صناعات التقنية الشمسية التي تبقى مرتفعة ومرتبطة بتكنولوجية غير ناضجة بعد، خاصة من ناحية التخزين، إضافة إلى نمو بطئ للغاية في سوقها؛
- انخفاض تكلفة صناعات الخلايا الشمسية وتجهيزات طاقة الرياح التي باتت تفرض نفسها في السوق أكثر فأكثر لتشكيل صناعات قابلة لإستمرار وجديرة بالإعتبار (النضج التكنولوجي، التكاليف التنافسية...)
- وهكذا فإن برنامج الطاقات المتجددة، يتمثل في وضع طاقة متجددة منذ البداية بقدرة **22.000** ميغاوات في أفق **2030** بالنسبة للسوق الوطني، مع التمسك بخيار التصدير كهدف استراتيجي إذا سمحت ظروف السوق بذلك.

2-4-2-سبل مواجهة التحديات المطروحة من أجل تطوير مجال الطاقات المتجددة: بعد التعرف على مختلف التحديات التي تواجه عملية الانتقال الطاقوي في الجزائر، والتي تعيق الاستثمار فيه تم التوصل إلى جملة من السبل والطرق التي يمكن أن تقلل من هاته التحديات: **(نصاح و ربح، 2024، صفحة 53)**

- زيادة الوعي بأهمية الطاقات المتجددة سواء على المستوى الرسمي من خلال إدراك الحكومة الجزائرية والسلطات المختصة في المجال الطاقوي بأهمية القطاع في تطوير الإقتصاد أو على مستوى الغير رسمي من خلال تشجيع الخواص على الإستثمار في هذا المجال؛
- فتح المجال أمام المستثمر الاجنبي، وكذا الوطني بما يخدم المصحة الوطنية، وذلك من خلال تسهيل شروط الإستثمار وكذا منح التحفيزات التي تساعدهم في الرهان على هذا القطاع ومساهمتهم في تحقيق التنمية المستدامة؛
- التعاون مع الدول الجارة من أجل تطوير محالات الطاقات المتجددة، وهو ما تتطلع له الجزائر ضمن برنامج الطاقة الشمسية للدول المتوسطة لإنتاج **4700**ميغاواط ذات أصل متجدد بالتعاون مع تونس والمغرب بحلول سنة**2030** نظراً لإمكانيتها الشمسية الهائلة.

الخاتمة:

إن التحولات الطاقوية الراهنة تفرض على الجزائر، كغيرها من الدول، إعادة النظر في نموذجها الطاقوي التقليدي القائم على الاعتماد المفرط على المحروقات، والسعي نحو الاستثمار في البنية التحتية الطاقوية المستدامة. وقد حاولت هذه الدراسة معالجة هذا الموضوع من خلال تحليل واقع الطاقات المتجددة في الجزائر وبرامجها الوطنية، وكذا إبراز دورها في تحقيق النمو المستدام.

وبناءا على ما سبق ذكره خلصنا إلى **النتائج** التالية:

- الجزائر تمتلك إمكانات هائلة في مجال الطاقات المتجددة، خصوصاً الطاقة الشمسية والرياح، تجعلها قادرة على تنويع مصادرها الطاقوية.
- تمتلك الجزائر إمكانات معتبرة من الطاقات المتجددة (الشمسية، الرياح، الحرارية)، لكنها لم تُستغل بعد بالشكل الكافي.
- البرامج الوطنية لتنمية الطاقات المتجددة **(2011–2030)** أظهرت طموحاً واضحاً، غير أنّ وتيرة التنفيذ بقيت بطيئة ومتأثرة بالتحديات التمويلية والمؤسساتية.
- ضعف التنسيق بين الفاعلين وتذبذب الرؤية الاستراتيجية حال دون تحقيق النتائج المرجوة في آجالها.

وعليه نستخلص مجموعة **التوصيات** التالية:

- الاستفادة من التجارب الدولية الناجحة مع مراعاة الخصوصيات الوطنية.
- تسريع وتيرة تنفيذ البرنامج الوطني للطاقات المتجددة **(2011–2030)** مع تقييم دوري لمستوى الإنجاز وتكييفه مع المستجدات العالمية؛
- إصلاح الإطار القانوني والتنظيمي لجعل بيئة الاستثمار في الطاقات المتجددة أكثر جاذبية، مع منح حوافز ضريبية وتشجيعية للمستثمرين.؛
- توطين التكنولوجيا وبناء القدرات البشرية عبر دعم البحث العلمي والشراكات مع الجامعات والشركات العالمية؛
- إدماج الطاقات المتجددة ضمن استراتيجيات التنمية المحلية لتزويد المناطق النائية بالطاقة المستدامة وتحقيق العدالة الطاقوية.

المصادر والمراجع:

1. ابتسام حملاوي. (2023). سبل استغلال قطاع الطاقات المتجددة لترقية التنمية الاقتصادية المستدامة: دراسة حالة الجزائر. *مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير، المجلد 23*(العدد 01)، الصفحات 125-137.

2. احمد بركات، و حسان ناصف. (2020). اهمية ودور الطاقات المتجددة دوليا. *مجلة الدراسات التجارية والاقتصادية والمعاصرة، المجلد03*(العدد 02)، الصفحات 87-105.

3. ادريس عطية، و فضة صيفاوي. (2021). دور الانتقال الطاقوي في تعزيز التنمية المستدامة في الجزائر. *مجلة الاستاذ الباحث للدراسات القانونية والسياسية، المجلد 06*(العدد 01)، الصفحات 972-985.

4. ايمان مستغانمي. (2023). واقع وأفاق الطاقات المتجددة في الجزائر في الجزائر ودروها في تحقيق الأمن الطاقوي: دراسة تحليلية. *مجلة دفاتر، المجلد 19*(العدد 02)، الصفحات 170-184.

5. بن عبو سنوسي، و سعيدة طيب. (2018). استراتيجية التحول الطاقوي وفق برنامج الطاقات المتجدة 2030. *مجلة مدارات سياسية، المجلد 02*(العدد 02)، الصفحات 31-51.

6. حيزية زايد، ابتسام حاوشين، و هشام منصان. (2019). الطاقات المتجددة كسبيل لتحقيق التنمية المستدامة عرض التجربة الجزائرية والمصرية. *مجلة العلوم التجارية، المجلد 18*(العدد 01).

7. خطاب الهروشي، و فطيمة نسمن. (2016). واقع وآفاق الطاقة المتجددة ودورها في التنمية الاقتصادية في الجزائر. *مجلة الدراسات الاقتصادية، المجلد 10*(العدد 03)، الصفحات 118-132.

8. زهير بوعكيف، سهيلة وزناد، و العيد قريشي. (2021). الانتقال الطاقوي: نحو حتمية استغلال الطاقات المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر. *مجلة المالية والأسواق، المجلد 08*(العدد 01)، الصفحات 367-386.

9. سعيدة طيب. (2022). رهانات التنمية المستدامة وأثها على التحول الطاقوي: مشروع الإمارات العربية المتحدة كنموذجا. *مجلة التمويل والاستثمار والتنمية المستدامة، المجلد07*(العدد 01).

10. سليمان نصاح، و فاطمة ربح. (2024). استراتيجية الجزائر في مجال الطاقات المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة. *African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS، المجلد 03*(العدد 05)، الصفحات 41-55.

11. سهام عيساوي، و عبد الله مايو. (2020). التمويل الإسلامي ودوره في تمويل التنمية المستدامة. *مجلة الأفاق للدراسات الاقتصادية، المجلد 01*(العدد 05)، الصفحات 150-166.

12. سهيلة مواكني. (2016). الأثار الاقتصادية لمصادر الطاقة المتجددة في الجزائر وأفاقها المستقبلية. *نشرية الطاقات المتجددة*(العدد 02)، الصفحات 30-33.

13. شوقي حفياني، و عبد الكريم كيبش. (2022). دور الأمن الغذائي في تحقيق أهداف التنمية المستدامة في الجزائر. *مجلة العلوم الاجتماعية والانسانية، المجلد 23*(العدد 01).

14. صارة شريفي. (2021).). الطاقات الحديثة والمتجددة ودورها في تحقيق ابعاد التنمية المستدامة في الجزائر آفاق 2035(أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر 03.

15. صبرينة مزياني. (2017). مكانة الموارد الطاقوية المتجددة في الإستراتجية الإقتصادية الجديدة المتبعة من طرف الحكومة الجزائرية للخروج للتبعة لقطاع المحروقات. *مجلة المنتدى للدراسات والأبحاث الإقتصادية، المجلد 01*(العدد 02)، الصفحات 294-308.

16. صبرينة مزياني. (2017). مكانة الموارد الطاقوية المتجددة في الإستراتجية الإقتصادية الجديدة المتبعة من طرف الحكومة الجزائرية للخروج للتبعة لقطاع المحروقات. *مجلة المنتدى للدراسات والابحاث الإقتصادية، المجلد 02*(العدد 01)، الصفحات 294-308.

17. صبرينة مزياني. (2017). مكانة الموارد الطاقوية المتجددة في الإستراتيجية الإقتصادية الجديدة المتبعة من طرف الحكومة الجزائرية للخروج للتبعةلقطاع المحروقات. *مجلة المنتدى للدراسات والأبحاث الاقتصادية، المجلد 01*(العدد 02)، الصفحات 294-308.

18. عائشة موازي، و بودالية بوراس. (20202). دور الطاقة في تعزيز التنمية المستدامة: إشارة لواقع الطاقة المتجددة في الجزائر. *مجلة شعاع للدراسات الاقتصادية، المجلد 06*(العدد 01)، الصفحات 72-87.

19. عائشة موزاوي، و بوراس بودالية. (2022). دور الطاقة في تعزيز التنمية المستدامة: إشارة لواقع الطاقة المتجددة في الجزائر. *مجلة شعاع للدراسات الاقتصادية، المجلد 06*(العدد 01)، الصفحات 72-87.

20. عبد الرحمن بن طاجين، و عبد الرؤوف عبادة. (2024). مستقبل الطاقات المتجددة في الجزائر: قدرات عالية تفتقر لحسن الاستغلال. *مجلة اقتصاد المال والاعمال، المجلد 08*(العدد 02)، الصفحات 509-530.

21. عبد الرحيم بلبالي، حمزة بن سويسي، و يوسف خنيش. (2020). مستقبل الاستثمار في الطاقات المتجددة بالجزائر في ظل الامكانيات والمعطيات المتاحة. *مجلة إدارة الاعمال والدراسات الاقتصادية، المجلد 06*(العدد 02)، الصفحات 453-470.

22. عبد القادر زواتنية. (2022). أهمية الاقتصاد الرقمي للدول العربية في ظل الكورونا (كوفيد19) وأثره على تحقيق التنمية المستدامة – الاقتصاد الرقمي لدولة قطر نموذجا. *مجلة اقتصاديات شمال افريقيا، المجلد 17*(العدد 01)، الصفحات 21-31.

23. عبد النور شباط. (2024). التحول الطاقوي نحو استغلال الطاقة المتجددة: رهان تحقيق الأمن الطاقوي العالمي. *مجلة أكاديميا للدراسات السياسية، المجلد 7*(العدد 01)، الصفحات 237-255.

24. عفيفة دراج، و انيسة بركان. (2024). التحول الطاقوي كخيار مستدام لأمن الطاقة : عرض حالة الجزائر. *مجلة ابحاث اقتصادية معاصرة، المجلد 07*(العدد 01)، الصفحات 173-188.

25. علاء وجيه مهدي، و تدى سهيل سطام. (2022). دور الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة :دراسة تحليلية. *مجلة جامعة كركوك للعلوم الادارية والاقتصادية*(عدد الخاص)، الصفحات 88-112.

26. عينو عبد الوهاب شايب ، و نعيم عاشوري. (2023). منظور عالمي للإستثكار في الإنتقال الطاقوي: مع الإشارة لحالة الجزائر. *مجلة طنجة للدراسات العلمية الأكاديمية، المجلد 06*(العدد 02)، الصفحات 152-171.

27. فاتح سردوك، داود غديري، و فارح شعابنة. (2023). *مجلة بصائر للبحوث في العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، المجلد 02*(العدد 01)، الصفحات 133-149.

28. فتيحة قشرو. (2018). دور الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة: دراسة التجربة الجزائرية. *المجلد الدراسات التجارية والاقتصادية المعاصر، المجلد 01*(العدد 02).

29. فريدة كافي. (2016). الاستثمار في الطاقة المتجددة كمدخل لدفع عجلة التنمية المستدامة في الجزائر: مع الإشارة إلى مشروع صحراء صولار بريدر. *نشرة الطاقات المتجددة*(العدد 02)، الصفحات 21-29.

30. مرزوقي مرزوقي، رمضاني مروة، و بوقرة كريمة. (2021). استراتيجية الطاقة المتجددة كآلية لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر: عرض أهم التجارب العالمية. *مجلة دفاتر اقتصادية، المجلد12*(العدد 01)، الصفحات 91-104.

دور الشركات الناشئة الخضراء في تسريع التحول الطاقوي المستدام

The Role of Green Startups in Accelerating Sustainable Energy Transition

أميرة عبد الباقي[1]، إيمان بن محمد[2]، إكرام بودبزة[3]

[1] جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة (الجزائر)، a.abdelbaki@univ-skikda.dz

[2] جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة (الجزائر)، i.benmohamed@univ-skikda.dz

[3] جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة (الجزائر)، i.boudebza@univ-skikda.dz

ملخص:

تهدف هاته الدراسة لبيان دور المؤسسات الناشئة الخضراء على مستوى الجزائر في تسريع التحول الطاقوي المستدام، من خلال دراسة تجربة الشركة الناشئة "Nrecycli " والشركة الناشئة "Green Al "، بالاعتماد على المنهج الوصفي، ومن بين أهم النتائج المتوصل إليها وجود وعي كبير لدى رواد الأعمال بأهمية هاته الأفكار الريادية المبتكرة في ترسيخ نظام إقتصادي دائري، يعتمد في طياته على تقديم خدمات ذات أثر بيئي إيجابي، وبعد اقتصادي يساهم في تحصيل الدولة لموارد مالية ضخمة ناتجة عن رسكلة مختلف النفايات المنزلية وأيضا الناتجة عن المكاتب في مختلف القطاعات والتي تمثل ضررا حقيقيا للبيئة والمجتمع.

كلمات مفتاحية: الشركات الناشئة الخضراء؛ الطاقات المتجددة؛ شركة Nrecycli؛ شركة Green Al.

Abstract :

This study aims to highlight the role of green startups in Algeria in accelerating sustainable energy transition through the case studies of the startups "Nrecycli" and "Green Al", using a descriptive methodology. Among the main findings, there is a strong awareness among entrepreneurs of the importance of these innovative and pioneering ideas in establishing a circular economic system that provides services with a positive environmental impact and an economic dimension that helps the state generate substantial financial resources. These resources come from the recycling of various household and office wastes, which otherwise represent a real threat to both the environment and society.

.**Keywords:** Green startups; Renewable energy; Nrecycli; Green A.

المؤلف المرسل: إيمان بن محمد، **الإيميل:** i.benmohamed@univ-skikda.dz

المقدمة:

تعد المؤسسات الناشئة الخضراء أهم البدائل الإستراتيجية لتحقيق التحول نحو الاقتصاد الطاقوي المستدام، نظرا لقدرتها على دمج الإبتكار التكنولوجي بالمسؤولية البيئية، والخروج بحلول تساهم في نشر وترسيخ الوعي المجتمعي للإنتقال من نمط الإنتاج، التوزيع والاستهلاك إلى نفس النمط مع تغيير جوهري ينتهي بإعادة التدوير، فالطاقات النظيفة المستدامة لم تعد رغبة يطمح العلم للوصول إليها بل ضرورة ملحة تستدعي تظافر العقول والجهود لتطويرها.

في نفس السياق سعت الجزائر إلى تعزيز التحول نحو الاقتصاد الأخضر من خلال تبني مجموعة من السياسات الإستراتيجية الرامية لدعم المبادرات الإبتكارية الخضراء التي تسعى للاستثمار في الطاقات النظيفة وإعادة تدوير مخلفات المجتمع، وتعزيز مكانت الجزائر كفاعل إقليمي ودولي في مجال الطاقات النظيفة المستدامة، من خلال ما سبق يمكن طرح التساؤل التالي:

"ما دور المؤسسات الناشئة الخضراء في تسريع التحول نحو الطاقات المستدامة؟"

وللإجابة على التساؤل الرئيسي تم طرح مجموعة من الأسئلة الفرعية التالية :

الأسئلة الفرعية

1. ماهي المؤسسات الناشئة الخضراء؟
2. كيف تساهم الشركات الناشئة الخضراء في تحقيق الاقتصاد الدائري؟
3. ماهي أهم المعوقات التي تحول دون التطبيق الفعال لهاته الحلول البيئية المستدامة؟

2.1 أهمية الدراسة

تكتسب هاته الدراسة دور المؤسسات الناشئة الخضراء في تسريع التحول نحو الطاقات المستدامة أهميتها من قدرتها على خلق بيئة صحية مناسبة لاحتضان المشاريع التي تجمع بين الابتكار التكنولوجي والمسؤولية البيئية، وتعمل على إيجاد حلول عملية للتحديات الطاقوي التي تواجهها الجزائر في ظل التحولات العالمية نحو الاقتصاد الأخضر، كما تبرز أهمية هذه الدراسة في كونها تسهم في تعزيز الوعي المجتمعي والاقتصادي بضرورة الانتقال إلى أنماط إنتاج واستهلاك مستدامة، وتظهر كيف يمكن للمؤسسات الناشئة أن تكون قاطرة للتنمية المستدامة من خلال استثمار الطاقات المتجددة، وتبني ممارسات صديقة للبيئة.

3.1 اهداف الدراسة:

نهدف من خلال هذه الدراسة إلى ما يلي:

1. التعرف على الجوانب النظرية للمؤسسات الناشئة الخضراء؛
2. تحديد اهم الشركات الناشئة العاملة في مجال الطاقات النظيفة المستدامة؛
3. تقديم جملة من النتائج والتوصيات التي تساهم في تحسين البيئة الحاضنة لهاته المشاريع التنموية الخضراء.

4.1 تقسيم الدراسة:

للإجابة على التساؤل الرئيسي والتساؤلات الفرعية تم تقسيم الدراسة الى محورين، كما يلي:

المحور الأول: الاطار المفاهيم للمؤسسات الناشئة الخضراء؛

المحور الثاني: الجانب التطبيقي: وتم التطرق الى اهم الشركات الناشئة الناجحة في مجال التحول الطاقوي المستدام.

1- إطار المفاهيمي للمؤسسات الناشئة الخضراء

تعريف المؤسسات الناشئة الخضراء ينصرف مفهوم المؤسسة الناشئة الخضراء للدلالة على بوجه عام على مؤسسة اقتصادية تستثمر لتحقق ربح كاي مؤسسة اقتصادية أخرى، الا انها تجعل من البعد البيئي محورا أساسيا للمشروع الذي تقوده. فهي مؤسسة رفيقة بالبيئة تستثمر بطريقة صحيحة من الناحية البيئية لا تلحق أي ضرر فنجدها لا تستنزف الموارد

المتاحة طبيعيا، كما انها تحرص على عدم تلويث المحيط الذي تنشط فيه، وابعد من ذلك فهذه المؤسسات تنشا من فكرة إبداعية مبتكرة قائمة خصيصا على ضرورة حماية البيئة وتحقيق التنمية المستدامة (أوشن ، 2022، صفحة 578).

فالمؤسسات الناشئة الخضراء مؤسسات طويلة الاجل تحد من الاستهلاك العشوائي والمفرط للموارد والطاقات وتعمل على إيجاد بديل لها يتميز بالجدة والاستدامة ولا يستنزف الموارد الطبيعية، فهي تقوم على فكرة الابتكار الأخضر الذي لا يخرج عن كونه ابتكار تكنولوجي قد يكون جذريا او تحسينيا، يكون موضوعه اما بطريقة تصنيع خضراء او منتج اخضر، أي هي مؤسسات تتبنى إجراءات عمل مستدامة سواء من حيث مصادر المواد الأولية ومصادر منتجاتها او طريقة نشاطها، تهدف بالدرجة الأولى الى القضاء على أي تدخل سلبي على البيئة وذلك من خلال اتباع نهج استباقي يقلل من النفايات وانبعاثات الكربون الى الحد الأدنى (بشرى، 2024، الصفحات 566-567)، وبالتالي فالمؤسسات الناشئة الخضراء تقوم على ثلاثة محاور أساسية (بشرى، 2024، صفحة 567):

- تطبيق مبادئ التنمية المستدامة في كل نشاطاتها وقراراتها؛
- توفير منتجات خضراء صديقة للبيئة؛
- التعايش الدائم مع المبادئ والاسس البيئية.

من خلال ما سبق يمكن القول ان المؤسسات الناشئة الخضراء أنها مؤسسات اقتصادية حديثة النشأة تقوم على الابتكار البيئي وتتبنّى ممارسات إنتاجية مستدامة تهدف إلى تحقيق الربح مع الحفاظ على البيئة، من خلال الاستخدام الرشيد للموارد الطبيعية، وتقليل النفايات والانبعاثات، وتطوير منتجات أو عمليات خضراء تسهم في تحقيق التنمية المستدامة على المدى الطويل.

1-1- أنواع المؤسسات الناشئة الخضراء

يكون توجه المؤسسات الناشئة نحو الاستدامة من خلال تبني الإستراتيجية الخضراء، ولكن هناك تفاوت بين رواد الأعمال في تبني الممارسات الخضراء، فهناك مؤسسات تعتمد بشكل كلي على البعد الأخضر في عملياتها وهناك مؤسسات ناشئة أخرى تريد الاستفادة من ميزات خضراء معينة في عملياتها، ويرجع هذا التفاوت لتوجهات روا د الأعمال والإستراتيجيات التي يتبعونها، وفيما يلي أنواع المؤسسات الناشئة الخضراء: (ماضي، 2024، الصفحات 120-121)

- **المؤسسات الناشئة المخصصة للبيئة:** في المؤسسات الناشئة المخّصصة للبيئة، يتم تنفيذ أنشطة صديقة للبيئة في المنتجات، الخدمات والإجراءات التشغيلية، يهتم رواد الأعمال في هذه المجموعة بالتقنيات والمواد التي توفر فرًصا ليكونوا سليمين بيئيا في مجالهم، وتتماشى استراتيجيتهم عن قصد مع الاحتياجات البيئية، وأحد أسباب تبني ممارسات الأعمال الخضراء هو الاعتراف بالفرص المتاحة في السوق، يرى رواد الأعمال المبتدئون في هذه المجموعة على وجه الخصوص اتجاها إيجابيا في قطاعاتهم الخاصة للتوجهات البيئية، فهم إما يعتقدون أنهم سيكونون قادرين على المنافسة كرجل أعمال إيكولوجي مزعوم في السوق التقليدية أو يعتقدون أنهم سيصبحون قادرين على المنافسة نتيجة للتطورارت في السوق (مثل ارتفاع الأسعار أو المتطلبات القانونية)وتعتبر هذه المؤسسات الناشئة خضراء بالكامل؛
- **المؤسسات الناشئة ذات البيئة المفتوحة:** في هذه المؤسسات يتم تصميم السلع والخدمات والإجراءات التشغيلية وفقا للاحتياجات البيئية، ورجال الأعمال في هذه المجموعة يتعاملون فقط مع قضايا بيئية مختارة، فهم إما

يوسعون نطاق منتجاتهم أو خدماتهم بمميزات مقبولة بيئيا من أجل استهداف شريحة عمال إضافية أو حل المشكلات البيئية بتدابير خاصة، لكن غالبا ما يرفض رواد الأعمال في هذا النوع من المؤسسات من اعتماد المزيد من الإجراءات الصديقة للبيئة بسبب التكاليف المرتفعة المفترضة؛

- **المؤسسات الناشئة غير الراغبة في البيئة:** تتعامل المؤسسات الناشئة التي تم تعيينها لهذه المجموعة مع القضايا البيئية فقط عندما تجبرهم المتطلبات الخارجية(خاصة اللوائح أو المتطلبات المحددة للعملاء) على القيام بذلك، ويتعامل رواد الأعمال هؤلاء مع مسائل الحفاظ على البيئة عندما يدركون أن لديهم مشكلة، مثل عندما يتعارضون مع السلطات البيئية اذ يرون أن المتطلبات البيئية والمشاكل التي تم طرحها من قبل السلطات مجرد مضايقات، و القضايا الأخرى مثل خلق الوظائف ودفتر الطلبات وتوفير التكاليف، أكثر أهمية بكثير من القضايا البيئية.

1-2- خصائص المؤسسات الناشئة

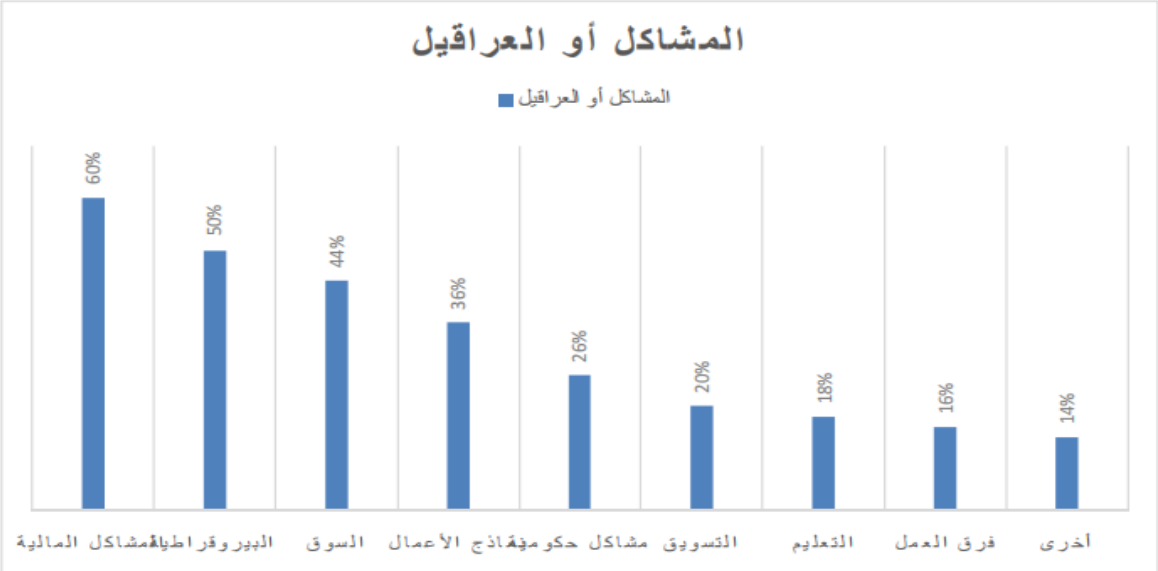
ويمكن خصرها في ثلاث مجالات (ماضي و بورديمة، 2021، الصفحات 272-273):

- **الخصائص المتعلقة بالمنتج:** هل منتجات (سلع او خدمات) الشركة الناشئة صديقة للبيئة ام لا بينم يحب الباحثون والممارسون التحدث عن القطاع "الأخضر" او التكنولوجيا النظيفة " فإننا نجادل بان السلع والخدمات الخضراء يمكن تقديمها في معظم ان لم يكن في كل القطاعات، أو أحد التصنيفات القطاعية المفيدة في هذا الصدد، هو تصنيف "قطاع السلع والخدمات البيئية " الذي وضعه المكتب الاحصائي للاتحاد الأوروبي، حيث تغطي هذه التصنيفات جميع الأنشطة المتعلقة بالأعمال التجارية، والتي تساهم في سبعة اهداف بيئية شاملة، الطاقة المتجددة، وكفاءة الطاقة، والموارد المتجددة، وكفاءة الموارد، والاقتصاد الدائري، وإدارة النفايات، وخفض الانبعاثات وحماية المناخ، فضلا عن التنوع البيولوجي والنظم الايكولوجية؛
- **الخصائص المتعلقة برواد الاعمال:** كيف يساهم رواد الاعمال في تخضير أنشطة شركاتهم الناشئة؟ يركز العديد من المؤلفين في ادبيات ريادة الاعمال المستدامة على تأثير دافع وقيم ومواقف رواد الاعمال على الاستدامة-القضايا ذات الصلة في الشركة، بالإضافة الى ذلك، يمكن اعتبار المؤهلات والمعرفة الفنية والمتعلقة بالأعمال والمتصلة بالاستدامة لرائد الاعمال لها تأثير على كيفية إدارة الشركة الناشئة الخضراء وتطويرها بمرور الوقت، يذكر معظم المؤلفين الخصائص التالية على انها ملازمة لرواد الاعمال الخضراء:
  - انهم يعملون كرجال اعمال يتداركون أفكارهم بدرجة عالية من المخاطر؛
  - لديهم دافع داخلي قوي يتعلق بالحساسية المتزايدة للمشاكل البيئية؛
  - انشطتهم التجارية لها تأثير إيجابي صاف على البيئة الطبيعية وفي نفس الوقت تكون مستدامة من الناحية المالية؛
  - انهم يسعون بوعي للمساهمة في مستقبل أكثر استدامة ويساهمون بقيمهم الاجتماعية والبيئية .
- **الخصائص المتعلقة بالاستراتيجية:** كيف يمكن للاستراتيجية تعزيز او اضعاف استدامة الشركة؟ ان الاستدامة مفهوم متكامل بين البيئة والارباح والمجتمع حيث للإدارة العليا توظيف هذه الابعاد رغم انها منفصلة من الناحية التاريخية عن بعضها البعض، ولكن هناك إمكانية التنسيق بين هذه الابعاد وتطوير القدرات لتحقيق استراتيجية متكاملة تؤدي الى استدامة الشركة.

1-3- المشاكل التي تواجه المؤسسات الناشئة الخضراء

تواجه المؤسسات الناشئة الخضراء مجموعة من المشاكل والعقبات، تشير نتائج الاستقصاء لاحد الدراسات الأوروبية الى ان المشاكل المالية والبيروقراطية هي الأكثر خطورة، تليها مشاكل السوق ونماذج الاعمال غير الكافية، والشكل التالي يبين هاته المشاكل والعراقيل:

الشكل رقم 01 : المشاكل التي تواجه المؤسسات الناشئة الخضراء



المصدر: سارة ماضي، سعيدة بورديمة، المؤسسات الناشئة الخضراء كتوجه جديد نحو ريادة الاعمال المستدامة "التجربة الألمانية، مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية، المجلد04، العدد 03، 2021، ص: 274

يبين الشكل أن المشاكل المالية تمثل أبرز عائق أمام المؤسسات الناشئة الخضراء بنسبة 60%، ما يعكس صعوبة الحصول على التمويل اللازم لتطوير مشاريعها. تليها الإجراءات البيروقراطية بنسبة 50%، التي تُبطئ تأسيس المؤسسات وتعرقل نشاطها، ثم مشكلات السوق بنسبة 44%، نتيجة ضعف الطلب على المنتجات الخضراء وقلة الوعي البيئي لدى المستهلكين، كما جاءت مشاكل الحوكمة بنسبة 36% والتسويق بنسبة 26%، مما يدل على تحديات في الإدارة والترويج. أما نقص الدعم فبلغ 20%، وفروق العمل 18%، في حين مثلت العوائق الأخرى نسبة 14%.

وقد تشمل العوائق الأخرى مثل (Kaur & Kaur, 2023):

- ضعف المعرفة التقنية والتكنولوجية في مجال ريادة الأعمال الخضراء؛
- محدودية المعلومات والتوعية حول ريادة الأعمال الخضراء والابتكارات الخضراء.

قد تختلف النسب حسب الدول او حتى عبر السنوات لكنها تبقى اهم المشاكل التي تعاني منها المؤسسات الناشئة الخضراء لحد الساعة.

2- الجانب التطبيقي

2-1- تجارب وطنية لمؤسسات جزائرية ناشئة تعمل في تحويل الطاقات النظيفة

تسعى الجزائر كغيرها من البلدان إلى البحث عن استراتيجيات فعالة للقضاء أو التخفيف من جميع أنواع الثلوث البيئي، وذلك من خلال دعم وتشجيع مبادرات رواد الأعمال أصحاب المؤسسات الناشئة، وفي هذا العنصر سيتم التطرق في هذا الجزء لمجموعة من المؤسسات الناشئة الجزائرية الناشطة في هذا المجال.

2-1-1-المؤسسة الناشئة "Nrecycli "

تأسست شركة_"Nrecycli " عام 2019 من قبل أحمد رامي مبروك، وقد تحصلت على اعتماد "مؤسسة ناشئة" سنة 2022، حيث تطور الشركة حلا رقميا لفرز النفايات من خلال نموذج تشجيعي قائم على الاقتصاد الدائري حيث تجد كل جهة دورها وقيمتها في نظامنا البيئي.

- **الفجوة الطاقوية والبيئية في الجزائر**

صرحت كهينة ملاب الباحثة في مركز البحث في الاقتصاد التطبيقي من أجل التنمية(CREAD) ، أن الانتقال نحو الاقتصاد الدائري ليس مجرد ضرورة بيئية بل فرصة اقتصادية كبرى، فهو يمكن أن يحول التحدي إلى رافعة للنمو الاقتصادي ويقرّب الجزائر من المعايير الدولية للاستدام، فمعدل إعادة التدوير في الجزائر لا يتجاوز 5٪ للبلاستيك، و10٪ للورق، و30٪ للمعادن، أما معدل جمع النفايات فيتراوح بين 5 إلى 7٪ فقط، مقارنة بـ 20٪ في تونس ومصر و60٪ في كوريا الجنوبية وفق دراسة مقارنة عرضت في اللقاء نفسه الذي قامت به الباحثة، ومن جهة أخرى تعتبر الجزائر من أكبر مستوردي البلاستيك وهو ما أوضحه "علي حماني" رئيس جمعية منتجي المشروبات الجزائريين(APAB) ، أن جمع النفايات يمثل الحلقة الأضعف في سلسلة القيمة، بل "نقطة سوداء." حيث دعا إلى ضرورة سن تنظيمات واضحة لتنظيم هذه المهنة وتحسين أسس عملية الجمع وقال: "لدينا مخزون ضخم من النفايات البلاستيكية القابلة للتثمين. لقد قدمنا ملفا كاملا لوزارة البيئة حول إنشاء هيئة بيئية (Eco-organisme) ونحن بانتظار الرد، في حين أن إنشاء نظام نشط لإعادة التدوير والاقتصاد يمكن أن يولد ما يصل إلى 92 مليار دينار، مع تقليص الاعتماد على استيراد المواد الأولية وتحفيز الابتكار الصناعي (Ould Hamouda، 2024).

- **الإبتكار الريادي للمؤسسة**

الحل الجاهز لإدارة النفايات المنزلية وما يشابهها داخل المؤسسات، حيث تقدم ابتكار خدماتي/رقمي (Digital + Platform): تطبيق ومنصة رقمية لفرز النفايات، ربط نقاط التجميع والجامعين غير الرسميين، تقدم مكافآت للمواطنين من خلال جمع نقاط تمكنهم من اقتناء المنتجات أو الخدمات التي يقدمها أحد الشركاء "الشركات المسؤولة اجتماعيًا على السوق"— أي تحويل السلوكيات المحلية إلى سلاسل قيمة ملموسة(nrecycli.com, 2025) .



كما توفر أيضا المؤسسة نقاط لتجميع النفايات من اجل إعادة تدويرها وذلك عبر تطبيق محمول متاح على جوجل بلاي مصمم خصيصا لنقاط البيع، كما تقدم تدريبا على فرز النفيات القابلة لرسكلة (nrecycli.com، 2025).

- **إسهام المؤسسة في تحقيق التنمية الطاقوية المستدامة**

يقوم مفهوم الاقتصاد الدائري على مبدأ أساسي هو تقليل الهدر وتحسين استخدام الموارد، وعلى عكس النموذج الاقتصادي الخطي التقليدي (استخراج – إنتاج – رمي)، يشجع الاقتصاد الدائري على إعادة الاستخدام والإصلاح وإعادة التدوير وتجديد المواد، هذا النموذج يمثل جوهر مهمة Nrecycli، التي تعمل على تحويل النفايات البلاستيكية إلى موارد قابلة لإعادة الاستخدام، مع توعية السكان بأهمية الفرز وإعادة التدوير كخطوة نحو مستقبل بيئي مسؤول ومستدام، حيث في 18 فبراير 2025، تحصلت الشركة الناشئة الجزائرية Nrecycli في الدوحة على جائزة "رواد الأعمال الاجتماعيين الشباب" المرموقة ضمن فئة الطاقة والبيئة، يبرز هذا التكريم التزام الشركة بتبني إدارة مستدامة للنفايات البلاستيكية وتعزيز الاقتصاد الدائري في الجزائر، وبفضل مشروعها المبتكر لإعادة تدوير مادة الـPET (البلاستيك المستخدم في القوارير) ومشاركتها النشطة للمواطنين، تمهد Nrecycli الطريق نحو مستقبل أكثر خضرة ومسؤولية، وقد قال أحمد رامي مبروك، مؤسس الشركة "يعد هذا التكريم اعترافا بجهود فريقنا وشركائنا، خاصة شركتي ECCBC Algérie و EURL Beverage Service Algeria، لقد أثبتنا معا أن التعبئة الجماعية يمكن أن تُحدث تأثيرا حقيقيا من أجل مستقبل أكثر استدامة"، وأضاف "نشجع جميع المواطنين على الانضمام إلى مبادرتنا، فمن خلال إعادة التدوير اليوم عبر موقع Nrecycli.com، يمكن لكل فرد أن يساهم بفاعلية في تقليل النفايات البلاستيكية وتعزيز الاقتصاد الدائري" (Khenifsa، 2025)، ويمكن تلخيص أهم اسهامات المؤسسة في الشكل التالي:



يشتمل حلنا على ما يلي (nrecycli.com، 2025):

- تركيب تجهيزات للفرز الانتقائي مصممة خصيصا لتناسب احتياجاتكم؛
- تدريب ومرافقة الموظفين لضمان عملية فرز فعّالة ودقيقة؛
- جمع دوري للنفايات القابلة لإعادة التدوير مباشرة من مقراتكم؛
- وصول فوري عبر أداتنا "Ecotracker" لتتبع كميات النفايات المفروزة والأثر البيئي الناتج عنها؛
- تقرير بيئي معتمد + شهادة سنوية لإعادة التدوير تقديرا لالتزامكم تجاه التنمية المستدامة.

- **التحديات التي تواجه مؤسسة "Nrecycli "**

تعد إدارة النفايات من القضايا الإشكالية في الجزائر، إذ إن نقص البنية التحتية البيئية وضعف التوعية المجتمعية يمنعان البلاد من تثمين النفايات واعتماد نموذج الاقتصاد الدائري، حاليا، تعتبر آليات إعادة الاستخدام محدودة جدا في الجزائر، مما يقلل من فعالية عمليات الفرز، ووفقا لموقع Algerie-eco يذكر أن المواطنين الجزائريين ينتجون سنويا نحو 34 مليون طن من النفايات، ومن المتوقع أن يصل هذا الرقم، بحلول عام 2035، إلى ما بين 70 و75 مليون طن (www.circemed.org، 2025).

إن أهم التحديات التي تواجه المؤسسة هو عدم وجود ثقافة تدعم هذا التوجه الذي تقوم به المؤسسة بالإضافة إلى العراقيل الأخرى البيروقراطية والتنظيمية.

2-1-2-المؤسسة الناشئة "Green Al"

أنشئت الشركة الناشئة الجزائرية "Green Al"سنة 2021 من قبل الدكتورة خيرة بن عيسى تخصص تسيير النفايات، حيث تقوم هاته الشركة ببيع أجهزة التحليل الحيوي (biodigesteurs) التي تمكن الأفراد في المناطق المعزولة، المزارعين والمطاعم من إنتاج الغاز الحيوي والكهرباء بأنفسهم انطلاقا من نفاياتهم العضوية، تحصلت الشركة في سبتمبر 2021 على تصنيف "مشروع مبتكر" من وزارة المؤسسات الناشئة الجزائرية(VÉPIERRE، 2022).

- **الفجوة الطاقوية والبيئية في الجزائر**

ينتج الجزائريون ما يقارب 13 مليون طن من النفايات المنزلية سنويا، أي ما يعادل كيلوغراما واحدا لكل ساكن يوميا، ورغم أن 45% من هذه النفايات قابلة لإعادة التدوير، إلا أن البلاد لا تقوم حاليا إلا بإعادة تدوير نحو 4% فقط منها، كما أن الصحراء تغطي حوالي 80% من مساحة الجزائر، ورغم أن معدل الولوج إلى الكهرباء هو الأعلى في إفريقيا، إلا أن هناك مناطق نائية ما تزال تعاني من ضعف كبير في الوصول إلى مصادر الطاقة. وتوضح بن عيسى أن إنشاء خطوط أنابيب في تلك المناطق الجبلية مكلف جدا، ما يجعل تزويدها بالطاقة أمرا صعبا حيث كان على أغلب العائلات في القرى قطع مئات الكيلومترات عبر مسالك غير معبدة لشراء قوارير غاز البوتان، أو استخدام الفحم والخشب وهي وسائل ضارة بالبيئة، وقد أدت إلى اختفاء معظم أشجار النخيل حول تلك القرى، ورغم أن الجزائر تعتبر بلد النفط والغاز، إلا أن هناك مشكلة حقيقية في التزويد بالطاقة(Triska، 2022).

- **الإبتكار الريادي للمؤسسة**

في مواجهة عدم المساواة في الحصول على الطاقة في الجزائر، تقدم الشركة الناشئة Green Al حلا مبتكرا من خلال بيع أجهزة التحلل الحيوي المتنقلة، بهدف إنتاج الغاز الحيوي (البيوغاز) من النفايات العضوية، وقد صممت هذه الحلول في الأصل للمناطق الصحراوية الجزائرية، لكنها أثارت اهتمام مناطق أخرى في إفريقيا وأوروبا، حيث تجرى تجارب في إسبانيا حالي، وقد أنشأت أول جهاز للتحلل الحيوي بسعة 15 متر مكعب في جنوب الجزائر، وقد نشرت الباحثة نتائج بحثها في كتاب علمي، ومنذ ذلك الحين أصبحت أستاذة باحثة في جامعة تمنراست (الجزائر) وأسست شركتها الناشئة Green Al سنة 2021، وبفضل حلها المبتكر والصديق للبيئة، لاقت الشركة إعجابا واسعا، وفازت بعدة جوائز في مسابقات مثل Algeria Climate Change Challenge (A3C)و.EMERGING Mediterranean (VÉPIERRE، 2022).



بدأت بن عيسى عملها بمحاولة تحويل روث الإبل إلى وقود حيوي، لكنها سرعان ما انتقلت إلى استخدام النفايات المنزلية والمطبخية، ونظرا لارتفاع التكلفة مقارنة بقدرة العديد من الزبائن، اعتمدت الشركة نظام "الشراء الآن والدفع لاحقًا" لتشجيع الأسر ذات الدخل المحدود. كما أنشأت الشركة مقرًا فعليًا في الجزائر العاصمة، وأبرمت شراكات مع متاجر زراعية ومتاجر مخصصة للفلاحين للوصول إلى المجتمعات البعيدة التي لا تملك إمكانية الاتصال بالإنترنت، ويقدم نظام GreenALنوعين من مجموعات الهاضم الحيوي (Triska، 2022):

- الطقم المنزلي بسعر يقارب 600 دولار، ويُنتج غازًا حيويًا يكفي لساعتين من الاستهلاك، أي ما يعادل ساعتين من الكهرباء؛
- الطقم الصناعي بسعر 915 دولارًا، ويُنتج ست ساعات من الغاز الحيوي.

.

- **إسهام المؤسسة في تحقيق التنمية الطاقوية المستدامة**

وكحال دول مجلس التعاون الخليجي، تعتمد الجزائر اعتمادًا كبيرًا على قطاع المحروقات، الذي يمثل 19% من الناتج المحلي الإجمالي و90% من الصادرات. إلا أن البلاد بدأت خلال السنوات الأخيرة في تنويع اقتصادها، معتمدة على ريادة الأعمال كأداة أساسية لتحقيق ذلك، فقد كانت من أوائل الدول التي أنشأت وزارة خاصة بالشركات الناشئة كما أطلقت الحكومة مؤخرا صندوق الجزائر للشركات الناشئة برأسمال 411 مليون دولار لتمويل المؤسسات الناشئة عبر 58 ولاية، بحد أقصى مليون دولار لكل شركة، كما أن منتج الشركة يمكن أن يقلل البصمة الكربونية بما يتراوح بين 2000 و6000 طن من ثاني أكسيد الكربون، الدول خارج الجزائر تدفع أموالا للشركات العاملة في تقليل الانبعاثات الكربونية، ونحن نقدم منتجا يساهم في حماية البيئة والحد من تلك الانبعاثات (Triska، 2022).

- **التحديات التي تواجه مؤسسة "Green Al"**

واجهت مؤسسة **"Green Al"** العديد من التحديات نذكر منها (Triska، 2022):

تقول بن عيسى: «كان من الصعب جدًا تأسيس الشركة. عندما أنشأت GreenAL قضيت 20 يومًا بين البنوك والإدارات لإتمام التسجيل. يتعين على أي شركة ناشئة جديدة دفع 250,000 دينار جزائري (نحو 1800 دولار) للتسجيل، وهو ما يعادل راتب خمسة أو ستة أشهر للعامل الجزائري العادي؛

وتضيف أنها واجهت صعوبات إضافية بسبب عملها كأستاذة جامعية، حيث «كان هناك قانون يمنع الموظفين الحكوميين من مزاولة عملين في آن واحد، واضطررت إلى الانتظار أشهرًا حتى تم تعديل القانون؛

وعلى الرغم من تزايد الصناديق الموجهة لدعم الشركات الناشئة، فإن الوصول إلى التمويل ما يزال تحديًا كبيرًا. فحتى الآن، اعتمدت GreenAL على التمويلات من المسابقات والمنح، وحصلت على جائزة البحر الأبيض المتوسط الناشئ لعام 2022 في فئة ريادة الأعمال النسائية.

وتختتم بن عيسى بقولها: «نحن نشعر ببعض الدعم، لكن من الصعب جدا الحصول عليه، الجزائر بلد واسع والمنافسة فيه قوية جدا، وما تزال البيروقراطية تشكل العقبة الأكبر أمام الحصول على التمويل».

الخاتمة:

تعتبر المؤسسات الناشئة الخضراء أحد أهم الإستراتيجيات التي تعمل الدولة على تجسدها على الأرض الواقع، كونها تعنى بتطوير تقنيات مستدامة تهدف للتقليل من الأثار السلبية وتهدف لبناء مجتمع واعي ومتطور يدعم الاقتصاد الدائري ويقلل من البصمة الكربونية.

والجزائر كغيرها من بلدان العالم تسعى جاهدة لدعم هاته النوابغ البشرية من رواد الأعمال الطامحين لبناء اقتصاد ذكي يركز على استخدام الطاقات النظيفة المتجددة والمبتكرة، كما تعمل الدولة على تهيئة بيئة ملائمة لريادة الأعمال الخضراء من خلال سن التشريعات التي تشجع على الإستثمار في الطاقات المتجددة، وإطلاق برامج دعم وتمويل موجهة للمؤسسات الناشئة المبتكرة.

1. النتائج

تتمثل نتائج هاته الدراسة في النقاط التالية:

- وجود تحول نوعي في نماذج الأعمال الخضراء والذي تجسده المؤسستين الناشئتين "" و"" من خلال تقديم حلول مبتكرة لمشاكل بيئية مزمنة؛
- عملت مؤسسة "Nrecycli" نموذج لمنصة رقمية مبتكرة تسعى لإعادة تدوير النفايات المنزلية وأيضا النفايات على مستوى المؤسسات، وذلك من خلال خلق فضاء يربط بين المواطنين والشركة وأيضا أصحاب المؤسسات؛
- طورت الشركة الناشئة "Green Al " حلولا تكنولوجية حيوية لتحويل النفايات العضوية إلى طاقة نظيفة خاصة في المناطق الريفية المعزولة؛
- تحفيز الأسر الجزائرية على تبني ثقافة الاقتصاد الدائري، من خلال اشراكهم في عملية تدوير النفايات؛
- بالرغم من الدعم المتواصل للمؤسسات الناشئة وخاصة الدعم المالي إلا أنه يلاحظ وجود العديد من العراقيل الإدارية التي تحول دون تحقيق الأهداف التي تدعوا إليها الدولة.

2. التوصيات

- ضرورة تعزيز الإطار التشريعي والتنظيمي لدعم وإنشاء المؤسسات الناشئة الخضراء؛

- القضاء على الإجراءات البيروقراطية التي تخنق رواد الأعمال وتساهم بشكل كبير في توجههم نحو البديل في دول أخرى؛
- الرفع من آليات الدعم المادي الموجه لهذا النوع من المؤسسات الناشئة والتي تساهم بشكل كبير في تريع التحول نحو الطاقات النظيفة؛
- القيام بحملات توعوية للمواطنين للمساهمة بشكل كبير في دعم مثل هاته المبادرات الناشئة؛
- تحفيز الجامعات وحاضنات الأعمال لاحتواء وتنمية مثل هاته المبادرات التي تساهم في تغيير أسس المجتمع وارتقائه نحو الأفضل.

قائمة المراجع:

1. سارة ماضي. (2024). دور التفكير الابداعي في تبني الاستراتيجية الخضراء في المؤسسات الناشئة -دراسة حالة الجزائر- اطروحة لنيل شهادة الدكتوراه في الطور الثالث تخصص مقاولاتية قسم علوم التسيير. كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة 8 ماي 1945 قالمة.
2. سارة ماضي. (2024). دور التفكير الابداعي في تبني الاستراتيجية الخضراء في المؤسسات الناشئة -دراسة حالة الجزائر- اطروحة لنيل شهادة الدكتوراه في الطور الثالث تخصص مقاولاتية قسم علوم التسيير. كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة 8 ماي 1945 قالمة.
3. سارة ماضي، و سعيدة بورديمة. (2021). المؤسسات الناشئة الخضراء كتوجه جديد نحو ريادة الاعمال المستدامة "التجربة الالمانية مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية، 4.(3)
4. سارة ماضي، و سعيدة بورديمة. (2021). المؤسسات الناشئة الخضراء كتوجه جديد نحو ريادة الاعمال المستدامة "التجربة الالمانية مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية، 4.(3)
5. سقمان بشرى. (2024). المؤسسات الناشئة الخضراء كاداة مستحدثة لتحقيق التنمية المستدامة. مجلة الباحث للدراسات الاكاديمية، 11.(2)
6. سقمان بشرى. (2024). المؤسسات الناشئة الخضراء كاداة مستحدثة لتحقيق التنمية المستدامة. مجلة الباحث للدراسات الاكاديمية، 11.(2)
7. ليلى أوشن. (2022). المؤسسات الناشئة الخضراء نموذج للمؤسسة الاقتصادية المستدامة في الجزائر. مجلة الاقتصاد والاتنمية المستدامة، 5.(1)
8. Kaur, p., & Kaur, S. (2023). .. Green entrepreneurship: Opportunities & challenges. Asian Journal of Management and Commerce,, 4(1).
9. Khenifsa, A. (2025, 03 05). Environnement & Innovation
 Nrecycli récompensée pour son engagement en faveur du recyclage en Algérie. Récupéré sur https://www.itmag.dz/2025/03/05/environnement-innovation-br-nrecycli-recompensee-pour-son-engagement-en-faveur-du-recyclage-en-algerie/?utm_source

10. nrecycli.com. (2025). Récupéré sur https://nrecycli.com/?utm_source
11. Ould Hamouda, W. (2024, 12 10). Déchets plastiques et papiers, un gisement inexploité. Récupéré sur https://algeriainvest.com/AlgeriaIC/public/premium-news/dechets-plastiques-et-papiers-un-gisement-inexploite?utm_source
12. Triska , H. (2022, 11 07). Green Algeria: Turning household waste into electricity. Récupéré sur www.wamda.com: https://www.wamda.com/2022/11/greenal-turning-household-waste-electricity?utm_source
13. VÉPIERRE , A. (2022, 11 11). www.techniques-ingenieur.fr. Récupéré sur https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/green-al-creer-du-biogaz-a-partir-de-dechets-dans-les-regions-isolees-117180/amp
14. www.alriyadh.com. (2025). Récupéré sur https://www.alriyadh.com/2101061?utm
15. www.alriyadh.com. (2025). Récupéré sur https://www.alriyadh.com/2101061?utm
16. www.circemed.org. (2025, 01 06). Récupéré sur https://www.circemed.org/articles/h/defis-et-solutions-les-dechets-en-algerie.html?utm_source

واقع التحول الطاقوي والانتقال من الطاقات التقليدية إلى الطاقات المستدامة في دولة الامارات العربية المتحدة

The Reality of energy transition and the transition from conventional to sustainable energy in the United Arab Emirates

إلهام شيلي[1]

[1] جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة (الجزائر)، i.chili@univ-skikda.dz

ملخص:

تهدف الدراسة إلى تحليل موضوع التحول الطاقوي والطاقات المتجددة من أجل تفعيل الاستدامة وتشجيع حماية البيئة. فموضوع التحول الطاقوي من المواضيع التي أصبحت الدول تسعى نحو تحقيقه من أجل التنويع في الموارد الطبيعية ومصادر الطاقة المتعارف عليها. ولتحقيق ذلك اتبعنا المنهج الوصفي التحليلي من أجل تحليل المعلومات والتوصل إلى النتائج المرجوة. وقد تم اسقاط الجانب النظري على دولة الامارات العربية المتحدة واعتبارها نموذج في التحول الطاقوي والطاقات المتجددة بناء على معطيات مقدمة من طرف الحكومة وتقارير ومؤشرات لغاية سنة 2025. ومن أهم النتائج المتوصل بتين لنا ان الدولة محل الدراسة تتبع استراتيجية للتحول الطاقوي وتعمل على استبدال الطاقات التقليدية بالطاقات المتجددة أي من الفحم إلى الطاقات الشمسية والرياح وهذا حسب النسب التالية: 44% من الطاقة النظيفة، 38% من الغاز، 12% من الفحم النظيف، 6% من الطاقة النووية.

كلمات مفتاحية: الطاقة؛ الطاقة التقليدية؛ الطاقات المستدامة؛ دول الامارات العربية المتحدة.

تصنيفات JEL : Q42 ; Q20 ; Q58

Abstract :

The study aims to analyze the topic of energy transition and renewable energy in order to activate sustainability and encourage environmental protection. Energy transition is a topic that countries are now striving to achieve in order to diversify natural resources and conventional energy sources. To achieve this, we adopted a descriptive and analytical approach to analyze the information and arrive at the desired results. The theoretical aspect was applied to the united arab emirates, considering it a model for energy transition and renewable energy based on data provided by the government, reports, and indicators up to 2025.

One of the most important findings is that the country under study is following an energy transition strategy and working to replace conventional energy with renewable energy, i.e, from coal to solar and wind energy, according to the following ratios: 44% clean energy, 38% Gas, 12% clean coal, and 6% nuclear energy.

Keywords: Energy; Conventional energy; Sustainable energy; United Arab Emirates.

JEL Classification Cods : Q42 ; Q20 ; Q58

المؤلف المرسل: شيلي إلهام، **الإيميل:** i.chili@univ-skikda.dz

المقدمة:

يعد قطاع الطاقة من القطاعات التي تساهم في الرفع من الاقتصاد الدولي والعالمي، وتعمل على تحقيق التنمية الاقتصادية والدفع بعجلة التنمية والنمو. فهي تعمل على تحقيق تقدم استراتيجي للدول وتشجع على الاستثمارات والتنويع الاقتصادي. فقطاع الطاقة كباقي القطاعات الأخرة التي تسرع من النمو وتعزز من مكانة الدول والشركات والمؤسسات.

يحتل قطاع الطاقة مكانة هامة حيث يعمل على تحسين الأداء الاقتصادي، ويشجع على الازدهار. ولقد شمل التقدم والتطور الذي مس العالم والدول قطاع الطاقة، حيث صاحب هذا الأخير مفهوم الاستدامة وحماية البيئة والموارد الطبيعية. بحيث أصبحت الدول تبحث عن سبل أخرى من أجل التنويع والبحث عن بدائل عن مصادر الطاقة التقليدية، وتعويضها بمصادر الطاقة المتجددة التي تحافظ على حقوق الأجيال الحالية واللاحقة.

كما تسعى دولة الامارات المتحدة العربية على التركيز على قطاع الطاقة كونها من الدول التي تستحوذ على موروثات طبيعية كالنفط والغاز والبترول، وهذا ما يساعدها على الاهتمام بقطاع الطاقة والطاقات المتجددة، وتحقيق الاستدامة كونها منطقة صحراوية وهذام ا يساعدها على انشاء الطاقات الشمسية وطاقة الرياح....الخ.

من خلال ما سبق يمكن طرح الإشكالية الرئيسية التالية:

ما واقع التحول الطاقوي والانتقال من الطاقات القليدية إلى الطاقات المستدامة في دول العالم، وفي دولة الامارات العربية المتحدة بشكل خاص؟

من خلال التساؤل الرئيسي يمكن طرح الأسئلة الفرعية التالية:

- فيما يتمكن أهم الجوانب النظرية المتعلقة بالتحول الطاقوي والطاقات التقليدية؟
- فيما تمكن العلاقة المتداخلة بين الطاقات التقليدية والطاقات المتجددة والتنمية المستدامة؟
- ماهي أهم الاستراتيجيات المتعلقة بالتحولات الطاقوية وتحقيق الاستدامة؟
- ماهي أهم السياسات التي اتبعتها الامارات العربية المتحدة للانتقال الطاقوي واعتماد الطاقات المتجددة المستدامة؟

<u>فرضيات الدراسة:</u>

يجب أن تحتوي المقدمة على العناصر الأساسية المتعارف عليها منهجياً، والمتمثلة أساساً في: مشكلة الدراسة- فرضيات الدراسة- أهداف الدراسة- أهمية الدراسة-المنهج المتبع في الدراسة- نموذج الدراسة إن وجد- الدراسات السابقة- مصطلحات الدراسة.

للاجابة على التساؤل الرئيسي نقوم بوضع الفرضية الرئيسية التالية:

هناك اعتماد قوي على التحول الطاقوي والانتقال من الطاقات التقليدية إلى الطاقات المستدامة في دول العالم، وفي دولة الامارات العربية المتحدة.

للإجابة على التساؤلات الفرعية نقوم بصياغة الفرضيات الفرعية التالية:

- هناك العديد من الجوانب النظرية التي تشمل موضوع التحول الطاقوي والطاقات التقليدية؛
- تمكن العلاقة المتداخلة بين الطاقات التقليدية والطاقات المتجددة والتنمية المستدامة في تحقيق أبعادها (الاقتصادية، الاجتماعية، البيئية)؛

- تتجلى أهم الاستراتيجيات المتعلقة بالتحولات الطاقوية وتحقيق الاستدامة في تحقيق وفرات في الكهرباء المستخدمة؛
- تتبع الامارات العربية المتحدة للانتقال الطاقوي واعتماد الطاقات المتجددة المستدامة سياسة واستراتيجية مسطرة لغاية 2050.

أهداف الدراسة:

تتجلى أهداف الدراسة في النقاط التالية:

- التعرض لمفاهيم التحول الطاقوي والانتقال من الطاقة التقليدية إلى الطاقة المستدامة؛
- التركيز على إستراتيجيات التحول الطاقوي وألياته؛
- التعرف على الجوانب النظرية للطاقات المستدامة والمتجددة وأهم مصادرها؛
- عرض تجربة دولة الامارات العربية المتحدة حول الانتقال الطاقوي والاعتماد على الطاقات المتجددة.

أهمية الدراسة:

تنبع أهمية الدراسة من أهمية الموضوع في حد ذاته وهو التحول الطاقوي ومدى أهمية على الاقتصاد الوطني والعالمي، ويعمل على التشجيع على التنويع الاقتصادي. كما أن موضوع التحول الطاقوي والطاقات النظيفة من المواضيع الحديثة التي أثارت اهتمام الباحثين والمفكرين، وأيضا قلة الدراسات حول الموضوع.

المنهج المتبع في الدراسة:

تم الاعتماد في هذه الدراسة على منهج الوصفي التحليلي، من أجل التوصل للنتائج المرجوة. حيث تم الاعتماد على جمع المعلومات والبيانات من خلال المسح المكتبي. وتحليل المعلومات والبيانات من أجل التوصل إلى النتائج وتقديم التوصيات الخاصة بموضوع الدراسة.

نموذج الدراسة:

تم تقسيم الدراسة إلى:

- المقدمة: حيث شملت كلا من تمهيد لموضوع الدراسة مع طرح مشكل الدراسة، وصياغة فرضيات من أجل أثباتها أو نفيها، مع عرض أهمية وأهداف الدراسة...الخ؛
- الجانب النظري: والمتعلق بعرض اهم المفاهيم والجوانب النظرية لموضوع التحول الطاقوي؛
- الجانب التطبيقي: أي اسقاط الجوانب النظرية على الجانب التطبيقي والمتمثل في عرض التجربة الإماراتية حول الانتقال للطاقات النظيفة الناضبة.
- خاتمة: تشمل حوصلة لموضوع الدراسة، مع عرض النتائج والتوصيات، وتقديم أفاق البحث.

الدراسات السابقة:

يجب أن تحتوي المقدمة على العناصر الأساسية المتعارف عليها منهجياً، والمتمثلة أساساً في: مشكلة الدراسة- فرضيات الدراسة- أهداف الدراسة- أهمية الدراسة-المنهج المتبع في الدراسة- نموذج الدراسة إن وجد- الدراسات السابقة- مصطلحات الدراسة.

1- الدراسة 01: بن جيلالي فرج عبد القادر وخليفة مونية، "**التحول الطاقوي من الطاقات التقليدية إلى الطاقات المتجددة لتحقيق أبعاد التنمية المستدامة**"، Journal of contemporary business and economic studies، Vol.03، N0.02، أفريل 2020:

تعد الطاقات المتجددة من أهم البدائل التي تسعى لتحقيق التنمية المستدامة وتدفع بعجلة التنمية الاقتصادية في الدول والعالم ككل. والجزائر كغيرها من الدول تساره في الانتقال نحو اقتصاديات الطاقات المتجددة عن طريق جملة من الاستراتيجيات التي تهدف إلى تحقيق المكاسب الاقتصادية والاستقرار الاجتماعي والتوازن البيئي، من خلال ألية ترشيد استهلاك الطاقات الناضبة وتثمينها والعمل على إحلالها بمصادر الطاقات البديلة. هذا الأمر الذي أبث نجاعته الاقتصادية لتزفر هذه المصادر محليا، وإمكانية مساهمتها في تمكين الفقراء من خلال ضمان أمن إمدادات الطاقة والمحافظة على مواد الرتبة للأجيال القادمة.

2- باجي عبد القادر: "**واقع وافاق الطاقات المتجددة في الإمارات العربية المتحدة**"، مجلة التحولات الاقتصادية، المجلد: 03، العدد: 02، 2023:

تسعى دولة الامارات العربية لأن تحافظ على مكانتها غي أسواق الطاقات المتجددة وتحقيق الاحتياجات المحلية المتزايدة من الطاقات من خلال استغلال مقوماتها وإمكانيتها المتوفرة من المصادر الطاقوية المتجددة. والتحول التدريجي من إستغلال الطاقات التقليدية إلى زيادة حجم الاستثمارات في مجال الطاقات المتجددة من خلال رسم السياسات والطر القانونية، ويتجلى ذلك أيضا من خلال وضع أليات تمويل لمشاريع الطاقات المتجددة ووضعها للعديد من الاستراتيجيات المتقبلية التي توصلها لذلك.

3- طيب سعيدة، "**رهانات التنمية المستدامة وأثرها على التحول الطاقوي -مشروع الامارات العربية المتحدة كنموذجا-**"، مجلة التمويل والاستثمار والتنمية المستدامة، المجلد: 07، العدد: 01، جوان 2022:

نهدف من خلال هذه الورقة البحثية إلى دراسة رهانات التنمية المستدامة وأثرها على التحول الطاقوي، باعتباره الاستراتيجية التي تسعى جل الدول إلى ابتاعها نظرا للتحديات التي تشهدها من جراء استغلال الطاقات التقليدية، وجاءت ورقتنا البحثية لتسليط الضوء على تجربة دولة الامارات العربية المتحدة في مجال الطاقات المتجددة باعتبارها من الدول الرائدة في هذا المجال. حيث سطرت هدفا إلى بلوغ نسبة 50% من الكهرباء من مصادر الطاقات المتجددة بغضون سنة 2050 في إنتاج الطاقة. ولدراسة هذا الموضوع اتبعنا المنهج الوصفي التحليلي، حيث توصلنا إلى أنه تسعى لتكثيف الجهود من أجل تحقيق استراتيجيتها المتمثلة في التحول الطاقوي إلى استغلال مصادر المتجددة، من خلال استراتيجياتها بغضون 2050. وذلك بتكثيف جهودها في إنجاز مشاريع استخدام الهيدروجين والتقنيات الكهربائية المباشرة وأنواع الوقود الحيوي وإدارة الكربون، وابتكارها الهادفة إلى مواجهة أثار تغيير المناخ والتخفيف من الاحتباس الحراري، لتحقيق التوازن بين التنمية والحفاظ على البيئة.

مصطلحات الدراسة:

تنحصر مصطلحات الدراسة في:

- **التحول الطاقوي:** يقصد بالتحول الطاقوي الانتقال من الطاقات التقليدية الغير متجددة التي تستنزف الثروات الطبيعية والموارد، إلى الطاقات المتجددة التي تستمد من موارد طبيعية متجددة ونظيفة .

- **الطاقات التقليدية:** يقصد بها الطاقات التي تعتمد على مخزون الأرض من موارد طبيعية، يتم اسغلالها من طرف الدولة من أجل العائدات وتحقيق المنافع الاقتصادية.
- **الطاقات المستدامة:** هي تلك الطاقات التي تستمد من موارد متكررة، وتعمل على تفعيل أبعاد التنمية المستدامة وجوانبها الثلاث: الجانب الاقتصادي، الجانب الاجتماعي، الجانب البيئي.

1- أولا: الجانب النظري لموضوع التحولات الطاقوية والطاقات المستدامة

1-1 تعاريف حول الطاقة التقليدية:

تعتبر الطاقة من الموارد المهمة في الدولة من أجل إنعاش الاقتصاد والتقدم والازدهار، ويعد موضوع الطاقات التقليدية من المواضيع التي تشغل بال الدول التي تستحوذ على الموارد البترولية والغاز و.....إلخ.

ويعتبر مفهوم الطاقة من المفاهيم المهمة إذا يعبر عن كمية الحرارة التي يجب تحويلها أو استبدالها أو استخدامها لإتمام عملية تصنيع أو توزيع سلعة معينة في النظام الاقتصادي، ويشتمل هذا التعريف على مختلف أشكال الطاقة المستخدمة في العملية الإنتاجية.

لقد عرف الإنسان الطاقة في شكلها الأول متمثلة في النار التي استعملها للتدفئة والطهي والإنارة ثم تعددت أشكالها وأنواعها بعد ذلك، وكان الحجر أول مصدر خارجي للطاقة، ثم تلاه الخشب وغيره للحصول على الطاقة الحرارية. وهناك أشكال عديدة للطاقة ووحدات مختلفة لقياسها لكن في موضوعنا هذا نهتم بالطاقة في شكلها الذي يسمخ بتحسين الظروف المعيشية ويساهم في تطوير الحياة الإنسانية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية منها، وهنا نميز أشكالا مختلفة للطاقة: (اليمين و جنان عبد الحميد، 242-262، صفحة 244)

- الطاقة الأولية/ وهي المصدر الرئيسي للطاقة النهائية، سواء مستخرجة من الأرض (البترول، الغاز، الفحم) أو المتواجدة في الكون عموما (الشمس، الرياح، الحرارة)، وعلى سبيل المثال يستخدم النفط أو الغاز في إنتاج الطاقة الكهربائية، ويمكن تعريفها على أنها تلك الموجودة على الأرض أو في الطبيعة.
- الطاقة النهائية: وهي الطاقة المستعملة من المستهلك النهائي، على سبيل المثال الكهرباء التي تستعمل في تدفئة المنازل أو لطهي الأغذية أو في تشغيل مخلف الآلات، بمعنى تلك التي يتم تسليمها إلى محطات المستخدم، عند مدخل المباني، والتي يدفعها الأشخاص.

وتعرف الطاقات التقليدية على أنها مصادر الطاقة الي وفرت حتى الآن معظم احتياجات المجتمعات الصناعية الحديثة من الطاقة مثل الفحم، البترول، الغاز الطبيعي، وتعتبر كافة مصادر الطاقة التقليدية موارد ناضبة، ويقصد بها الموارد التي ينفذ ما يتوفر منها في الطبيعة أو في مكان معين نتيجة استخراجه أو استخدامه. (الدين ت.، بدون سنة، صفحة 2)

ومن خلال ما تم تقديمه يمكن القول أن الطاقات التقليدية هي الطاقات التي تعتمد على الموارد الطبيعية التي توجد في الدول، وهي الطاقات الغير ناضبة والتي تعود بالمنافع على الدول وتساعد في تحسين الجانب الاقتصادي.

1-2 مفهوم الطاقات المستدامة:

تعتبر الطاقات المستدامة من الطاقة الناضبة والمتجددة، التي تستفيد منها الدول. وتساعد في الرفع من الاقتصاد وتشجيع التنويع الاقتصادي. فهي طاقة مصادرها من الموارد الطبيعية، الدائمة والناضبة، وتعد من الطاقات التي تعمل على دعم الجانب البيئي والطاقة النظيفة. عرفت الطاقات المستدامة المتجددة من طرف العديد من الجاهات الرسمية والباحثين أهمها: (وليد و غراب رزيقة، ديسمبر 2021، صفحة 3)

- تعريف برنامج الأمم المتحددة للبيئة: الطاقة المتجددة على أنها طاقة لا يكون مصدرها ثابت ومحدود في الطبيعة تتجدد بصفة دورية أسرع من وتيرة استهلاكها، وتظهر في الأشكال الخمس التالي: الكتلة الحيوية، الطاقة الشمسية، الطاقة المائية، طاقة الرياح، طاقة باطن الأرض.

- كما عرفتها الوكالة الطاقة الدولية IAE: تتشكل الطاقة المتجددة من مصادر الطاقة الناتجة عن مسارات الطبيعة التلقائية كأشعة الشمس والرياح، والتي تتجدد في الطبيعة بوتيرة أعلى من وتيرة استهلاكها.

كما يمكن تعريفها على أنها الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد أو التي لا يمكن أن تنفذ. ومصادر الطاقة المتجددة، تختلف جوهريا عن الوقود الأحفوري من بترول وفحم والغاز الطبيعي...، حيث أن مخلفاتها لا تحتوي على غازات، وملوثات أخرى كما اختراق الوقود الأحفوري. وتنتج عن الرياح والمياه والشمس، وتستخدم على نطاق واسع في البلدان المتقدمة وبعض البلدان النامية، لكن وسائل إنتاج الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المتجددة أصبح مألوفا في الآونة الأخيرة، وذلك لتجنب التهديدات الرئيسية لتغير المناخ بسبب التلوث واستنفاد الوقود الأحفوري، بالإضافة للمخاطر الاجتماعية والسياسية للوقود الأحفوري والطاقة النووية. (عروس، ديسمبر 2015، الصفحات 10-11)

تعد الطاقات المتجددة من الطاقات التي تدعم التنمية المستدامة وحماية البيئة وحقوق الأجيال اللاحقة، وتعتمد الطاقات على الموارد الطبيعية وتعتمد على مخزون الدول. وتظهر في الشكال التالية: طاقة الرياح، طاقة المد والجزر، طاقة الشمسية....ألخ، ويتم تحويل الطاقات المتجددة إلى طاقة مستهلكة وقابلة للاستخدام.

1-3 العلاقة المتداخلة بين الطاقات التقليدية والطاقات المتجددة والتنمية المستدامة

تظهر في الجوانب التالية: (بن جيلالي فرج عبد القادر و خليفة مونية، أفريل 2020، الصفحات 209-210)

- <u>العلاقة التبادلية بين الطاقة المتجددة المستدامة:</u> يعتبر قطاع مفتاح التنمية الاقتصادية، حيث توجد علاقة قوية بين النمو الاقتصادي والتوسع في استهلاك الطاقة، واستخدمت مؤشرات مثل: GDP الناتج المحي الإجمالي ومتوسط الدخل كمؤشرات للتنمية الاقتصادية لعدة عقود. ويتجلى الدور الأساسي للطاقات المتجددة في ضمان إمداد نظام التنمية الحالي بمصدر موثوق ومستدام للطاقة من خلال الاعتماد على قاعدة اقتصادية متنوعة تتيح إطالة أمد الاستثمارات القائمة على موارد كالنفط والغازوزيادة مساهمات القطاعات المتجددة في الناتج المحلي الإجمالي والحفاظ على مكانة الدول في أسواق الطاقة العالمية وتعزيز نمو الاقتصاد الوطني. وحسب نموذج حسابي لخبراء المعهد الأماني لأبحاث الاقتصاد دي أي ألإ فإن عام 2030 سيشهد زيادة في الناتج الاقتصادي لألمانيا بنسبة 3% بسبب التوسع في الطاقات المتجددة مقارنة عن نسبة النمو بدون التوسع في الطاقات المتجددة وزيادة بنسبة 3,5% في حجم الاستهلاك، وتعتمد الدراسة على افتراض أن نصيب الطاقات المتجددة في الاستهلاك سيرتفع في الفترة المذكورة إلى 32% وهو ما من شأنه أن يحدث تغييرات موجبة في معدلات النمو الاقتصادية المستدامة عبر دول العالم وخاصة النامية منها وهذا بالأخذ بعين الاعتبار للتأثيرات السلبية والبيئية من حيث ارتفاع تكلفتها البيئية وانخفاض الاستثمارات في محطات الطاقات التقليدية، وبالتالي أصبح دور الطاقات المتجددة في دفع عجلة النمو والتنمية المستدامة أمرا حيويا. كما يؤدي النمو الاقتصادي والتقدم التقني إلى تغيير مزيج استهلاك الطاقة واتجاهه نحو الكفاءة الاستخدامية لها والاعتماد على مصادر موثوقة مستقبلا.
- <u>العلاقة التبادلية بين الطاقة المتجددة ومؤشر التنمية البشرية:</u> مؤشر التنمية البشرية، وهو مؤشر ابتكرته هيئة الأمم المتحدة، ويشير إلى مستوى رفاهية الشعوب في العالم ويعبر عن المقياس رقميا بسلم يتراوح بين الصفر والواحد، وتصدر له تقريرا منذ سنة 1990، ويتعلق هذا المؤشر بقياس متوسط العمر المتوقع للفرد والتحصيل العلمي مقاسا بتوليفة من معرفة القراءة والكتابة بين البالغين، ونسبة القيد الإجمالية في التعليم الأولى والثانوي والعالي معا (لها وزن مرجح قدره الثلث)، ومستوى المعيشة مقاسا بنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي. إن المحاولات لتحسين نوعية الحياة قائمة حتى الآن على استغلال مصادر الطاقة التقليدية (مع ملاحظة الدور المهم للطاقة الكهر ومائية خلال المراحل الأولى من التصنيع مثل العديد من الدول النامية اليوم)، فضلا عن أهميتها في الأغراض

الإنتاجية، فإن الحصول على الطاقة النظيفة والموثوقة يشكل شرطا ضروريا للعوامل الأساسية للتنمية البشرية بما في ذلك الصحة، التعليم، والسلامة البيئية. وهناك علاقة طردية بين استخدام الطاقة ومؤشر التنمية البشرية فالدول ذات المستوى المرتفع من التنمية البشرية هي أيضا من بين أكثر الدول استخداما للطاقة، مقارنة بالدول ذات الاستخدام الأقل للطاقة.

- التغيير المناخي والأثار الصحية والبيئية للطاقة المتجددة: يتزايد الطلب على الطاقة والخدمات المرتبطة بها لمواكبة التنمية الاجتماعية والاقتصادية وتحسين رفاهية الناس وصحتهم، وتحتاج كل المجتمعات لخدمات الطاقة لتلبية الاحتياجات الإنسانية الأساسي. ومنذ 1850 تقريبا، تزايد الاستخدام العالمي للوقود الأحفوري (الفحم، والنفط، والغاز) ليسطر على المعروض من الطاقة مسفرا عن نمو سريع لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. تتواصل الانبعاثات في الزيادة وزادت تركيزات ثاني أكسيد الكربون لما يزيد على 390 جزء في المليون، أو نسبة 39% عن المستويات قبل الصناعية، بنهاية 2010، وهناك خيارات عديدة لخفض انبعاثات الغازات الدفيئة من نظام الطاقة مع الاستمرار في تلبية الطلب العالمي على خدمات الطاقة، وقيمت بعض هذه الخيارات في تقرير التقييم الرابع مثل كفاءة الطاقة والحفاظ عليها، وتحويل الوقود الأحفوري، والطاقة المتجددة، والطاقة النووية، وامتصاص الكربون وتخزينه.

كما تظهر العلاقة في الجوانب الخاصة بالتنمية المستدامة: (طحطوح و نبيلة سعيداني، 2019، الصفحات 149-151)

- على المستوى الاقتصادي: إن تحقيق التنمية الاقتصادية تعتمد على توفر الطاقة اللازمة، ومن أجل رفع وتحسين الإنتاجية أو للمساعدة على زيادة الدخل المحلي، ويتجلى الدور الأساسي للطاقات المتجددة في ضمان إمداد الاقتصاد بمصدر موثوق ومستدام للطاقة. إن مشكلة الاعتماد على الطاقة الناضبة هو ارتفاع تكلفة الربط بالكهرباء في المناطق المعزولة والجبلية ذات الكثافة السكانية المنخفضة، وبالتالي فإن النشاط الاقتصادي في هذه المناطق سيبقى مرهونا بالطرق التقليدية التي تعتمد على العمل اليدوي. أما استخدام الطاقات المتجددة فيسمح بتمكين سكان الريفيين الطاقة المتجددة في المناطق المعزولة يساهم في تحفيز النشاط الاقتصادي وزيادة نصيب الفرد من استهلاك الطاقة حسب تقرير اللجنة الاقتصادية والاجتماعية للأمم المتحددة، حيث تعتبر محطات توليد الطاقة المتجددة مستقلة ولا تحتاج إلى الربط بالشبكة الرئيسية للطاقة. كما تساهم الطاقات المتجددة في زيادة الأمن الطاقوي وحماية الاقتصاديات من التقلبات في أسعار الطاقة، فمن المعلوم أن الإمداد بالطاقة الأحفورية يتأثر كثيرا بالحروب والنزاعات التجارية، عكس مصادر الطاقة المتجددة، التي لا تعتبر نسبيا مرتبطة جغرافيا بأماكن اكتشاف حقول الغاز والنفط، فمصادر الطاقة المتجددة متنوعة ومتوفرة على نطاق واسع.
- على المستوى الاجتماعي: هناك علاقة طردية بين استخدام الطاقة ومؤشر التنمية البشرية، فالدول ذات المستوى المرتفع من التنمية البشرية هي أيضا من بين أكثر الدول استخداما للطاقة، مقارنة بالدول ذات الاستخدام الأقل للطاقة. إن إنتاج الطاقة من المصادر المتجددة يسمح أيضا بتحقيق العدالة في الربط بالطاقة، نتيجة سهولة تركيب محطات إنتاج الطاقة المتجددة في المناطق المعزولة والأرياف، وبالتالي تحقيق تكافؤ فرص الحصول على الطاقة بين الإرادة داخل المجتمع، عكس الطاقة من المصادر الناضبة التي تعتمد على محطات الإنتاج الكبيرة وأيضا استثمارات ضخمة للربط بالطاقة.
- على مستوى البيئي: إن تزايد انبعاث ثاني أكسيد الكربون الناجم عن الاستخدام العالمي للوقود الأحفوري كالفحم، والنفط، والغاز، قد ساهم كثيرا في تغيير المناخ وزيادة متوسط درجة الحرارة منذ منتصف القرن العشرين، بسبب زيادة تركيزات الغازات الدفيئة في الجو. إن الحد من انبعاث ثاني أكسيد الكربون وتخفيف التغيير المناخي هو أحد الأسباب الرئيسية لزيادة الطلب على تكنولوجيا الطاقة المتجددة. من بين الخصائص الرئيسية لها أنها تساعد على

انخفاض انبعاث الغازات الملوثة للبيئة كثاني أكسيد الكربون. كما يساهم الاعتماد على الطاقات المتجددة في عدم الاستهلاك السريع لمخزون الموارد الطبيعية، والمحافظة عليها لفترات زمنية طويلة، لأنها تعتمد على موارد متجددة كالشمس والرياح في توليد الطاقة، وهو ما يتماشى مع أهداف التنمية المستدامة في الحفاظ على الموارد للأجيال اللاحقة.

1-4 التحول الطاقوي: جانب مفاهيمي

بهدف إيجاد بديل للنفط وضع معهد أوكو في سنة 1980 مجموعة من المقترحات والتوقعات ذات الصبغة العلمية، مثلت أول ظهور لمفهوم التحول الطاقوي في ألمانيا والنمسا، لينشتر بعدها إلى بقية دول العالم. وتم طرحة على أنه الانتقال من نظام الطاقة المعتمد على الموارد الأحفورية وتطوير بدائل لها نحو مزيج الطاقات والموارد المتجددة التي تتميز بديمومتها ومساهمتها في الحفاظ على البيئة، إلا أنه لا يعني الاستبدال التام وفي جميع المجالات للطاقات المتجددة بدل الأحفورية، ذلك أن المنتجات البيتروكيماوية وغيرها من المشتقات البترولية ضرورية في الصناعة، كما لا يمكن الحصول عليها من مصادر الطاقات المتجددة. ويعتبر التحول الطاقوي في الواقع ضمانا للأمن الطاقوي، حيث يمثل القدرة على تحقيق حاجيات الطاقة اللازمة مستقبلا، سواء باستغلال المصادر المحلية أو بإبقائها كمخزون واحتياطات استراتيجية مع إيجاد مصادر خارجية أمنة ومستقرة تدعم زيادة الاحتياطات الاستراتيجية للدولة، ومن أهم خصائصه أنه يختلف حسب الإمكانات الاقتصادية، التكنولوجية والسياسات والبرامج المتبعة من دولة لأخرى، غير أنه لابد له من توفر شروط أساسية لتحقيقه: كالإرادة السياسية، ثقافة المجتمع، الواقع الاقتصادي والبيئي المناسبين. ويعد انتقال الطاقة أمرا ضروريا ومحوريا في استراتيجيات التنمية المستدامة وجهود مكافحة ظاهرة الاحتباس الحراري، ويمكن تلخيص أهم متطلبات تحقيق التحول الطاقوي في كونها الإدارة السياسية الحقيقية للتحول نحو الطاقات المتجددة، تطوير وعدم البحث العلمي والتكنولوجي في مجال الطاقات المتجددة، التغطية المالية لمشاريع الطاقة المتجددة، التعاون الدولي في المجال وتوفير سوق للطاقة المتجددة. (الدين و قلاتي نور الامان، 2025، صفحة 47)

ويعرف التحول الطاقوي بأنه:

التحول الطاقوي: "الانتقال من نظام الاستهلاك والإنتاج الطاقوي القائم على الطاقة الأحفورية غير المتجددة إلى مزيج طاقوي، بكثافة كربونية أقل مع تطوير مصادر الطاقات المتجددة، ومن خصائص التحول الطاقوي أنه يختلف من بلد لآخر بحسب الإمكانيات الاقتصادية والتكنولوجية وكذا السياسات الطاقوية المنتهجة، وهو مسار تغير صعب يحتاج لتوفر الإرادة السياسية ويرتبط بالواقع الاقتصادي ونوعية الحكم السائد وكذا ثقافة المجتمع وحتى طبيعة الإدارة السائدة وتحولات السوق الطاقوي. فالتحول الطاقوي هو الانتقال من الطاقات الأحفورية إلى تطوير صناعة الطاقات المتجددة المتميزة بوفرتها وديموتها، بما يضمن التوازن بين المحافظة على البيئة وتلبية الاحتياجات الطاقوية للأجيال الحالية والمتقبلية، وحسب المجلس العالمي للطاقة، فإن التحول الطاقوي لابد أن يجمع بين ثلاثة أبعاد أساسية رغم تناقضها وهي: الأمن الطاقوي لبلوغ النجاعة الطاقوية للأجيال الحالية والمستقبلية، العدالة في توفير الطاقة لكل شعوب العالم خاصة الدول النامية وبأسعار مقبولة، والمحافظة على البيئة بصفة دائمة بتطوير الطاقات المتجددة". (شباط، جوان 2024، صفحة 247)

من خلال ما تم عرضه يمكن أن نفهم أن مفهوم التحول الطاقوي مفهوم يتماشى مع التوجهات الحديثة للعالم، من محافظة للبيئة والمحيط. فهي تمس جميع المجالات التي تعمل على زيادة نسبة التقدم الاقتصادي للدول، وهي تساعد أيضا على التنويع الاقتصادي وأيضا تدعم الطاقات التقليدية.

كما تتمثل أهم مقومات التحول الطاقوي فيمايلي: (عباس و نجوى بن عويدة، أوث 2019، صفحة 373)

- وجود رغبة سياسة واضحة من القيادة العليا للدول في التخلي التدريجي عن الطاقات الناضبة لصالح الطاقات المتجددة.
- توفير السيولة المالية اللازمة لعملية التحول الطاقوي عن طريق البحث عن سبل تمويل مشاريع الطاقة المتجددة بإشراك القطاع الخاص، وتشجيع الاستثمار الأجنبي في هذا المجال.

- توفر سوق جديدة للطاقة المنتجة عن طريق هذا التحول.
- إبرام اتفاقيات دولية وعقود شراكة لتطوير توليد وصناعة الطاقات المتجددة.
- تشجيع البحث العلمي والتكنولوجي في مجال الطاقات المتجددة.
- فتح أسواق خاصة للطاقات المتجددة، تتسم بالمرونة والوضوح في التعاملات.

1-5 استراتيجيات التحولات الطاقوية ضمن إطار التنمية المستدامة

إن تجسيد مخططات التحول الطاقوي يمر عبر انتهاج عدد من الخطوات والاستراتيجيات هي: (شباط، جوان 2024، صفحة 248)

- الاستهلاك الأمثل للطاقة: ويتحقق ذلك من خلال مايلي:
  - العمل على تخفيض وتقليص مستويات استهلاك الطاقة الخاصة بالتدفئة بانتهاج تقنيات عزل المباني وتطوير أنظمة التدفئة؛
  - تطوير وسائل النقل باختيار المركبات المطابقة لمتطلبات الاستدامة واعتماد تقنيات جديدة تسمح بتشغيل المركبات والآليات بواسطة مصادر الطاقة البديلة للمساهمة في التقليل من استهلاك مصادر الطاقة الأحفورية؛
  - تحقيق وفرات في الكهرباء المستخدمة في مختلف العمليات الصناعية، المعدات الكهربائية، المنازل..... الخ.
- اعتبار التحول الطاقوي المحرك الأساسي لعملية التنمية: وذلك من خلال تشجيع كبريات الشركات والمؤسسات المنتجة للموارد الطاقوية على التوجه للاستثمار والاستغلال الأمثل لمصادر الطاقة المتجددة كبديل للموارد الطاقوية التقليدية، بما يضمن في نفس الوقت خلق مناصب شغل جديدة؛
- التخطيط لعملية التحول الطاقوري: تتم هذه العملية بإدماج جميع المتعاملين في مجال الطاقة، وفق خطط وبرامج معدة مسبقا هدفها توفير الاحتياجات الطاقوية للأجيال الحالية واللاحقة دون التأثير على سلامة البيئة.

كما تتركز الاستراتيجيات الطاقوية المستدامة في المحاور الآتية: (اليمين و جنان، جوان 2022، صفحة 253)

- تطوير قطاعات الطاقة المتجددة وإعادة تأهيل الطاقة الكهرومائية: وذلك بالاعتماد أكثر في توليد الطاقة الكهربائية على الطاقات المتجددة مقارنة بطرق استخراجها من الوقود الأحفوري، لما لها من مزايا بيئية؛
- الحد من استهلاك النفط وكبح استخدامه في النقل، حيث بعتبر قطاع النقل، القطاع الذي له أكثر الأثار البيئية من ناحية استهلاك الطاقة. وهذا ما يستلزم التسيير المستدام لهذا القطاع والبحث عن الوسائل التقنية للتقليل من أثراه وينبغي لسياسة الطاقة في المستقبل الحد من استهلاك المنتجات البترولية، ويمكن أن يأتي هذا ب:
  - فرض إتاوه من 2 حتى 3% مخصصة لكفاءة الطاقة؛
  - سياسة الطاقة المستقبلية ينبغي أن تجري في تعاون وثيق بين وزارات عدة؛
  - زيادة كفاءة استخدام الطاقة وخفض الانبعاثات من أساطيل السيارات بما في ذلك تطوير السيارات الكهربائية والهجينة؛
  - دعم وتطوير وسائل النقل العام.
- اعتماد سياسات اقتصادية ومالية متناسقة: بحيث يستلزم على الحكومات أن تنظر بجدية في استخدام الحوافز الاقتصادية والعمل على تفعيل الإصلاح الضريبي البيئي في استراتيجياتها في مجال الطاقة وتنفيذ بروتوكول كيوتو.

- التنفيذ الفعال والعادل لبروتوكول كيوتو: وذلك بهدف خفض انبعاثات غازات الدفيئة والامتثال للالتزامات بموجب هذا البروتوكول.

نتيجة لتحليل السيناريوهات المستقبلية فإن تحقيق أهداف التنمية المستدامة ومبادئها يستدعي الاستغلال الكثيف للخيارات الطاقوية المستدامة (زيادة كفء استخدام الطاقة، زيادة نسبة استخدام الطاقات المتجددة، استخدام التكنولوجيا المتقدمة في استغلال المصادر الأحفورية للطاقة)، ومن المعروف أن المعوقات الحالية التي تواجه انتشار هذه الخيارات هي:

- عدم وجود معلومات حولها؛
- نقص الاستثمارات اللازمة لتعبئتها؛
- قصور أنظمة الطاقة الموجودة؛
- مقاومة التغيير نتيجة الامتيازات المكتسبة.

2- الجانب التطبيقي

2-1- لمحة عن الاقتصاد الاماراتي

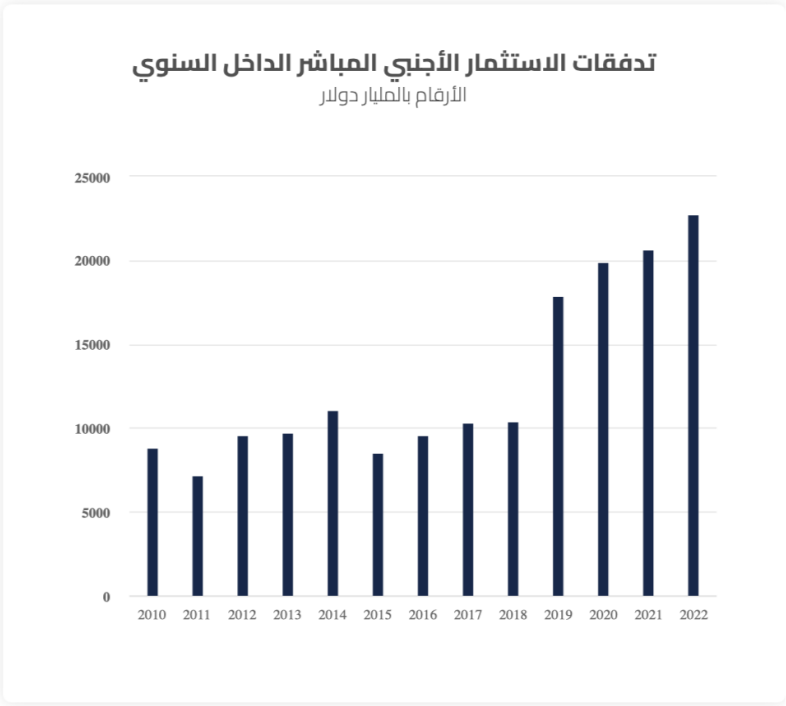
تعتبر منطقة الامارات العربية المتحدة من الدول التي تعتمد بشكل كبير على الزراعة في الواحات والصيد وتجارة التمور، واللؤلؤ. ولكن بعد اكتشاف النفط في الخمسينات، حدث تغيير جذري في هيكل الحياة الاقتصادية في دولة الامارات. ساعدها في ذلك موقعها الاستراتيجي، الإنفاق الحكومي وسياسات الدولة التنويع الاقتصادي. وتواصل الحكومة جهودها في الانتقال إلى اقتصاد قائم على المعرفة عبر تشجيع الابتكار، وتعزيز الإطار التنظيمي للقطاعات الرئيسية. (الامارات، 2025)

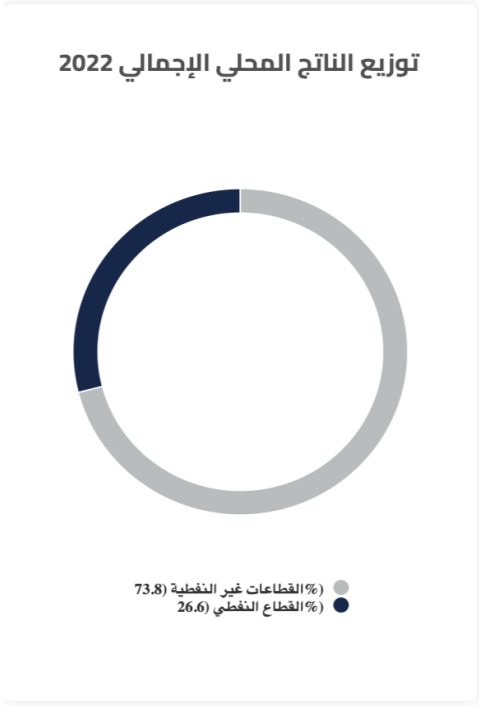
تشجع دولة الامارات الاستثمار في كافة القطاعات الاقتصادية خاصة القطاعات الجديدة مثل التكنولوجيا، الذكاء الاصطناعي، وعلوم الفضاء والرعاية الصحية. مما عزز فرص النمو والازدهار، وانعكس ذلك على ارتفاع مستوى دخل الفرد وعوائد الشركات. وقد تمكنت دولة الامارات خلال الخمسين عاما الماضية من تحويل اقتصادها القائم على الصيد والزراعة إلى اقتصاد متطور من خلال خطط تنمية اقتصادية متكاملة، لتصبح الإمارات سباقة في أداء اقتصادها وتنافسية بيئتها الاستثمارية، وتعد الرؤية الحكيمة للقيادة الرشيدة من أهم الممكنات التي أسهمت في تحويل دولة الإمارات إلى وجهة عالمية للاستثمار، حيث تم تفعيل ممكنات الحكومية الذكية واعتماد المناهج الإدارية الحديثة في إدارة الدولة، واليوم تتطلع دولة الإمارات إلى خمسين عاما جديدة أخرى من التنمية والازدهار. (الواعدة- ا.، 2025)

يبرز الشكل الموالي لمحة عن الدولة:

الشكل رقم (01): نمو وتطور دولة الامارات العربية المتحدة







المصدر: (الواعدة- ا.، 2025)

تهدف سياسة تنمية الصادرات الإماراتية إلى الانفتاح على أسواق عالمية جديدة، وذلك في إطار دعم التجارة الخارجية للدولة وإيجاد حيز للسلع الإماراتية لزيادة تواجدها في الأسواق العالمية، وإضافة قيمة أعلى في مجالات السلع المصدرة، وبالتالي تحقيق نمو في الناتج المحلي للقطاعات غير النفطية. تستهدف السياسة زيادة مساهمة الصادرات من السلع والخدمات الوطنية لتصل إلى 50% من التجارة الخارجية غير النفطية. كما ترمي السياسة إلى تعزيز قدرة الاقتصاد الوطني على الاستفادة من فرص الانتعاش الاقتصادي للمرحلة المقبلة وذلك عبر التخطيط المسبق والتركيز على الأسواق التي يمكن من خلالها زيادة فرص نفاذ الصادرات الوطنية فيها وتنمية العلاقات والشراكات التجارية معها. وتعتمد السياسة على محاور عدة من ضمنها فتح قنوات تواصل مباشر مع الجهات الحكومية ذات العلاقة بالتجارة والاستثمار في البلدان محور التركيز، وتفعيل واقتراح تشكيل اللجان المشتركة، وإقامة الاتفاقيات التي تدعم تواجد السلع الإماراتية والاستثمار في هذه البلدان بما في ذلك اتفاقيات التجارة الحرة. (الاماراتية، 2025)

2-2- قطاع الطاقة في الامارات العربية المتحدة:

تعتبر دولة الامارات العربية المتحدة من أكبر دول التي تستحوذ على احتياطي الكربون الهيدرولوجي، وتعتبر من الدول المصدرة للنفط. وتعمل الدولة على البحث عن سبل التنويع الاقتصادي والبحث عن مصادر طاقات أخرى بدلا من الطاقات الغير ناضبة، كالطاقة التي تعتمد على الموارد الطبيعية.

من أهم المشاريع التي حققتها دولة الامارات في مجال الطاقة والتحول الطاقوي للطاقات النظيفة المتجددة هي: (سامي، زرقوط سارة، و حدوش وردة، مارس 2021)

أ- مدينة مصدر نموذج عالمي للتنمية المستدامة: تعد دولة الإمارات العربية المتحدة إحدى أكبر الدول المنتجة والمصدرة للنفط والغاز الطبيعي، وتأسيسا على ذلك قامت دولة الإمارات بإنشاء شركة مصدر في عام 2006 وهي شركة متخصصة بتطوير ونشر تقنيات وحلول الطاقة المتجددة، وقد قامت هذه الشركة بإنشاء مدينة مصدر وهي أول مدينة خالية من الكربون والنفايات فيا لعالم، كما أنها أول مدينة كاملة تعمل بالطاقة الشمسية: لذا فهي من أكثر مدن العالم استدامة. ومن مظاهر استخدام الطاقة المتجددة في مدينة مصدر نستعرض مايلي:

- محاذاة الاتجاه أي توجيه مباني المدينة بحيث تقلل اكتساب جدرانها وشوارعها للحرارة؛
- الأبنية المنخفضة الارتفاع وذات كثافة عالية؛
- تركيب ألواح كهروضوئية على أسطح عدة مباني حكومية، وخاصة في أبوظبي حيث تعمل الألواح على تحويل طاقة أشعة الشمس مباشرة إلى طاقة كهربائية يمكن تخزينها في بطاريات خاصة، لاستخدامها وقت غياب الشمس؛
- استعراض أحدث وأخر مشاريع البحوث في مجالات الطاقة المتجددة والنفايات النظيفة؛
- استخدام الطاقة الشمسية وتحلية مياه البحر.

ب- محطة شمس 1 في أبوظبي: وتعتبر محطة شمس 1، من أكبر مشاريع دولة الامارات في إنتاج الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية، حيث يهدف المشروع إلى إنتاج ما نسبته 7% من مساحة 2,5 كيلومتر مربع بقدرة إنتاجية تصل إلى 100 ميغاواط. وفي يناير 2016 قامت مصدر بشراء محطة أبيتجو سولار من المشروع في أكتوبر 2018، قام صندوق معاشات ومكافأت التقاعد لإمارة أبو ظبي بشراء حصة 29% من المحطة ومازالت مصدر هي المساهم الرئيسي بحصة 51%. وفازت محطة شمس 1 بجائزة المسؤولية الاجتماعية للشركات خلال معرض الشرق الأوسط وشمال أفريقيا للطاقة الشمسية المركزة 2016 والذي عقد في دبي, وتعكس هذه الجائزة الدور الرئيسي الذي

تضطلع به المحطة للمساهمة في الجهود التي تبذلها دولة الامارات لزيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة. ومساهمتها الفعالة في تحسين نوعية حياة المجتمعات المحلية.

ت- مشروع الطاقة الشمسية المركزة: في إطار استراتيجية دبي للطاقة النظيفة 2050، تم الإعلان عن أكبر مشروع للطاقة الشمسية المركزة في العالم بنظام المنتج المستقل الطاقة الشمسية المركزة بقدرة 1000 ميغاواط حتى عام 2030، ويعتبر المجمع أكبر مشروع للطاقة الشمسية المركزة في العالم. وهو يتفوق في ذلك على أكبر برج العالم لإنتاج الطاقة الشمسية المركزة في المغرب بطاقة تبلغ 150 ميغاواط. وسياسهم المشروع عند اكتماله في تخفيض أكثر من 6,5 ملايين من انبعاثات الكربون سنويا وسيستخدم تقنية التخزين الحراري لمدة زمنية تتراوح بين 8 إلى 12 ساعة يوميا مع مراعاة العوامل الفنية والاقتصادية، ما يسهم في رفع كفاءة وفعالية الإنتاج وبما يتلاءم مع احتياجات شبكة الكهرباء وتوفير إمدادات مستمدة من الطاقة.

ث- واحة دبي للسيليكون: بدورها نجحت واحدة دبي للسيليكون في تخفيض الاستهلاك التراكمي للطاقة بمعدل 31% حيث تخطت المستهدف المحدد لها في إستراتيجية دبي المتكاملة للطاقة 2030 وهو 30%. وتعتبر واحدة دبي للسيليكون أول كيان في دولة الامارات المتحدة يقوم بتنفيذ إضاءات للشوارع باستخدام التقنيات الذكية وقد استخدمت أجهزة استشعار تقلل الإضاءة إلى 25% ثم تعود الاضاءات بالكامل عند اقتراب المركبات أو المشاة مما يساهم في خفض استهلاك الطاقة بشكل كبير.

ج- محطة بركة للطاقة النووية السليمة: بينما تواصل الامارات التوسع في الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة: فإن محطة بركة للطاقة النووية تقوم بدور استراتيجي هام لهذا القطاع وهو ما أكدته منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية باعتبارها الطاقة الكهرومائية من مصادر طاقة صديقة للبيئة فهي التقنية الوحيدة القادر على إنتاج كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية بانبعاثات كربونية شبه منعدمة.

ح- مشروع مجمع محمد بن راشد أل مكتوم للطاقة الشمسية: كما أطلقت أخيرا المرحلة الرابعة من مشروع مجمع محمد بن راشد أل مكتوم للطاقة الشمسية بقدرة إنتاجية تبلغ 950 ميغاواط الذي يجمع بين تقنيتي الطاقة الشمسية المركزة والطاقة الشمسية الكهروضوئية. يتضمن المشروع أيضا مرحلة خامسة ومع انتهائها في لاعام 2030، سيبلغ إجمالي قدرة المشروع الإنتاجية 5 ميغاواط. ويبلغ إجمالي الاستثمار في المشروع 14 مليات دولار.

تستهدف استراتيجية الامارات للطاقة 2050 مزيجا من الطاقة المتجددة والنووية والأحفورية النظيفة لضمان تحقيق توازن بين الاحتياجات الاقتصادية والأهداف البيئية، ويتضمن خليط الطاقة حسب الاستراتيجية كل من الفحم النظيف والغاز والطاقة النووية والطاقة الشمسية وطاقة الرياح والوقود الحيوي على الشكل التالي: (الامارات ح.، 2025)

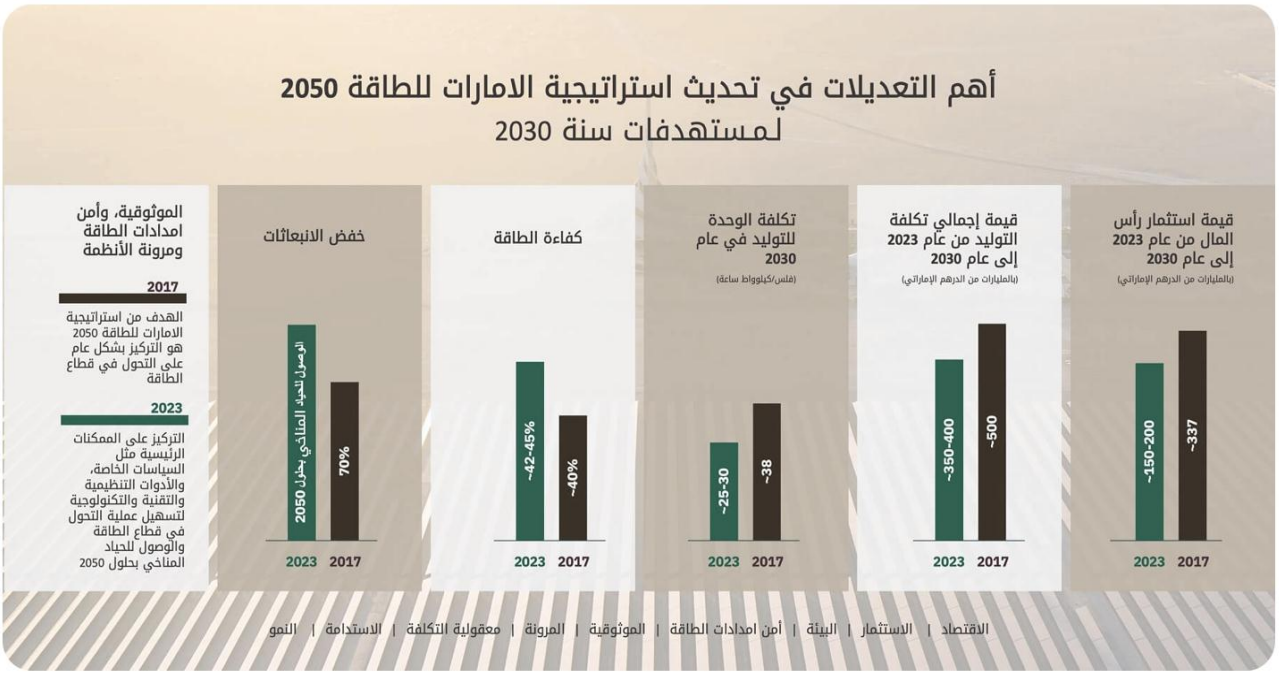
- 44% من الطاقة النظيفة؛
- 38% من الغاز؛
- 12% من الفحم النظيف؛
- 6% من الطاقة النووية.

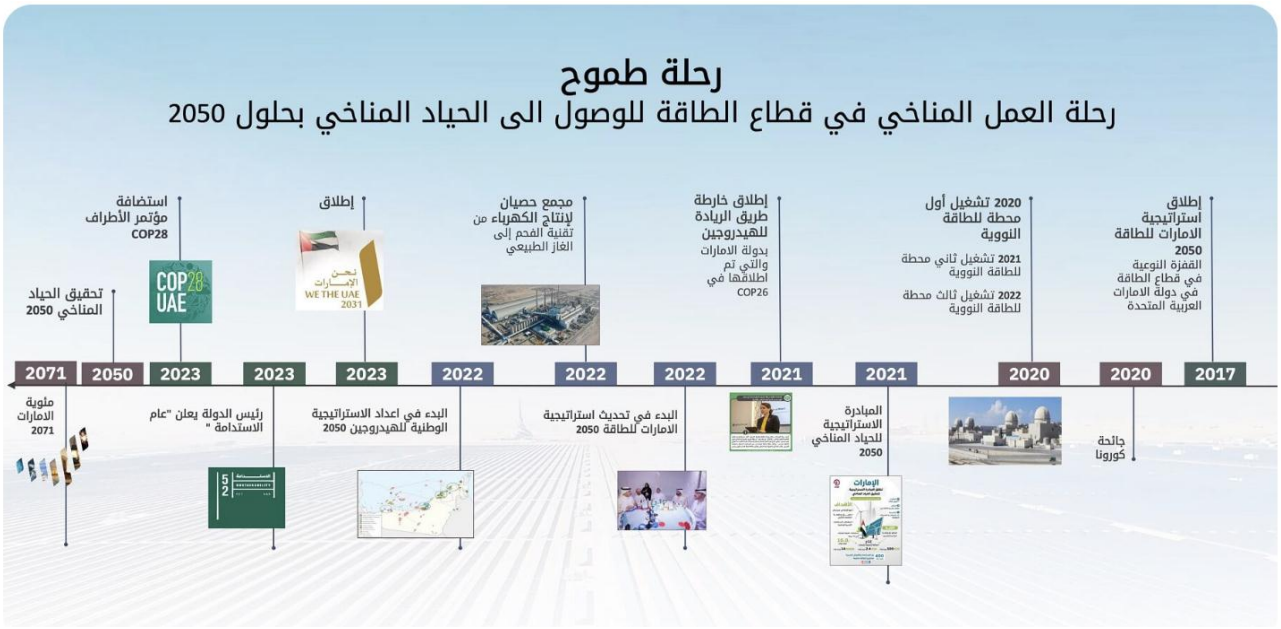
3-2- استراتيجية الإمارات للطاقة 2050 والتحول الطاقوي

تهدف استراتيجية الإمارات للطاقة 2050 إلى تعزيز الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة وتحسين كفاءة استخدام الطاقة، وتشجيع استخدام الطاقة النظيفة بأنواعها، ودعم برامج البحث والتطوير في مجالات تكنولوجيا الطاقة وتشجيع الابتكار والاستثمار في هذا القطاع، بالإضافة إلى تعزيز قدرة الدولة على توفير الطاقة النظيفة والمستدامة، والمحافظة على ريادتها ورفع تنافسيتها عالميا في هذا القطاع الحيوي. وتوفر الاستراتيجية فرصا استثمارية جديدة في مجالات الطاقة المتجددة والنظيفة، وتطوير التكنولوجيا الحديثة المرتبطة بالطاقة، وترسيخ مكانة الدولة كواحدة من أبرز الدول الجاذبة للابتكار والاستثمار في هذا القطاع، فيما وتدعم جهود تعزيز التعاون مع الشركاء الدوليين لتحقيق أهداف الاستدامة في قطاع الطاقة، وتشكل الاستراتيجية برنامجا وطنيا طويل الأمد لتحقيق التوازن بين تلبية احتياجات الطاقة وبين ضمان استدامة الموارد الطبيعية للأجيال القادمة، حيث تستهدف الاستراتيجية في مرحلتها الأولى:

- خفض الانبعاثات للوصول للحياد المناخي في قطاع الكهرباء والمياه بحلول 2050؛
- إزالة نسبة مساهمة الفحم النظيف لتصبح 0% من مزيج الطاقة، بما يضمن ريادة الدولة ومن ثم تحقيق مستهدفات الحياد المناخي بحلول 2050؛
- رفع كفاءة الاستهلاك الفردي والمؤسسي بنسبة 42%- 45% مقارنة بسنة 2019؛
- رفع مساهمة الطاقة المتجددة إلى 3 أضعاف بحلول 2030؛
- رفع اجمالي القدرة المركبة للطاقة النظيفة من 2 جيجاوات إلى 19,8 جيجاوات بحلول عام 2030؛
- رفع مساهمة القدرة المركبة للطاقة النظيفة من إجمالي مزيج الطاقة بحلول 2030 إلى 30%؛
- رفع مساهمة توليد الطاقة النظيفة بحلول 2030 إلى 32% لضمان البقاء على المسار الصحيح للحد من أثار تغيير المناخ؛
- توفير 50 ألأف وظيفة خضراء جديدة؛
- تحقيق توفير مالي يصل إلى 100 مليار درهم بحلول ذات العام، واستثمارات وطنية بين 150 -200 مليار درهم حتى عام 2030 لضمان تلبية الطلب على الطاقة واستدامة النمو في اقتصاد دولة الامارات.

شكل رقم (02): تعديلات استراتيجية الامارات للطاقة 2050 لمستهدفات سنة 2030





المصدر: (للهيدروجين، 2025)

من الجدير ذكره أن دولة الامارات تعد ضمن اقل معامل انبعاث للشبكة مقارنة بالمعدل العالمي وتستهدف تحقيق معامل انبعاث للشبكة حوالي 0,27 كجم ثاني أكسيد الكربون/ كيلوواط ساعة بحلول 2030.

كما حققت الدولة أكبر تحسن على مستوى المنطقة والشرق الأوسط 7,9% على أساس سنوي، مدفوعة بزيادة الاستثمارات المالية وجودة البنية التحتية والدعم الموجه، بالإضافة إلى ارتفاه حصص الطاقة النظيفة وانخفاض كثافة الطاقة والتوسع المستمر فيم حطة براكة للطاقة النووية، التي توفر الآن ما يقرب من 25% من كهرباء البلاد. عموما حسنت 65% من الدول درجاتها في مؤشر تحول الطاقة لهذا العام. واحتفظت السويد وفنلندا والدنمارك بالمراكز الثلاثة الأولى، ما يعكس قوة بنيتها التحتية وتنوع أنظمة الطاقة منخفضة الكربون واستقرار سياساتها على المدى الطويل، تلتها مباشرة في المراكز العشرة الأولى النرويج وسويسرا والنمسا ومن ثم لاتفيا وهولندا وألمانيا والبرتغال. وبلغت الصين أعلى مستوى لها على الإطلاق في المرتبة

الثانية عشرة، بعد إستونيا الحادية عشرة، مدفوعة بقدرتها الابتكارية القوية وأكبر حجم استثمار في الطاقة النظيفة في العالم، أم الولايات المتحدة، فقد احتلت المرتبة السابعة عشرة، متصدرة في الوقت نفسه مؤشر أمن الطاقة ويعود ذلك بشكل كبير إلى قوة الأمن وتحسن الاستدامة. (2025، 2025)

الخاتمة:

من خلال ما تم تقديمه في هذه الدراسة التي تضمن موضوع التحول الطاقوي والطاقات المتجددة، والاستدامة. وكون الموضوع من المواضيع الهامة في العالم، وله اهتمام كبير من طرق المفكرين والباحثين، يتماشى مع مفهوم الاستدامة والأبعاد الثلاث (الجانب الاقتصادي الجانب الاجتماعي، الجانب البيئي). حيث يسعى موضوع الطاقات المتجددة والتحول الطاقوي إلى المحافظة على المحيط والبيئة وأيضا يقلل من استنزاف الثروات الطبيعية.

فموضوع الطاقات المتجددة يعمل على تحسين المستوى الاقتصادي الكلي والجزئي، ويرفه من مستويات النمو والتنمية عالميا ويكسب الدولة مكانة هامة في الاقتصاد الدولي والعالمي. وهذا راجع لأن موضوع الطاقات المتجددة يركز على استغلال الموارد الطبيعية كالشمس والرياح والمد والجزر، فهي مصادر ناضبة ومتجددة، لهذا تعود بالمنافع على الاقتصاد المحلي والعالمي.

النتائج المتوصل إليها في الدراسة:

توصلنا من خلال هذا البحث إلى النتائج التالية:

- توصلنا إلى أن الطاقات التقليدية هي عبارة عن الطاقات التي تعتمد على الموارد الطبيعية (الشمس، الرياح...الخ)، الغير ناضبة والتي تعود بالمنافع على الدول وتساعد في تحسين الجانب الاقتصادي.
- توصلنا إلى أن الطاقات المتجددة من الطاقات التي تشجع على تحقيق الاستدامة وحماية البيئة وحقوق الأجيال اللاحقة، وأيضا تعد من الطاقات التي تركز على الموارد الطبيعية وتعتمد على مخزون الدول. ويتم تحويل الطاقات المتجددة إلى طاقة مستهلكة وقابلة للاستخدام.
- توصلنا إلى أن التحول الطاقوي مفهوم يتماشى مع التوجهات الحديثة للعالم، من محافظة للبيئة والمحيط. فهي تمس جميع المجالات التي تعمل على زيادة نسبة التقدم الاقتصادي للدول، وهي تساعد أيضا على التنويع الاقتصادي وأيضا تدعم الطاقات التقليدية.
- توصلنا إلى أن تحقيق التحول الطاقوي يتطلب استراتيجية تتجلى في تطوير قطاعات الطاقة المتجددة وإعادة تأهيل الطاقة الكهرومائية: وذلك بالاعتماد أكثر في توليد الطاقة الكهربائية على الطاقات المتجددة مقارنة بطرق استخراجها من الوقود الأحفوري، لما لها من مزايا بيئية. وأيضا الحد من استهلاك النفط وكبح استخدامه في النقل، حيث يعتبر قطاع النقل، القطاع الذي له أكثر الأثار البيئية من ناحية استهلاك الطاقة. وهذا ما يستلزم التسيير المستدام لهذا القطاع والبحث عن الوسائل التقنية للتقليل من أثراه وينبغي لسياسة الطاقة في المستقبل الحد من استهلاك المنتجات البترولية.
- كما توصلنا في الجانب التطبيقي أن دولة الامارات تعد ضمن اقل معامل انبعاث للشبكة مقارنة بالمعدل العالمي وتستهدف تحقيق معامل انبعاث للشبكة حوالي 0,27 كجم ثاني أكسيد الكربون/ كيلوواط ساعة بحلول 2030.
- وأيضا تم التوصل في الجانب التطبيقي إلى أن الدولة محل الدراسة حققت أكبر تحسن على مستوى المنطقة والشرق الأوسط 7,9% على أساس سنوي، مدفوعة بزيادة الاستثمارات المالية وجودة البنية التحتية والدعم الموجه، بالإضافة إلى ارتفاه حصص الطاقة النظيفة وانخفاض كثافة الطاقة والتوسع المستمر فيم حطة براكة للطاقة النووية، التي

توفر الآن ما يقرب من 25% من كهرباء البلاد. عموما حسنت 65% من الدول درجاتها في مؤشر تحول الطاقة لهذا العام.

التوصيات:

نوصي بمايلي:

- تخصيص الموارد المالية والمادية من أجل انشاء المشاريع التي تدعم قطاع الطاقات المتجددة؛
- تكثيف الجهود الاستثمارية من أجل تفعيل استراتيجيات تخدم الطاقات المتجددة والتحول الطاقوي؛
- نوصي بضرورة تكثيف التعاون الدول من أجل التحول الطاقوي ونشر الاستدامة والطاقات النظيفة.

أفاق الدراسة:

- واقع اعتماد الطاقات المتجددة في دول المغرب العربي؛
- أثر الطاقات المتجددة على تحقيق البعد البيئي للتنمية المستدامة في الدول؛
- اعتماد الطاقات المستدامة في المؤسسات الجامعية.

المصادر والمراجع:

- اقتصاد دولة الامارات. (2025). حكومة الامارات. تم الاسترداد من https://u.ae/ar-ae/about-the-uae/economy
- سياسة تنمية الصادرات الاماراتية. (2025). حكومة الاامارات. تم الاسترداد من https://u.ae/ar-AE/about-the-uae/economy/uae-export-development-policy
- استثمر في دولة الامارات -وجهة الفرص الاستثمارية الواعدة-. (02 09, 2025). وزارة الاقتصاد والسياحة الامارات العربية المتحدة. تم الاسترداد من https://www.moet.gov.ae/grow-in-uae
- استثمر في دولة الامارات -وجهة الفرص الاستثمارية الواعدة-. (02 09, 2025). وزارة الاقتصاد والسياحة، الامارات العربية المتحدة. تم الاسترداد من https://www.moet.gov.ae/grow-in-uae
- استراتيجية الإمارات للطاقة 2050 والاستراتيجية الوطنية للهيدروجين. (18 08, 2025). وزارة الطاقة والبيئية التحتية الامارات العربية المتحدة. تم الاسترداد من https://www.moei.gov.ae/ar/about-ministry/energy-strategies-to-achieve-net-zero
- قاسمي محمد اليمين، و جنان عبد الحميد. (242-262). التحديات الطاقوية في إطار الضوابط البيئية والمناخية للتنمية المستدامة -دراسة تحليلية لواقع الطاقة في الجزائر-. جوان 2022: مجلة أبحاث ودراسات التنمية، المجلد: 09، العدد: 01.
- توات نصر الدين. (بدون سنة). دور الطاقات المتجددة في تحقيق متطلبات التنمية المستدامة -دراسة برنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية بالجزائر-. البليدة2: قسم علوم الاقتصاد، جامعة البليدة 2.
- حماش وليد، و غراب رزيقة. (ديسمبر 2021). الطاقات النظيفة والمتجددة كمدخل لتحقيق الاستدامة والفعالية الطاقوية في الجزائر -الواقع والآفاق-. مجلة العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، المجلد: 21، العدد: 01، 1-18.
- جمال بن عروس. (ديسمبر 2015). مستقبل برامج الطاقة المتجددة في الجزائر وتبني فلسفة التسويق الأخضر قراءة للواقع الجزائري بين أزمة الغاز الصخري وبرامج الطاقة المتجددة. مجلة دراسات وأبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة، العدد: الثالث، 7-24.

- بن جيلالي فرج عبد القادر، و خليفة مونية. (أفريل 2020). التحول الطاقوي من الطاقة التقليدية إلى الطاقة المتجددة لتحقيق أبعاد التنمية المستدامة. Journal of contemporary business and Economic studies, Vol.03, NO.02، 197-217.
- مسعود طحطوح، و نبيلة سعيداني. (2019). أثر التحول الطاقوي على مؤشرات التنمية المستدامة في الجزائر. المجلة العلمية للبحوث والدراسات التجارية، المجلد: 33، العدد الرابع، 137-169.
- عميور بدر الدين، و قلاتي نور الامان. (2025). واقع التحول الطاقوي للجزائر: رهان الطاقات المتجددة والتنمية المستدامة. مجلة القانون العقاري، المجلد: 12، العدد: 01، 44-66.
- عبد النور شباط. (جوان 2024). التحول الطاقوي نحو استغلال الطاقة المتجددة: رهان تحقيق الأمن الطاقوي العالمي. مجلة أكاديميا للدراسات السياسية، المجلد: 07، العدد: 01، 237-255.
- زهرة عباس، و نجوى بن عويدة. (أوث 2019). الاستفادة من تجربة التحول الطاقوي الألمانية من أجل النهوض بقطاع الطاقات المتجددة في الجزائر. مجلة دراسات اقتصادية، العدد: 38، 369-391.
- عبد النور شباط. (جوان 2024). التحول الطاقوي نحو استغلال الطاقة المتجددة: رهان تحقيق الأمن الطاقوي العالمي. مجلة أكاديما للدسارات السياسية، المجلد: 7، العدد: 1، 237-255.
- قاسمي محمد اليمين، و عبد الحميد جنان. (جوان 2022). التحديات الطاقوية في إطار الضوابط البيئية والمناخية للتنمية المستدامة -دراسة تحليلية لواقع الطاقة في الجزائر-. مجلة أبحاث ودراسات التنميةن المجلد: 09، العدد: 01، 242-262.
- بسة سامي، زرقوط سارة، و حدوش وردة. (مارس 2021). التجربة الإماراتية كنموذج رائد في استخدام الطاقة المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة. كتاب المؤتمر الدولي المغاربي الأول لمتسجدات التنمية المستدامة، تونس (الصفحات 204-214). تونس: جامعة تونس.
- حول قطاع الطاقة في دولة الامارات. (2025). حكومة الامارات. تم الاسترداد من https://u.ae/ar-ae/information-and-services/environment-and-energy/water-and-energy/about-uae-energy-sector
- الإمارات الأولى عربيا وال48 عالميا في مؤشر تحول الطاقة 2025. (18 يونيو, 2025). الخليج. تم الاسترداد من https://www.alkhaleej.ae/2025-06-18/الإمارات-الأولى-عربياً-وال48-عالمياً-في-مؤشر-تحول-الطاقة-2025-5965261/طاقة-واستدامة

عنوان المداخلة بالعربية التحول الرقمي والاستدامة البيئية: التهديدات والفرص والحلول

Digital Transformation and Environmental Sustainability: Threats, Opportunities, and Solutions

سليم بوخابية[1] ، محمد غوتي[2]، عزالدين نزعي[3]

[1] جامعة مصطفى اسطمبولي معسكر (الجزائر)، salim.boukhabia@univ-mascara.dz

[2] جامعة الدكتور الطاهر مولاي سعيدة (الجزائر)، mohamed.ghouti@univ-saida.dz

[3] جامعة الدكتور الطاهر مولاي سعيدة (الجزائر)، nezai.azzeddine@gmail.com

ملخص:

يشهد العالم اليوم تحولاً رقمياً واسع النطاق تقوده تقنيات متقدمة مثل الذكاء الاصطناعي، وإنترنت، والبيانات الضخمة، مما يسهم في إعادة تشكيل الصناعات والمجتمعات بوتيرة غير مسبوقة. وبينما تَعِدُ هذه التقنيات بفرص كبيرة لتحقيق إدارة أكثر كفاءة للطاقة، وزراعة دقيقة، واستخدام مستدام للموارد، فإنها تثير في المقابل تحديات بيئية متزايدة التعقيد. تتناول هذه المداخلة الأثر المزدوج للتحول الرقمي، من خلال تسليط الضوء على أبرز التهديدات البيئية المرتبطة به، بما في ذلك الارتفاع في استهلاك الطاقة، وتزايد حجم النفايات الإلكترونية، وتنامي استخراج المواد الخام. ومن خلال تحليل الأدبيات والدراسات الحديثة، تستعرض الورقة استراتيجيات التخفيف الممكنة، مثل تبني تقنيات موفرة للطاقة، والاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة، وتطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري في دورة حياة المنتجات الرقمية. وتؤكد الدراسة على ضرورة اتباع نهج متوازن يتيح الاستفادة المثلى من التطور التكنولوجي مع الحفاظ على البيئة. كما نشير إلى وجود ثغرات تتطلب مزيداً من الاستكشاف لضمان أن التقدم الرقمي لا يتحقق على حساب استدامة كوكبنا. كما ندعو إلى تبني رؤية استراتيجية شاملة لتحقيق التحول الرقمي المستدام بما يتوافق مع الأهداف المناخية والتنموية العالمية.

كلمات مفتاحية: الاستدامة؛ التحول الرقمي؛ التأثير البيئي؛ الاقتصاد الدائري؛ كفاءة الطاقة.

تصنيفات JEL : Q56، Q51.

Abstract :

Today, the world is experiencing a profound digital transformation driven by advanced technologies such as artificial intelligence, the Internet of things, and big data, which are reshaping industries and societies at an unprecedented pace. While these innovations offer significant opportunities for more efficient energy management, precision agriculture, and sustainable resource utilization, they also introduce increasingly complex environmental challenges. This paper examines the dual impact of digital transformation, highlighting major environmental risks such as rising energy consumption, escalating electronic waste, and the intensified extraction of raw materials. By analyzing recent literature and research studies, the paper reviews key mitigation strategies, including the adoption of energy-efficient technologies, the integration of renewable energy sources, and the implementation of circular economy principles throughout the life cycle of digital products. The study underscores the importance of adopting a balanced approach that maximizes technological advancement while safeguarding the environment. It also identifies

المؤلف المرسل: بوخابية سليم، **الإيميل**: salim.boukhabia@univ-mascara.dz

research gaps that warrant further investigation to ensure that digital progress does not come at the expense of planetary sustainability. Ultimately, the paper calls for a comprehensive and integrated strategy to achieve sustainable digital transformation aligned with global climate and development goals.

Keywords: sustainability; digital transformation; Environmental Impact; circular economy; Energy Efficiency.

JEL Classification Cods : Q56, Q51.

المقدمة:

في هذا العصر التكنولوجي المتسارع، أصبح التحول الرقمي يمثل ملامح المستقبل، إذ غيّر جذريًا طريقة عمل الصناعات، وآليات إدارة الحكومات، وأنماط تواصل الأفراد وتفاعلهم. وقد لعب التحول الرقمي، المدفوع بتقنيات مثل الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، وسلسلة الكتل (البلوك تشين)، وتحليلات البيانات الضخمة، دورًا محوريًا في تعزيز الكفاءة والإنتاجية والابتكار في بيئات الأعمال. فهو لا يعيد تشكيل ممارسات الصناعة فحسب، بل ينعكس أيضًا على حياة الأفراد والمجتمعات من خلال إعادة تعريف أنماط التفاعل الاجتماعي، وفرص العمل، والتعليم، والرعاية الصحية (Iivari & al, 2020). حيث يُعد إنترنت الأشياء (IoT) أحد الركائز الأساسية للتحول الرقمي، إذ يتيح ترابط الأجهزة المادية عبر الإنترنت من خلال حساسات ومعالجات قادرة على جمع البيانات وتبادلها وتحليلها بصورة ذاتية. وتُسهم هذه التقنية في تحسين الكفاءة التشغيلية في مختلف القطاعات، مثل الزراعة الذكية، والرعاية الصحية، والمدن الذكية، والصناعات التحويلية، من خلال تمكين الأنظمة من اتخاذ قرارات فورية تعتمد على البيانات. ومن منظور بيئي، يمكن لإنترنت الأشياء أن يدعم الاستدامة من خلال تحسين استخدام الطاقة، وتقليل الهدر في الموارد، وتعزيز المراقبة البيئية الذكية. ومع ذلك، فإن الانتشار الواسع لهذه الأجهزة يؤدي في المقابل إلى زيادة استهلاك الطاقة وتضخم النفايات الإلكترونية والضغط على سلاسل التوريد للمواد الخام، مما يبرز الحاجة إلى تبني ممارسات تصميم وتشغيل مستدامة في تطوير منظومات إنترنت الأشياء.

إلا أن هذا التحول الرقمي السريع أفرز تحديًا بيئيًا بالغ الأهمية غالبًا ما يتم تجاهله، يتمثل في تأثيره البيئي المتزايد. إذ يُظهر التقاطع بين الاستدامة البيئية والتحول الرقمي مشهدًا معقدًا يجمع بين الفرص والتحديات (Feroz & al, 2021). فعلى الرغم من الفوائد المتعددة للاقتصاد الرقمي، فإنه يحمل في طياته سلبيات واضحة، مثل ارتفاع استهلاك الطاقة، واستنزاف الموارد الطبيعية، وتزايد كميات النفايات الإلكترونية. ووفقًا لتقديرات الوكالة الدولية للطاقة، استهلكت مراكز البيانات وشبكات نقل البيانات في عام 2022 ما يقارب 1.4–1.7٪ من إجمالي استهلاك الكهرباء العالمي، أي ما يعادل نحو 460 تيراواط/ساعة، ومن المتوقع أن يتضاعف هذا الرقم بحلول عام 2026. كما يتطلب تصنيع الأجهزة الرقمية – بدءًا من الهواتف الذكية ووصولًا إلى الخوادم – كميات كبيرة من المواد الخام، بما في ذلك العناصر الأرضية النادرة، التي تُستخرج غالبًا عبر عمليات تُلحق ضررًا كبيرًا بالبيئة (Diao & al, 2024).

تُبرز هذه المعطيات الحاجة الملحّة إلى مواجهة التحديات البيئية المرتبطة بالتحول الرقمي لعدة أسباب أساسية. أولًا، مع تزايد اندماج التقنيات الرقمية في مختلف جوانب الحياة، يُتوقّع أن تتسع البصمة البيئية للاقتصاد الرقمي بشكل ملحوظ. فعلى سبيل المثال، من المتوقع أن يتضاعف عدد أجهزة إنترنت الأشياء على مستوى العالم من 15.9 مليار جهاز في عام 2023 إلى أكثر من 32.1 مليار جهاز في عام 2030. ولا يؤدي هذا التوسع السريع إلى زيادة الطلب على الطاقة فحسب، مما يفاقم مشكلات انبعاثات الكربون والاعتماد على الوقود الأحفوري، بل يسهم أيضًا في تضخم حجم النفايات الإلكترونية. ثانيًا، لا يقتصر التأثير البيئي للتقنيات الرقمية على النطاق المحلي، بل يمتد ليشمل تداعيات عالمية واسعة. إذ قد يؤدي الانتشار الواسع للحلول الرقمية إلى تفاقم التحديات البيئية القائمة، مثل تغير المناخ والتلوث واستنزاف الموارد الطبيعية، نتيجة لأنماط استهلاك غير مستدامة وتزايد الضغط على الموارد البيئية على المستوى العالمي. لذلك، يصبح

التعامل مع هذه التحديات أولوية أساسية لضمان أن يساهم التحول الرقمي في تعزيز الاستدامة البيئية بدلاً من أن يكون أحد مسببات تفاقم الأزمات المناخية والبيئية الراهنة.

كما يُعدّ التعامل مع التحديات البيئية الناجمة عن التحول الرقمي أمرًا بالغ الأهمية، إذ إن تجاهلها قد يؤدي إلى تقويض الفوائد التي توفرها التقنيات الرقمية ذاتها. فعلى الرغم من أن الذكاء الاصطناعي وتحليلات البيانات الضخمة يمتلكان إمكانات كبيرة في تحسين إدارة الموارد وتعزيز المراقبة البيئية، إلا أنهما يتطلبان قدرًا هائلًا من قدرات المعالجة الحاسوبية، مما يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة وارتفاع انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (Jones, 2024). تمثل هذه المفارقة تحديًا يستلزم نهجًا متوازنًا يتيح الاستفادة من مزايا التحول الرقمي مع الحد من آثاره البيئية السلبية.

ترتبط التحديات البيئية للتحول الرقمي ارتباطًا وثيقًا بقضايا الاستدامة الاجتماعية والاقتصادية. ومن أبرزها الفجوة الرقمية، وهي التفاوت بين من يمتلكون إمكانية الوصول إلى التقنيات الرقمية ومن يفتقرون إليها، مما قد يؤدي إلى زيادة عدم المساواة وإعاقة التقدم نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة . فعلى سبيل المثال، يمكن أن يؤدي توسيع البنية التحتية الرقمية إلى زيادة الاعتماد على الوقود الأحفوري في المناطق التي تفتقر إلى مصادر الطاقة المتجددة، الأمر الذي يسهم في تفاقم التدهور البيئي وتغير المناخ (Wang & al, 2023).

تنسجم الحاجة العاجلة لمواجهة هذه التحديات مع الأهداف التي وضعتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، التي دعت إلى خفض طموح لانبعاثات الغازات الدفيئة بهدف حصر الاحترار العالمي دون 2 درجة مئوية، وبذل الجهود لحصره عند 1.5 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل العصر الصناعي (Arias & al, 2023). وانطلاقًا من ذلك، يجب أن تتماشى جهود التحول الرقمي مع هذه الأهداف من خلال تحويل الأنظمة الرقمية نحو الطاقة منخفضة الكربون وتطبيق الممارسات المستدامة في جميع مراحلها.

يمكن للتقنيات الرقمية أن تسهم في تحقيق هذه الأهداف عبر تحسين كفاءة استخدام الطاقة في مجالات مثل الشبكات الذكية ومراكز البيانات والعمليات الصناعية، بشرط إدارتها بعناية لتجنب زيادة صافية في الانبعاثات. ومن هذا المنظور، يُعد تغير المناخ جزءًا محوريًا من منظومة الاستدامة البيئية، مع التركيز على تقليل البصمة الكربونية بما يتماشى مع أهداف الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، إلى جانب دعم النمو الرقمي المسؤول الذي يعزز أهداف التنمية المستدامة الأوسع نطاقًا.

كما أصبح تحقيق التوازن بين التقدم التكنولوجي والحفاظ على البيئة تحديًا معقدًا ومتزايد الصعوبة(Huang, 2021). ولتحقيق تحول رقمي مستدام، يجب أخذ الاعتبارات البيئية في الحسبان عبر جميع مراحل دورة حياة التقنيات الرقمية—من استخراج المواد الخام، مرورًا بعمليات التصميم والتصنيع والاستخدام، وصولًا إلى التخلص النهائي. ويعتمد هذا النهج على مفهوم دورة الحياة الذي يهدف إلى تقليل الأثر البيئي الإجمالي .

يتوافق هذا التوازن مع أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة (SDGs)، لا سيما تلك المتعلقة بالاستهلاك والإنتاج المسؤولين (الهدف 12)، والعمل المناخي (الهدف 13)، والمدن والمجتمعات المستدامة (الهدف 11)، والتي تسعى إلى تحقيق تناغم بين التقدم التكنولوجي والإدارة البيئية. ويتطلب الوصول إلى هذا التوازن تحولًا في أنماط التفكير والحوكمة (Alnafrah & al, 2024). فالتكنولوجيا وحدها لا تكفي لتحقيق الاستدامة، بل يتعين على صانعي السياسات والشركات والمستهلكين التعاون في دعم التحول الرقمي المسؤول بيئيًا.

فعلى سبيل المثال، يمكن للحكومات وضع سياسات تشريعية تشجع على استخدام الطاقة المتجددة في البنية التحتية الرقمية، بينما يمكن للشركات تطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري من خلال تقليل النفايات الإلكترونية وتحسين كفاءة استخدام الموارد. أما المستهلكون، فيمكنهم الإسهام من خلال اختيار المنتجات والخدمات الرقمية الصديقة للبيئة ودعم الشركات التي تتبنى ممارسات مستدامة.

في ظل الاقتصاد الرقمي العالمي، تتميز سلاسل التوريد بتعقيد وترابط كبيرين، مما يجعل تحقيق التوازن بين التقدم والاستدامة أكثر صعوبة. فإنتاج الأجهزة الرقمية غالبًا ما يتم عبر مراحل متعددة تمتد إلى بلدان مختلفة ذات معايير بيئية متفاوتة (Zhao & al, 2024) ، مما يؤدي إلى توزيع غير متكافئ للأثر البيئي على طول سلسلة القيمة. كما يسهم الطلب المتزايد على الأجهزة الحديثة في تقصير دورات حياة المنتجات، وزيادة استهلاك الموارد، وارتفاع حجم النفايات الإلكترونية (Ongondo & al, 2011).

الإشكالية العامة:

على الرغم من أن التحول الرقمي يُعد محركًا رئيسيًا للنمو الاقتصادي والابتكار وتحسين كفاءة استخدام الموارد، إلا أنه يثير في الوقت ذاته تحديات بيئية متزايدة تتمثل في ارتفاع استهلاك الطاقة، وتفاقم النفايات الإلكترونية، واستنزاف الموارد الطبيعية. وبينما يُنظر إلى الرقمنة كوسيلة لتحقيق التنمية المستدامة، فإن آثارها البيئية السلبية قد تُقوض هذه الأهداف إذا لم تُدار بشكل فعّال. ومن هنا تبرز الإشكالية العامة لهذا البحث:

إلى أي مدى يسهم التحول الرقمي في تعزيز الاستدامة البيئية، وكيف يمكن التخفيف من آثاره السلبية من خلال استراتيجيات فعّالة لإدارة الطاقة والموارد وتعزيز الاقتصاد الدائري في القطاع الرقمي؟

الفرضية العامة:

التحول الرقمي يسهم في تحقيق الاستدامة البيئية إذا تم توجيهه من خلال استراتيجيات فعّالة لإدارة الطاقة والموارد، وتطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري، والحوسبة الخضراء.

اهداف الدراسة:

1. تحليل الأثر البيئي للتحول الرقمي

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل التأثيرات الإيجابية والسلبية للتحول الرقمي على البيئة، مع التركيز على استهلاك الطاقة، وانبعاثات الكربون، والنفايات الإلكترونية.

2. تقييم استراتيجيات التخفيف

دراسة فعالية استراتيجيات التخفيف المقترحة، مثل كفاءة الطاقة، والحوسبة الخضراء، واستخدام مصادر الطاقة المتجددة في تقليل البصمة البيئية للقطاع الرقمي.

3. استكشاف تطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري في القطاع الرقمي

تحديد كيفية دمج ممارسات إعادة التدوير، وإطالة عمر الأجهزة، والتصميم البيئي في دورة حياة المنتجات الرقمية لتحقيق استدامة الموارد.

4. اقتراح إطار متكامل للتحول الرقمي المستدام

تطوير نموذج أو إطار مفاهيمي يجمع بين التقنيات الرقمية والممارسات البيئية لتحقيق توازن بين الابتكار التكنولوجي والحفاظ على البيئة.

1- مفاهيم عامة

1-1- التحول الرقمي

يشير التحول الرقمي إلى عملية دمج التقنيات الرقمية في مختلف جوانب المؤسسات والصناعات والمجتمعات، بما يؤدي إلى تحولات جذرية في العمليات التشغيلية، وآليات خلق القيمة، وتجارب المستخدمين. وتشمل هذه العملية مجموعة من التطورات التقنية الحديثة، مثل الذكاء الاصطناعي (AI)، وإنترنت الأشياء (IoT)، وتحليلات البيانات الضخمة، وسلسلة الكتل (Blockchain)، والتي تسهم في تبسيط الإجراءات، وتمكين اتخاذ القرارات المعتمدة على البيانات، وتعزيز الكفاءة التشغيلية(Plekhanov & al, 2024).

على مستوى المؤسسات، يمثل التحول الرقمي إعادة صياغة شاملة لطريقة أداء الأعمال، والتفاعل مع العملاء، وإدارة الموارد والعمليات الداخلية. وغالبًا ما يتضمن ذلك توظيف تقنيات متقدمة مثل الذكاء الاصطناعي، والحوسبة السحابية، وإنترنت الأشياء، وتحليلات البيانات الضخمة، بهدف رفع الكفاءة التشغيلية، وابتكار نماذج أعمال جديدة، وتحسين تجربة العملاء. وتشير الأدلة إلى أن المؤسسات التي تتبنى التحول الرقمي تحقق مكاسب ملموسة في سرعة الأداء وجودة القرارات (Vial & al, 2019)

أما بالنسبة إلى الحكومات فيتمثل التحول الرقمي في توظيف التكنولوجيا لتعزيز كفاءة الخدمات العامة، ورفع مستوى الشفافية، وتحسين التواصل مع المواطنين. ومن أبرز الأمثلة على ذلك التحول نحو الحوكمة الإلكترونية، وأنظمة الهوية الرقمية، ومشروعات المدن الذكية، التي تسهم في تحسين فعالية إدارة الموارد العامة وتسهيل وصول المواطنين إلى الخدمات.

وعلى المستوى المجتمعي، يؤدي التحول الرقمي إلى تغييرات جوهرية في أنماط التفاعل البشري، والتواصل، والعمل، والوصول إلى المعرفة والمعلومات. وتشمل أبرز مظاهره انتشار وسائل التواصل الاجتماعي، ومنصات التعلم الرقمي، وخدمات الرعاية الصحية عن بُعد.

إن التحول الرقمي يُعد ظاهرة عالمية متعددة الأبعاد تمتد آثارها إلى مختلف قطاعات الحياة الاقتصادية والاجتماعية. فهو يمتلك القدرة على تحفيز النمو الاقتصادي، وتعزيز الرفاهية الاجتماعية، والمساهمة في معالجة التحديات العالمية مثل تغير المناخ والاستدامة البيئية.

1-2- الاستدامة البيئية

تُعرَّف الاستدامة بأنها القدرة على الحفاظ على جودة الموارد الطبيعية وتوافرها للأجيال القادمة أو تحسينها (Kazmi, 2023). وتستند إلى ثلاث ركائز مترابطة: الاستدامة البيئية، والاقتصادية، والاجتماعية (Purvis & al, 2019).

تشير الاستدامة البيئية إلى الاستخدام المسؤول والحكيم للموارد الطبيعية بما يمنع استنزافها ويحدّ من الأضرار البيئية، مما يضمن استمرارية النظم البيئية وصحتها على المدى الطويل. وتشمل حماية التنوع الحيوي، وتقليل التلوث، والحد من النفايات، وتحقيق توازن مستدام بين الأنشطة البشرية والأنظمة الطبيعية.

أما الاستدامة الاقتصادية، فتركّز على بناء أنظمة اقتصادية قادرة على دعم النمو والرفاه على المدى الطويل دون استنزاف الموارد الطبيعية، من خلال تشجيع الابتكار، والاستخدام الكفء للموارد، وتحقيق توزيع عادل للثروة.

وتتمثل الاستدامة الاجتماعية في ضمان العدالة الاجتماعية وتعزيز رفاهية الأفراد والمجتمعات، والحفاظ على الثقافة، وضمان حصول الجميع على الفرص والموارد والخدمات الأساسية التي تُمكّنهم من حياة كريمة وصحية (Purvis & al, 2019).

مع تسارع التحول الرقمي واندماج التقنيات الرقمية في مختلف مناحي الحياة، برزت فرص وتحديات جديدة أمام تحقيق الاستدامة البيئية. فمن جهة، توفر التقنيات الحديثة حلولًا مبتكرة لتحسين كفاءة استخدام الموارد، وتقليل الانبعاثات عبر التقنيات الذكية، وتعزيز قدرات الرصد والإدارة البيئية. ومن جهة أخرى، فإن التوسع السريع في الرقمنة يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة، وتفاقم النفايات الإلكترونية، وظهور ضغوط جديدة على النظم البيئية.

إن العلاقة التفاعلية بين التحول الرقمي والاستدامة البيئية، يُظهر كيف يمكن للتكنولوجيا أن تكون أداةً لتعزيز الاستدامة إذا ما صُممت ونُفّذت وفق مبادئ بيئية سليمة. يؤكد الباحثون على ضرورة أن تراعي مبادرات الرقمنة مبادئ الاستدامة منذ المراحل الأولى للتصميم، لضمان أن التقدم التقني لا يتحقق على حساب صحة الكوكب (Geissdoerfer & al, 2017).

2- فرص الاستدامة البيئية من خلال الرقمنة

تُعد الرقمنة أداةً محورية في دعم الاستدامة البيئية عبر مختلف القطاعات. فالتقنيات الرقمية، عند توظيفها بفعالية، تمتلك القدرة على تعزيز كفاءة استخدام الموارد، وتقليل الانبعاثات، وتحسين إدارة النظم البيئية. وفي مجالات مثل الطاقة والزراعة وإدارة الموارد الطبيعية، تتيح الحلول الرقمية فرصًا ملموسة لتحقيق التحول نحو مستقبل أكثر استدامة وذكاءً.

سنستعرض أبرز الفرص التي توفرها التقنيات الرقمية لدعم الاستدامة البيئية، مع التركيز على تطبيقاتها في الشبكات الذكية، وإدارة الطاقة، والزراعة الرقمية، والذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الموارد وتقليل الاعتماد على المدخلات المادية، إضافةً إلى مراقبة البيئة وإدارة النفايات بطرق أكثر فعالية.

2-1- الشبكات الذكية وإدارة الطاقة

تُعد الشبكات الذكية من أهم الابتكارات الرقمية في مجال إدارة الطاقة المستدامة، إذ تمثل نقلة نوعية في كيفية توليد الطاقة وتوزيعها ومراقبتها واستهلاكها. تعتمد هذه الشبكات على التقنيات الرقمية المتقدمة وأجهزة الاستشعار والأتمتة لتمكين المراقبة والتحكم في تدفقات الطاقة في الوقت الفعلي، مما يضمن توزيعًا أكثر كفاءة وموثوقية واستدامة.

تتيح الشبكات الذكية تبادلًا ثنائي الاتجاه للكهرباء والمعلومات بين منتجي الطاقة والمستهلكين وشبكات التوزيع، مما يعزز من مرونة النظام الكهربائي. تشير الدراسات إلى أن رقمنة قطاع الطاقة يمكن أن تسهم بشكل كبير في خفض انبعاثات الكربون وزيادة حصة مصادر الطاقة المتجددة ضمن المزيج الطاقي العالمي(Rehman & al, 2021).

إحدى المزايا الرئيسية للشبكات الذكية هي قدرتها على تنفيذ برامج الاستجابة للطلب، حيث يتم تشجيع المستهلكين على تعديل أو تقليل استهلاكهم للطاقة خلال فترات الذروة. يساهم ذلك في تخفيف الضغط على الشبكة وتقليل الانبعاثات الناتجة عن محطات التوليد التقليدية (Alotaibi & al, 2020).

إضافة إلى ذلك، تُعتبر العدادات الذكية مكونًا أساسيًا في البنية التحتية للشبكات الذكية، إذ تتيح للمستهلكين بيانات فورية حول استخدامهم للطاقة، ما يساعدهم على اتخاذ قرارات أكثر وعيًا واعتماد ممارسات موفرة للطاقة. وقد أظهرت دراسات ميدانية أن الأسر التي تستخدم العدادات الذكية يمكنها خفض استهلاك الطاقة بنسبة تصل إلى 15٪ (Mogles & al, 2017).

تُظهر التجارب الدولية نجاح هذه النماذج؛ فعلى سبيل المثال، استخدمت شركة (Florida Power & Light) بيانات العدادات الذكية لمراقبة شبكتها وتحسين أدائها، مما أسفر عن توفير تشغيلي تجاوز 30 مليون دولار أمريكي. كما طوّر مشروع Amsterdam City-Zen في هولندا نظامًا ذكيًا يجمع بين الذكاء الاصطناعي وتقنيات التوأم الرقمي (Digital Twin) لتحسين استهلاك الطاقة وتخزين الفائض منها بفعالية .

تسمح الشبكات الذكية أيضًا بدمج مصادر الطاقة المتجددة مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية في شبكة الطاقة من خلال تحقيق التوازن الديناميكي بين العرض والطلب، وبالتالي تقليل الاعتماد على مصادر الوقود الأحفوري (Murdan, 2023). دراسة أجراها (Rehman & al, 2024) يوضح أن دمج مصادر الطاقة المتجددة في الشبكات الذكية لا يقلل من انبعاثات الكربون فحسب، بل يعزز أيضًا استقرار الشبكة. تعمل الشبكات الذكية على جلب مصادر الطاقة النظيفة إلى النظام، مما يساهم في تقليل غازات الدفيئة وتعزيز أمن الطاقة.

2-2- الزراعة الرقمية من أجل الزراعة المستدامة

تُعد الزراعة الرقمية من أبرز المجالات التي يمكن أن تسهم في تحقيق الاستدامة الزراعية، نظرًا للدور المحوري الذي تلعبه التقنيات الرقمية في تحسين الكفاءة البيئية والإنتاجية الزراعية. ومع توقع وصول عدد سكان العالم إلى 9.7 مليار نسمة بحلول عام 2050، يبرز تحدٍ عالمي يتمثل في تحقيق الأمن الغذائي مع الحد من الأثر البيئي للأنشطة الزراعية. وفي هذا السياق، تقدم الزراعة الرقمية حلولًا فعالة من خلال الزراعة الدقيقة، والري الذكي، واتخاذ القرارات المعتمدة على البيانات (Wolfert & al, 2017).

تعتمد الزراعة الدقيقة على مجموعة من التقنيات الرقمية مثل نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) وأجهزة استشعار إنترنت الأشياء (IoT) والطائرات بدون طيار لمراقبة صحة المحاصيل، ورطوبة التربة، والظروف الجوية. تتيح هذه البيانات الميدانية في الوقت الفعلي للمزارعين تحسين استخدام المياه والأسمدة والمبيدات الحشرية، مما يقلل من الهدر ويحد من التأثير البيئي للأنشطة الزراعية (Soussi & al, 2024).

من الأمثلة البارزة على ذلك نظام "See & Spray" من شركة John Deere، وهو نظام يعتمد على الذكاء الاصطناعي والرؤية الحاسوبية لتحديد النباتات ومعالجتها بشكل انتقائي. تسمح هذه التقنية بالتطبيق الدقيق لمبيدات الأعشاب، مما يؤدي إلى تقليل استخدام المواد الكيميائية وتحسين إنتاجية المحاصيل (Gayathri & al, 2018).

كما أن أنظمة الري الذكي تمثل أحد أهم تطبيقات الرقمنة في الزراعة، إذ يمكنها تعديل توزيع المياه تلقائيًا بناءً على بيانات رطوبة التربة، مما يقلل استهلاك المياه بنسبة تصل إلى 40٪ مقارنة بطرق الري التقليدية (Lakhiar & al, 2024). وأشار (Bwambale & al, 2022) إلى أن الجمع بين تقنيات المراقبة المستندة إلى التربة والنباتات والطقس ضمن بيئة نمذجة تحكم تنبؤية يمكن أن يؤدي إلى تحسين كبير في كفاءة استخدام المياه. وبالمثل، تُوصي الدراسات الحديثة باستخدام أنظمة الري الدقيقة الموفّرة للمياه كأداة فعّالة لإدارة الموارد المائية في ظل تغير المناخ (Brahmanand & al, 2022).

علاوة على ذلك، توفر المنصات والتطبيقات الرقمية للمزارعين إمكانية الوصول إلى بيانات دقيقة مثل توقعات الطقس، وأسعار السوق، وأفضل الممارسات الزراعية، مما يمكّنهم من اتخاذ قرارات مبنية على المعرفة تعزز الإنتاجية والاستدامة (Rose & al, 2021). كما تساهم الزراعة الرقمية في الإدارة المستدامة للأراضي من خلال تتبع صحة التربة وتحليل التغيرات البيئية بمرور الوقت (Dayıoğlu & al, 2021).

ومن الأمثلة الرائدة على ذلك استخدام المزارعين في اليونان لتقنيات التوائم الرقمية (Digital Twins) لتحسين إدارة المحاصيل والموارد (Peladarinos & al, 2023). إذ تُنشئ هذه التوائم نموذجًا افتراضيًا متكاملاً للمزرعة يجمع بيانات من أجهزة استشعار التربة، وصور الأقمار الصناعية، وتوقعات الطقس، وأجهزة إنترنت الأشياء. ويتيح هذا النموذج للمزارعين محاكاة الظروف الواقعية والتنبؤ بها بدقة، مما يساعد على تحسين قرارات الري والتسميد ومكافحة الآفات. ونتيجة لذلك، تُسهم هذه الممارسات في تعزيز كفاءة استخدام الموارد وتقليل الفاقد وتحسين الغلة الزراعية بصورة مستدامة.

2-3-دور الذكاء الاصطناعي في تحسين استخدام الموارد

يُعد الذكاء الاصطناعي (AI) من أبرز الأدوات الرقمية القادرة على تحسين كفاءة استخدام الموارد وتعزيز الاستدامة البيئية عبر مختلف القطاعات الصناعية. ومن خلال قدرته على تحليل مجموعات البيانات الضخمة واكتشاف الأنماط الخفية، يمكن للذكاء الاصطناعي المساهمة في تقليل الهدر، وتحسين الكفاءة التشغيلية، وخفض البصمة البيئية لأنشطة الإنتاج والاستهلاك (Chauhan & al, 2024).

يشير (Kristian & al, 2024) إلى أن نماذج الذكاء الاصطناعي التنبؤية تعزز الكفاءة والاستدامة بشكل ملحوظ عبر تقديم تحليلات دقيقة وتوصيات آلية تساعد في اتخاذ قرارات فعّالة. ومن الأمثلة البارزة على ذلك استخدام شركة Rolls-Royce لأنظمة الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات أجهزة الاستشعار في محركات الطائرات النفاثة أثناء الاختبارات التشغيلية، مما يمكّن من التنبؤ بالأعطال المحتملة وضمان أعلى معايير السلامة. وقد أدى ذلك إلى خفض فترات التوقف عن العمل وتقليل تكاليف الصيانة.

كما ان في قطاع التصنيع، تمكّن أنظمة الصيانة التنبؤية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي من الكشف المبكر عن الأعطال المحتملة، مما يقلل من فترات التعطل ويُسهم في خفض استهلاك الطاقة (Ayvaz & al, 2021). لا يقتصر هذا الأثر على إطالة عمر المعدات فحسب، بل يقلل أيضًا من الطلب على تصنيع معدات جديدة، وبالتالي من استهلاك المواد الخام والطاقة المرتبطة بها (Scaife & al, 2023).

كما تسهم خوارزميات الذكاء الاصطناعي في تحسين سلاسل التوريد من خلال تحديد المسارات الأكثر كفاءة للنقل وتقليل المسافات الفارغة في عمليات الشحن، مما يحدّ من انبعاثات الكربون الناتجة عن النقل واللوجستيات(Qu, 2024).

وفي قطاع الطاقة، يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا محوريًا في تحسين تشغيل محطات الطاقة، وإدارة أنظمة تخزين الطاقة، ودمج مصادر الطاقة المتجددة في الشبكات الكهربائية (Boza, 2021). على سبيل المثال، يمكن للخوارزميات الذكية التنبؤ بأنماط الطلب على الطاقة وضبط الإنتاج بما يتناسب مع احتياجات الاستهلاك الفعلية، مما يقلل من الهدر ويعزز كفاءة إنتاج الطاقة(Rangel-Martinez & al, 2021)، علاوة على ذلك، يُستخدم الذكاء الاصطناعي في الزراعة الرقمية لتحسين توزيع الموارد مثل المياه والأسمدة، بالإضافة إلى مراقبة صحة المحاصيل والتنبؤ بالإنتاج. وتساعد هذه التطبيقات المزارعين على تعظيم الإنتاجية وتقليل التأثير البيئي (Kamilaris & al, 2018).

2-4-رصد البيئة

أحدثت التقنيات الرقمية تحولًا جذريًا في مجال رصد البيئة، إذ وفّرت أدوات متقدمة لجمع البيانات وتحليلها وإعداد التقارير في الوقت الفعلي (Bakker & al, 2018). وتُسهم هذه التقنيات في تحقيق رصد أكثر دقة وشمولًا للمعايير البيئية مثل جودة الهواء والمياه، وتغير الغطاء الحرجي، وأعداد الحياة البرية (Manfreda & al, 2018) . وبذلك، تلعب دورًا محوريًا في تعزيز الاستدامة البيئية ودعم أهداف التنمية المستدامة، ولا سيما الهدف 15 (الحياة في البر) والهدف 13 (العمل المناخي).

تُعد تقنيات الاستشعار عن بُعد – بما في ذلك الصور الساتلية والطائرات بدون طيار– من أبرز الأدوات المستخدمة لرصد إزالة الغابات، وتغير استخدام الأراضي، وصحة النظم الإيكولوجية (López & al, 2019). وتوفر هذه التقنيات بيانات دقيقة ومستمرة يمكن أن توجه جهود الحفظ وصنع القرار البيئي.

فعلى سبيل المثال، أتاح استخدام البيانات الساتلية في رصد إزالة الغابات في منطقة الأمازون تعزيز إنفاذ التشريعات البيئية وتحديد أنشطة قطع الأشجار غير القانونية (Assunção & al, 2023). كما أظهرت دراسة أجراها (Hadi & al, 2018) فاعلية استخدام بيانات Landsat Time Series في الكشف المستمر عن إزالة الغابات في كاليمانتان، إندونيسيا، مما أبرز إمكانات الاستشعار عن بُعد في تحقيق رصد دقيق للتغيرات الحرجية حتى في ظل الغطاء السحابي الكثيف.

إلى جانب ذلك، يُستخدم إنترنت الأشياء (IoT) على نحوٍ متزايد في رصد الظروف البيئية في الوقت الفعلي (Ullo & al, 2020). وتُنشَر أجهزة الاستشعار الذكية في مناطق حضرية وطبيعية متنوعة لرصد جودة الهواء والمياه(Park & al, 2020)، ورطوبة التربة (Placidi & al, 2021)، وغيرها من المتغيرات البيئية. وتُحلَّل البيانات المجمعة بواسطة خوارزميات الذكاء الاصطناعي وتحليلات البيانات الضخمة، ما يتيح تحديد الاتجاهات البيئية، والتنبؤ بالتغيرات المستقبلية، ودعم إدارة النظم البيئية بشكل استباقي (Hassan & al, 2023)

تُسهم أيضًا تحليلات البيانات الضخمة في تعزيز الاستدامة البيئية من خلال توفير رؤى كمية معمقة حول استنزاف الموارد، وإدارة النفايات، ومكافحة التلوث (Li & al, 2023). فعلى سبيل المثال، تُستخدم البيانات الضخمة في رصد جودة الهواء والمياه، واكتشاف المخاطر البيئية، ووضع استراتيجيات فعّالة للتخفيف من آثارها. كما يستعين مركز بيانات أهداف التنمية المستدامة المفتوح التابع للأمم المتحدة بتحليلات البيانات الضخمة لتتبع التقدم في تحقيق الأهداف العالمية واتخاذ قرارات قائمة على الأدلة والبيانات الدقيقة (Nilashi & al, 2023).

ومع ذلك، وعلى الرغم من الإمكانات الواعدة لهذه التقنيات، فإنها ليست خالية من المخاطر البيئية. إذ قد يؤدي التوسع في استخدامها إلى زيادة استهلاك الطاقة، واستنزاف الموارد، وارتفاع حجم النفايات الإلكترونية في حال عدم إدارتها بشكل مستدام. ولذلك، كما سنتكلم على الآثار البيئية السلبية للتحول الرقمي، حيث سنلط الضوء على التحديات والمخاطر غير المقصودة التي قد ترافق التقدم التكنولوجي المتسارع.

3- التهديدات التي يواجهها البيئة من التحول الرقمي

يوفر التحول الرقمي الكثير من الإمكانات للاستدامة البيئية، ولكنه يجلب أيضًا تهديدات كبيرة لا يمكن تجاهلها. يؤدي الانتشار السريع للتكنولوجيات الرقمية إلى المزيد من النفايات الإلكترونية، وزيادة استهلاك الطاقة من مراكز البيانات وتكنولوجياتblockchain ، واستخراج المواد الخام على نطاق واسع، والاستخدام المكثف للمياه في الإنتاج الرقمي، وارتفاع انبعاثات الكربون من الأنشطة الرقمية.

3-1 النفايات الإلكترونية وتأثيرها على البيئة

أدى التوسع السريع في التقنيات الرقمية إلى ارتفاع غير مسبوق في حجم النفايات الإلكترونية، مما جعلها أحد أسرع أنواع النفايات نموًا عالميًا.

وفقًا لتقرير المرصد العالمي للمخلفات الإلكترونية، بلغ إنتاج النفايات الإلكترونية العالمي 62 مليون طن متري (Mt) في عام 2022، بزيادة قدرها 82٪ مقارنة بعام 2010، بينما لم يُعاد تدوير سوى 22.3٪ منها بشكل سليم. تحتوي هذه النفايات على مواد خطرة مثل رصاص والزئبق والكادميوم ومثبطات اللهب المبرومة، والتي يمكن أن تتسرب إلى التربة والمياه، مسببة تلوثًا بيئيًا واسع النطاق (Rawat & al, 2020).

تمثلت طرق التخلص غير السليمة وإعادة التدوير البدائية تهديدًا خطيرًا لكلٍّ من البيئة والصحة العامة (Alabi & al, 2021)، لا سيما في الدول النامية التي تُستقبل فيها كميات كبيرة من هذه النفايات من الدول الصناعية.

ينبع جزء كبير من النفايات الإلكترونية من الأجهزة الرقمية المستهلكة مثل الهواتف الذكية وأجهزة الكمبيوتر المحمولة والأجهزة اللوحية وغيرها من المعدات التقنية. ويؤدي تسارع الابتكار التكنولوجي إلى تقليص دورة حياة المنتجات واستبدالها بسرعة، مما يؤدي إلى تفاقم حجم النفايات الإلكترونية (Forti & al, 2020). كما ساهم التحول الرقمي العالمي في زيادة الطلب على أجهزة إنترنت الأشياء (IoT) وتقنيات المنازل الذكية، ما فاقم المشكلة بصورة أكبر (Fathi & al, 2022).

إضافة إلى ذلك، يبرز تعدين العملات المشفرة، وخاصة البيتكوين، كمصدر متنامٍ للنفايات الإلكترونية. إذ تشير تقديرات (Vries & al, 2021) إلى أن تعدين البيتكوين يولد حوالي 30.7 كيلوطن متري من النفايات الإلكترونية سنويًا– وهو ما يعادل إنتاج النفايات الإلكترونية في دول مثل هولندا – مع توقعات بارتفاعها إلى 64.4 كيلوطن متري في حال زيادة أسعار العملة.

تُعد الآثار البيئية والصحية للنفايات الإلكترونية خطيرة ومتعددة الأبعاد (Awasthi & al, 2018). إذ تُصدَّر كميات كبيرة من هذه النفايات من الدول المتقدمة إلى البلدان النامية، حيث تُعـــــالج باستخدام أســاليب بــدائية وغير آمنة. وبيّن (Abalansa & al, 2021) أن دفن النفايات الإلكترونية أو حرقها في هذه الدول يؤدي إلى أضرار بيئية جسيمة تشمل السمّية المائية وتفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري. وعلى الرغم من أن إعادة التدوير الرسمية يمكن أن تحد من هذه الأضرار، إلا أن تكلفتها المرتفعة تجعلها غير قابلة للتطبيق على نطاق واسع في الدول منخفضة الدخل.

إن الاتجاهات العالمية لتوليد النفايات الإلكترونية ونسب إعادة تدويرها. فبين عامي 2010 و2030، من المتوقع أن يتضاعف تقريبًا حجم الأجهزة الإلكترونية المطروحة في الأسواق (بنحو 93٪)، بينما سيرتفع إنتاج النفايات الإلكترونية بنسبة 141٪ ليصل إلى نحو 82 مليار كيلوغرام. في المقابل، لا تتجاوز زيادة إعادة التدوير الموثقة 73٪ فقط، مما يشير إلى اتساع الفجوة بين الإنتاج وإعادة المعالجة، وبالتالي إلى احتمالية تراكم كميات ضخمة من النفايات في مكبات غير آمنة أو قطاعات غير رسمية، ما يسهم في تلوث التربة والمياه وإهدار الموارد القابلة للاسترداد.

كشفت دراسات متعددة عن التأثيرات البيئية المباشرة لهذه الظاهرة. فقد أظهرت دراسة (Cao & al, 2020) في منطقة Agbogbloshie (غانا) – إحدى أكبر مواقع النفايات الإلكترونية عالميًا –مستويات مرتفعة من المعادن الثقيلة التي تشكل

خطرًا على صحة الإنسان والزراعة وجودة التربة. كما أثبتت دراسة (Hashmi & al, 2022) في الصين أن عمليات إعادة التدوير غير المنظمة أدت إلى تلوث المياه بالمواد السامة والملوثات العضوية الثابتة التي تتراكم في السلسلة الغذائية.

أما (Lin & al, 2022) فقد وجدوا أن حرق النفايات الإلكترونية في الهواء الطلق يؤدي إلى انبعاث الديوكسينات والفورانات، وهما من أخطر الملوثات الهوائية التي تزيد من معدلات الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي والسرطان في المجتمعات القريبة من مواقع المعالجة.

تشمل الآثار الصحية للعناصر الخطرة في النفايات الإلكترونية السمّية العصبية وتأخر النمو والاضطرابات الهرمونية والسرطانات(Saha & al, 2021).

2-3 استهلاك الطاقة في مراكز البيانات وتقنيات البلوك تشين

تُعد مراكز البيانات وتقنيات البلوك تشين (Blockchain) من الركائز الأساسية في بنية الاقتصاد الرقمي الحديث، غير أنها تُشكل في الوقت ذاته أحد أكثر مكونات هذا الاقتصاد استهلاكًا للطاقة. إنّ الطلب المتزايد على الطاقة في هذه الأنظمة ينعكس بصورة مباشرة على البيئة العالمية من خلال ارتفاع انبعاثات الكربون واستهلاك الموارد الطبيعية.

تُعتبر مراكز البيانات العمود الفقري للبنية التحتية الرقمية، إذ تستضيف كميات هائلة من أجهزة الحوسبة اللازمة لتشغيل الخدمات السحابية وتحليلات البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي والتطبيقات الرقمية الأخرى. إلا أن هذه المراكز تستهلك كميات هائلة من الكهرباء، تُقدّر بحوالي 1٪ من إجمالي الاستهلاك العالمي للكهرباء، مع توقعات بارتفاع هذا الرقم بشكل كبير خلال السنوات القادمة (Masanet & al, 2020).

فبحسب تقارير الطاقة العالمية، بلغ استهلاك مراكز البيانات نحو 460 تيراواط ساعة في عام 2022، ومن المتوقع أن يتجاوز 1000 تيراواط ساعة بحلول عام 2026 في السيناريوهات الأكثر تفاؤلًا.

يستهلك مركز البيانات النموذجي طاقةً تعادل استهلاك نحو 25,000 أسرة، بينما قد يتجاوز استهلاك الكهرباء في المساحات المخصصة لمراكز البيانات ما بين 100 إلى 200 ضعف استهلاك المساحات المكتبية التقليدية (Liu & al, 2020).

ويُعزى هذا الاستهلاك الكبير إلى الطلب المستمر على الطاقة لتشغيل الخوادم وأنظمة التبريد المكثفة اللازمة للحفاظ على ظروف تشغيل مستقرة (Capozzoli & al, 2015).

يوجد حاليًا أكثر من 8000 مركز بيانات حول العالم، يتمركز نحو 33٪ منها في الولايات المتحدة، و16٪ في أوروبا، وحوالي 10٪ في الصين.

إن الاتجاه التصاعدي في الطلب العالمي على الكهرباء الناتج عن مراكز البيانات والذكاء الاصطناعي وتعدين العملات المشفرة خلال الفترة 2019–2026. كما تشير التقديرات إلى ارتفاع الطلب من 460 تيراواط ساعة في عام 2022 إلى أكثر من 1000 تيراواط ساعة في عام 2026، أي بزيادة تفوق 117٪، وهو ما يعكس التوسع المتسارع في البنية التحتية الرقمية كثيفة الطاقة.

من جهة أخرى، تمثل تقنيات البلوك تشين، وبالأخص العملات المشفرة مثل البيتكوين، تحديًا بيئيًا متزايدًا نتيجة استهلاكها الضخم للطاقة. تقوم هذه التقنية على شبكة لامركزية من الحواسيب تعمل على تأكيد المعاملات الرقمية من خلال عملية تُعرف باسم التعدين، والتي تتطلب حل مسائل تشفيرية معقدة باستخدام قدرات حوسبية عالية، مما يؤدي إلى استهلاك هائل للطاقة الكهربائية.

تُظهر دراسة أجراها (Mora & al, 2018) أن تعدين البيتكوين وحده قد يسهم، إذا استمر دون تنظيم، في رفع متوسط درجة حرارة الأرض بما يتجاوز عتبة 2 درجة مئوية التي حددها اتفاق باريس للمناخ خلال العقود المقبلة. وبالمثل، أفاد (Stoll & al, 2019) أن الاستهلاك السنوي للطاقة الناتج عن البيتكوين يعادل تقريبًا استهلاك دول متقدمة مثل النمسا، وتبلغ بصمته الكربونية ما يعادل بصمة مدينة عالمية كبرى.

تُظهر هذه النتائج بوضوح أن البنية التحتية الرقمية الحديثة، رغم فوائدها الاقتصادية والتقنية الهائلة، تفرض تكاليف بيئية باهظة ما لم تُصاحبها استراتيجيات فعّالة لكفاءة الطاقة والتحول نحو مصادر طاقة متجددة.

3-3 استخراج المواد الخام وتأثيرها على البيئة

يتطلب إنتاج الأجهزة الرقمية الحديثة كميات كبيرة من المواد الخام، بما في ذلك العناصر الأرضية النادرة والمعادن الأساسية، والتي تُستخرج غالبًا من مناطق غنية بالموارد الطبيعية في إفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية. وعلى الرغم من أهميتها في دعم الابتكار التكنولوجي، فإن عمليات الاستخراج والتكرير تُعد من بين أكثر الأنشطة إضرارًا بالبيئة، إذ تُسبب تدهور النظم البيئية، وتدمير الموائل الطبيعية، وفقدان التنوع البيولوجي، إضافة إلى **تلوث الهواء والمياه والتربة.

تُعد العناصر الأرضية النادرة من المكونات الأساسية في تصنيع مجموعة واسعة من الأجهزة الرقمية، مثل الهواتف الذكية، وأجهزة الحاسوب، ومعدات الطاقة المتجددة (Balaram, 2019).

تستهلك الهواتف الذكية والأجهزة اللوحية كميات كبيرة من هذه المواد الخام بسبب تنوع مكوناتها المعدنية ودوراتها العمرية القصيرة، مما يؤدي إلى زيادة الاستبدال المتكرر للأجهزة وارتفاع الطلب العالمي على الموارد. وتشير التقديرات إلى أن هذه الأجهزة مسؤولة عن 9.4٪ من الطلب العالمي على الكوبالت و8.9٪ من البلاديوم، إضافة إلى نسب كبيرة من التنتالوم والفضة والذهب والإنديوم والمغنيسيوم (Manhart, 2016).

ويُقدر إجمالي مخزون المواد الخام في جميع الهواتف الذكية والأجهزة اللوحية النشطة عالميًا بنحو مليون طن، وهو ما يعكس التأثير الكبير لصناعة الأجهزة الرقمية على استهلاك الموارد الطبيعية والحاجة الملحّة إلى تطوير استراتيجيات فعّالة لإعادة التدوير والاستخدام المستدام للمواد.

أشارت العديد من الدراسات إلى الآثار البيئية السلبية لاستخراج المواد الخام اللازمة للتكنولوجيا الرقمية. فقد بيّن (Zheng & al, 2016) أن عمليات استخراج وتكرير العناصر الأرضية النادرة تُنتج كميات ضخمة من النفايات السامة، بما في ذلك المواد المشعة، التي يمكن أن تُلوث النظم الإيكولوجية المحيطة وتؤثر في صحة الإنسان.

وفي دراسة أخرى، أوضح (Ali, 2014) أن تعدين الليثيوم، وهو عنصر أساسي في البطاريات القابلة لإعادة الشحن المستخدمة في الأجهزة الإلكترونية والمركبات الكهربائية، يؤدي إلى استنزاف حاد لموارد المياه وزيادة معدلات التصحر، لا سيما في مناطق مثل صحراء أتاكاما في تشيلي، مما يهدد النظم البيئية المحلية وسبل عيش المجتمعات الريفية.

كما خضع تعدين الكوبالت، الذي يتم معظمه في جمهورية الكونغو الديمقراطية، لتدقيق واسع النطاق بسبب آثاره البيئية والاجتماعية، بما في ذلك التلوث الناتج عن المخلفات الكيميائية وانتهاكات حقوق العمال (Sovacool, 2019).

وأشار (Weng, 2015) إلى أن عمليات تعدين العناصر الأرضية النادرة تنطوي على مخاطر بيئية متعددة، تشمل انبعاثات المواد المشعة، واستخدام المواد الكيميائية السامة أثناء المعالجة، بالإضافة إلى انبعاث غازات الاحتباس الحراري الناتجة عن عمليات الاستخراج.

وتؤكد هذه الدراسات مجتمعةً على الحاجة الماسّة لتبني نهج أكثر استدامة في إدارة سلسلة إمداد المعادن الحيوية، من خلال تحسين كفاءة إعادة التدوير، وتعزيز الشفافية في سلاسل التوريد، وتقليل الاعتماد على الموارد غير المتجددة.

4-3 استخدام المياه في التصنيع الرقمي

يُعد استخدام المياه في التصنيع الرقمي أحد الجوانب البيئية المهمة المرتبطة بالتحول الرقمي العالمي. إذ تتطلب العديد من عمليات الإنتاج الرقمي، ولا سيما تصنيع أشباه الموصلات ومكونات الأجهزة الإلكترونية، كميات كبيرة من المياه العذبة فائقة النقاء لضمان جودة العمليات ودقة الأداء التقني.

تُستخدم المياه فائقة النقاء في عدة مراحل من سلسلة إنتاج الرقائق الإلكترونية، بما في ذلك عمليات التصنيع الدقيقة، والتنظيف، والتبريد، وهي عمليات أساسية للحفاظ على نقاء الأسطح ومنع التلوث المجهري الذي قد يؤثر على كفاءة الرقائق. وتشير التقديرات إلى أن مصنعًا واحدًا لتصنيع أشباه الموصلات قد يستهلك ما يصل إلى 10 ملايين جالون من المياه يوميًا،

اعتمادًا على حجمه وسعة إنتاجه. وقد بلغ إجمالي استهلاك المياه فائقة النقاء في هذا القطاع نحو 5.51×10^8 متر مكعب عالميًا في عام.

يؤدي هذا الطلب المرتفع إلى استنزاف موارد المياه العذبة، لا سيما في المناطق التي تعاني من شُح المياه، مثل أجزاء من تايوان، وكوريا الجنوبية، والولايات المتحدة (أريزونا وكاليفورنيا)، حيث تتركز مصانع أشباه الموصلات الكبرى.

تناولت دراسات حديثة الأثر المائي البيئي للتصنيع الرقمي، مؤكدة أن المشكلة لا تقتصر على حجم استهلاك المياه فحسب، بل تشمل أيضًا مخاطر التلوث الكيميائي الناتج عن التخلص من المياه الصناعية. أشار (Chamanara & al, 2023) إلى أن البصمة المائية لشبكة تعدين البيتكوين العالمية بلغت نحو 1.65 كيلومتر مكعب خلال الفترة 2020–2021، وهو ما يتجاوز الاحتياجات السنوية للمياه المنزلية لحوالي 300 مليون شخص يعيشون في المناطق الريفية بإفريقيا جنوب الصحراء.

في السياق ذاته، وجد (Li & al, 2023) أن تدريب نموذج GPT-3 في مراكز بيانات Microsoft بالولايات المتحدة قد تسبب في تبخر نحو 700,000 لتر من المياه العذبة. ومع التوسع المتسارع في تطبيقات الذكاء الاصطناعي التوليدي، من المتوقع أن يصل استهلاك المياه العالمي للذكاء الاصطناعي إلى 4.2–6.6 مليار متر مكعب بحلول عام 2027، أي ما يعادل الاستهلاك السنوي للمياه في أربع إلى ست دول مثل الدنمارك أو نصف المملكة المتحدة.

وقد أدى الارتفاع الكبير في استخدام الإنترنت والخدمات الرقمية خلال جائحة COVID-19 إلى زيادة تشغيل مراكز البيانات على مستوى العالم (Kez & al, 2022). ومع هذا التوسع، ارتفع الطلب ليس فقط على الطاقة، بل أيضًا على المياه المستخدمة في أنظمة التبريد وتوليد الطاقة. وتشير التقديرات إلى أن مراكز البيانات تستهلك في المتوسط 9.1 لترًا من المياه لكل كيلوواط-ساعة من الطاقة المستهلكة، أي ما يعادل حوالي 660 مليار لتر سنويًا في الولايات المتحدة وحدها (Shehabi & al, 2016).

توضح البيانات التشغيلية لشركات التكنولوجيا الكبرى هذا الاتجاه بوضوح؛ فقد ارتفع استهلاك شركة Microsoft للمياه من 1.91 جيجالتر (GL) في عام 2017 إلى 3.96 جيجالتر في عام 2020، بينما زاد استهلاك Googleمن 11.62 جيجالتر في عام 2017 إلى 21.5 جيجالتر في عام (Kez & al, 2022).

تعكس هذه الأرقام التحدي البيئي المزدوج المتمثل في تزايد الطلب المائي للطاقة الرقمية من جهة، والحاجة إلى إدارة مستدامة للموارد المائية من جهة أخرى، عبر تبني تقنيات تدوير المياه الصناعية، وتحسين كفاءة التبريد في مراكز البيانات، واستخدام مصادر المياه الرمادية كبديل مستدام.

3-5 انبعاثات الكربون من الأنشطة الرقمية

أصبحت الأنشطة الرقمية – بما في ذلك إنتاج الأجهزة، وتشغيلها، وتخزين البيانات ونقلها –مساهمًا رئيسيًا في انبعاثات الكربون العالمية. ومع تزايد الاعتماد على التقنيات الرقمية، يتسع أثرها البيئي بوتيرة متسارعة، رغم أن هذا الجانب غالبًا ما يُتجاهل في سياق التحول الرقمي.

تشير التقديرات إلى أن قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT) يمثل اليوم أحد أسرع مصادر الانبعاثات نموًا. فقد أظهرت دراسة (Belkhir & al,2018) أن البصمة الكربونية العالمية لصناعة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات تضاعفت أكثر من مرتين بين عامي 2007 و2020، إذ ارتفعت من 1.06٪ إلى أكثر من 3٪ من إجمالي الانبعاثات العالمية. وتُعد الهواتف الذكية ومراكز البيانات المساهمين الرئيسيين في هذا الارتفاع، حيث شكلت الأولى أكثر من 50٪ من بصمة الكربون للقطاع بحلول عام 2020، في حين ارتفعت مساهمة الثانية من 33٪ إلى 45٪ في الفترة ذاتها. وإذا استمرت الاتجاهات الحالية، فقد تمثل تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ما يصل إلى 14٪ من الانبعاثات العالمية بحلول عام 2040، متجاوزة بذلك بصمة قطاع الزراعة.

تنبع هذه الانبعاثات من مختلف مراحل دورة حياة الأجهزة الرقمية، بدءًا من استخراج المواد الخام مرورًا بعمليات التصنيع والنقل والاستخدام وانتهاءً بالتخلص أو إعادة التدوير. وأشار (Malmodin & al, 2018) إلى أن البصمة الكربونية

للأجهزة الرقمية – بما في ذلك الهواتف الذكية، والأجهزة اللوحية، والحواسيب المحمولة – تُعد مرتفعة للغاية نظرًا إلى الطاقة المطلوبة في مراحل الإنتاج والتشغيل، فضلًا عن الانبعاثات الناتجة عن التصنيع. كما يُفاقم العمر القصير للأجهزة هذا الأثر، إذ تؤدي وتيرة التحديث السريعة إلى زيادة في الإنتاج والنفايات، وبالتالي زيادة انبعاثات الكربون المرتبطة بها.

يشكل تخزين البيانات ونقلها عاملًا آخر مهمًا في الانبعاثات الرقمية. إذ تُنتج مراكز البيانات وحدها نحو 0.5٪ من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية(Hintemann& al, 2024)، بسبب الطاقة الكبيرة اللازمة لتشغيل الخوادم وأنظمة التبريد. ومع تزايد حجم البيانات المتداولة عالميًا، تتزايد الحاجة إلى هذه المرافق، مما يؤدي إلى ارتفاع انبعاثات الكربون الناتجة عنها. ووفقًا لتقديرات، قد ترتفع انبعاثات مراكز البيانات العالمية إلى 3.2٪ من الإجمالي العالمي في عام 2025، وربما تصل إلى 14٪ في عام 2040.

كذلك، أظهرت دراسات (Andrae & al, 2015) أن التحول نحو الخدمات السحابية يُعد من العوامل الرئيسية في زيادة الانبعاثات الرقمية، حيث يؤدي الاعتماد المتزايد على البنية التحتية للحوسبة السحابية إلى استهلاك طاقة أعلى لتخزين البيانات ونقلها. وعلى الرغم من التحسن النسبي في كفاءة الطاقة، كما أوضح (Masanet & al, 2020)، فإن الزيادة الكبيرة في حجم حركة البيانات الرقمية تفوق مكاسب الكفاءة، مما يمنع انخفاضًا ملموسًا في إجمالي الانبعاثات.

ومن الجوانب الأخرى ذات التأثير الملحوظ خدمات بث الفيديو، التي أصبحت من أكبر مصادر الانبعاثات الرقمية. فقد قدر تقرير The Shift Project أن بث الفيديو على الإنترنت ينتج أكثر من 300 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًا، أي ما يعادل نحو 1٪ من الانبعاثات العالمية. ويرتبط هذا الارتفاع أساسًا بالطاقة المطلوبة لبث المحتوى عالي الدقة (HD وK4) واستمرار الطلب على سعة تخزين ومعالجة أكبر في مراكز البيانات. حتى الاستخدام اليومي البسيط للإنترنت يسهم في هذا العبء البيئي؛ إذ تُظهر دراسة (Jones, 2018) أن الرسالة الإلكترونية الواحدة قد تولد نحو 4 غرامات من ثاني أكسيد الكربون، ما يعني أن مليارات الرسائل اليومية تضيف كمية معتبرة من الانبعاثات إلى الأجواء.

كما تُعد تقنيات البلوك تشين، ولا سيما تعدين العملات المشفرة، من أكثر الأنشطة الرقمية كثافة في استهلاك الطاقة. وأشار (Vries, 2021) إلى أن تعدين البيتكوين وحده يمكن أن ينتج 22.9 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًا، وهو ما يعادل انبعاثات دول متوسطة الحجم مثل الأردن أو سريلانكا. ويعود السبب في ذلك إلى الطبيعة اللامركزية للشبكة، وآلية إثبات العمل (Proof-of-Work) التي تتطلب قدرًا هائلًا من الطاقة الحاسوبية، مما يجعل البلوك تشين مساهمًا بارزًا في الانبعاثات الكربونية العالمية.

تُبرز هذه النتائج أن التحول الرقمي، رغم ما يقدمه من فرص هائلة للتنمية والابتكار، يحمل معه تكلفة بيئية متزايدة. ومن ثمّ، فإن إدراك التهديدات البيئية المترتبة على الأنشطة الرقمية يشكل خطوة ضرورية نحو تبني استراتيجيات استباقية للحد من آثارها. ويشمل ذلك تعزيز كفاءة الطاقة، وتبني مبادئ الاقتصاد الدائري، وإدارة النفايات الإلكترونية بطرق مستدامة، إلى جانب تصميم تقنيات رقمية منخفضة الانبعاثات.

سنناقش ايضا في القسم الموالي الأساليب الفعالة لتقليل الأثر البيئي للتكنولوجيات الرقمية، مع التركيز على كفاءة الطاقة وإدارة الموارد في إطار الاستدامة البيئية الشاملة.

4-استراتيجيات التخفيف للحد من الأثر البيئي للتحول الرقمي

استعرضت الأقسام السابقة الجوانب المختلفة للأثر البيئي المصاحب للتحول الرقمي، بما في ذلك الاستهلاك المكثف للطاقة والمياه، والانبعاثات الكربونية المتزايدة، وتراكم النفايات الإلكترونية الناتجة عن الاستخدام واسع النطاق للأجهزة والتقنيات الرقمية. وقد أدى التوسع السريع في مراكز البيانات، والاعتماد المتزايد على الخدمات السحابية، والانتشار الهائل للأجهزة الذكية إلى تفاقم البصمة البيئية للرقمنة على المستويات المحلية والعالمية.

يُبرز هذا الواقع الحاجة المُلحة إلى تبني استراتيجيات تخفيف فعّالة تهدف إلى تقليل الأثر البيئي دون المساس بفوائد التحول الرقمي في مجالات الكفاءة، والابتكار، والتنمية الاقتصادية. وتتمثل الغاية الأساسية من جهود التخفيف في خفض البصمة البيئية للتقنيات الرقمية من خلال تحسين كفاءة الطاقة، وزيادة الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة، وتعزيز إعادة التدوير والإدارة المستدامة للنفايات الإلكترونية، إلى جانب دمج مبادئ الاستدامة في جميع مراحل سلسلة القيمة الرقمية — بدءًا من التصميم والإنتاج وحتى الاستخدام وإعادة الاستخدام.

تهدف هذه الاستراتيجيات إلى تحقيق توازن دقيق بين التقدم التكنولوجي والاستدامة البيئية، بحيث يُمكن للتحول الرقمي أن يستمر في دعم الابتكار والنمو الاقتصادي دون أن يكون ذلك على حساب سلامة النظم البيئية أو استنزاف الموارد الطبيعية. ومن خلال التحول نحو بنية تحتية رقمية خضراء وتصميم حلول ذكية موفرة للطاقة، يمكن تحقيق مسار رقمي أكثر استدامة يسهم في مواجهة تحديات التغير المناخي والحد من الانبعاثات.

4-1 كفاءة الطاقة والحوسبة المستدامة

تزايدت الحاجة إلى مراكز البيانات بشكل كبير نتيجة النمو الهائل في جمع البيانات واستهلاكها، لا سيما مع التوسع في خدمات الحوسبة السحابية التي تعتمد على أعداد ضخمة من الخوادم لتقديم خدمات متعددة وفق نموذج "الدفع مقابل الاستخدام" (Katal & al, 2023). ورغم أن هذه البنية التحتية تُعد أساس التحول الرقمي العالمي، فإنها تُسهم أيضًا في زيادة استهلاك الطاقة وانبعاثات الكربون.

4-1-1 مراكز البيانات الخضراء وتقنيات التبريد المتقدمة

برزت مراكز البيانات الخضراء كبديل مستدام لمراكز البيانات التقليدية، إذ تركز على تقليل استهلاك الطاقة والحد من الأثر البيئي من خلال اعتماد التقنيات الموفّرة للطاقة، وأنظمة التبريد المتقدمة، والمحاكاة الافتراضية، ومصادر الطاقة المتجددة مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الكهرومائية (Channi & al, 2024). تسهم هذه الممارسات في خفض التكاليف التشغيلية وتقليل البصمة الكربونية.

يمثل التبريد أحد أكبر مصادر استهلاك الطاقة في مراكز البيانات، ويمكن أن يؤدي تحسين كفاءته إلى توفيرٍ يتراوح بين 20–40% من إجمالي استهلاك الطاقة (Zhu & al, 2024). تُعد تقنيات إدارة تدفق الهواء المُحسّنة، مثل أنظمة احتواء الممر الساخن/البارد واستخدام الأرضيات المرتفعة، من الوسائل الفعالة لمنع اختلاط الهواء الساخن بالبارد، مما يزيد من كفاءة التبريد (Yuan & al, 2020).

كذلك تُقدّم أنظمة التبريد السائل، التي تنقل الحرارة مباشرة من الأجهزة باستخدام سوائل تبريد مخصصة، بديلًا أكثر كفاءة من أنظمة التبريد الهوائي التقليدية (Angel & al, 2021). كما يُعد التبريد الحر، الذي يستفيد من الهواء أو الماء الخارجيين لتقليل الاعتماد على الأنظمة الميكانيكية كثيفة الطاقة، من الاستراتيجيات الواعدة في هذا المجال (Khalaj & al, 2018).

4-2-2 المحاكاة الافتراضية وتوحيد الخوادم

تُعد المحاكاة الافتراضية إحدى أكثر الممارسات فعالية في تحسين كفاءة الطاقة داخل مراكز البيانات، إذ تتيح تشغيل عدة أجهزة افتراضية على خادم فعلي واحد، مما يزيد من كفاءة استخدام الموارد ويقلل الحاجة إلى عدد كبير من الخوادم الفعلية (Anand & al, 2021).

أما توحيد الخوادم، فيعني دمج أحمال العمل على عدد أقل من الخوادم عالية الكفاءة، مما يؤدي إلى خفض استهلاك الطاقة والبنية التحتية الداعمة(Uddin & al, 2021).

4-1-3 إدارة الطاقة في الوقت الفعلي باستخدام أدوات (DCIM)

تتيح أدوات إدارة البنية التحتية لمراكز البيانات (DCIM) مراقبة استهلاك الطاقة والتحكم به في الوقت الفعلي (Huang,2021). توفر هذه الأدوات بيانات دقيقة حول كفاءة الطاقة، وتُمكّن المشغلين من اكتشاف الاختناقات واتخاذ إجراءات تصحيحية فورية. كما تسمح التحكمات الآلية المدمجة بتحسين أنظمة التبريد والطاقة بناءً على الظروف التشغيلية الفعلية، مما يقلل من الهدر الطاقي ويُحسّن الكفاءة التشغيلية الكلية(Murino & al, 2023).

4-4-4 الحوسبة الطرفية (Edge Computing) لتقليل أحمال نقل البيانات

تعالج الحوسبة الطرفية البيانات بالقرب من مصدرها، مما يقلل الحاجة إلى إرسال كميات ضخمة من البيانات إلى مراكز البيانات المركزية. يؤدي ذلك إلى خفض استهلاك الطاقة في النقل والمعالجة، وتقليل زمن الاستجابة، وتحسين أداء التطبيقات الموزعة (Simić & al, 2021) وبذلك تسهم الحوسبة الطرفية في تحقيق كفاءة طاقية أفضل ضمن الشبكات الرقمية الحديثة.

5-1-4 الحوسبة الخضراء (Green Computing)

تشمل الحوسبة الخضراء – أو تكنولوجيا المعلومات الخضراء – مجموعة من الممارسات والتقنيات المصممة لتقليل التأثير البيئي لأنظمة الحوسبة عبر تحسين كفاءة الطاقة وتقليل استهلاك الموارد (Verdecchia & al, 2023).

- ✓ **الأجهزة الموفّرة للطاقة:**

يُعد تطوير الأجهزة الموفّرة للطاقة من ركائز الحوسبة الخضراء (Butt & al, 2020). تشمل الأمثلة المعالجات منخفضة الطاقة، ومحركات الأقراص ذات الحالة الصلبة (SSD)، وأنظمة التبريد الذكية التي تقلل من استهلاك الطاقة أثناء التشغيل (Rong & al, 2016). استخدمت مراكز بيانات جوجل خوارزميات تعلم آلي متقدمة لتحسين أنظمة التبريد، ما أدى إلى خفض استهلاك الطاقة للتحكم في درجات الحرارة بنسبة تصل إلى 40٪ (Isaev & al, 2023).

- ✓ **الحوسبة السحابية:**

تشير الدراسات إلى أن الخدمات السحابية يمكن أن تقلل من استهلاك الطاقة بأكثر من 60٪ مقارنة بالبنى التحتية المحلية، من خلال تخصيص الموارد ديناميكيًا وتقليل الطاقة المهدورة في فترات الخمول (Kumar & al, 2012). كما يتجه كبار مزودي الخدمات، مثل أمازون ويب سيرفيسز (AWS) ومايكروسوفت أزور، نحو الاعتماد الكامل على الطاقة المتجددة في تشغيل مراكزهم (Amendola & al, 2021).

- ✓ **هندسة البرمجيات الخضراء:**

تسهم البرمجيات أيضًا في الكفاءة الطاقية عبر مفهوم هندسة البرمجيات الخضراء، الذي يشجع المطورين على كتابة تعليمات برمجية تقلل من استهلاك المعالجة والذاكرة (Manotas & al, 2016) تساعد هذه المقاربات في تقليل العبء الطاقي الكلي للتطبيقات، خصوصًا في أنظمة الذكاء الاصطناعي والحوسبة السحابية.

إذن من خلال دمج التقنيات الموفّرة للطاقة، والحوسبة الخضراء، وأنظمة الإدارة الذكية، يمكن تقليل استهلاك الطاقة في البنية التحتية الرقمية بشكل كبير. لا تقتصر الفوائد على البعد البيئي فحسب، بل تمتد إلى خفض التكاليف التشغيلية وتحسين كفاءة الأداء، مما يجعل هذه الممارسات حجر الأساس لتحقيق تحول رقمي مستدام.

2-4 تبنّي مبادئ الاقتصاد الدائري في القطاع الرقمي

يُعد دمج مبادئ الاقتصاد الدائري في القطاع الرقمي نهجًا تحويليًا يهدف إلى الحد من الأثر البيئي للتكنولوجيا، انسجامًا مع الهدف الثاني عشر من أهداف التنمية المستدامة (SDG 12) المعنيّ بالاستهلاك والإنتاج المسؤولين.

وعلى عكس نموذج الاقتصاد الخطي التقليدي، الذي يقوم على مبدأ "الأخذ–التصنيع–التخلص"، يسعى الاقتصاد الدائري إلى إنشاء نظام حلقة مغلقة يركّز على تقليل النفايات، وإعادة الاستخدام، وإعادة التدوير عبر دورة حياة المنتجات (Goel, 2021).

وتُبرز هذه المقاربة أهميتها في ظل التقديرات التي تشير إلى أن القطاع الرقمي يُنتج نحو 50 مليون طن متري من النفايات الإلكترونية سنويًا، يُعاد تدوير أقل من 20٪ منها بطريقة مسؤولة.

4-2-1 التصميم لإطالة العمر

يُعد تصميم المنتجات الإلكترونية لإطالة عمرها التشغيلي من الركائز الأساسية للاقتصاد الدائري، وهو ما يتماشى مع مبدأ الوقاية من النفايات وتقليلها وإعادة استخدامها الوارد في أهداف التنمية المستدامة.

يسهم تطوير الأجهزة التي يمكن إصلاحها وتحديثها بسهولة في تقليل وتيرة الاستبدال وبالتالي خفض حجم النفايات الإلكترونية (van den Berge, 2024).

فعلى سبيل المثال، تتيح التصاميم المعيارية للهواتف الذكية استبدال المكونات الفردية (مثل البطارية أو الشاشة) بدلاً من الجهاز بأكمله، مما قد يُطيل عمر الاستخدام بنسبة تتراوح بين 30–50٪ (Bakker & al, 2014).

كذلك، يمثل التجديد وإعادة التصنيع من الاستراتيجيات الرئيسية لإطالة عمر المنتجات، حيث يمكن لتجديد 10٪ فقط من النفايات الإلكترونية أن يُوفر ما يُعادل 1.2 مليون طن متري من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون سنويًا (Forti & al, 2020)، مما يجعلها خطوة فعّالة في الحد من البصمة الكربونية للقطاع.

4-2-2 إعادة تدوير المواد القيّمة

تُعد إعادة التدوير الفعّالة للأجهزة الرقمية المهملة أداة محورية في استعادة المواد القيّمة مثل الذهب، والفضة، والنحاس، والعناصر الأرضية النادرة.

غالبًا ما تحتوي النفايات الإلكترونية على تراكيز من هذه المعادن تفوق تلك الموجودة في الخامات الطبيعية، ما يجعل إعادة التدوير خيارًا أكثر جدوى اقتصادية واستدامة من التعدين التقليدي (Kumar & al, 2017).

يسهم ذلك في الحفاظ على الموارد الطبيعية وتقليل الحاجة إلى أنشطة استخراج جديدة، إضافةً إلى خفض البصمة البيئية لإنتاج الأجهزة الجديدة(He & al, 2017).

كما تُعد هذه الممارسات أساسًا في بناء سلاسل توريد دائرية تُعيد دمج المواد المسترجعة في عمليات الإنتاج الصناعي.

4-2-3 التصميم البيئي من أجل الاستدامة

يُعتبر التصميم البيئي مكوّنًا جوهريًا في مواءمة المنتجات الرقمية مع مبادئ الاقتصاد الدائري. يركّز هذا النهج على تقليل الأثر البيئي خلال كامل دورة حياة المنتج – بدءًا من التصنيع مرورًا بالاستخدام ووصولًا إلى التخلص النهائي (Garcia-Muiña & al, 2019)

تشمل استراتيجيات التصميم البيئي تطوير أجهزة قابلة للتفكيك والإصلاح والتحديث بسهولة، واستخدام مواد مستدامة مثل البلاستيك القابل للتحلل الحيوي أو المعادن المعاد تدويرها (Moshood & al, 2022).

وتُعد التصاميم المعيارية إحدى الركائز المهمة في هذا الاتجاه، إذ تسمح للمستخدمين باستبدال أو ترقية المكونات الفردية دون الحاجة إلى استبدال الجهاز بأكمله، مما يشجع على أنماط استهلاك أكثر استدامة(Amend & al, 2022).

4-2-4 تحدّيات تبنّي الاقتصاد الدائري

رغم الفوائد البيئية والاقتصادية العديدة للاقتصاد الدائري، فإن تنفيذه في القطاع الرقمي يواجه مجموعة من التحدّيات الهيكلية والمؤسسية.

تشمل هذه التحديات ارتفاع تكاليف إعادة التدوير، وغياب المعايير الموحّدة لإدارة النفايات الإلكترونية، فضلًا عن تعقيد التصاميم الإلكترونية الحديثة التي تجعل عملية التفكيك وإعادة التدوير أكثر صعوبة.

كما تسهم عوامل أخرى مثل سلوك المستهلكين، والتفاوت في الأطر التنظيمية بين الدول، ومخاوف أمن البيانات في إبطاء تبنّي نموذج الاقتصاد الدائري على نطاق واسع.

ولذلك، فإن التغلب على هذه التحديات يتطلب تعاونًا متعدد الأطراف بين الحكومات، والمصنعين، والمستهلكين، لتطوير سياسات تحفيزية وتشريعات واضحة تُشجع على الإنتاج والاستهلاك المستدامين في القطاع الرقمي.

إذن فإن دمج مبادئ الاقتصاد الدائري في القطاع الرقمي يُمثل خطوة جوهرية نحو تحقيق تحول رقمي مستدام يوازن بين الابتكار والنمو من جهة، والحفاظ على البيئة والموارد من جهة أخرى.

من خلال تصميم الأجهزة لإطالة عمرها، وتعزيز إعادة التدوير، واعتماد التصميم البيئي، يمكن للقطاع الرقمي أن يتحول من نموذج استهلاكي خطي إلى نموذج إنتاجي متجدد ودائري يدعم أهداف التنمية المستدامة العالمية.

3-4 إدارة الموارد المستدامة

تُعد إدارة الموارد المستدامة ركيزة أساسية للحد من البصمة البيئية للقطاع الرقمي. فمع التوسع المتسارع في التصنيع الرقمي ومراكز البيانات، يتزايد الطلب على الموارد الطبيعية، ولا سيما المياه والطاقة.

ولا يقتصر تطبيق الممارسات المستدامة في هذه المجالات على الحفاظ على الموارد الطبيعية فحسب، بل يسهم أيضًا في تحقيق الأهداف البيئية العالمية المتعلقة بالحد من النفايات وحماية النظم البيئية.

1-3-4 الحفاظ على المياه

نظرًا لأن العديد من الأنشطة الرقمية — مثل تبريد مراكز البيانات وتصنيع أشباه الموصلات وصيانة الألواح الشمسية — تُعد كثيفة الاستهلاك للمياه، فإن تبنّي استراتيجيات إدارة المياه المستدامة يُمثل ضرورة ملحّة للقطاع الرقمي.

أولًا: أنظمة تبريد مراكز البيانات

تستخدم أنظمة التبريد التقليدية كميات كبيرة من المياه للحفاظ على درجات حرارة مناسبة للخوادم. لمواجهة ذلك، تعتمد الشركات الرائدة أنظمة تبريد مغلقة الحلقة تعيد تدوير المياه داخل النظام نفسه، مما يقلل الحاجة إلى مياه عذبة جديدة.

على سبيل المثال، مكّنت أنظمة مايكروسوفت ذات الحلقة المغلقة مراكز بياناتها من تحقيق تخفيضات كبيرة في استهلاك المياه عبر إعادة استخدامها بشكل مستمر.

كما تمثل تقنية التبريد بالسوائل خيارًا فعالًا، حيث يتم تدوير كميات محدودة من الماء مباشرة على المكونات الإلكترونية، مما يحسّن الكفاءة الحرارية ويقلل استهلاك المياه مقارنة بطرق التبريد بالهواء (Sun & al, 2024).

ثانيًا: تصنيع أشباه الموصلات

يُعد تصنيع أشباه الموصلات من أكثر الصناعات الرقمية استهلاكًا للمياه، حيث يتطلب استخدام مياه فائقة النقاء في مراحل التنظيف والتبريد والإنتاج.

استجابة لذلك، تبنّت شركات مثل Intel برامج إعادة تدوير وتنقية المياه في مواقع التصنيع، حيث تُعالج المياه المستخدمة وتُعاد إلى جودتها الأصلية لتُستخدم مجددًا داخل المنشأة.

تهدف الشركة إلى تحقيق إعادة استخدام كاملة للمياه بنسبة 100٪ بحلول عام 2030 (Kum & al, 2023)، ما يشكّل نموذجًا رائدًا في الصناعة نحو صفر نفايات مائية.

ثالثًا: صيانة الألواح الشمسية

تحتاج الألواح الشمسية المستخدمة في تشغيل مراكز البيانات إلى تنظيف دوري لضمان الكفاءة القصوى، وهو ما يتطلب كميات من المياه، خاصة في المناطق الجافة أو المغبرة.

ولتقليل ذلك، تم تطوير تقنيات تنظيف روبوتية تعتمد على الفرش الآلية أو الأنظمة الكهروستاتيكية لتقليل أو إلغاء الحاجة إلى المياه (Dahlioui & al, 2023)

كما تُستخدم أنظمة حصاد مياه الأمطار لتجميع المياه واستخدامها في تنظيف الألواح خلال فترات الجفاف، مما يقلل الاعتماد على المياه الجوفية ويُعزز الإدارة المستدامة للموارد المائية.

4-4 دمج الطاقة المتجددة في البنية التحتية الرقمية

يُعتبر دمج الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية والرياح والطاقة الكهرومائية، عنصرًا جوهريًا لتحقيق التحول الرقمي المستدام.

يتماشى هذا التوجه مع الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة (SDG 7)، الذي يدعو إلى توفير طاقة نظيفة وبأسعار معقولة، ومع الهدف الثالث عشر (SDG 13) المتعلق بالعمل المناخي والحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (Rostirolla & al, 2022).

1-4-4 تبنّي الطاقة المتجددة في مراكز البيانات

تتجه العديد من شركات التكنولوجيا الكبرى إلى تشغيل مراكز بياناتها بالكامل بالطاقة المتجددة.

فقد التزمت كل من جوجل ومايكروسوفت بتشغيل منشآتها باستخدام الطاقة الخضراء بنسبة 100٪، ما يعكس الجدوى الاقتصادية والتكنولوجية لهذا النهج (Glassmire & al, 2021).

كما أنشأت شركة آبل محطة طاقة شمسية بقدرة 40 ميجاوات لتزويد مركز بياناتها في كارولينا الشمالية بالطاقة النظيفة (Zhang & al, 2023).

في المقابل، افتتحت فيسبوك مركز بيانات يعمل بالطاقة الشمسية في ولاية أوريغون، مع خطط لتوسيع استخدام الطاقة المتجددة في ولايتي يوتا ونيو مكسيكو.

أما شركة HP، فقد دمجت توربينات غازية تعمل بالوقود الحيوي في مراكز بياناتها ذات صافي الانبعاثات الصفري، مما يقلل الاعتماد على الوقود الأحفوري (Chang & al, 2023).

2-4-4 التحديات التقنية والتشغيلية

رغم التقدم المحرز، فإن دمج الطاقة المتجددة في البنية التحتية الرقمية لا يخلو من التحديات.

فقد أشار (Sheme & al, 2018) إلى أن الاعتماد الكامل على الطاقة الشمسية في المناطق الشمالية (عند خط عرض 60° شمالًا) صعب بسبب التقلب الموسمي في الإشعاع الشمسي، مما يستلزم الاعتماد الجزئي على مصادر طاقة أخرى.

وأظهرت نتائجهم أن الدمج بين الطاقة الشمسية وطاقة الرياح يوفر استقرارًا أكبر في الإمدادات مقارنة بالاعتماد على مصدر واحد فقط.

ولتجاوز هذه العقبات، طُوّرت أنظمة تحكم ذكية في إدارة الطلب وجدولة المهام، مثل خوارزمية GreenSlot التي طوّرها (Goiri & al, 2015)، والتي تتنبأ بإنتاج الطاقة الشمسية القريب وتُجدول أحمال العمل وفقًا لذلك لزيادة استخدام الطاقة الخضراء وتقليل التكاليف.

كما اقترح (Ghamkhari & al, 2012) إطارًا يعتمد على التحسين الديناميكي لتوزيع أحمال مراكز البيانات عبر شبكات الحوسبة السحابية المجهزة بمصادر طاقة متجددة متنوعة، مما يعزز كفاءة الطاقة واستقرار الأداء.

إذن إن الإدارة المستدامة للموارد، ولا سيما المياه والطاقة، تمثل محورًا رئيسيًا في بناء بنية تحتية رقمية خضراء. يُظهر دمج أنظمة إعادة التدوير المائي ومصادر الطاقة المتجددة في العمليات الرقمية كيف يمكن للتقنيات الحديثة أن توازن بين الكفاءة التشغيلية وحماية البيئة.

وبذلك، يشكل هذا التكامل بين الاستدامة البيئية والتحول الرقمي خطوة حاسمة نحو اقتصاد رقمي منخفض الكربون وأكثر مرونة في مواجهة تحديات المستقبل.

وفي الاخير تشير النتائج إلى أن التقنيات الرقمية توفر بالفعل فوائد بيئية كبيرة، مثل تحسين إدارة الموارد، وتعزيز كفاءة الطاقة، وتطوير نظم الرصد البيئي. ومع ذلك، فإنها تُنتج أيضًا تحديات بيئية متزايدة، أبرزها توليد النفايات الإلكترونية، وارتفاع استهلاك الطاقة، والاستخراج المكثف للموارد الطبيعية.

تؤكد هذه الازدواجية أن التحول الرقمي يمثل سيفًا ذا حدين، وأن تحقيق أقصى استفادة منه يتطلب نهجًا متوازنًا واستراتيجيًا يضمن الاستفادة من الابتكارات التكنولوجية مع الحد من آثارها البيئية السلبية.

ومن أبرز النتائج التي توصلت إليها المراجعة أن استراتيجيات التحول الرقمي يجب أن تكون ديناميكية وقابلة للتكيّف، مع إعادة تقييم مستمرة لآثارها البيئية كلما تطورت الحلول الرقمية. فمثل هذا النهج التكيفي ضروري لضمان ألا يؤدي النمو السريع للاقتصاد الرقمي إلى تفاقم الأزمات البيئية ذاتها التي يسعى لمعالجتها.

على سبيل المثال، تُظهر تقنيات مثل الذكاء الاصطناعي والبلوك تشين إمكانات هائلة في تحسين الكفاءة والعمليات، لكنها في الوقت نفسه تتطلب طاقة ضخمة لتشغيلها. فقد يُكافئ استهلاك الطاقة لتدريب نموذج ذكاء اصطناعي واحد ما تستهلكه عدة منازل خلال عام كامل، بينما تعتمد عمليات تعدين العملات المشفّرة على قدرات حوسبة كثيفة تُسهم في زيادة انبعاثات الكربون.

تُبرز هذه المفارقة التعقيد الكامن في الحلول الرقمية الحديثة، إذ يمكن أن تؤدي محاولات تحقيق الاستدامة عبر التكنولوجيا إلى خلق تحديات بيئية جديدة إذا لم تُدار بشكل مسؤول ومدروس.

ومن هنا، تؤكد هذه الدراسة على أهمية إدارة استهلاك الطاقة واعتماد بدائل منخفضة الانبعاثات، مثل الحوسبة الخضراء والخوارزميات الموفرة للطاقة، كخطوات أساسية نحو تخفيف البصمة البيئية للقطاع الرقمي. ومع ذلك، فإن تحقيق أثر ملموس يتطلب نشرًا واسعًا لهذه الممارسات وتبني سياسات داعمة على المستويين الحكومي والمؤسسي لضمان تحول مستدام على نطاق عالمي.

الخاتمة:

أظهرت هذه الدراسة أن التحول الرقمي يمثل سلاحًا ذا حدين من منظور بيئي؛ فهو من جهة يُسهم في تعزيز الاستدامة من خلال تحسين إدارة الموارد، وزيادة كفاءة الطاقة، وتطوير آليات الرصد البيئي، ومن جهة أخرى يولّد تحديات بيئية متنامية تشمل ارتفاع استهلاك الطاقة، وتزايد النفايات الإلكترونية، واستنزاف الموارد الطبيعية. وتشير النتائج إلى أن تحقيق التوازن بين الابتكار التكنولوجي والحفاظ على البيئة يتطلب نهجًا استراتيجيًا متكاملًا يجمع بين الحلول التقنية والسياسات التنظيمية والممارسات السلوكية المسؤولة.

من **أهم النتائج المتوصل إليها** ما يلي:

1. التقنيات الرقمية: مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء وسلاسل الكتل يمكن أن تُحدث تأثيرًا إيجابيًا كبيرًا في مجالات الطاقة والزراعة والمراقبة البيئية إذا طُبقت ضمن أطر مستدامة؛

2. في المقابل، يُعد استهلاك الطاقة المرتفع لمراكز البيانات وتدريب نماذج الذكاء الاصطناعي وتعدين العملات المشفرة من أبرز العوامل التي تزيد من البصمة الكربونية الرقمية؛

3. لا تزال الدراسات حول الأثر البيئي للسلوكيات الرقمية الفردية، مثل البث المتكرر، والتسوق عبر الإنترنت، واستخدام التخزين السحابي، محدودة، على الرغم من تزايد أهميتها في ظل الاعتماد المتسارع على التقنيات الرقمية؛

4. يمثل التحول نحو الطاقة المتجددة واعتماد ممارسات الحوسبة الخضراء مسارًا أساسيًا لتقليل الانبعاثات الكربونية للقطاع الرقمي.

بناءً على هذه النتائج، **توصي هذه الدراسة** بما يلي:

1. تعزيز التكامل بين السياسات البيئية والتحول الرقمي، لضمان توافق الابتكارات التقنية مع أهداف التنمية المستدامة؛

2. الاستثمار في الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة في مراكز البيانات والبنى التحتية الرقمية، مع تشجيع الابتكار في تقنيات التبريد وإدارة الطاقة؛

3. تبني مبادئ الاقتصاد الدائري في قطاع التكنولوجيا، عبر إعادة استخدام وإعادة تدوير الأجهزة والمكونات الإلكترونية لتقليل النفايات الإلكترونية؛

4. تشجيع البحث في السلوكيات الرقمية الفردية: لتحديد مساهمتها في البصمة البيئية، ووضع برامج توعوية لتعزيز الاستخدام الرقمي المستدام؛

5. تطوير خوارزميات وتقنيات منخفضة الاستهلاك للطاقة: في مجالات الذكاء الاصطناعي والحوسبة السحابية، وتضمين كفاءة الطاقة كأحد مؤشرات الأداء الأساسية للأنظمة الرقمية؛

6. تطبيق أطر تقييم دورية لقياس الأثر البيئي للتحول الرقمي وضمان التكيف المستمر مع التغيرات التكنولوجية.

وفي الختام، أن التحول الرقمي المستدام ليس خيارًا، بل ضرورة لتحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي وحماية البيئة. إن تحقيق هذا الهدف يتطلب تعاونًا متعدد المستويات بين الحكومات، والمؤسسات، والباحثين، والأفراد من أجل بناء اقتصاد رقمي أخضر قادر على دعم التنمية المستدامة دون الإضرار بالكوكب.

المصادر والمراجع:

1. Abdalla, A.N.; Nazir, M.S.; Tao, H.; Cao, S.; Ji, R.; Jiang, M.; Yao, L. 2021, Integration of Energy Storage System and Renewable Energy Sources Based on Artificial Intelligence: An Overview. *J. Energy Storage* . *40*, 102811.
2. Alojail, M.; Khan, S.B. **2023,** Impact of Digital Transformation toward Sustainable Development. *Sustainability* , *15*, 14697.
3. Arias, P.; Bellouin, N.; Coppola, E.; Jones, R.; Krinner, G.; Marotzke, J.; Naik, V.; Palmer, M.; Plattner, G.-K.; Rogelj, J.; et al. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Technical Summary.
4. Bwambale, E.; Abagale, F.K.; Anornu, G.K. 2022, Smart Irrigation Monitoring and Control Strategies for Improving Water Use Efficiency in Precision Agriculture: A Review. *Agric. Water Manag.*, *260*, 107324.
5. Brahmanand, P.S.; Singh, A.K. 2022, Precision Irrigation Water Management-Current Status, Scope and Challenges. *Indian J. Fertil*, *18*, 372–380.
6. Bakker, K.; Ritts, M. 2018, Smart Earth: A Meta-Review and Implications for Environmental Governance. *Glob. Environ. Chang. 52*, 201–211.
7. Manfreda, S.; McCabe, M.F.; Miller, P.E.; Lucas, R.; Madrigal, V.P.; Mallinis, G.; Dor, E.B.; Helman, D.; Estes, L.; Ciraolo, G.; et al. 2018, On the Use of Unmanned Aerial Systems for Environmental Monitoring. *Remote Sens. 10*, 641.
8. López, J.J.; Mulero-Pázmány, M. 2019, Drones for Conservation in Protected Areas: Present and Future. *Drones* , *3*, 10.
9. Diao, H.; Yang, H.; Tan, T.; Ren, G.; You, M.; Wu, L.; Yang, M.; Bai, Y.; Xia, S.; Song, S.; et al. **2024** Navigating
10. Plekhanov, D.; Franke, H.; Netland, T.H. **2024,** Digital Transformation: A Review and Research Agenda. *Eur. Manag. J*, *41*, 821–844.

11. Gong, C.; Ribiere, V. **2021,** Developing a Unified Definition of Digital Transformation. *Technovation*, *102*, 102217.
12. Vial, G. **2019,** Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda. *J. Strateg. Inf. Syst.*, *28*, 118–144.
13. Kazmi, A. **2023,** Sustainability (World Commission on Environment and Development Definition). In *Encyclopedia of Sustainable Management*; Idowu, S.O., Schmidpeter, R., Capaldi, N., Zu, L., Del Baldo, M., Abreu, R., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland; pp. 3222–3225. ISBN 978-3-031-25984-5.
14. Purvis, B.; Mao, Y.; Robinson, D. **2019,** Three Pillars of Sustainability: In Search of Conceptual Origins. *Sustain. Sci.*, *14*, 681–695.
15. Goel, A., Masurkar, S., & Pathade, G. R. 2024. An overview of digital transformation and environmental sustainability: threats, opportunities, and solutions. Sustainability, 16, 24, 11079.
16. Hilty, L.M.; Aebischer, B. 2015, ICT for Sustainability: An Emerging Research Field. In ICT Innovations for Sustainability; Springer International Publishing: Cham, Switzerland; pp. 3–36.
17. Geissdoerfer, M.; Savaget, P.; Bocken, N.M.; Hultink, E.J. **2017,** The Circular Economy—A New Sustainability Paradigm? *J. Clean. Prod.*, *143*, 757–768.
18. Snyder, H. 2019, Literature Review as a Research Methodology: An Overview and Guidelines. *J. Bus. Res*, *104*, 333–339.
19. Rehman, A.U.; Hafeez, G.; Albogamy, F.R.; Wadud, Z.; Ali, F.; Khan, I.; Rukh, G.; Khan, S. 2021, Efficient Energy Management in Smart Grid Considering Demand Response Program and Renewable Energy Sources. *IEEE Access*, *9*, 148821–148844.
20. Alotaibi, I.; Abido, M.A.; Khalid, M.; Savkin, A.V. A, 2020, Comprehensive Review of Recent Advances in Smart Grids: A Sustainable Future with Renewable Energy Resources. *Energies*, *13*, 6269.
21. Mogles, N.; Walker, I.; Ramallo-González, A.P.; Lee, J.; Natarajan, S.; Padget, J.; Gabe-Thomas, E.; Lovett, T.; Ren, G.; Hyniewska, S.; et al. 2017, How Smart Do Smart Meters Need to Be? *Build. Environ.*, *125*, 439–450.
22. Murdan, A.P. 2023, Powering the Future: IoT-Enabled Smart Grids for Sustainable Energy Systems. In *International Conference on Electrical and Electronics Engineering*; Springer Nature: Singapore; pp. 273–285.
23. Wolfert, S.; Ge, L.; Verdouw, C.; Bogaardt, M.-J. 2017, Big Data in Smart Farming—A Review. *Agric. Syst.*, *153*, 69–80.
24. Soussi, A.; Zero, E.; Sacile, R.; Trinchero, D.; Fossa, M. **2024,** Smart Sensors and Smart Data for Precision Agriculture: A Review. *Sensors*, *24*, 2647.
25. Gayathri, G.; Kamboj, A.D.; Mounika, B.S.; Kumar, A. Chapter-2, 2018, Role of Artificial Intelligence in Agriculture. In *Smart Agricultural Technologies for Sustainable Crop Production*; Shine Book Publishing: Bilaspur, India.
26. Lakhiar, I.A.; Yan, H.; Zhang, C.; Wang, G.; He, B.; Hao, B.; Han, Y.; Wang, B.; Bao, R.; Syed, T.N.; et al. 2024, A Review of Precision Irrigation Water-Saving Technology under Changing Climate for Enhancing Water Use Efficiency, Crop Yield, and Environmental Footprints. *Agriculture*, *14*, 1141.
27. Peng, Y.; Xiao, Y.; Fu, Z.; Dong, Y.; Zheng, Y.; Yan, H.; Li, X. 2019, Precision Irrigation Perspectives on the Sustainable Water-Saving of Field Crop Production in China: Water Demand Prediction and Irrigation Scheme Optimization. *J. Clean. Prod*, *230*, 365–377.

28. Rose, D.C.; Wheeler, R.; Winter, M.; Lobley, M.; Chivers, C.A. 2021, Agriculture 4.0: Making It Work for People, Production, and the Planet. *Land Use Policy* , *100*, 104933.
29. Caine, A.; Dorward, P.; Clarkson, G.; Evans, N.; Canales, C.; Stern, D.; Stern, R. 2015, *Mobile Applications for Weather and Climate Information: Their Use and Potential for Smallholder Farmers*; FAO: Roma, Italy, .
30. Walter, A.; Finger, R.; Huber, R.; Buchmann, N. 2017 , Smart Farming Is Key to Developing Sustainable Agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* , *114*, 6148–6150.
31. Dayıoğlu, M.A.; Turker, U. 2021, Digital Transformation for Sustainable Future-Agriculture 4.0: A Review. *J. Agric. Sci*, *27*, 373–399.
32. Iivari, N.; Sharma, S.; Ventä-Olkkonen, L. **2020**, Digital Transformation of Everyday Life–How COVID-19 Pandemic Transformed the Basic Education of the Young Generation and Why Information Management Research Should Care? *Int. J. Inf. Manag. 55*, 102183.
33. Feroz, A.K.; Zo, H.; Chiravuri, A. **2021,** Digital Transformation and Environmental Sustainability: A Review and Research Agenda. *Sustainability* , *13*, 1530.
34. Jones, N. **2024,** How to Stop Data Centres from Gobbling up the World's Electricity. *Nature* , *561*, 163–166.
35. Wang, Q.; Huang, N.; Chen, Z.; Chen, X.; Cai, H.; Wu, Y. **2024,** Environmental Data and Facts in the Semiconductor Manufacturing Industry: An Unexpected High Water and Energy Consumption Situation. *Water Cycle* , *4*, 47–54.
36. Huang, Y. **2023,**Technology Innovation and Sustainability: Challenges and Research Needs. *Clean Technol. Environ. Policy* , *23*, 1663–1664.
37. Alnafrah, I. **2024,** ESG Practices Mitigating Geopolitical Risks: Implications for Sustainable Environmental Management. *J. Environ. Manag*, *358*, 120923.
38. Gereffi, G.; Lee, J. **2012,** Why the World Suddenly Cares about Global Supply Chains. *J. Supply Chain Manag*, *48*, 24–32.
39. Peladarinos, N.; Piromalis, D.; Cheimaras, V.; Tserepas, E.; Munteanu, R.A.; Papageorgas, P. 2023, Enhancing Smart Agriculture by Implementing Digital Twins: A Comprehensive Review. *Sensors* . *23*, 7128
40. Tao, F.; Qi, Q.; Wang, L.; Nee, A.Y.C. 2019, Digital Twins and Cyber–Physical Systems toward Smart Manufacturing and Industry 4.0: Correlation and Comparison. *Engineering* . *5*, 653–661.
41. Chauhan, M.; Sahoo, D.R. 2024, Towards a Greener Tomorrow: Exploring the Potential of AI, Blockchain, and IoT in Sustainable Development. *Nat. Environ. Pollut. Technol. 23*, 1105–1113.
42. Kristian, A.; Goh, T.S.; Ramadan, A.; Erica, A.; Sihotang, S.V. 2024, Application of AI in Optimizing Energy and Resource Management: Effectiveness of Deep Learning Models. *Int. Trans. Artif. Intell. 2*, 99–105.
43. Ayvaz, S.; Alpay, K. 2021, Predictive Maintenance System for Production Lines in Manufacturing: A Machine Learning Approach Using IoT Data in Real-Time. *Expert Syst. Appl. 173*, 114598.
44. Lee, J.; Bagheri, B.; Kao, H.A. 2015, A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. *Manuf. Lett.* , *3*, 18–23.
45. Scaife, A.D. 2023, Improve Predictive Maintenance through the Application of Artificial Intelligence: A Systematic Review. *Results Eng. 21*, 101645.
46. Qu, C.; Kim, E. 2024, Reviewing the Roles of AI-Integrated Technologies in Sustainable Supply Chain Management: Research Propositions and a Framework for Future Directions. *Sustainability* . *16*, 6186.

47. Boza, P.; Evgeniou, T. 2021, Artificial Intelligence to Support the Integration of Variable Renewable Energy Sources to the Power System. *Appl. Energy* . *290*, 116754.

48. Rangel-Martinez, D.; Nigam, K.D.P.; Ricardez-Sandoval, L.A. 2021, Machine Learning on Sustainable Energy: A Review and Outlook on Renewable Energy Systems, Catalysis, Smart Grid and Energy Storage. *Chem. Eng. Res. Des. 174*, 414–441.

49. Cheng, L.; Yu, T. 2019, A New Generation of AI: A Review and Perspective on Machine Learning Technologies Applied to Smart Energy and Electric Power Systems. *Int. J. Energy Res. 43*, 1928–1973.

50. Kamilaris, A.; Prenafeta-Boldú, F.X. 2018, Deep Learning in Agriculture: A Survey. *Comput. Electron. Agric. 147*, 70–90. [

51. Abad-Segura, E.; González-Zamar, M.D.; Vázquez-Cano, E.; López-Meneses, E. 2020, Remote Sensing Applied in Forest Management to Optimize Ecosystem Services: Advances in Research. *Forests* , *11*, 969.

52. Assunção, J.; Gandour, C.; Rocha, R.2023, DETER-Ing Deforestation in the Amazon: Environmental Monitoring and Law Enforcement. *Am. Econ. J. Appl. Econ. 15*, 125–156.

53. Hadi; Krasovskii, A.; Maus, V.; Yowargana, P.; Pietsch, S.; 2018, Rautiainen, M. Monitoring Deforestation in Rainforests Using Satellite Data: A Pilot Study from Kalimantan, Indonesia. *Forests* . *9*, 389.

54. Ullo, S.L.; Sinha, G.R. 2020, Advances in Smart Environment Monitoring Systems Using IoT and Sensors. *Sensors* . *20*, 3113.

55. Park, J.; Kim, K.T.; Lee, W.H. 2020, Recent Advances in Information and Communications Technology (ICT) and Sensor Technology for Monitoring Water Quality. *Water* . *12*, 510.

56. Chowdury, M.S.U.; Emran, T.B.; Ghosh, S.; Pathak, A.; Alam, M.M.; Absar, N.; Andersson, K.; Hossain, M.S. 2019, IoT Based Real-Time River Water Quality Monitoring System. *Procedia Comput. Sci. 155*, 161–168.

57. Zhang, X.; Zhang, J.; Li, L.; Zhang, Y.; Yang, G. 2017, Monitoring Citrus Soil Moisture and Nutrients Using an IoT Based System. *Sensors* . *17*, 447.

58. Placidi, P.; Morbidelli, R.; Fortunati, D.; Papini, N.; Gobbi, F.; Scorzoni, A. 2021, Monitoring Soil and Ambient Parameters in the IoT Precision Agriculture Scenario: An Original Modeling Approach Dedicated to Low-Cost Soil Water Content Sensors. *Sensors* . *21*, 5110.

59. Hassan, Z.; Hossain, G.J.; Islam, M.M. 2020, Internet of Things (IoT) Based Water Quality Monitoring System. *Educ. Res. 2*, 168–180.

60. Li, C.; Huang, M. 2023, Environmental Sustainability in the Age of Big Data: Opportunities and Challenges for Business and Industry. *Environ. Sci. Pollut. Res. 30*, 119001–119015.

61. Nilashi, M.; Keng Boon, O.; Tan, G.; Lin, B.; Abumalloh, R. 2023, Critical Data Challenges in Measuring the Performance of Sustainable Development Goals: Solutions and the Role of Big-Data Analytics. *Harv. Data Sci. Rev. 5*, 3–4.

62. Steffen, W.; Richardson, K.; Rockström, J.; Cornell, S.E.; Fetzer, I.; Bennett, E.M.; Biggs, R.; Carpenter, S.R.; De Vries, W.; De Wit, C.A.; et al. 2015, Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet. *Science* . *347*, 1259855.

63. Rockström, J.; Donges, J.F.; Fetzer, I.; Martin, M.A.; Wang-Erlandsson, L.; Richardson, K. 2024, Planetary Boundaries Guide Humanity's Future on Earth. *Nat. Rev. Earth Environ. 5*, 773–788.

64. Rawat, S.; Verma, L.; Singh, J. 2020, Environmental Hazards and Management of E-Waste. In *Environmental Concerns and Sustainable Development: Volume 2: Biodiversity, Soil and Waste Management*; Springer: Singapore, pp. 381–398.

65. Alabi, O.A.; Adeoluwa, Y.M.; Huo, X.; Xu, X.; Bakare, A.A. 2021, Environmental Contamination and Public Health Effects of Electronic Waste: An Overview. *J. Environ. Health Sci. Eng. 19*, 1209–1227.

66. Forti, V.; Balde, C.P.; Kuehr, R.; Bel, G. 2020, *The Global E-Waste Monitor 2020: Quantities, Flows and the Circular Economy Potential*; United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU), & International Solid Waste Association (ISWA): Tokyo, Japan.

67. Parajuly, K.; Fitzpatrick, C.; Muldoon, O.; Kuehr, R. 2020, Behavioral Change for the Circular Economy: A Review with Focus on Electronic Waste Management in the EU. *Resour. Conserv. Recycl. X* , *6*, 100035.

68. Fathi, B.M.; Ansari, A.; Ansari, A. 2022, Threats of Internet-of-Thing on Environmental Sustainability by E-Waste. *Sustainability* . *14*, 10161.

69. Vries, A.D.; Stoll, C. 2021, Bitcoin's Growing e-Waste Problem. *Resour. Conserv. Recycl. 175*, 105901.

70. Awasthi, A.K.; Cucchiella, F.; D'Adamo, I.; Li, J.; Rosa, P.; Terzi, S.; Wei, G.; Zeng, X. 2018, Modelling the Correlations of E-Waste Quantity with Economic Increase. *Sci. Total Environ. 613*, 46–53.

71. Abalansa, S.; Mahrad, B.E.; Icely, J.; Newton, A. 2021, Electronic Waste, an Environmental Problem Exported to Developing Countries: The GOOD, the BAD and the UGLY. *Sustainability* , *13*, 5302.

72. Cao, P.; Fujimori, T.; Juhasz, A.; Takaoka, M.; Oshita, K. 2020, Bioaccessibility and Human Health Risk Assessment of Metal (Loid) s in Soil from an e-Waste Open Burning Site in Agbogbloshie, Accra, Ghana. *Chemosphere* , *240*, 124909.

73. Hashmi, M.Z.; Chen, K.; Khalid, F.; Yu, C.; Tang, X.; Li, A.; Shen, C. 2022, Forty Years Studies on Polychlorinated Biphenyls Pollution, Food Safety, Health Risk, and Human Health in an e-Waste Recycling Area from Taizhou City, China: A Review. Environ. Sci. Pollut. Res., 29, 4991–5005.

74. Lin, S.; Ali, M.U.; Zheng, C.; Cai, Z.; Wong, M.H. 2022, Toxic Chemicals from Uncontrolled E-Waste Recycling: Exposure, Body Burden, Health Impact. J. Hazard. Mater., 426, 127792.

75. Saha, L.; Kumar, V.; Tiwari, J.; Rawat, S.; Singh, J.; Bauddh, K. 2021, Electronic Waste and Their Leachates Impact on Human Health and Environment: Global Ecological Threat and Management. Environ. Technol. Innov., 24, 102049.

76. Grant, K.; Goldizen, F.C.; Sly, P.D.; Brune, M.N.; Neira, M.; van den Berg, M.; Norman, R.E. 2013, Health Consequences of Exposure to E-Waste: A Systematic Review. Lancet Glob. Health . 1, e350–e361.

77. Han, Y.; Tang, Z.; Sun, J.; Xing, X.; Zhang, M.; Cheng, J. 2019, Heavy Metals in Soil Contaminated through E-Waste Processing Activities in a Recycling Area: Implications for Risk Management. Process Saf. Environ. Prot. 125, 189–196.

78. Padmanabhan, S.; Joel, C.; Mahalingam, S.; Deepak, J.R.; Kumar, T.V.; Raj, D. 2024, An Overview of the Need for Circular Economy on Electric Vehicle Batteries. Nat. Environ. Pollut. Technol. 23, 183–191.

79. Heacock, M.; Kelly, C.B.; Asante, K.A.; Birnbaum, L.S.; Bergman, Å.L.; Bruné, M.N.; Buka, I.; Carpenter, D.O.; Chen, A.; Huo, X.; et al. 2016, E-Waste and Harm to Vulnerable Populations: A Growing Global Problem. Environ. Health Perspect. 124, 550–555.

80. Amponsah, L.O.; Sørensen, P.B.; Nkansah, M.A.; Vorkamp, K.; Yevugah, L.L.; Darko, G. 2023, Mercury Contamination of Two E-Waste Recycling Sites in Ghana: An Investigation into Mercury Pollution at Dagomba Line (Kumasi) and Agbogbloshie (Accra). Environ. Geochem. Health ., 45, 1723–1737.

81. Chen, Y.; Xu, X.; Zeng, Z.; Lin, X.; Qin, Q.; Huo, X. 2019, Blood Lead and Cadmium Levels Associated with Hematological and Hepatic Functions in Patients from an E-Waste-Polluted Area. Chemosphere .220, 531–538.

82. Zeng, X.; Xu, X.; Boezen, H.M.; Huo, X. 2016, Children with Health Impairments by Heavy Metals in an E-Waste Recycling Area. Chemosphere . 148, 408–415.

83. Dong, L.; Wang, S.; Qu, J.; You, H.; Liu, D. 2021, New Understanding of Novel Brominated Flame Retardants (NBFRs): Neuro (Endocrine) Toxicity. Ecotoxicol. Environ. Saf. 208, 111570.

84. Khan, M.U.; Besis, A.; Malik, R.N. 2019, Environmental and Health Effects: Exposure to e-Waste Pollution. In Electronic Waste Pollution: Environmental Occurrence and Treatment Technologies; UN: San Francisco, CA, USA, pp. 111–137.

85. Montano, L.; Pironti, C.; Pinto, G.; Ricciardi, M.; Buono, A.; Brogna, C.; Venier, M.; Piscopo, M.; Amoresano, A.; Motta, O. 2022, Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in the Environment: Occupational and Exposure Events, Effects on Human Health and Fertility. Toxics 10, 365.

86. Senthilnathan, J.; Philip, L. 2022, Persistent Toxic Substances Released from Uncontrolled E-Waste Recycling and Action for the Future. In Conversion of Electronic Waste in to Sustainable Products; Springer Nature: Singapore, pp. 103–126.

87. Singh, N.; Duan, H.; Ogunseitan, O.A.; Li, J.; Tang, Y. 2019, Toxicity Trends in E-Waste: A Comparative Analysis of Metals in Discarded Mobile Phones. J. Hazard. Mater. 380, 120898.

88. Ni, W.; Huang, Y.; Wang, X.; Zhang, J.; Wu, K. 2014, Associations of Neonatal Lead, Cadmium, Chromium and Nickel Co-Exposure with DNA Oxidative Damage in an Electronic Waste Recycling Town. Sci. Total Environ. , 472, 354–362.

89. Eneh, O.C.; Eneh, C.A.; Eneonwo, C.I.; Okosun, A.; Emenuga, V.; Obi, N.I.; Egbenta, I.R.; Oloto, M.C.; Ubani, O.; Akah, P.A. Mitigating Potential Public Health Risks and Challenges from Hazardous Materials Contained in Electronic Waste Items in a Developing Country Setting. Environ. Anal. Health Toxicol. 2023, 38, e2023001-0.

90. Xu, X.; Yekeen, T.A.; Liu, J.; Zhuang, B.; Li, W.; Huo, X. 2015, Chromium Exposure among Children from an Electronic Waste Recycling Town of China. Environ. Sci. Pollut. Res. 22, 1778–1785. [Google Scholar] [CrossRef]

91. Vaish, B.; Sharma, B.; Singh, P.; Singh, R.P. 2020, E-Waste and Their Implications on the Environment and Human Health. In E-Waste Recycling and Management: Present Scenarios and Environmental Issues; Springer: Cham, Switzerland, pp. 219–232.

92. Masanet, E.; Shehabi, A.; Lei, N.; Smith, S.; Koomey, J. 2020, Recalibrating Global Data Center Energy-Use Estimates. Science , 367, 984–986.

93. Liu, Y.; Wei, X.; Xiao, J.; Liu, Z.; Xu, Y.; Tian, Y. 2020, Energy Consumption and Emission Mitigation Prediction Based on Data Center Traffic and PUE for Global Data Centers. Glob. Energy Interconnect. 3, 272–282.

94. Capozzoli, A.; Primiceri, G. 2015, Cooling Systems in Data Centers: State of Art and Emerging Technologies. Energy Procedia , 83, 484–493.

95. Mora, C.; Rollins, R.L.; Taladay, K.; Kantar, M.B.; Chock, M.K.; Shimada, M.; Franklin, E.C. 2018, Bitcoin Emissions Alone Could Push Global Warming above 2 C. Nat. Clim. Change 8, 931–933.

96. Stoll, C.; Klaaßen, L.; Gallersdörfer, U. 2019, The Carbon Footprint of Bitcoin. Joule 3, 1647–1661

97. Balaram, V. 2019, Rare Earth Elements: A Review of Applications, Occurrence, Exploration, Analysis, Recycling, and Environmental Impact. Geosci. Front. 10, 1285–1303.

98. Manhart, A.; Blepp, M.; Fischer, C.; Graulich, K.; Prakash, S.; Priess, R.; Schleicher, T.; Tür, M. 2016 , Resource Efficiency in the ICT Sector; Greenpeace: Freiburg, Germany.

99. de Haes, S.; Lucas, P. 2024. Environmental Impacts of Extraction and Processing of Raw Materials for the Energy Transition; PBL Netherlands Environmental Assessment Agency: The Hague, The Netherlands, .

100. Zheng, X.; Zhu, Z.; Lin, X.; Zhang, Y.; He, Y.; Cao, H.; Sun, Z. 2018, A Mini-Review on Metal Recycling from Spent Lithium Ion Batteries. Engineering 4, 361–370.

101. Sovacool, B.K. 2019, The Precarious Political Economy of Cobalt: Balancing Prosperity, Poverty, and Brutality in Artisanal and Industrial Mining in the Democratic Republic of the Congo. Extr. Ind. Soc. 6, 915–939.

102. Weng, Z.; Jowitt, S.M.; Mudd, G.M.; Haque, N. 2015, A Detailed Assessment of Global Rare Earth Element Resources: Opportunities and Challenges. Econ. Geol. 110, 1925–1952.

103. Haque, N.; Hughes, A.; Lim, S.; Vernon, C. 2014, Rare Earth Elements: Overview of Mining, Mineralogy, Uses, Sustainability and Environmental Impact. Resources 3, 614–635.

104. Binnemans, K.; Jones, P.T.; Blanpain, B.; Gerven, T.V.; Yang, Y.; Walton, A.; Buchert, M. 2013, Recycling of Rare Earths: A Critical Review. J. Clean. Prod. 51, 1–22.

105. Gkika, D.A.; Chalaris, M.; Kyzas, G.Z. 2024, Review of Methods for Obtaining Rare Earth Elements from Recycling and Their Impact on the Environment and Human Health. Processes 12, 1235.

106. Ambaye, T.G.; Vaccari, M.; Castro, F.D.; Prasad, S.; Rtimi, S. 2020, Emerging Technologies for the Recovery of Rare Earth Elements (REEs) from the End-of-Life Electronic Wastes: A Review. Environ. Sci. Pollut. Res. 27, 36052–36074.

107. Jouini, M.; Royer-Lavallée, A.; Pabst, T.; Chung, E.; Kim, R.; Cheong, Y.W.; Neculita, C.M. 2022, Sustainable Production of Rare Earth Elements from Mine Waste and Geoethics. Minerals 12, 809.

108. Pyrgaki, K.; Gemeni, V.; Karkalis, C.; Koukouzas, N.; Koutsovitis, P.; Petrounias, P. 2021, Geochemical Occurrence of Rare Earth Elements in Mining Waste and Mine Water: A Review. Minerals 11, 860.

109. Chamanara, S.; Ghaffarizadeh, S.A.; Madani, K. 2023, The Environmental Footprint of Bitcoin Mining across the Globe: Call for Urgent Action. Earths Future 11, e2023EF003871.

110. Li, P.; Yang, J.; Islam, M.A.; Ren, S. 2023, Making AI Less "Thirsty": Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models. arXiv , arXiv:2304.03271.

111. Kez, D.A.; Foley, A.M.; Laverty, D.; Rio, D.F.D.; Sovacool, B. 2022, Exploring the Sustainability Challenges Facing Digitalization and Internet Data Centers. J. Clean. Prod. 371, 133633.

112. Shehabi, A.; Smith, S.; Sartor, D.; Brown, R.; Herrlin, M.; Koomey, J.; Masanet, E.; Horner, N.; Azevedo, I.; Lintner, W. 2016, United States Data Center Energy Usage Report; BERKELEY LAB: Berkeley, CA, USA,

113. Malmodin, J.; Lundén, D. 2018, The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010–2015. Sustainability 10, 3027.

114. Andrae, A.S.; Edler, T. 2015, On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030. Challenges 6, 117–157.

115. Katal, A.; Dahiya, S.; Choudhury, T. 2023, Energy Efficiency in Cloud Computing Data Centers: A Survey on Software Technologies. Clust. Comput. , 26, 1845–1875.

116. Channi, H.K.; Kumar, P. 2024; Green Data Centers and Renewable Energy. In AI Applications for Clean Energy and Sustainability; IGI Global: Hershey, PA, USA, pp. 161–186.

117. Zhu, H.; Zhang, D.; Goh, H.H.; Wang, S.; Ahmad, T.; Mao, D.; Liu, T.; Zhao, H.; Wu, T. 2023, Future Data Center Energy-Conservation and Emission-Reduction Technologies in the Context of Smart and Low-Carbon City Construction. Sustain. Cities Soc. 89, 104322.

118. Yuan, X.; Xu, X.; Wang, Y.; Liu, J.; Kosonen, R.; Cai, H. 2020, Design and Validation of an Airflow Management System in Data Center with Tilted Server Placement. Appl. Therm. Eng. 164, 114444.

119. Cho, J.; Kim, Y. 2021, Development of Modular Air Containment System: Thermal Performance Optimization of Row-Based Cooling for High-Density Data Centers. Energy 231, 120838.

120. Song, Z. 2016, Numerical Cooling Performance Evaluation of Fan-Assisted Perforations in a Raised-Floor Data Center. Int. J. Heat Mass Transf. 95, 833–842.

121. Deng, Y.; Feng, C.; Jiaqiang, E.; Zhu, H.; Chen, J.; Wen, M.; Yin, H. 2018, Effects of Different Coolants and Cooling Strategies on the Cooling Performance of the Power Lithium Ion Battery System: A Review. Appl. Therm. Eng. 142, 10–29.

122. Gao, T.; Shao, S.; Cui, Y.; Espiritu, B.; Ingalz, C.; Tang, H.; Heydari, A. , 2017, A Study of Direct Liquid Cooling for High-Density Chips and Accelerators. In Proceedings of the 2017 16th IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (ITherm), Orlando, FL, USA, 30 May–2 June 2017; IEEE: Piscataway, NJ, USA; pp. 565–573.

123. Angel, N.A.; Ravindran, D.; Vincent, P.D.R.; Srinivasan, K.; Hu, Y.C. 2021, Recent Advances in Evolving Computing Paradigms: Cloud, Edge, and Fog Technologies. Sensors 22, 196.

124. Daraghmeh, H.M.; Wang, C.C. 2017, A Review of Current Status of Free Cooling in Datacenters. Appl. Therm. Eng. 114, 1224–1239.

125. Khalaj, A.H.; Abdulla, K.; Halgamuge, S.K. 2018, Towards the Stand-Alone Operation of Data Centers with Free Cooling and Optimally Sized Hybrid Renewable Power Generation and Energy Storage. Renew. Sustain. Energy Rev. 93, 451–472.

126. Anand, A.; Chaudhary, A.; Arvindhan, M. 2021, The Need for Virtualization: When and Why Virtualization Took over Physical Servers. In Advances in Communication and Computational Technology: Select Proceedings of ICACCT 2019; Springer: Singapore, pp. 1351–1359.

127. Uddin, M.; Hamdi, M.; Alghamdi, A.; Alrizq, M.; Memon, M.S.; Abdelhaq, M.; Alsaqour, R. 2021, Server Consolidation: A Technique to Enhance Cloud Data Center Power Efficiency and Overall Cost of Ownership. Int. J. Distrib. Sens. Netw. 17, 1550147721997218.

128. Marotta, A.; Avallone, S.; Kassler, A. 2018, A Joint Power Efficient Server and Network Consolidation Approach for Virtualized Data Centers. Comput. Netw. 130, 65–80.

129. Huang, D. 2021, Data Center Infrastructure Management. In Data Center Handbook: Plan, Design, Build, and Operations of a Smart Data Center; Wiley: Hoboken, NJ, USA, pp. 627–644.

130. Murino, T.; Monaco, R.; Nielsen, P.S.; Liu, X.; Esposito, G.; Scognamiglio, C. 2023, Sustainable Energy Data Centres: A Holistic Conceptual Framework for Design and Operations. Energies. 16, 5764.

131. Simić, M.; Prokić, I.; Dedeić, J.; Sladić, G.; Milosavljević, B. 2021, Towards Edge Computing as a Service: Dynamic Formation of the Micro Data-Centers. IEEE Access 9, 114468–114484.

132. Yu, W.; Liang, F.; He, X.; Hatcher, W.G.; Lu, C.; Lin, J.; Yang, X. 2017, A Survey on the Edge Computing for the Internet of Things. IEEE Access 6, 6900–6919.

133. Verdecchia, R.; Sallou, J.; Cruz, L. 2023, A Systematic Review of Green AI. Wiley Interdiscip. Rev. Data Min. Knowl. Discov. 13, e1507.

134. Butt, S.; Ahmadi, M.; Razavi, M. 2020, Green Computing: Sustainable Design and Technologies. In Proceedings of the 2020 5th International Conference on Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications (CITISIA), Sydney, Australia, 25–27 November; pp. 1–7.

135. Rong, H.; Zhang, H.; Xiao, S.; Li, C.; Hu, C. 2016, Optimizing Energy Consumption for Data Centers. Renew. Sustain. Energy Rev. 58, 674–691.

136. Isaev, E.A.E.; Kornilov, V.V.; Grigor'ev, A.A. 2023, Data Center Efficiency Model: A New Approach and the Role of Artificial Intelligence. 18, 215–227.

137. Kumar, S.; Buyya, R. 2012, Green Cloud Computing and Environmental Sustainability. In Harnessing Green IT: Principles and Practices; Wiley-IEEE Press: Piscataway, NJ, USA,; pp. 315–339.

138. Amendola, C.; Savastano, M.; Gorelova, I. 2021, Green Cloud Computing for Sustainable Energy Management: A Comparison of Innovative Strategies for Implementing the Green Economy. Int. J. Environ. Policy Decis. Mak. 3, 77–96.

139. Kern, E.; Dick, M.; Naumann, S.; Guldner, A.; Johann, T. 2013, Green Software and Green Software Engineering–Definitions, Measurements, and Quality Aspects. In Proceedings of the First International Conference on Information and Communication Technologies for Sustainability (ICT4S2013), Zurich, Switzerland, 14–16 February; pp. 87–91.

140. Manotas, I.; Bird, C.; Zhang, R.; Shepherd, D.; Jaspan, C.; Sadowski, C.; Pollock, L.; Clause, J. 2016, An Empirical Study of Practitioners' Perspectives on Green Software Engineering. In Proceedings of the 38th International Conference on Software Engineering, Austin, TX, USA, 14–22 May; pp. 237–248.

141. Kelechi, A.H.; Alsharif, M.H.; Bameyi, O.J.; Ezra, P.J.; Joseph, I.K.; Atayero, A.A.; Geem, Z.W.; Hong, J. 2020, Artificial Intelligence: An Energy Efficiency Tool for Enhanced High Performance Computing. Symmetry 12, 1029.

142. Czarnul, P.; Proficz, J.; Krzywaniak, A. 2019, Energy-aware High-performance Computing: Survey of State-of-the-art Tools, Techniques, and Environments. Sci. Program. 2019, 8348791.

143. Diouri, M.E.; Chetsa, G.L.T.; Glück, O.; Lefevre, L.; Pierson, J.M.; Stolf, P.; Costa, G.D. 2013, Energy Efficiency in High-Performance Computing with and without Knowledge of Applications and Services. Int. J. High Perform. Comput. Appl. 27, 232–243.

144. Labasan, S. 2016, Energy-Efficient and Power-Constrained Techniques for Exascale Computing; Semanticscholar: Seattle, WA, USA,.

145. Andújar, F.J.; Coll, S.; Alonso, M.; Martínez, J.M.; López, P.; Sánchez, J.L.; Alfaro, F.J. 2023, Energy Efficient HPC Network Topologies with on/off Links. Future Gener. Comput. Syst. , 139, 126–138.

146. Wlotzka, M.; Heuveline, V. 2017, Energy-Efficient Multigrid Smoothers and Grid Transfer Operators on Multi-Core and GPU Clusters. J. Parallel Distrib. Comput. 100, 181–192.

147. Tan, L.; Song, S.L.; Wu, P.; Chen, Z.; Ge, R.; Kerbyson, D.J. 2015, Investigating the Interplay between Energy Efficiency and Resilience in High Performance Computing. In Proceedings of the 2015 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium, Hyderabad, India, 25–29 May 2015; IEEE: Piscataway, NJ, USA, pp. 786–796.

148. Jiang, Z.; Gao, W.; Wang, L.; Xiong, X.; Zhang, Y.; Wen, X.; Luo, C.; Ye, H.; Lu, X.; Zhang, Y.; et al. 2019, HPC AI500: A Benchmark Suite for HPC AI Systems. In Benchmarking, Measuring, and Optimizing: First BenchCouncil International Symposium, Bench 2018, Seattle, WA, USA, 10–13 December 2018, Revised Selected Papers 1; Springer International Publishing: Cham, Switzerland,; pp. 10–22.

149. Yi, G.; Loia, V. 2019, High-Performance Computing Systems and Applications for AI. J. Supercomput. 75, 4248–4251.

150. Flórez, E.; Pecero, J.E.; Emeras, J.; Barrios, C.J. 2017, Energy Model for Low-Power Cluster. In Proceedings of the 2017 17th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGRID), Madrid, Spain, 14–17 May 2017; IEEE: Piscataway, NJ, USA,; pp. 1009–1016.

151. Hussain, S.M.; Wahid, A.; Shah, M.A.; Akhunzada, A.; Khan, F.; Amin, N.U.; Arshad, S.; Ali, I. 2019, Seven Pillars to Achieve Energy Efficiency in High-Performance Computing Data Centers. In Recent Trends and Advances in Wireless and IoT-Enabled Networks; Springer: Cham, Switzerland,; pp. 93–105.

152. Lu, C.P. AI, 2019, Native Supercomputing and the Revival of Moore's Law. APSIPA Trans. Signal Inf. Process. , 6, e9.

153. García-Martín, E.; Rodrigues, C.F.; Riley, G.; Grahn, H. Estimation of Energy Consumption in Machine Learning. J. Parallel Distrib. Comput. , 134, 75–88.

154. Goel, A. 2021, Application of Circular Economy in E-Waste Management—A Review with an Indian Perspective. In Proceedings of the 2nd International Conference Strategies Toward Green Deal Implementation—Water, Raw Materials & Energy, Cracow, Poland; p. 70.

155. van den Berge, R.B.R. 2024., Product Lifetime Extension through Design: Encouraging Consumers to Repair Electronic Products in a Circular Economy. Ph.D. Thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.

156. Bakker, C.A.; Hollander, M.C.D.; Hinte, E.V.; Zijlstra, Y. 2014, Products That Last: Product Design for Circular Business Models; TU Delft Library: Delft, The Netherlands,.

157. Kumar, A.; Holuszko, M.; Espinosa, D.C.R. 2017, E-Waste: An Overview on Generation, Collection, Legislation and Recycling Practices. Resour. Conserv. Recycl. 122, 32–42.

158. Garcia-Muiña, F.E.; González-Sánchez, R.; Ferrari, A.M.; Volpi, L.; Pini, M.; Siligardi, C.; 2019, Settembre-Blundo, D. Identifying the Equilibrium Point between Sustainability Goals and Circular Economy Practices in an Industry 4.0 Manufacturing Context Using Eco-Design. Soc. Sci. 8, 241.

159. Kum, S.; Rowles, L.S. 2023, Wastewater Reclamation and Recycling. In Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science; Oxford University Press: Oxford, UK,; p. 612.

160. Dahlioui, D.; Alaoui, S.M.; Laarabi, B.; Barhdadi, A. 2023, Waterless Cleaning Technique for Photovoltaic Panels on Dual-Axis Tracker. Environ. Sci. Pollut. Res. , 30, 81667–81685.

161. Rostirolla, G.; Grange, L.; Minh-Thuyen, T.; Stolf, P.; Pierson, J.M.; Costa, G.D.; Baudic, G.; Haddad, M.; Kassab, A.; Nicod, J.M.; et al. 2022, A Survey of Challenges and Solutions for the Integration of Renewable Energy in Datacenters. Renew. Sustain. Energy Rev. 155, 111787.

162. Kwon, S. 2020, Ensuring Renewable Energy Utilization with Quality of Service Guarantee for Energy-Efficient Data Center Operations. Appl. Energy 276, 115424.

163. Grange, L.; Costa, G.D.; Stolf, P. 2018, Green IT Scheduling for Data Center Powered with Renewable Energy. Future Gener. Comput. Syst. 86, 99–120.

164. Laganà, D.; Mastroianni, C.; Meo, M.; Renga, D. 2018, Reducing the Operational Cost of Cloud Data Centers through Renewable Energy. Algorithms 11, 145.

165. Andrae, A.S.; Xia, M.; Zhang, J.; Tang, X. 2016, Practical Eco-Design and Eco-Innovation of Consumer Electronics—The Case of Mobile Phones. Challenges. 7, 3.

166. Moshood, T.D.; Nawanir, G.; Mahmud, F.; Mohamad, F.; Ahmad, M.H.; AbdulGhani, A.; Kumar, S. 2022, Green Product Innovation: A Means towards Achieving Global Sustainable Product within Biodegradable Plastic Industry. J. Clean. Prod. 363, 132506.

167. Amend, C.; Revellio, F.; Tenner, I.; Schaltegger, S. 2022, The Potential of Modular Product Design on Repair Behavior and User Experience—Evidence from the Smartphone Industry. J. Clean. Prod. 367, 132770.

168. Proske, M.; Jaeger-Erben, M. 2019, Decreasing Obsolescence with Modular Smartphones?—An Interdisciplinary Perspective on Lifecycles. J. Clean. Prod. 223, 57–66.

169. Baldé, C.P.; Forti, V.; Gray, V.; Kuehr, R.; Stegmann, P. 2017, The Global E-Waste Monitor 2017: Quantities, Flows and Resources; United Nations University, International Telecommunication Union, and International Solid Waste Association: Tokyo, Japan,.

170. Das, J.; Ghosh, A. 2023, Recycling Practices of E-Waste and Associated Challenges: A Research Trends Analysis. Nat. Environ. Pollut. Technol. 22, 1169–1182.

171. Cucchiella, F.; D'Adamo, I.; Koh, S.L.; Rosa, P. 2015, Recycling of WEEEs: An Economic Assessment of Present and Future e-Waste Streams. Renew. Sustain. Energy Rev. 51, 263–272.

172. Chancerel, P.; Meskers, C.E.; Hagelüken, C.; Rotter, V.S. 2009, Assessment of Precious Metal Flows during Preprocessing of Waste Electrical and Electronic Equipment. J. Ind. Ecol. 13, 791–810.

173. Bocken, N.M.; Pauw, I.D.; Bakker, C.; Grinten, B.V.D. 2016, Product Design and Business Model Strategies for a Circular Economy. J. Ind. Prod. Eng. 33, 308–320.

174. Ghisellini, P.; Cialani, C.; Ulgiati, S. 2016, A Review on Circular Economy: The Expected Transition to a Balanced Interplay of Environmental and Economic Systems. J. Clean. Prod. 114, 11–32.

175. Shevchenko, T.; Laitala, K.; Danko, Y. 2019, Understanding Consumer E-Waste Recycling Behavior: Introducing a New Economic Incentive to Increase the Collection Rates. Sustainability 11, 2656.

176. Rene, E.R.; Sethurajan, M.; Ponnusamy, V.K.; Kumar, G.; Dung, T.N.B.; Brindhadevi, K.; Pugazhendhi, A. 2021, Electronic Waste Generation, Recycling and Resource Recovery: Technological Perspectives and Trends. J. Hazard. Mater. 416, 125664.

177. Korhonen, J.; Honkasalo, A.; Seppälä, J. 2018, Circular Economy: The Concept and Its Limitations. Ecol. Econ. 143, 37–46.

178. Geng, Y.; Sarkis, J.; Bleischwitz, R. 2019, How to Globalize the Circular Economy. Nature 565, 153–155

179. Griso, D.F.; Moldes, L.N.; Álvarez, D.L.; Bustamante, X.; Lamora, S. 2015, Breaking Barriers on Reuse of Digital Devices Ensuring Final Recycling. In Proceedings of the 29th International Conference on Informatics for Environmental Protection and the 3rd International Conference ICT for Sustainability (EnviroInfo & ICT4S 2015), Copenhagen, Denmark, 7–9 September 2015; Atlantis Press: Amsterdam, The Netherlands,; pp. 281–288.

180. Victor, A.; Arunkumar, G.; Rajkumar, S.; Selvanambi, R. 2024, Survey on Effective Disposal of E-Waste to Prevent Data Leakage. Comput. Assist. Methods Eng. Sci. 31, 187–212.

181. Sun, L.; Geng, J.; Dong, K.; Sun, Q. 2024, The Applications and Challenges of Nanofluids as Coolants in Data Centers: A Review. Energies 17, 3151.

182. Glassmire, J.; Bitaraf, H.; Papadakis, S.; Oudalov, A. 2021, Accelerating Data Center Decarbonization and Maximizing Renewable Usage with Grid Edge Solutions. In Proceedings of the 2021 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE), Grenoble, France, 1–5 February 2021; IEEE: Piscataway, NJ, USA,; pp. 288–293

183. Zhang, X.; Huang, P. 2023, Data Centers as Prosumers in Urban Energy Systems. In Future Urban Energy System for Buildings: The Pathway Towards Flexibility, Resilience and Optimization; Springer Nature: Singapore, pp. 89–124.

184. Chang, F.J.; Chang, L.C.; Chen, J.F. 2023, Artificial Intelligence Techniques in Hydrology and Water Resources Management. Water 15, 1846.

185. Sheme, E.; Holmbacka, S.; Lafond, S.; Lučanin, D.; Frashëri, N. 2018, Feasibility of Using Renewable Energy to Supply Data Centers in 60 North Latitude. Sustain. Comput. Inform. Syst. 17, 96–106.

186. Goiri, Í.; Haque, M.E.; Le, K.; Beauchea, R.; Nguyen, T.D.; Guitart, J.; Torres, J.; Bianchini, R. 2015, Matching Renewable Energy Supply and Demand in Green Datacenters. Ad Hoc Netw. , 25, 520–534.

187. Ghamkhari, M.; Mohsenian-Rad, H. 2012, Optimal Integration of Renewable Energy Resources in Data Centers with Behind-the-Meter Renewable Generator. In Proceedings of the 2012 IEEE International Conference on Communications (ICC), Ottawa, ON, Canada, 10–15 June 2012; IEEE: Piscataway, NJ, USA,; pp. 3340–3344.

188. Zhao, J.; Liu, X. ICT, **2024,** Supply Chain Digital Integration Capability, and Firm Financial Performance: The Antagonistic Effects of Perceived Government Support and Cognitive Constraints on Digital Transformation. *SAGE Open* , *14*, 21582440241241887.

189. Ongondo, F.O.; Williams, I.D.; Cherrett, T.J. **2011,** How Are WEEE Doing? A Global Review of the Management of Electrical and Electronic Wastes. *Waste Manag.*, *31*, 714–730.

الهيدروجين والتنمية المستدامة- المخاطر والفرص المتاحة-

Hydrogen and Sustainable Development - Risks and Opportunities

أد الطيف عبد الكريم[1] ، د/ كوراد فاطيمة[2]

[1] جامعة امحمد بوقرة بومرداس (الجزائر)، a.letaief@univ-boumerdes.dz

[2] جامعة علي لونيسي البليدة 2 (الجزائر)، fati_kou@yahoo.fr

ملخص:

تركز الدراسة على تحليل علاقة الهيدروجين بالبيئة، مسلطةً الضوء على الأهمية المتزايدة لهذا الموضوع في سياق التحول إلى مصادر طاقة أكثر استدامة، مشيرةً إلى أن الهيدروجين المنتَج من الطاقة المتجددة أصبح موردا أساسيًا لمواجهة تحديات التنمية المستدامة فيما يخص الطاقة، البيئة والمناخ. أما المنهجية المستخدمة لإجراء هذه الدراسة، فتستند إلى مراجعة وتحليل مجموعة من التقارير والأبحاث العلمية المنشورة في مجلات المتخصصة لمختلف مراكز الدراسات والمنظمات الدولية المتخصصة.

توصلت الدراسة إلى جملة من النتائج الرئيسية تقدم رؤية شاملة للتقدم المحرز في هذا المجال، مثل إنتاج الهيدروجين باستخدام الطاقات المتجددة، وفوائده المناخية، وآثاره الاجتماعية والاقتصادية، وتحليل التكاليف، والآثار البيئية، وغيرها.

كشف تحليل الدراسة أن إنتاج الهيدروجين باستخدام الطاقات المتجددة يعد موضوع بحث مهم، من حيث تحليل آثاره البيئية والاقتصادية على التنمية المستدامة ومواردها خاصة المياه؛ الفرص والمخاطر.

الكلمات المفتاحية: طاقات متجددة، هدروجين ، المياه، انتقال الطاقوي، التنمية المستدامة.

تصنيف JEL : F2 , F15,P13,P33,Q13,Q32,Q33

Abstract:

The study focuses on analyzing the relationship between hydrogen and the environment, highlighting the growing importance of this topic in the context of the transition to more sustainable energy sources. It notes that hydrogen produced from renewable energy has become a key resource for addressing sustainable development challenges related to energy, the environment, and climate. The methodology used for this study is based on a review and analysis of a set of scientific reports and research papers published in specialized journals by various research centers and specialized international organizations.

The study reached a number of key findings that provide a comprehensive view of the progress made in this field, such as hydrogen production using renewable energy, its climate benefits, its social and economic impacts, cost analysis, environmental impacts, and more.

The study's analysis revealed that hydrogen production using renewable energy is an important research topic in terms of analyzing its environmental and economic impacts on sustainable development and its resources, especially water; opportunities and risks.

Keywords: Renewable energy, hydrogen, water, energy transition, energy security.

JEl Classification : F2 ,F15,P13,P33,Q13,Q32,Q33.

تمهيد:

عرف الاستثمار العالمي في مجال الطاقات المتجددة معدلات نمو متزايدة وبحسب تقرير صادر عن الوكالة الدولية للطاقة المتجددة ، فإن الاستثمار العالمي في الطاقة المتجددة قد بلغ 499 مليار دولار عام 2022، مقابل 430 مليار دولار عام 2021، لكنه ما زال أقل من 40% من متوسط الاستثمار المطلوب سنويًا بين عامي 2021 و2030، وفقًا لسيناريو خفض درجات الحرارة العالمية 1.5 درجة مئوية . إذ تساهم مصادر الطاقة المتجددة بنحو 23,7 % من إنتاج الكهرباء في العالم، ما يزيد قليلا على الخمس وتأتي الطاقة المائية في المقام الأول بـ 16,4 %، طاقة الرياح بـ 2,9%، طاقة الحيوية والوقود الحيوي بـ 1,8%، الطاقة الشمسية الضوئية بـ 0,7 %، الطاقة الحرارية والأرضية، قوة التركيز الشمسي وكذا طاقة المحيطات بـ 0,4 % (IRENA, 2024)[1] .

ضمن مسعى التوجه العالمي لتكريس استخدام الطاقات المتجددة كطاقة بديلة للطاقة التقليدية الأحفورية والانتقال إلى الاقتصاد الأخضر وضعت السياسات العالمية للطاقة الهيدروجين على رأس قائمة المصادر الرئيسة للطاقة النظيفة ضمن استراتيجيتها لتحقيق التحول الطاقوي، وزيادة استغلال المزيد من الطاقة المتجددة في نظام الطاقة المحلي والمساهمة في النمو الأخضر وخلق فرص عمل محلية والدفع بعجلة التنمية الاقتصادية .

حيث شهدت السنوات الأخيرة زيادة الطلب على الهيدروجين بمختلف أنواعه (الرمادي، الأزرق، الأخضر)، كوقود أساسي لتشغيل محطات الكهرباء وصناعات الحديد والصلب والإسمنت والألومنيوم والبتروكيماويات ..... وغيرها من الصناعات التي تستهلك حجم كبير من الطاقة ولها تأثير سلبي على البيئة؛ كونه الغاز الأكثر وفرة في الكون والوقود الأكثر نظافة، الذي يمكن استخدامه تحقق أهداف الحياد الكربوني والتقليص من اعتماد العالم على مصادر الوقود الأحفوري، وتعزيز فرص نجاح التحول للاقتصاد الدائري الذي تدعمه مختلف دول العالم (Hydrogen Council, 2017).

ومع ذلك، يشكِل الهيدروجين تحديات بيئية يجب معالجتها بعناية. إذ أن إنتاج الهيدروجين، وخاصة الهيدروجين الأخضر، يعتمد بشكل كبير على موارد المياه، مما يجعله عرضة لندرة المياه. وهذا أمر بالغ الأهمية خاصة بالنظر إلى أن إنتاج الهيدروجين الرمادي والأزرق اللذان يتطلبان أيضا كميات كبيرة من المياه، وقد يشكل الإنتاج واسع النطاق ضغطا كبيرا على موارد المياه العالمية الأمر الذي يمكن أن يؤثر على مستقبل الأمن المائي العالمي في ظل ما يشهده العالم اليوم من شح ونزاعات على مصادر المياه، خاصة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

- **إشكالية الدراسة:** تركز الدراسة على تحليل الإجابة على السؤال الرئيسي الآتي:

ما هي فرص تحقيق التنمية المستدامة في ظل مخاطر وفرص التوسع العالمي في مشاريع الهيدروجين؟

يتفرع عن السؤال الرئيسي لمجموعة من الأسئلة الفرعية على النحو الآتي:

- ما علاقة انتاج الهدروجين بتحقيق أهداف التنمية المستدامة؟

- هل يشكِل إنتاج الهيدروجين تحديات بيئية، يمكن أن تؤثر على التنمية المستدامة؟.

- **فرضية الدراسة:** للإجابة على الإشكالية العامة والأسئلة الفرعية سننطلق من الفرضة التالية:

- يمثل الهدروجين الأخضر مصدر طاقة أساسي ضمن استراتيجية تحقيق التنمية المستدامة.

لاختبار صحة الفرضية الأساسية، فقد تم تجزئتها إلى فرضيتين أساسيتين:

- يمثل الهدف العالمي لتحقيق الحياد الكربوني أهم العوامل الدافعة لتطوير مشاريع الهدروجين بمختلف أشكالها.

- التوسع في إنتاج الهيدروجين يمثل تحديات بيئية كبيرة على موارد التنمية المستدامة، لا سيما فيما يتعلق بالطلب على موارد المياه.

-**أهداف الدراسة:** تهدف الدراسة إلى تحليل واقع وأفاق تطور مشاريع الهيدروجين ضمن سياسات الطاقة العالمية للحد من انبعاث ثاني أكسيد الكربون وتغير المناخ، من خلال الوقوف على حجم البرامج والمشاريع الدولية المبرمجة والمنجزة التي تبنتها الدول في سبيل تفعيل مساهمة الهدروجين ضمن مزيج الطاقة العالمي وتحقيق أهداف الانتقال الطاقوى والتقليل من الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية.

-**أهمية الدراسة:** مع زيادة الطلب المحلي على مختلف مصار الطاقة التقليدية خاصة، أصبح الاحتياطي الاستراتيجي من هذه الطاقات مهدد بالتراجع، فضلا عن تقلص قدرة الاستفادة من هذه الموارد في التنمية نتيجة توجيه حصة كبيرة من الإنتاج لتغطية الطلب المحلي، وعليه أصبح من الضروري توسيع الاستثمارات في مجال الطاقات المتجددة ومنها الهدروجين، وتكريس استخداماتها كطاقة مستقبلية نظيفة أكثر استقرارا وأمنا وتجددا بما يحافظ على موارد التنمية المستدامة.

-**منهج الدراسة:** اعتمدنا في دراستنا المنهج الوصفي التحليلي في عرض وتحليل مختلف جوانب الدراسة البحثية.

-**خطة الدراسة:** تقتضي المنهجية العلمية تقسيم موضوع الدراسة إلى ثلاثة أقسام أساسية:

المحور الأول: التنمية المستدامة ودوافع الاستثمار العالمي في مشاريع الهدروجين؛

المحور الثاني: التوسع في مشاريع الهيدروجين ومخاطر استدامة الموارد المائية ؛

1- التنمية المستدامة ودوافع الاستثمار العالمي في مشاريع الهدروجين

دفعت التحولات الجيوسياسية، الاقتصادية والبيئية التي عرفها العالم في السنوات الأخيرة؛ قطاع الطاقة العالمي لإعادة تشكيل نفسه على إثر الضغوطات والأزمات التي يواجهها نتيجة تداعيات الحرب الروسية الأوكرانية وتداعيات جائحة كورونا والآثار السلبية للتغيرات المناخية؛ إذ شرعت العديد من البلدان في جميع أنحاء العالم الواحدة تلو الأخرى في زيادة استثماراتها في تعزيز حافظة حلول الطاقة المستدامة من الطاقة النظيفة ومن أبرز هذه المصادر المتجددة الهدروجين بمختلف أنواعه، الذي أصبح يمثل أحد أهم الفرص المستقبلية لتحقيق الأمن الطاقوي .

الهيدروجين (H) هو العنصر الكيميائي الأبسط والأكثر وفرة على الأرض، يرتبط الهيدروجين بالعناصر الكيميائية الأخرى في الجزيئات مثل الماء والهيدروكربونات والسليلوز (الكتلة الحيوية). ثنائي الهيدروجين (H2)، الجزيء الذي يتكون من اتحاد ذرتين من الهيدروجين، وهو غاز ساخن جدا خفيف سريع الاشتعال، عديم الرائحة واللون، ويسمى عادة بالهيدروجين. يمكن استخدام الهيدروجين كحامل للطاقة أو كمادة خام في العديد من القطاعات الصناعية، وخاصة في الصناعة الكيميائية. يتم إنتاج الهيدروجين عموما إما من الموارد الأحفورية كالفحم والغاز، من خلال عمليات عالية الكفاءة مثل إصلاح الميثان بالبخار، أو من التحليل الكهربائي للماء من خلال الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح أي عندما يتم استخدام الكهرباء من أصل متجدد[2].

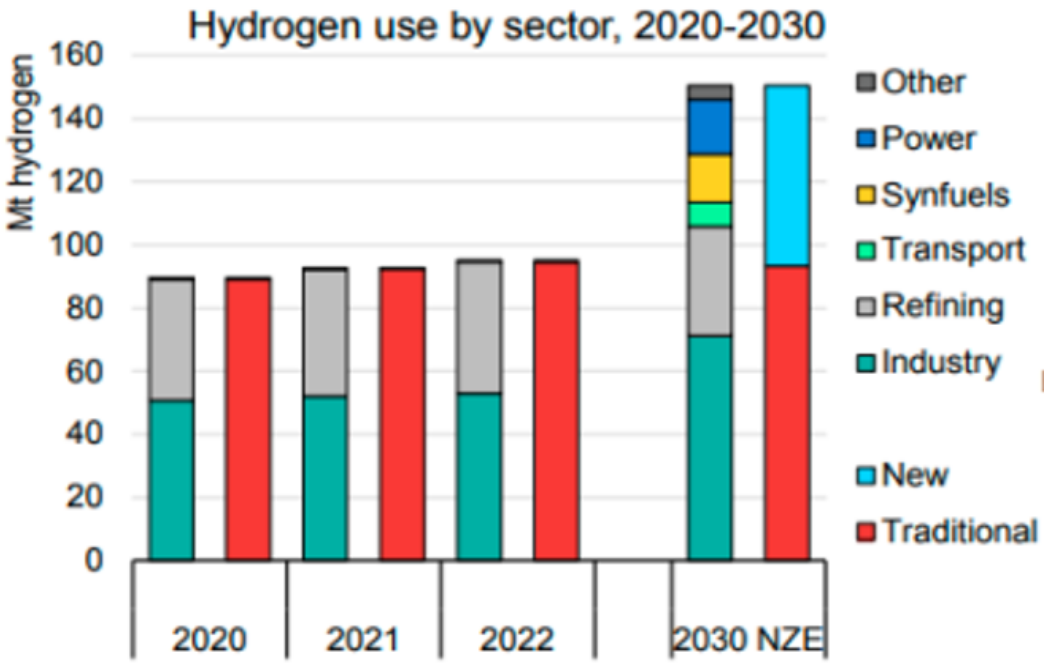
يصنف خبراء الطاقة الهيدروجين على أساس اللون، إذ يتم الحصول على الهيدروجين الرمادي من الموارد الأحفورية. وعلى عكس الهيدروجين الرمادي الناتج عن الوقود الأحفوري، الذي يعد من ضمن غازات الاحتباس الحراري عالية الانبعاث، يتولد الهيدروجين الأخضر عن طريق التحليل الكهربائي للمياه والتي بدورها تزود بالكهرباء المولدة من الطاقات المتجددة، يمكن استخدام الهيدروجين كحامل للطاقة أو كمادة خام في العديد من القطاعات الصناعية، خاصة في الصناعة الكيميائية، إذ شكل تكرير النفط وإنتاج الأمونيا في عام 2020 أكثر من 80% من مجموع الهيدروجين المستخدم عالميا.(Robert W. Howarth, 2021)

يساهم تطوير الهيدروجين المنخفض الكربون، بدور مهم في تحقيق الأمن الطاقوي كونه جزءا مهم من مجموعة أدوات حلول الطاقة النظيفة، إذ يمكن أن يساهم في تغيير مزيج استهلاك الطاقة وترشيدها مع تنويع عائدات التصدير وخفض الانبعاثات المرتبطة بالطاقة بما يتماشى مع خطة التنمية المستدامة لعام 2030.

بحيث يطلق احتراق 1 كغ من هذا الغاز طاقة تزيد بمقدار أربعة أضعاف عن تلك الناتجة عن احتراق 1 كغ من البنزين تقريبا) الأمم المتحدة، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا (2022 ,.

الشكل رقم 1

تقديرات مساهمة الهيدروجين في القطاعات الاقتصادية للفترة بين 2020-2030



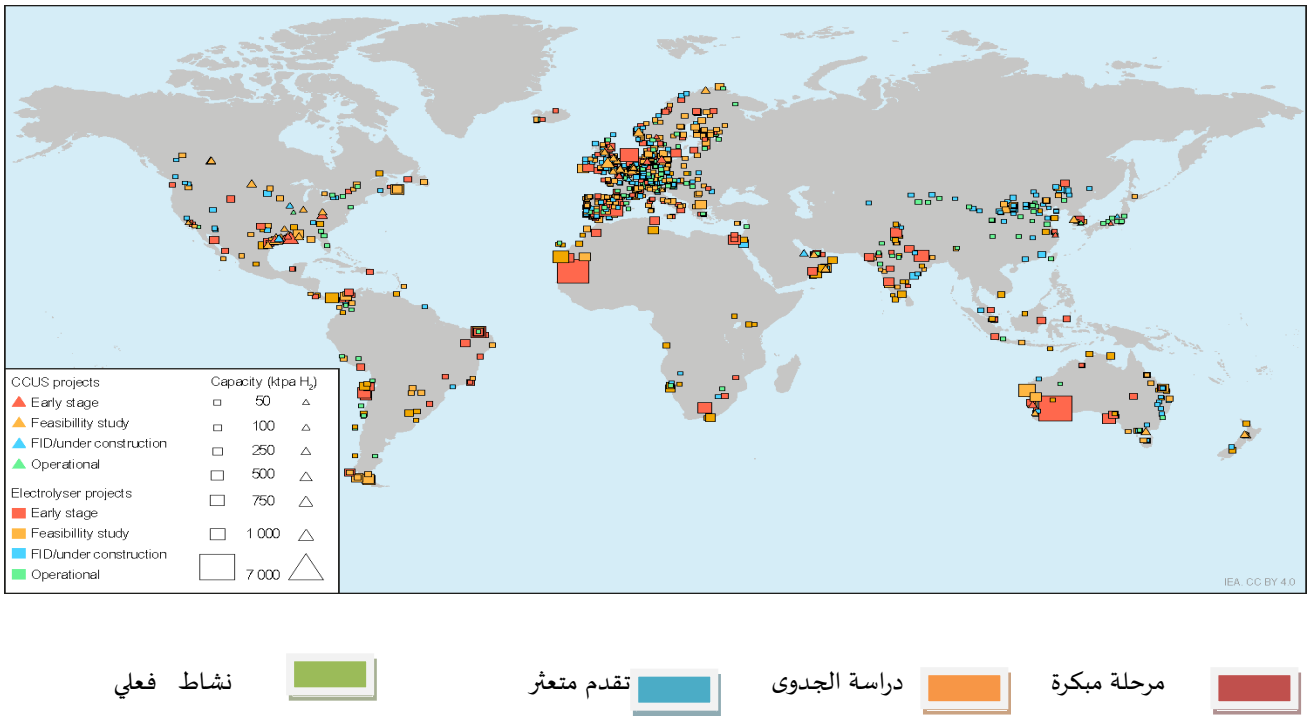
Source : Global Hydrogen Review 2024,P24.

يكتسب الهيدروجين قيمة عالية كأداة فعالة لإزالة الكربون، لكونه مساعدا في الحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وكبديل نظيف للوقود الأحفوري. في عام 2023، هيمن الهيدروجين الأزرق على إنتاج الهيدروجين العالمي، حيث أنتج 4687.3 كيلوطن مقارنة بـ 147.6 كيلوطن فقط من الهيدروجين الأخضر، كما ورد في المراجعة الإحصائية للطاقة العالمية لعام 2024 الصادرة عن معهد الطاقة. ولا يزال الهيدروجين الأزرق، المولد من الغاز الطبيعي والبخار باستخدام تقنية احتجاز الكربون، أكثر انتشارا نظرا لفعاليته من حيث التكلفة واعتماده على البنية التحتية القائمة. في المقابل، يقلل الهيدروجين الأخضر، المنتج من خلال التحليل الكهربائي المعتمد على الطاقة المتجددة، من انبعاثات الكربون، ولكنه أقل انتشارا حاليا نظرا لارتفاع تكاليف الإنتاج. يمثل هذان النوعان، بالإضافة إلى "ألوان" الهيدروجين الأخرى، أساليب إنتاج ومصادر طاقة متنوعة، مما يؤكد تنوع استخدامات الهيدروجين كناقل للطاقة بدلا من كونه مصدرا مباشرا للطاقة (University of Technology Sydney, 2022) .

يبلغ سعر الهيدروجين الأخضر حوالي 3 إلى 6 دولارات للكيلوجرام وهي تكلفة مرتفعة نسبيا، غير أن التكنولوجيا المرتبطة بهذه الصناعة تمثل أحد أهم حقول الابتكار والابداع مما سيعزز فرص تخفيض تكاليف سلسلة قيمة الهدروجين الأخضر على المدى القصير (Ministère de L'Energie et des Mines, 2024) .

الشكل رقم 2

خريطة مشاريع إنتاج الهيدروجين منخفضة الانبعاثات المعلنة، 2024

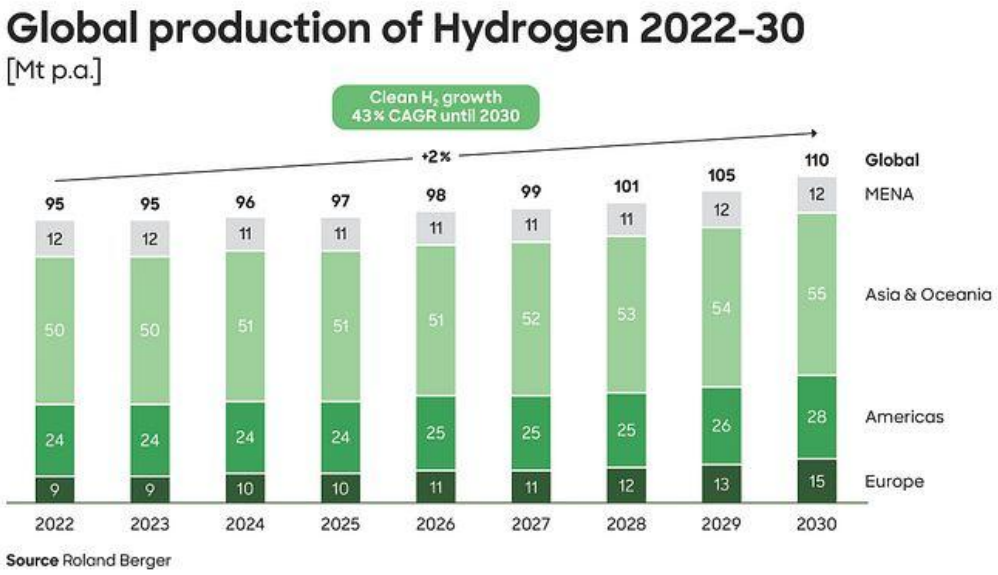


Source: IEA Hydrogen Projects database (October 2024).

من المتوقع أن يزداد الطلب على الطاقة بشكل ملحوظ في العقود القادمة بسبب عوامل متعددة مثل التوسع الصناعي، والنمو السكاني، والتحضر، وغيرها لتلبية هذا الطلب، في ضوء الحاجة إلى مستقبل منخفض الكربون، ينظر إلى الهيدروجين كناقل حيوي وهام للطاقة النظيفة على سبيل المثال، من المتوقع أن يبلغ الطلب على الهيدروجين 61,737 تيراواط/ساعة (قيمة حرارية منخفضة) بحلول عام 2050(Energy Institute, 2024) . ويعزى هذا الطلب بقوة إلى الحاجة إلى إزالة الكربون من الأنظمة الصناعية، فضلا عن الطاقة العالمية. ويمكن تحقيق هذه الزيادة الهائلة بفضل انخفاض تكلفة مصادر الطاقة المتجددة، وخاصة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. وهكذا برز الهيدروجين كبديل عملي للقطاعات التي يصعب فيها استخدام الكهرباء بصفة مستمرة خاصة؛ الصناعات الثقيلة، والإنتاج الكيميائي، وتصنيع الصلب. وفي سياق التحول في مجال الطاقة، يسند إلى الهيدروجين دور مميز. ويعود ذلك أساسًا إلى تعدد استخداماته وإمكاناته العالية لإزالة الكربون. ويعتبر الهيدروجين حلا عمليًا لمواجهة مشكلة انبعاثات الكربون الناتجة عن النقل والتدفئة والعمليات الصناعية وإنتاج الكهرباء. بالإضافة إلى ذلك، يتمتع الهيدروجين بمرونة كافية لدعم وجوده في مختلف القطاعات. وفي هذا الصدد، يمكن استخدام الهيدروجين في المركبات كوقود، وفي التطبيقات الصناعية كمصدر للتدفئة، وفي توفير الطاقة كوسيط. ويمكن الاستفادة من تحويله مرة أخرى إلى كهرباء.

الشكل رقم 3

تقديرات انتاج الهيدروجين للفترة ما بين 2022-2030



2- التوسع في مشاريع الهيدروجين والمخاطر على استدامة البيئة والموارد المائية

الهيدروجين لا يصدر أي انبعاثات غازات دفيئة (صفرية) أثناء استخدامه، وهي ميزة بحد ذاتها. على الجانب الآخر، تفرض الآثار السلبية من خلال إنتاجه وتوزيعه، المتمثلة في انبعاثات غازات الدفيئة والاستهلاك المرتفع للطاقة. تؤثر هذه التأثيرات بشكل غير مباشر على النظم البيئية للمياه العذبة . (Frank, 2013)

. قد يكون تغير المناخ نتيجة لتسرب الهيدروجين، حتى لو حدث بمعدلات ضئيلة (أقل من 1%). سيدفع هذا التسرب نحو معدلات أعلى للاحتباس الحراري العالمي. سيكون لأنماط المناخ المتغيرة تأثير على النظم البيئية المائية (Violeta, 2010)إلى جانب ذلك، قد يتأثر استقرار طبقة الأوزون والقدرة التأكسدية بدخول الهيدروجين إلى الغلاف الجوي. ومع ذلك، يمكن أن تزداد الآثار على النظم البيئية، بما في ذلك تلك الموجودة في بيئات المياه العذبة، نتيجة انتشار الهيدروجين في الغلاف الجوي. علاوة على ذلك، ستنبعث المزيد من الملوثات من مشاريع إنتاج الهيدروجين الخالية من مصادر الطاقة المتجددة. تؤثر هذه الملوثات بالتأكيد على جودة المياه والحياة المائية. تجدر الإشارة إلى أن مشاريع إنتاج الهيدروجين تعتمد على مصادر الطاقة التقليدية. في حين أن الهيدروجين القائم على الوقود الأحفوري قد يكون خيارا انتقاليا حيث يكون التكامل المتجدد محدودا، إلا أنه يتعارض مع أهداف الاستدامة طويلة الأجل ويجب التخلص منه تدريجيا بشكل استراتيجي[3]. من الناحية الأخلاقية، يجب دراسة الآثار البيئية المذكورة سابقا بعناية أثناء الانتقال إلى الهيدروجين كبديل، لا سيما عند الحاجة إلى تقليل الضرر على النظم البيئية للمياه العذبة. ولا يمكن تحقيق ذلك دون جعل أساليب الإنتاج المستدامة أولوية في هذا المجال.

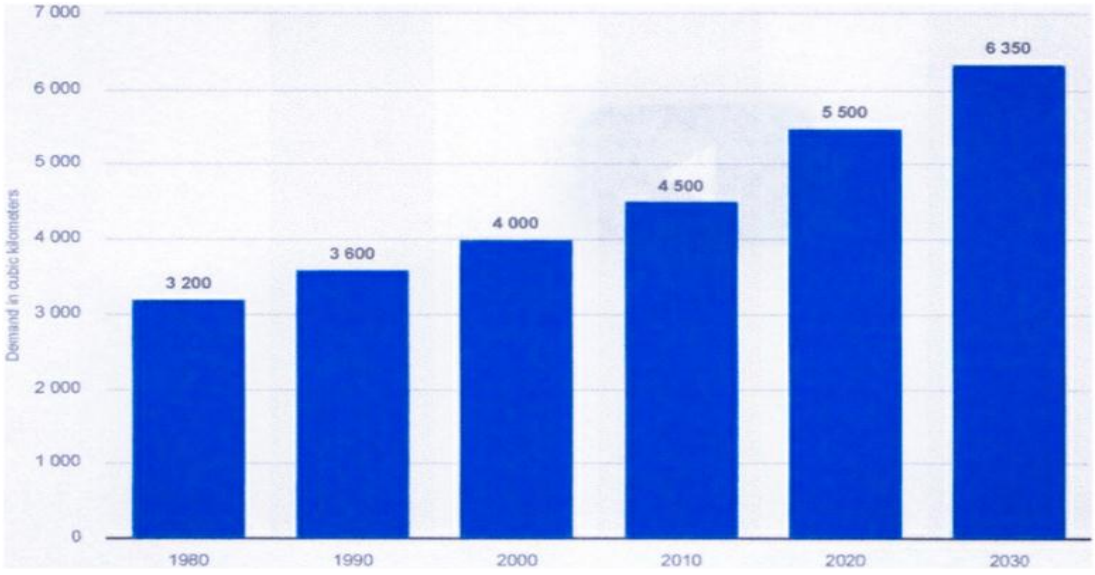
لطالما ارتبط الماء بالطاقة ارتباطا وثيقا، إذ يعد الماء جزءا أساسيا لإنتاج الطاقة، والطاقة بدورها جزء أساسي من أنظمة المياه والصرف الصحي. يعرف هذا الارتباط على نطاق واسع باسم "العلاقة بين الماء والطاقة"، وقد حفز النقاش حول الترابط والتحديات/الفرص المشتركة بين القطاعين. وتوجد هذه العلاقة نفسها عند التفكير في اقتصاد الهيدروجين، لذا من الضروري أن يفهم أصحاب المصلحة كيف سيؤثر توسيع نطاق إنتاج الهيدروجين (الهيدروجين الأخضر) على موارد المياه وأنظمتها.

في المناطق التي تعاني من ندرة المياه، يزيد استخدام المياه العذبة لإنتاج الهيدروجين من التنافس على موارد المياه العذبة بين القطاعات، بما في ذلك الزراعة والاستخدام المنزلي والصناعة، وبين مختلف المستفيدين من المياه والقطاعات. ولا يمكن تجاهل الحاجة الملحة للمياه من قبل الصناعة والزراعة، وحتى الاستهلاك المنزلي. وفي ظل محدودية إمدادات المياه، فإن دور الدول الطموحة في إيجاد توزيع عادل يعني أن تنفيذ خططها المتعلقة بإنتاج الهيدروجين سيكون أكثر صعوبة. على سبيل المثال، في عمان والأردن، يعد سحب المياه الجوفية أمرا بالغ الأهمية لقطاع الزراعة.

وبالتالي، فإن استخدام هذه المياه لأغراض أخرى، مثل إنتاج الهيدروجين، سيهدد الأمن الغذائي والاستقرار الاجتماعي والاقتصادي.

الشكل رقم4

تقديرات الطلب على المياه (كيلومتر مكعب).



Source : ALLAN R. HOFFMAN, Water, Energy, and Environment – A Primer,(2019), IWA Publishing,P7.

يرى البعض أن الوصول إلى المياه العذبة يضاهي في القرن الحادي والعشرين قضية الوصول إلى إمدادات النفط الملحة في القرن الماضي.

خلال القرن العشرين، تضاعف عدد سكان العالم ثلاث مرات، بينما ازداد الطلب البشري على المياه العذبة ستة أضعاف.

وقد تضاعف هذا الطلب ثلاث مرات في الخمسين عاما الماضية وحدها. ولتوفير هذه الكمية من المياه آثار بيئية كبيرة، يُخصص ما يزيد قليلاً عن ثلثي عمليات سحب المياه العالمية (70%) للزراعة بينما يخصص 20% منها للاستخدام الصناعي و10% للاستخدام الانساني اليومي (HOFFMAN، 2019) .

يوضح الشكل 4 الطلب العالمي التاريخي والمتوقع على المياه من عام 1980 إلى عام 2030. حيث يظهر أن عمليات السحب السنوية الحالية تبلغ حوالي 5000 كيلومتر مكعب، أو حوالي 30% من المياه العذبة التي يسهل الوصول إليها والتي تقدر بـ 14000 كيلومتر مكعب (HOFFMAN، 2019) وبالتالي، من الناحية النظرية هناك ما يكفي من المياه العذبة لتلبية ليس فقط الطلب الحالي، بناء على عدد سكان يزيد قليلا عن 7 مليارات نسمة، ولكن أيضا الطلب المتزايد من سكان المستقبل الذين قد يصل عددهم إلى 9-10 مليارات نسمة بحلول عام 2050.

يعتمد نجاح مشاريع إنتاج الهيدروجين، على بعض العوامل الرئيسية التي ينبغي مراعاتها قبل مرحلة التنفيذ مباشرة، خاصة خلال مرحلة التخطيط لهيكلة المرافق. وهذه العوامل هي (Pietro، 2024) :

- قرب وتوفر مصادر الطاقة المتجددة، ويُسهم هذا العامل بشكل مباشر في استمرارية الانتاج وتقليل تكاليف النقل.

- توافر موارد مياه فائقة النقاء كمصدر رئيسي؛ ويرتبط هذا العامل بتكنولوجيا التحليل الكهربائي.

- توفر تكنولوجيا تضمن عمليات معالجة للمياه لضمان جودة عالية للمياه ومعالجة الحاجة إلى التخلص من المحلول الملحي بفعالية، الذي يعتبر منتجا ثانويا ناتجا عن معالجة المياه. يلعب هذا العامل دورا حاسما في الحد من الآثار الجانبية على البيئة وإدارة التكاليف.

- هناك حاجة إلى توزيع فعال للهيدروجين الناتج ليصل إلى المستخدمين النهائيين. ولتحقيق هذه الغاية، ستكون خدمات النقل والإمداد المدارة جيدا.

يتم إنتاج الهيدروجين الأخضر عن طريق التحليل الكهربائي، الذي يعمل بمصادر الطاقة المتجددة. ويسمى الهيدروجين الناتج عن هذه العملية أيضا بالهيدروجين المتجدد. في هذه العملية، يتم فصل الماء إلى هيدروجين وأكسجين. يعد الهيدروجين الأخضر مصدر طاقة مستداما ونظيفا لذلك، يتم تخزينه ونقله للاستفادة منه في استخدامات متعددة.

في ضوء أزمة نقص المياه وتراجع الأمن المائي في العديد من مناطق العالم، وما يصاحبه من أزمات وصراعات شديدة على المياه لإدارة احتياجات التنمية في القطاعات الصناعية والزراعية، بالإضافة إلى تعقيد حقوق المياه

واللوائح التنظيمية، من الضروري أن يقيم صانعو السياسات الطاقوية قرارات الاستثمار والتوسع في مشاريع الهيدروجين الاحتياجات والفوائد. ينبغي أن يأخذ التقييم في الاعتبار البدائل الأكثر استدامة للموارد المتاحة.

ومع ذلك، لا يزال الطلب المتزايد والهائل على الهيدروجين قائما، مما قد يشكل تهديدا حقيقيا ليس فقط لوفرة المياه العذبة عالميا، بل لاستدامتها أيضا. يتطلب إنتاج الهيدروجين، وخاصة من خلال التحليل الكهربائي للماء، ضعف كمية موارد المياه المستخدمة كمبرد ومواد خام.

تبرز هذه التفاعلات أهمية تقليل تسرب الهيدروجين عبر مراحل الإنتاج والتخزين والنقل لتجنب الآثار البيئية غير المقصودة. تختلف كثافة الطاقة والمياه من طريقة لأخرى. في هذا السياق، يخلف الهيدروجين الأخضر بصمة بيئية أقل بكثير من الهيدروجين الأزرق. تقدر بصمة الهيدروجين الأخضر بحوالي 65 مترا مكعبا من الماء لكل تيرا جول (TJ) من ناتج طاقة الهيدروجين. وهذا يعادل 0.234 مترا مكعبا لكل ميغاواط/ساعة (م^3/ميغاواط/ساعة)، أو 234 لترًا/ميغاواط/ساعة (Chak، 2023).

يخلف الهيدروجين الأزرق، المشتق من الغاز الطبيعي مع تقنية احتجاز الكربون وتخزينه، بصمة مائية أكبر بكثير، حيث يتطلب 369 مترًا مكعبا لكل تيرا جول (1.33 مترا مكعبا/ميغاواط/ساعة، أو 1330 لترًا/ميغاواط/ساعة) للإنتاج (Chak، 2023).

يستهلك الهيدروجين المنتج من الفحم كمياتٍ أكبر من المياه، إذ يستهلك 564 مترا مكعبا لكل تيرا جول (2.03 مترًا مكعبا/ميغاواط/ساعة، أو 2030 لترا/ميغاواط/ساعة).

ولتوضيح ذلك، بالنسبة لمحطة هيدروجين بقدرة 1 جيجاواط تعمل بكامل طاقتها لمدة عام (تنتج 8760 جيجاواط/ساعة سنويا)، سيبلغ الطلب على المياه للهيدروجين الأخضر 2.05 مليون متر مكعب بينما سيتطلب الهيدروجين الأزرق 11.65 مليون متر مكعب، والهيدروجين المنتج من الفحم 17.8 مليون متر مكعب. تظهر هذه الأرقام الأهمية الحاسمة لإعطاء الأولوية لمسارات الهيدروجين الأخضر لا سيما في المناطق التي تعاني من ندرة المياه (Sanjay، 2024). ومع تزايد إنتاج الهيدروجين عالميا، قد يشكل الطلب على المياه ضغطا هائلًا على موارد المياه العذبة. وهذا أمر مقلق بشكل خاص في المناطق التي تعاني بالفعل من ندرة المياه.

تشير البيانات الحالية إلى أن ما يقرب من 39% من عمليات سحب المياه العذبة عالميا تستخدم لتبريد محطات الطاقة، ويمكن أن يسهم إنتاج الهيدروجين في زيادة هذا الطلب بشكل كبير. على سبيل المثال، في المناطق التي تعاني من شح المياه مثل الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، حيث تسعى دول مثل الأردن والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة إلى استراتيجيات طموحة للهيدروجين، فإن المياه الإضافية اللازمة لإنتاج الهيدروجين قد تفاقم المنافسة القائمة على إمدادات المياه المحدودة.

بشكل عام، تعاني مناطق الشرق الأوسط وشمال إفريقيا من نقص المياه؛ لذلك، لا يمكن لمشاريع إنتاج الهيدروجين أن تنجح دون معالجة مياه الصرف الصحي وتحلية المياه بالطاقة المتجددة. تعد هذه الحلول واعدة ومنطقية لأنها لا تُستنزف احتياطيات المياه العذبة. من ناحية أخرى، تتمتع هذه المناطق بإمكانيات عالية لمصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. كل هذا سيدفع هذه المناطق إلى الريادة في تكنولوجيا إنتاج الهيدروجين المستدام.

يؤكد الاستهلاك المتزايد للهيدروجين والطلب المتزايد على المياه المرتبط به على الحاجة إلى ممارسات مستدامة لإدارة موارد المياه العذبة المحدودة. في حين يقدم الهيدروجين حلاً واعداً لأنظمة الطاقة الخالية من الكربون، إلا أنه يجب إدارة إنتاجه بعناية لضمان عدم تفاقم ندرة المياه، لا سيما في المناطق المعرضة للخطر. ومن خلال الابتكار التكنولوجي، والتدخل في السياسات، واعتماد مصادر مياه غير تقليدية، يمكن تحقيق توازن بين النهوض باقتصاد الهيدروجين والحفاظ على استدامة المياه العذبة العالمية.

الخلاصة، النتائج والتوصيات:

لطاقة الهيدروجين مكانة أساسية في التحول العالمي نحو حلول الطاقة المستدامة والنظيفة. ومن المتوقع أن يتوسع دورها بشكل كبير على مدار الثلاثين عاما القادمة، مدفوعا بالتقدم التكنولوجي والسياسات الداعمة والاستثمارات الضخمة. إن قدرة الهيدروجين على خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بشكل كبير وتلبية جزء كبير من احتياجات العالم من الطاقة تجعله لاعبًا رئيسيا في تحقيق الأهداف المناخية وتعزيز النمو الاقتصادي. ومع تطور اقتصاد الهيدروجين، لن يقتصر دوره على المساهمة في الاستدامة البيئية فحسب، بل سيخلق أيضًا فرصًا جديدة للابتكار والتوظيف، مما يمهد الطريق لمستقبل أكثر استدامة وازدهارا.

يتطلب التعامل مع معضلة الترابط بين المياه والطاقة جرأة وحذرا، نظرا لتعدد جوانبها. ويجب على صانع القرار إعطاء أولوية خاصة لمشاريع إنتاج الهيدروجين الموفرة للمياه.

ومن ثم، ثمة حاجة إلى المزيد من الاستثمارات في موارد المياه البديلة.

تعد تحلية المياه حلا مقبولا في البلدان التي تعاني من ندرة المياه، إلا أنها مصحوبة بتكاليف طاقة مرتفعة وعواقب بيئية. وبالنظر إلى هذه العواقب، ينبغي الدول التعاون ودعم بعضها البعض؛ فيما يخص تبادل المعرفة والإمكانات لتطوير حلول مبتكرة وتحقيق توازن في إنتاج الهيدروجين.

بالنسبة للمناطق التي تعاني من ندرة المياه، يعتمد نجاح إنتاج الهيدروجين كفرصة للانتقال الطاقي على وجود تقدم تكنولوجي، وممارسات مائية مستدامة، وفهم عميق لديناميكيات موارد المياه المحلية.

تتطلب القيود الأخلاقية المرتبطة بإنتاج الهيدروجين من موارد المياه العذبة المحدودة في المناطق التي تعاني من ندرة المياه دراسة معمقة.

سيؤدي توسيع مشاريع إنتاج الهيدروجين في البلدان الفقيرة بالمياه، بدلا من الكميات الكبيرة من المياه التي تتطلبها هذه المشاريع على حساب القطاعات الأخرى، حتما إلى سوء توزيع موارد المياه. على سبيل المثال، سيتضاءل توفير المياه النظيفة اللازمة للاستخدام المنزلي والزراعي إذا سيتم تحويلها لصالح إنتاج الهيدروجين وبالتالي، تظهر آثار سلبية على السكان الضعفاء الذين يعيشون على هذه الموارد.

من الناحية الأخلاقية، يثير هذا الواقع تساؤلاتٍ جوهرية حول كيفية منع الأضرار الناجمة عن تحولات الطاقة في المجتمعات المعدمة، وكيفية ضمان التوزيع الأمثل بين مستخدمي المياه النظيفة.

ينبغي إعطاء الأولوية للتوزيع العادل للمياه من خلال اللوائح والقوانين دون إضعاف قطاعاتٍ مهمة كالزراعة ومياه الشرب. ولتحقيق الشفافية والمساءلة، ينبغي دعم القرارات المتعلقة بإنتاج الهيدروجين من خلال المشاركة العامة. ومن خلال هذه المشاركة، يمكن للمجتمعات المحلية التعبير عن مخاوفها والمساهمة في إيجاد بدائل مستدامة. ومرة أخرى، يعد دمج الاعتبارات الأخلاقية في سياسات الطاقة متطلبا بالغ الأهمية لتحقيق التوازن بين الحاجة إلى المياه لأغراض المجتمع والحاجة إلى المياه لإنتاج الهيدروجين. ومن الجدير بالذكر أنه ينبغي إعطاء الأولوية للتقنيات المتقدمة التي تتوافق مع مبادئ العدالة الاجتماعية والعدالة البيئية.

تعد أطر السياسات المنظمة ضرورية لدعم التنمية المستدامة للهيدروجين في المناطق التي تعاني من ندرة المياه. ينبغي على صانعي السياسات اعتماد مناهج متكاملة لتخطيط المياه والطاقة، تعطي الأولوية لمصادر المياه غير العذبة، مثل مياه البحر المحلاة ومياه الصرف الصحي المعالجة، لإنتاج الهيدروجين. وينبغي أن تشجع خطط الحوافز الاستثمار في تقنيات التحليل الكهربائي الموفرة للمياه، بينما يجب أن تضمن الآليات التنظيمية عدم تنافس مشاريع الهيدروجين مع الاحتياجات المائية الأساسية. ويمكن لمصفوفة قرارات قائمة على توافر المياه، وتكلفة الإنتاج، والأثر البيئي أن ترشد الاستراتيجيات الوطنية، مما يضمن توافق تطوير الهيدروجين مع أهداف التحول في مجال الطاقة ومتطلبات أمن المياه وتحقيق التنمية المستدامة.

المراجع

1. A., Coutelieris Frank .(2013) .*Environmental impact of the widespread use of hydrogen as an energy carrier .*
2. ALLAN R. HOFFMAN .(2019) .*Water, Energy, and Environment – A Primer .*IWA Publishing.
3. Doglian Pietro .(2024) .*analytical modeling of levelized costs across various hydrogen supply chain nodes. Int J Hydrog. Energy .*
4. Energy Institute .(2024) .*Statistical Review of World Energy 2024 .*London: Energy Institute.
5. Hydrogen Council) .January , 2017 .(How hydrogen empowers the energy transition . *Hydrogen Europe* صفحة ،P2.
6. IRENA .(2024) .Tracking COP28 outcomes: Tripling renewable power capacity by 2030 . *Renewable Energy Agency* صفحة ،P7.
7. K., S Sanjay .(2024) .*Recent developments in hydrogen production, storage, and transportation: challenges, opportunities, and perspectives .*
8. Mark Z. Jacobson Robert W. Howarth) .October, 2021 .(How green is blue hydrogen ?*Energy Science & Engineering*.1676 صفحة ،
9. Ministère de L'Energie et des Mines .(2024) .stratégie nationale de développement de l'hydrogène en Algérie .P5.
10. Niculescu., Mihai, Anghel., Ioan, Stefanescu Violeta . .(2010) .*Environment impact of hydrogen - a renewable source of energy .*
11. Robert W. Howarth.(بلا تاريخ) .
12. University of Technology Sydney .(2022) .*Renewable Hydrogen in the Global South - Opportunities and Risks .*Australia.
13. W.Y. Chak .(2023) .*A critical review on hydrogen production .*
14. الأمم المتحدة، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا. (2022). *الهيدروجين الأزرق والأخضر تطورات محتملة في المنطقة العربية*. بيروت.

النفايات الصلبة البلدية(MSW) كمصدر للطاقات المتجددة في ظل الاقتصاد الدائري

(الو اقع، الفرص والتحديات)

Municipal Solid Waste (MSW) as a Source of Renewable Energy in the Circular Economy (Reality, Opportunities and Challenges)

أ.د. مديحة بخوش[1]

[1] جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي بتبسة (الجزائر)، madiha.bakhouche@univ-tebessa.dz [1]

ملخص:

عرف الاقتصاد العالمي في الآونة الأخيرة تحولات نوعية أدت إلى ظهور الاقتصاد الدائري كنموذج اقتصادي جديد، وكانت الدول المتقدمة سباقة لتبنيه. وبدأت التكنولوجيا تتسارع في توفير الآليات التي تتيح تحويل النفيات الصلبة البلدية إلى منتجات يمكن الاستفادة منها خاصة كطاقة متجددة . وتأتي هذه الدراسة للتعريف بالتكنولوجيات المعتمدة في تحويل النفايات الصلبة البلدية إلى مصدر للطاقة مع عرض واقع ذلك دوليا، وذلك من خلال محورين يتناول المحور الأول مفاهيم أساسية حول الاقتصاد الدائري من خلال التعريف به ودواعي التحول نحوه في ظل محدودية النموذج الخطي. أما المحور الثاني فيعرض عددا من التكنولوجيات الحديثة المعتمدة تحويل تلك النفايات إلى طاقة وعرض واقع التجربة دوليا والفوائد التي تتيحها وكذلك التحديات التي تواجهها. وستختتم الدراسة بخاتمة تبرز أهم النتائج والتوصيات المرتبطة بالموضوع.

كلمات مفتاحية: النفايات الصلبة البلدية؛ الاقتصاد الدائري؛ تحويل النفايات إلى طاقة، الحرق؛ التحلل البيولوجي.

تصنيفات JEL : O44, P18, P28

Abstract :

The global economy has recently undergone qualitative transformations, leading to the emergence of the circular economy (CE) as a new economic model. Developed countries were among the first to adopt it. Technology has accelerated, providing mechanisms that enable the conversion of municipal solid waste(MSW) into usable products, particularly renewable energy. This study aims to introduce the technologies used to convert municipal solid waste into an energy source, while presenting the international reality of this process. It is structured around two axes. The first one addresses basic concepts related to the circular economy, defining it and the reasons for transitioning to it in light of the limitations of the linear model. The second one presents a number of modern technologies adopted to convert such waste into energy, presenting the reality of international experience, the benefits it offers, and the challenges it faces. The study will conclude with a conclusion highlighting the most important results and recommendations related to the topic.

Keywords : Municipal solid waste; circular economy; waste-to-energy; Incineration ; Anaerobic digestion.

JEL Classification Cods : O44 ,P18 ,P28

المقدمة:

إن ظهور الشركات العملاقة التي تستعمل التكنولوجيا المتطورة في عملياتها الإنتاجية وتستهلك كميات كبيرة من الموارد الطبيعة تسبب في تلويث الكرة الأرضية عن طريق النفايات بمختلف أنواعها، واستنزاف الموارد الناضبة والاستخدام غير العقلاني للموارد المتجددة، مما تسبب في عدة كوارث طبيعية أثرت على صحة الإنسان، ودفع دول العالم إلى عقد العديد من المؤتمرات والندوات للحد من تفاقم المشكلات الناتجة عن التلوث والتي من أبرزها مؤتمر قمة الأرض بريو دي جانيرو عام 1992 والذي انبثقت عنه قرارات مهمة وشاملة وترسيخ أبعاد التنمية للوصول إلى التنمية المستدامة. وهذا التحول الفكري أدى بالاقتصاديين إلى البحث عن نماذج اقتصادية أكثر تطورا من شأنها تحقيق الاستفادة المثلى من الموارد وعدم الاضرار بالطبيعة ومواردها فتم التحول تدريجيا نحو الاقتصاد الدائري الذي يقوم على تدوير النفايات –خاصة البلدية الصلبة منها- والاستفادة منها بل وتحويلها إلى منتجات مفيدة لعل من أهمها اعتبارها مصدرا حيويا للطاقة المتجددة، وهذا لم يعد مجالا للتنظير بقدر ما أصبح صناعة قائمة بحد ذاتها لها تقنياتها والقائمون عليها في مختلف دول العالم من هيئات ومتعاملين اقتصاديين ، وانطلاقا من هذه الخلفية تم طرح الاشكالية التالية: كيف يمكن أن تسهم النفايات الصلبة البلدية في توليد الطاقة؟ وما هي أهم التجارب في ذلك دوليا؟

وتنبثق عن هذه الاشكالية عدة تساؤلات لعل من أهمها:

- على ماذا يقوم الاقتصاد الدائري؟ وما الفرق بينه وبين الاقتصاد الصناعي؟
- ما هي مختلف أنواع النفايات والنفايات الصلبة البلدية؟
- فيما تتمثل أهم التقنيات المعتمدة في تحويل النفايات الصلبة البلدية إلى طاقة؟
- ما هي أهم التجارب الدولية الناجحة في تحويل النفايات الصلبة البلدية إلى طاقة؟
- فيما تبرز فوائد عمليات التحويل وما هي التحديات التي تواجه ذلك؟

وبناء على ماتقدم تهدف الدراسة في جوهرها إلى ما يلي:

- تقديم الاقتصاد الدائري كنموذج مستحدث يقوم على تكنولوجيات متطورة تحافظ على البيئة.
- التعريف بالنفايات والنفايات الصلبة البلدية تحديدا وطرق التعامل معها .
- التطرق لأهم التكنولوجيات الحديثة المعتمدة في تحويل النفايات الصلبة البلدية إلى طاقة.
- ابراز الفوائد التي يتيحها تحويل النفايات الصلبة البلدية إلى طاقة وكذا التحديات التي تواجه ذلك.

وتكتسب الدراسة أهميتها من أهمية متغيراتها كمايلي:

- تركز الدراسة على تطورات تكنولوجية باتت مستعملة دوليا في ظل الاقتصاد الدائري للحد من آثار النفايات والنفايات الصلبة البلدية تحديدا في البيئات الحضرية خدمة لأهداف الاستدامة.
- بات البحث عن استراتيجيات طاقوية بديلة أمرا مهما، خاصة بالنسبة للاستقرار العالمي المستقبلي. والأمر الأكثر أهمية هو إيجاد مصادر لبدائل طاقوية في المعادلة البيئية.

- الطاقات المتجددة خاصة ذات المصادر العضوية من النفايات ستصبح واحدة من أكثر البدائل قربا في المستقبل وهو ما أصبح علينا في الجزائر ضرورة معرفتها والتمكن من استخدامها للرفع من تنافسية اقتصادنا والتقدم بمراحل نحو الاقتصاد الدائري لتحقيق الفوائض الاقتصادية وحماية بيئتنا في آن واحد .
- تتزايد أهمية نماذج تحويل النفايات إلى طاقة في مواجهة تحديات الاستدامة والبيئة العالمية. تُحوّل هذه الأنظمة النفايات إلى طاقة قابلة للاستخدام، مُعالجةً بذلك قضيتين عالميتين بالغتي الأهمية: إدارة النفايات وإنتاج الطاقة.

و تعتمد الدراسة على المنهج الوصفي الذي يصف متغيرات الدراسة ويوفر معلومات كافية تستوعب عناصر الموضوع مع تحليل تلك المعطيات لإبراز الجوانب المتعلقة بالاقتصاد الدائري كنموذج اقتصادي حديث والتكنولوجيات المعتمدة في تحويل النفايات الصلبة البلدية إلى طاقة مع محاولة ابراز التحديات والفوائد التي تعود من جراء ذلك.

وفيما يلي عرض لمحاور الدراسة:

1- التوجه نحو التدوير والاقتصاد الدائري

عرف الاقتصاد العالمي في الآونة الأخيرة تحولات نوعية جراء الهدر المفرط للثروات والموارد الطبيعية، فما كان بالشركات إلا البحث عن نماذج تصنيع جديدة تكفل الأرباح من جهة وتحافظ على البيئة من جهة أخرى فظهرت فكرة التدوير وإعادة الاستخدام وتحولت إلى اقتصاد قائم على مبادئ راسخة يعبر عنه بالاقتصاد الدائري:

1-1: مفاهيم حول الاقتصاد الدائري

يعبر الاقتصاد الدائري (Circural Economy : CE)عن طريقة جديدة لخلق القيمة والرخاء، ويعمل عن طريق تمديد عمر المنتج من خلال تحسين التصميم والخدمات، ونقل النفايات من نهاية سلسلة التوريد إلى بدايتها باستخدام الموارد بشكل أكثر كفاءة من خلال استخدامها مرارا وتكرارا، وليس مرة واحدة فقط وهذا بحسب (United Nations, 2018, p. 3)

كما يقصد به: " النظام الصناعي المصلح والمجدد في كل من هدف المنتج وتصميمه، ويعوض هذا النظام مفهوم نهاية الحياة بالإصلاح والتجديد مع التحول نحو استخدام الطاقات المتجددة، والحد من استعمال المواد الكيميائية السامة التي تعيق عملية إعادة الاستخدام، واستهداف الحد من النفايات من خلال التصاميم المتفوقة للمواد، والمنتجات والأنظمة وما يرافقها من نماذج الأعمال". (The Ellen MacArthur Foundation، 2015، صفحة 2)

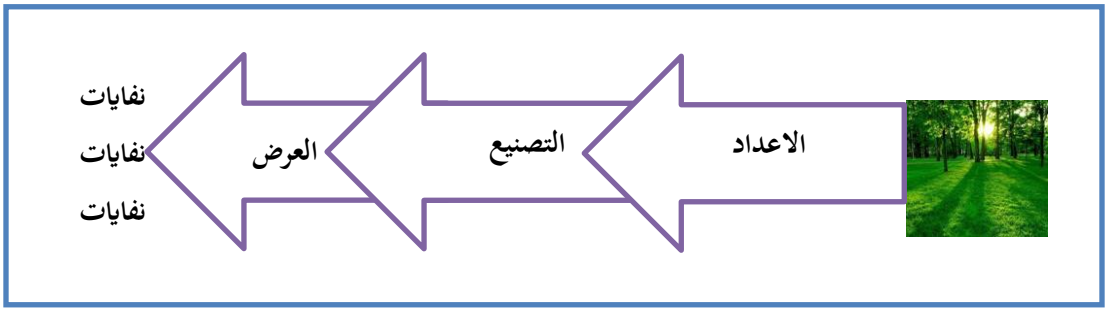
وقد اجتذب مفهوم الاقتصاد الدائري مزيدًا من الاهتمام في السنوات الأخيرة. ويعبر هذا المفهوم عن: "الاقتصاد المصلح والمجدد من خلال تصاميمه مع الحفاظ على المنتجات والمكونات والمواد في أعلى مستويات الاستخدام والقيمة في كل الأوقات، مع التمييز بين الدورة التقنية والبيولوجية، ويتم تصوره على أنه دورة تطوير إيجابية مستمرة تحافظ على رأس المال الطبيعي وتحسنه، وتحسن عائدات الموارد، وتقلل من مخاطر النظام طريق إدارة المخزونات المحدودة والتدفقات المتجددة ويعمل بفعالية في كل المقاييس. ويسعى هذا النموذج الاقتصادي إلى

فصل تطور الاقتصاد العالمي عن استهلاك الموارد المحدودة. (Taranic، Behrens، و Corrado، 2016، صفحة 1)

والاقتصاد الدائري بدأ يتطور انطلاقا من 1970 كنموذج اقتصادي بديل يقوم ويتحدى النموذج الاقتصادي الصناعي التقليدي الخطي. فالنموذج الخطي يقوم على عملية خطية موجهة نحو تعظيم الانتاجية وتقليل تكاليف الإنتاج المرتبطة بوفرة المواد الخام المستخدمة وبتكاليف منخفضة. والعملية الإنتاجية تمر بمراحل توفير المواد الأولية، لتمر العملية الإنتاجية النموذجية بتوفير المادة الأولية أو استخراجها ثم التصنيع فالاستهلاك ثم التخلص من المنتجات في نهاية حياتها الإنتاجية، والذي يمكن التعبير عنه من خلال نموذج: (take-make-consume-depose model) أي نموذج الأخذ- التصنيع-الاستهلاك- التخلص، والشكل رقم (1) أما الاقتصاد الدائري من جهة أخرى يهدف إلى تخفيض الأضرار البيئية، من خلال تخفيض النفايات والاستخدام الفعال للموارد بتحويلها في نهاية عمرها الإنتاجي إلى مواد يعاد استخدامها في عملية إنتاجية جديدة من خلال إعادة الاستعمال وإعادة التصنيع، إعادة الاستهلاك، إعادة التدوير وتقليل النفايات وممارسات أخرى وبالتالي فالاقتصاد الدائري هو إعادة الاصلاح في كل من التصميم والهدف (restorative by design and intention). (Taranic, Behrens, & Corrado, 2016, p. 1)

والشكلين رقم (1) و(2) التاليين يوضحان الفرق بين النط الخطي والدائري في الاقتصاد:

الشكل(01): النموذج الخطي في الاقتصاد



المصدر: European commission(2018), life and the circular economy, on the web site: https://www.eesc.europa.eu,P:3.

والشكل أعلاه يبين أن النمط الخطي يستغل الموارد الطبيعية ويحولها إلى منتجات مصنعة ثم يتم التخلص منها بعد الاستخدام على شكل نفايات تعود للطبيعة، منها ما تستهلكه ومنها ما يسبب في حالات التسمم والتلوث التي يعرفها العالم اليوم.

الشكل(02): النموذج الدائري للاقتصاد



المصدر: European commission(2018), life and the circular economy, on the web site https://www.eesc.europa.eu,P:3.

وبالتالي فالاقتصاد الدائري يتيح إعادة تدوير الموارد واستخدامها لأكثر من مرة مع استغلال أنماط طاقوية جديدة، على عكس النموذج الخطي الذي ينتج عنه إلا النفايات والاضرار بالبيئة.

1-2- مبادئ الاقتصاد الدائري:

يقوم الاقتصاد الدائري على عدد من المبادئ حسب (Foundation, 2013, pp. 10-11)تتمثل فيمايلي:

- تصميم النفايات(Design out waste): النفايات غير موجودة عندما تكون المكونات البيولوجية أو التقنية من منتج تم تصميمه لتناسب مع دورة المواد البيولوجية أو التقنية أي مصممة للتفكيك والتجديد. المواد البيولوجية غير سامة ويمكن أن تكون ببساطة سماد ومن مواد أخرى صممها الانسان لتستخدم مرة أخرى مع الحد الأدنى من الطاقة وأعلى معايير الجودة للاحتفاظ بها.
- بناء المرونة من خلال التنوع(Build resilience through diversity): التعددية، التنوع، وقابلية التكيف هي الميزات الثمينة التي تحتاج إلى أن تكون ذات أولوية في عالم مجهول وسريع التطور. وأنظمة متنوعة مع العديد من الاتصالات والمقاييس الأكثر مرونة في مواجهة الصدمات الخارجية من النظم أفضل من النظم التي بنيت ببساطة من أجل الكفاءة - تعزيز المخرجات إلى أقصى حد من المنتجات الهشة.
- الاعتماد على الطاقة من المصادر المتجددة (Rely on energy from renewable sources): يجب أن تهدف الأنظمة إلى العمل بالمصادر المتجددة كالرياح والمياه، والأكيد أنه سيعتمد الاستهلاك على تبني نماذج أعمال أكثر دائرية؛ كما أنه سيضمن أن الشركات تركز في فعاليتها على عنق الزجاجة الحقيقي للمجتمع الاستهلاكي / الاقتصاد حيث لا يوجد نقص في العمالة مع طاقة متجددة على المدى الطويل.
- النفايات هي الغذاء(Waste is food): يقوم الاقتصاد الدائري على العناصر الغذائية البيولوجية، والقدرة على إعادة تقديم المنتجات و المواد مرة أخرى في المحيط الحيوي من خلال حلقات غير سامة، وإعادة الإصلاح. في الجانب التقني للعناصر الغذائية ، يمكن تحسين الجودة أيضًا ؛ وهذا ما يسمى بـ(upcycling) . والدافع لتغيير تركيبة المادة من المواد الاستهلاكية من التقنية نحو العناصر البيولوجية والحصول على ذلك التتالي من خلال التطبيقات المختلفة قبل استخراج المواد الخام القيّمة وأخيراً إعادة إدخال العناصر الغذائية في المحيط الحيوي، وتقريب المبادئ الأساسية للاقتصاد الدائري الإصلاحي.

- التفكير في الأنظمة (Think in systems): إن القدرة على فهم كيفية تأثير الأجزاء على بعضها البعض داخل الكل، والعلاقة بين الكل والأجزاء أمر بالغ الأهمية لذا يتم مراعاة العناصر في علاقتها ببنيتها التحتية وبيئتها وسياقاتها الاجتماعية، في حين أن الآلة تعد نظاما مقيدا. لذا يتم التفكير في الأنظمة غير الخطية (أنظمة غنية بالردود والتغذية العكسية).

وعليه فالاقتصاد الدائري يقوم على إعادة تدوير الموارد لتحقيق أقصى صور الاستفادة منها. والشكل التالي يلخص مفهوم الاقتصاد الدائري وفوائده والتحديات التي تواجه تبنيه:

الشكل(03): الاقتصاد الدائري



المصدر: World Business Council for Sustainable Development, CEO guide to the circular economy, P :7.

وبالتالي فالاقتصاد الدائري نموذج اقتصادي متطور يقوم على إعادة الاصلاح والاستخدام والمعالجة وهذا ما يسهم في عدة فوائد لكن يطرح عددا من التحديات للمنظمات والاقتصاديات على حد سواء.

2- النفايات الصلبة البلدية كمصدر للطاقة

إن تحويل النفايات وإدخالها في دورة جديدة إنتاجية من صميم المبادئ التي يرتكز عليها الاقتصاد الدائري، خاصة الصلبة البلدية منها، وفيمايلي تفصيل ذلك:

2-1- مفهوم النفايات

ورد للنفايات العديد من التعاريف تنوعت بين اللغوية والاصطلاحية وكذا القانونية، ففي اللغة: أصل كلمة نفاية هو "نفو" وتعني "نفاوة الشيء" بقية الشيء أو الرديء منه، وجمعها نفايات. (المنجد العربي، 1988، صفحة 1079)

أما اصطلاحا فهناك العديد من الاجتهادات الواردة لهذا المفهوم، والتي ترتكز في جوهرها على ماهية النفايات تحديدًا، لذا عرفت بأنها ناتج ثانوي غير مفيد للأنشطة البشرية، يحتوي فعليًا على نفس المادة المتوفرة في المنتج المفيد. كما عُرفت النفايات بأنها أي منتج أو مادة غير مفيدة لمنتجه. ويشار إلى أن النفايات هي مواد يرغب الناس في التخلص منها. ومنهم من يضيف أنه تضم حتى المواد التي يُطلب دفع مبالغ للتخلص منها. على الرغم من أن النفايات منتج أساسي للأنشطة البشرية، إلا أنها أيضًا نتيجة لعمليات إنتاج غير فعّالة، حيث يُمثّل استمرار إنتاجها خسارةً للموارد الحيوية. ومن الباحثين من يرى أن هناك من المواد تلك التي تُعتبر نفايات لشخص ما، قد تُعتبر موردًا لشخص آخر. لذلك، لا يُمكن اعتبار المادة نفايات إلا عندما يُصنّفها مالكها على هذا النحو. على الرغم من هذه الطبيعة الذاتية للنفايات، من المهم وصف ما يُشكّل نفايات بوضوح، لأن تصنيف المادة كنفايات سيُشكّل أساسًا للوائح اللازمة لحماية السكان والبيئة حيث تُعالَج النفايات أو تُتخلَّص منها. (Ebikapade & Baird , 2016, pp. 88-89)

ويرى (Defra, 2011)أن النفايات تتضمن أي مادة صلبة أو سائلة أو غازية محصورة يتم التخلص منها عن طريق الرمي أو إعادة تدويرها أوحرقها أو ترميدها. وقد تكون ناتجًا ثانويًا لعملية تصنيع أو منتجًا تجاريًا قديمًا لم يعد صالحًا للاستخدام للغرض المقصود منه ويتطلب التخلص منه.

أما المشرع الجزائري فقد عرف النفايات في القانون الجزائري رقم69-91 في إطار المادة الثالثة (3) حيث جاء فيها: "النفايات: كل البقايا الناتجة عن عمليات الإنتاج أو التحويل أو الاستعمال وبصفة أعم كل مادة أو منتوج و كل منقول يقوم المالك أو الحائز بالتخلص منه أو إزالته". (خضار و عمارة، 2021، صفحة 1983)

ويتضح من ذلك أن مفهوم النفايات واسع يتضمن بصورة عامة كل المواد التي يرى منتجوها أنها لم تعد تلزمهم، حتى وإن كانت مهمة لأطراف أخرى، لأن ذلك سيساعد في إعادة تدويرها أو تصنيعها ليدخل تلك النفايات في دورة اقتصادية جديدة تدعم الاستدامة البيئية من جهة وتحقق الثروة لفاعلين اقتصاديين آخرين من جهة أخرى.

2-2- تصنيف النفايات و أنواعها:

تنشأ النفايات بأشكال مختلفة، ويمكن التعبير عن خصائصها بأشكال متعددة. من بين الخصائص الشائعة المستخدمة في تصنيف النفايات: الحالة والخصائص الفيزيائية، والقدرة على إعادة الاستخدام، والقدرة على التحلل البيولوجي، ومصدر الإنتاج، ودرجة التأثير البيئي. ومن الباحثين من يرى أنه يمكن تصنيف النفايات بشكل عام إلى ثلاثة أنواع رئيسية وفقًا لحالتها الفيزيائية؛ وهي: النفايات السائلة، والصلبة، والغازية. على الرغم من وجود تصنيفات متعددة في مختلف البلدان، إلا أن التصنيفات الأكثر شيوعًا حسب (Ebikapade و Baird ، 2016، صفحة 89)موضحة أدناه :

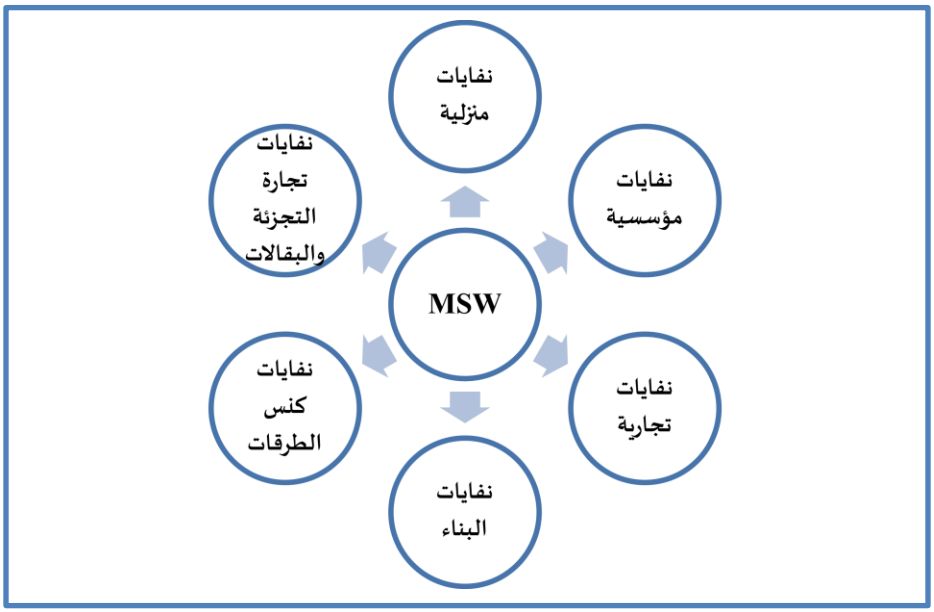
- الحالة الفيزيائية: هناك مايلي:
  - نفايات صلبة.
  - نفايات سائلة.
  - نفايات غازية.
- المصدر: هناك مايلي:
  - نفايات منزلية و نفايات صناعية.

- نفايات زراعية و نفايات تجارية.
- نفايات هدم وبناء.
- نفايات تعدين.

- التأثير البيئي: هناك مايلي:
  - نفايات خطرة.
  - نفايات غير خطرة.

وتجدر الاشارة إلى أن التركيز الأكبر من قبل الممارسين والدارسين على حد سواء يتجه نحو أكثر أنواع النفايات شيوعًا وهي النفايات الصلبة البلدية (MSW:Municipal solid wastes) ، حيث تمثل معظم النفايات التي يتم إخراجها إلى مكبات النفايات، ولها نسبة عالية من التلوث مع إمكانية إدارتها، وتتكون من مواد الاستخدام اليومي التي يتم التخلص منها بعد الاستخدام، مثل البطاريات والدهانات والأجهزة والصحف وبقايا الطعام والزجاجات والملابس والأثاث ومواد التغليف. أما بالنسبة لمصادرها، فتُنتج النفايات البلدية الصلبة من الصناعات والمستشفيات والمدارس والمنازل. وتُعدّ الطُرق الأكثر شيوعًا لإدارة النفايات البلدية الصلبة هي الطمر المكشوف ومكبات النفايات. ولكلتا الطريقتين آثار جانبية، مثل التلوث البيئي، وانبعاث غاز الميثان الذي يُسهم في ظاهرة الاحتباس الحراري، بالإضافة إلى مشاكل العمالة. والشكل التالي يوضح مصدر النفايات الصلبة البلدية (MSW):

الشكل(4): أنواع النفايات الصلبة البلدية (MSW)



المصدر: تم إعداده بناء على ما تقدم

3- تحويل النفايات الصلبة البلدية إلى طاقة

تحويل النفايات إلى طاقة هو عملية تستخدم تقنيات متعددة لتحويل النفايات، بما في ذلك النفايات العضوية، إلى مصادر طاقة قابلة للاستخدام. تشمل هذه العمليات التحلل البيولوجي، الحرق، والتحلل الحراري، والهدف من هذه العمليات هو

تقليل كمية النفايات المرسلة إلى مدافن النفايات وإنتاج الطاقة في نفس الوقت. حيث يسمح تحويل النفايات الصلبة إلى مشاريع طاقة متجددة يستند على مجموعة متنوعة من التقنيات والعمليات التي تسمح بتحويل المواد العضوية وغير العضوية إلى مصادر للطاقة النظيفة والمستدامة. (الحباشنة، 2024)

وتحويل النفايات إلى طاقة (WtE: Waste-to-energy)، والمعروف أيضًا بالطاقة من النفايات (EfW: Energy-from-Waste)، هو إنتاج الطاقة على شكل كهرباء أو حرارة أو وقود من النفايات الحضرية و/أو الصناعية. يتحقق ذلك باستخدام تقنيات تحويل النفايات إلى طاقة التي تُحلل النفايات عبر سلسلة من العمليات الكيميائية الحيوية أو الحرارية. (waste to energy, p. 1)

تُحوّل تقنية تحويل النفايات إلى طاقة (WTE) النفايات إلى كهرباء بدلاً من حرق الوقود الأحفوري، مما يُقلل من انبعاثات غازات الدفيئة. ويُقرّ قانون سياسة الطاقة الأمريكي تحويل النفايات إلى طاقة كعملية متجددة. ستُلبي هذه العمليات بشكل كبير المتطلبات المستقبلية التي تُحدّدها رؤى تحقيق صافي صفر كربون ونفايات. تتمتع عمليات تحويل النفايات إلى طاقة بالقدرة على خفض 160 مليون طن من انبعاثات غازات الدفيئة السنوية. ومن المتوقع أن تُلبّي 2% من احتياجات الكهرباء بحلول عام 2030. تتكون انبعاثات مدخنة تحويل النفايات إلى طاقة النموذجية من 65% من ثاني أكسيد الكربون. تستضيف الولايات المتحدة حاليًا 87 منشأة قادرة على تحويل 90,000 طن من النفايات يوميًا في المتوسط. يُنتج هذا 2.3 جيجاواط من الكهرباء التي يُمكن الوصول إليها بسهولة، مما يجعلها مُولّدًا أساسيًا للطاقة. (Kalair , Seyedmahmoudian , Stojcevski, Abas , & khan, 2021, p. 10)

1-3: طرق تحويل النفايات إلى طاقة:

يشير الباحثون والممارسون إلى أن هناك تطورا في تقنيات تحويل النفايات إلى طاقة (WTE:Waste-to-energy) لتلبية متطلبات إدارة النفايات العالمية والطاقة، مع تقليل الأعباء البيئية.

وتجدر الإشارة إلى أن المشرع الجزائري اعتبر النفايات مصدرا للطاقة المتجددة و بالضبط النفايات العضوية و هذه الأخيرة تعرّف على أنها :النفايات التي أساسها عضوي مثل مخلفات الطعام، و فضلات الحيوانات و الجرائد و الأخشاب و الريش و غير ذلك ، وبالتالي يمكن أن نستنتج أن كل نوع من النفايات يمكن استعمالها في إنتاج الطاقة(النفايات العضوية فقط لأن النفايات غير العضوية كالمعادن يتم إعادة تدويرها)،و يرتقب إنتاج 1000 ميغاواط عند استغلال هذه الطاقة وفقا لنفس البرنامج (خضار و عمارة، 2021، الصفحات 1988-1989)، و فيما يلي عرض للطرق المعتمدة في التثمين الطاقوي للنفايات (حلواص، 2024):

1-1-3- التحلل البيولوجي (Anaerobic digestion):

في هذه العملية، يتم استخدام الكائنات الدقيقة لتحليل النفايات العضوية في غياب الأكسجين. ينتج عن هذا التحلل غاز الميثان، الذي يمكن استخدامه كوقود لتوليد الطاقة أو تسخين المياه، وتعد هذه الطريقة فعالة في معالجة النفايات الزراعية والمخلفات الغذائية.

كما ينتج (degestate) المادة المتحللة، وهو مادة غنية بالمغذيات تُستخدم كسماد. إن الفوائد المزدوجة المتمثلة في توليد الطاقة وتحسين الزراعة تجعل التحلل اللاهوائي حلاً جذابًا للمناطق الغنية بالنفايات العضوية.

2-1-3- الحرق(Incineration):

تشمل هذه العملية حرق النفايات العضوية في درجات حرارة عالية لتوليد الحرارة، التي يمكن استخدامها لتوليد بخار ثم طاقة كهربائية، وتعد هذه الطريقة وسيلة فعالة لتقليل حجم النفايات، ولكنها تتطلب تقنيات متقدمة للحد من انبعاثات الغازات الضارة.

والحقيقة أن لا الحرق يزال هو الأكثر شيوعًا، مما يُولّد حرارة تُشغّل توربينات بخارية لإنتاج الكهرباء. وتستخدم مرافق الحرق الحديثة آليات متطورة لمكافحة التلوث للحد من الانبعاثات، بما في ذلك المرسبات الكهروستاتيكية، وأجهزة غسل الغازات، والاختزال التحفيزي الانتقائي. وهذا يُقلل من انبعاث المركبات الضارة مثل أكاسيد النيتروجين والجسيمات، مما يجعل الحرق خيارًا أنظف من طريقة التخلص من النفايات التقليدية.

3-1-3- التحلل الحراري:

تتضمن هذه العملية تسخين النفايات العضوية في بيئة خالية من الأكسجين لتحويلها إلى غازات قابلة للاحتراق وزيوت ومواد صلبة، وتعتبر هذه الطريقة أكثر فعالية في تحويل النفايات إلى طاقة مقارنة بالحرق، حيث تنتج كميات أقل من الملوثات.

3-1-4- تقنيات إعادة التدوير:

تشمل فصل المواد القابلة لإعادة التدوير من النفايات واستخدامها في عمليات تصنيع جديدة أو تحويلها إلى مواد مستخدمة في البناء والتشييد مع استخدام الطاقة الحرارية المتولدة من عمليات التحويل يسمح بتوليد الكهرباء أو تسخين المياه أو المساهمة في عمليات التدفئة، مما يساهم في زيادة كفاءة استخدام الطاقة....الأردن

3-1-5- تقنيات مبتكرة أخرى:

مع التطورات التقنية المستمرة في المجال برزت مناهج مبتكرة، مثل (plasma arc gasification)التحليل الهوائي بقوس البلازما وخلايا الوقود الميكروبية(microbial fuel cells) في مجال تحويل النفايات إلى طاقة، ففي التقنية الأولى يتم استخدام غاز مشحون كهربائيا لتحليل النفايات إلى مكونات جزيئية أساسية، مما يُنتج غازا اصطناعيا. أما في تقنية خلايا الوقود الميكروبية تستخدم البكتيريا لتحويل النفايات العضوية مباشرةً إلى كهرباء، مما يُوفر منهجا مستوحى من الحياة البيولوجية لاستعادة الطاقة. وبينما لا تزال هذه التقنيات في مراحلها التجريبية، تُبرز الابتكار المستمر لتحسين الكفاءة وتقليل الأثر البيئي (Okuh، Nwulu، Ogu، I fechukwude egbumokei، Ikiomoworio، و Wags، 2023، الصفحات 886-887).

3-2- و اقع تحويل النفايات عالميا:

يرى كل من (Ahmadi, Esmaeilion, Esmaeilion, Ehyaei, & Silveira, 2020, p. 28)أن تحويل النفايات إلى طاقة لم يعد مجالا للتنظير بل أصبح حقيقة فعلية تستفيد منها الدول واقتصادياتها وكذا مجتمعاتها، حيث يوجد حاليًا أكثر من 800 محطة لتحويل النفايات إلى طاقة في 40 دولة. تستهلك هذه المحطات 11% من النفايات البلدية الصلبة حول العالم، وتنتج 429 تيراواط/ساعة. يُستخدم حوالي 10% من هذه المحطات لتوليد الكهرباء. في ألمانيا، تُدفن 1% فقط من النفايات، بينما تبلغ حصة تحويل النفايات إلى طاقة 35%، وهي نسبة أعلى بنسبة 24% من المتوسط في الدول الأوروبية. في السويد، يُستخدم 50% من النفايات لإنتاج الطاقة على شكل حرارة وكهرباء من النفايات البلدية الصلبة.

ففي سنغافورة مثلا ، تُمثل منشأة(Tuas Nexus) لإدارة النفايات المتكاملة نهجًا شاملًا لتحويل النفايات إلى طاقة. تجمع هذه المنشأة معالجة النفايات، ومعالجة المياه، واستعادة الموارد في مجمع تشغيلي واحد، مما يُحسّن كفاءة الموارد ويُقلل من الأثر البيئي. وهي بذلك تعد نموذجًا للمناطق الحضرية التي تسعى إلى دمج تحويل النفايات إلى طاقة في هدفها الأوسع

للاستدامة. (Okuh، Nwulu، Ogu، I fechukwude egbumokei، Ikiomoworio، و Wags، 2023، صفحة 887)

وتُبرز الاقتصادات الناشئة، مثل الهند، إمكانات وتحديات تحويل النفايات إلى طاقة. تُعالج محطة أوكلا لتحويل النفايات إلى طاقة في نيودلهي النفايات الصلبة البلدية لتوليد الكهرباء، مما يُعالج مشاكل إدارة النفايات المتزايدة في المدينة. أما في الدول النامية فإن امتلاك التكنولوجيا وتطورها في المجال، وخفض التكاليف، وزيادة الدعم والاستثمارات الحكومية ستؤدي إلى زيادة الاهتمام بتحويل النفايات إلى طاقة. حيث أصبح نمو إنتاج النفايات البلدية الصلبة تحديًا محفوفًا بالمخاطر بسبب النمو السكاني الهائل ونقص التخطيط والاستثمار المناسبين في قطاع إدارة النفايات. والجدير بالذكر أن الدور السلبي للمواطن في تقليل كفاءة نظام إدارة النفايات يعيق ذلك نظرًا لعدم كفاية فصل النفايات ومساهمته فيها. (Ahmadi، Esmaeilion، Esmaeilion، Ehyaei، و Silveira، 2020، صفحة 28)

3-3 -الفرص والتحديات

رغم فوائدها تواجه أنظمة تحويل النفايات إلى طاقة تحديات بيئية؛ إذ يمكن أن يُطلق حرق النفايات ملوثات مثل الديوكسينات والمعادن الثقيلة إذا لم يُدر بشكل صحيح. ويجب التعامل مع الرماد الناتج عن الحرق بعناية لمنع التلوث البيئي. وبالمثل، يمكن أن تُنتج عمليات التغويز والتحلل الحراري نواتج ثانوية خطرة مثل القطران والزيوت التي تتطلب التخلص منها أو معالجتها بشكل صحيح. وتُبرز هذه التحديات الحاجة إلى تقنيات متطورة للتحكم في الانبعاثات وممارسات مستدامة في التعامل مع النفايات، ورغم ذلك فإن تحويل النفايات إلى طاقة متجددة له عدد من الفوائد كمايلي:

3-3- 1- فوائد تحويل النفايات إلى طاقة متجددة:

هناك العديد من الفوائد لاستخدام تحويل النفايات إلى طاقة كبديل لمكبات النفايات، وفيما يلي بعض أهم المزايا التي تقدمها مبادرات تحويل النفايات إلى طاقة (Portilla):

- **توليد طاقة لا حدود لها:**

يمكن لمبادرات تحويل النفايات إلى طاقة، إذا ما تم التخطيط لها وتنفيذها بشكل صحيح، أن تُولّد كميات هائلة من الطاقة، والتي يمكن استخدامها بعد ذلك لإنتاج الحرارة والكهرباء. لا توجد طريقة للتخلص تمامًا من النفايات في العالم. ومع ذلك، فإن مبادرات تحويل النفايات إلى طاقة تُعيد لهذه النفايات حياة جديدة وتستخدمها في صنع أشياء أخرى يحتاجها الناس للبقاء على قيد الحياة.

- **جدوى مالية:**

تختلف تكلفة مبادرات تحويل النفايات إلى طاقة بناءً على عدة عوامل، بما في ذلك التكنولوجيا المستخدمة. ومع ذلك، يمكن لمبادرة تحويل النفايات إلى طاقة (WTE) أيضًا توفير المال من خلال التخلص من تكلفة نقل النفايات إلى مكبات النفايات، كما يمكن بيع الطاقة المولدة من خلال هذه المبادرة لتحقيق ربح.

وحسب الباحثين (Okuh, Nwulu, Ogu, I fechukwude egbumokei, Ikiomoworio, & Wags, 2023, p. 887) فإنهم يضيفون مايلي:

- **التأثير البيئي:**

تُسهم أنظمة تحويل النفايات إلى طاقة (WTE) بشكل كبير في الاستدامة البيئية من خلال تقليل حجم النفايات المُرسلة إلى مكبات النفايات. تشتهر مكبات النفايات بانبعاث غاز الميثان، وهو غاز دفيء قوي، وتلويث المياه الجوفية من خلال الرشح. ومن خلال تحويل النفايات إلى طاقة، تُقلل التقنيات من هذه المخاطر البيئية. بالإضافة إلى ذلك، تُقلل هذه التقنيات من الحاجة إلى الوقود الأحفوري من خلال إنتاج الطاقة المتجددة، وهذا يُقلل من البصمة الكربونية الإجمالية.
مع ذلك، تتوافق تقنيات تحويل النفايات إلى طاقة مع أهداف الاستدامة الأوسع من خلال الحفاظ على الموارد الطبيعية. على سبيل المثال، يمكن استعادة المعادن من رماد محارق النفايات، ويمكن للفحم الحيوي المُنتَج من خلال التحلل الحراري أن يُحسّن صحة التربة. علاوة على ذلك، يُتيح دمج أنظمة احتجاز الكربون وتخزينه في محطات تحويل النفايات إلى طاقة فرصًا إضافية لتقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، مما يُعزز دورها في مكافحة تغير المناخ.

- **نماذج التحويل مستدامة**

تدمج أطر الاستدامة بشكل متزايد في تقنيات تحويل النفايات إلى طاقة كعناصر أساسية في نماذج الاقتصاد الدائري. إذ تُعطي هذه النماذج الأولوية لتقليل النفايات، واستعادة الموارد، وإعادة استخدام المواد باستمرار. من خلال تحويل النفايات إلى طاقة، تُغلق أنظمة تحويل النفايات إلى طاقة حلقة استهلاك الموارد، مما يُقلل الاعتماد على المواد الخام، ويعزز دورة إنتاج أكثر استدامة.

- **تقليل انبعاث الكربون**

فعلى عكس الطاقة القائمة على الوقود الأحفوري، والتي تُطلق الكربون المُخزّن منذ ملايين السنين، تستخدم أنظمة تحويل النفايات إلى طاقة (WTE) بشكل أساسي الكربون الحيوي من النفايات العضوية، مما يجعلها جزءًا من دورة الكربون الطبيعية. وهذا يُؤدي إلى انخفاض صافي تأثير الكربون. بالإضافة إلى ذلك، يُعزز اعتماد تقنيات احتجاز الكربون في منشآت تحويل النفايات إلى طاقة استدامتها، مما يُمكّن من عزل الانبعاثات وإمكانية التشغيل المُحايد أو حتى السالب للكربون.

- **المساهمة في الأبعاد الاجتماعية والاقتصادية للتنمية المستدامة**

حيث تُوفر هذه التقنيات فرص عمل في مختلف مراحل سلسلة قيمة تحويل النفايات إلى طاقة، بدءًا من جمع النفايات ووصولًا إلى تشغيل المرافق. في المناطق النامية، كما تُحسّن مشاريع تحويل النفايات إلى طاقة البنية التحتية لإدارة النفايات الحضرية، مما يعزز الصحة العامة والظروف البيئية. علاوة على ذلك، تُسهم الإيرادات المتولدة من بيع الطاقة والمنتجات الثانوية، مثل الأسمدة أو مواد البناء، يمكن أن تعوض تكاليف التشغيل، مما يضمن الجدوى الاقتصادية على المدى الطويل.

3-3- 2- تحديات تحويل النفايات إلى طاقة متجددة:

تحويل النفايات الصلبة إلى مشاريع طاقة متجددة يمثل فرصًا هائلة للمجتمعات لتحقيق الاستدامة وتعزيز التنمية المحلية، ولكن ذلك يترافق مع تحديات تنظيمية، وتقنية واجتماعية تواجهها هذه المجتمعات، لعل من أهمها حسب (الحباشنة، 2024، صفحة 538)مايلي:

- توفير البنية التحتية المناسبة لمعالجة النفايات وتحويلها إلى طاقة متجددة. ويتطلب ذلك استثمارات كبيرة في تطوير وبناء محطات متقدمة للتحويل، والتي قد تكون تكلفتها مرتفعة للغاية، مما قد ذلك يكون صعبًا على المجتمعات المحلية المالية.
- تواجه المجتمعات المحلية تحديات تقنية في تحديد واختيار التقنيات الأنسب والأكثر كفاءة لتحويل النفايات الصلبة إلى طاقة متجددة بما يتناسب مع احتياجاتها ومواردها المحلية.
- تواجه المجتمعات التحديات الاجتماعية مثل تعبئة الدعم الشعبي والمشاركة المجتمعية في عمليات جمع وفصل النفايات وتشغيل المحطات الطاقوية، فضلا عن التحديات البيئية المحتملة المتعلقة بعمليات التحويل على البيئة وصحة السكان المحليين.

الخاتمة:

بات الاقتصاد الدائري نموذجا قائما بحد ذاته يزاوج بين الفوائض الاقتصادية من جهة وحماية البيئة واستدامتها من جهة أخرى؛ من خلال المبادئ التي طرحها الباحثون فيه، والتقنيات التي طورها الممارسون والمهندسون عبر مختلف أنحاء العالم، وباتت النفايات التي كانت معضلة في ظل الاقتصاد الصناعي مصدرا للقيمة من خلال تحويلها لمنتجات أخرى لعل من أهمها الطاقات المتجددة، ومن خلال الدراسة تم التوصل للنتائج الآتية:

- النفايات أنواع لعل من أهمها النفايات الصلبة البلدية الناتجة عن النشاطات اليومية للبيئات الحضرية من سكان ومدارس ومحلات تجارية...وهي تمثل النسبة الأكبر عبر العالم لأنها تتعلق بنشاطات الإنسان اليومية، كما يصعب إدارتها لأن الأطراف المتدخلة في تسييرها متعددة وتتطلب ثقافة بيئية عالية.
- هناك عدة طرق لتحويل النفايات الصلبة البلدية إلى طاقة من خلال التحلل البيولوجي و الحرق والتحلل الحراري وتقنيات إعادة التدوير بالإضافة إلى تقنيات مبتكرة أخرى مثل (plasma arc gasification)التحليل الهوائي بقوس البلازما وخلايا الوقود الميكروبية(microbial fuel cells)، وهذا يثبت الجهود الحثيثة في ابتكار طرق لتدوير النفايات مع محاولة إحداث 0% من الضرر البيئي.
- على المستوى العالمي تقدم السويد وألمانيا تجارب رائدة في تحويل النفايات إلى مصدر للطاقة، كما تظهر تجربة العديد من الهيئات في عديد الدول اجتهادات في هذا المجال.
- التحدي الذي يواجه تحويل النفايات إلى مصدر للطاقة المتجددة في الدول النامية هو سلوك المواطن الذي يرفض ثقافة الفرز ولا يمارسها في البيئة الحضرية ليسهل عمل الهيئات التي تتولى تحويلها إلى طاقة.
- أثبتت النتائج أن تحويل النفايات الصلبة البلدية إلى مصدر للطاقة له عدة فوائد مالية، اقتصادية، اجتماعية وبيئية رغم التحديات التي تتيحها العملية من خلال عدم التمكن من التكنولوجيا وصعوبة غرس ثقافة الفرز لدى المواطن. الاقتصاد الدائري يعبر عن نموذج اقتصادي الاقتصاد المصلح والمجدد من خلال تصاميمه مع الحفاظ على المنتجات والمكونات والمواد في أعلى مستويات الاستخدام والقيمة في كل الأوقات، وتمر العملية الإنتاجية النموذجية بتوفير المادة الأولية أو استخراجها ثم التصنيع فالاستهلاك ثم التخلص من المنتجات في نهاية حياتها

الإنتاجية خلال الاقتصاد الخطي أما في النمط الدائري فيتم إعادة الاستعمال وإعادة التصنيع، إعادة الاستهلاك، إعادة التدوير وتقليل النفايات وممارسات أخرى وبالتالي فالاقتصاد الدائري هو إعادة الاصلاح في كل من التصميم والهدف.

- من أهم مبادئ الاقتصاد الدائري تصميم النفايات وبناء المرونة من خلال التنوع والاعتماد على الطاقة من المصادر المتجددة وإعادة تصنيع النفايات والتركيز على الأنظمة الانتاجية والاستهلاكية.

وفي ظل هذه النتائج يمكن تقديم عدد من التوصيات تتعلق بمايلي:

- ضرورة إدماج تقنيات تدوير النفايات ومعالجتها في تخصصات جامعية بالجزائر تتعلق بتحويل النفايات إلى طاقة متجددة مثلما فعلت الجامعات العالمية.
- -ا لاطلاع على كل التطورات التي تمس تلك التكنولوجيات من شأنه أن يخلق أفاقا اقتصادية جديدة خاصة أمام الشباب في الإنتاج وإعادة التدوير أو اقامة شراكات اقتصادية مع الشركات العملاقة التي تعيد تدوير وتصنيع منتجاتها أو تحولها إلى طاقة.

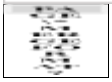
وعليه يتيح تحويل النفايات البلدية الصلبة إلى طاقة لكل من المواطن والدول والصناعات وحتى البيئة فرصة للتعايش السلمي بين كل هذه الأطراف، كما يطرح عددا من التحديات أهمها ما يرتبط بمدى كفاءة الاقتصاديات لتبني ثقافته ومبادئه والتمكن من تسيير تقنياته التي تتطلب استيعابها وتبنيها ووجود الوعي الفردي لإعادة استخدام واستغلال الموارد خاصة في الدول النامية.

المصادروالمراجع:

- المنجد العربي. (1988). *المنجد العربي : عربي-عربي*. لبنان: دار المشرق.
- حسين كاظم حلواص. (29 09, 2024). تحويل النفايات إلى طاقة: دراسة كيفية تحويل النفايات العضوية إلى طاقة وإسهاماتها في تقليل النفايات. https://uomus.edu.iq.
- فايزة خضار، و نعيمة عمارة. (العدد2 المجلد6, 2021). النفايات مصدر للطاقات المتجددة في ظل الاقتصاد الأخضر: دراسة في التشريع الجزائري. *مجلة الأستاذ الباحث للدراسات القانونية والسياسية* ، الصفحات 1979-1987.
- محمد وليد الحباشنة. (41, 2024). تحويل النفنيات الصلبة إلى مشاريع طاقة متجددة. *مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية*، الصفحات 543-527.

- A Ahmadi ،F Esmaeilion ،A Esmaeilion ،M.A Ehyaei و ،J.L Silveira .(2020) .Benefits and Limitations of Waste-to-Energy Conversion in Iran .*Renewable Energy Research and Application*.45-27 ، الصفحات
- Ali Raza Kalair ، Mehdi Seyedmahmoudian ، Alex Stojcevski ،Naeem Abas و ، Nasrullah khan .(2021) .Waste to energy conversion for a sustainable future .*Heliyon*.12-1 ، الصفحات
- Amasuomo Ebikapade و ،Jim Baird .(2016) . The Concept of Waste and Waste Management .*Journal of Management and Sustainability*.96-88 ، الصفحات

- Defra .(2011) .Business Waste Prevention Evidence Review . http://randd.defra.gov.uk/Default.aspx?Menu=Menu&Module=More&Location=None&Completed=0&Pro.
- Hinedum Oscar Okuh ،Emmanuella Onyine Nwulu ،Elemele Ogu ،Peter I fechukwude egbumokei ،Nicholas Dienagha Ikiomoworio و ،Numoiri Digitemie Wags .(2023) . Advancing a Waste-to-Energy Model to Reduce Environmental Impact and Promote . *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation* الصفحات ، .891-885
- Igor Taranic ،Arno Behrens و ،Topi Corrado .(2016) .Understanding the Circular Economy in Europe, from Resource Efficiency to Sharing Platforms .The CEPS Framework Centre for European Policy Studies.
- Nicolle Portilla .(بلا تاريخ) . Benefits of waste-to-energy solutions . https://www.plantengineering.com/benefits-of-waste-to-energy-solutions./
- The Ellen MacArthur Foundation .(2013) .towards a circular economy: business rationale for an accelerated transition .https://www.ellenmacarthurfoundation.org.
- The Ellen MacArthur Foundation .(2015) .towards a circular economy: business rationale for an accelerated transition .https://www.ellenmacarthurfoundation.org.
- United Nations : .(2018) .Industrial development organization, circular economy .USA: on the web site: https://www.unido.org.
- waste to energy .(بلا تاريخ) .What is waste to energy .https://wastetoenergy.es./



[1] **المؤلف المرسل:** بخوش مديحة، **الإيميل:** madiha.bakhouche@univ-tebessa.dz

Aligning Hydrocarbon Exports with Renewable Ambitions: The Norway Model as a Strategy for Fossil Fuel Economies

Ph.D, Ibtissem BELKHADEM, ibtissembelkhadem55@gmail.com

Associate Professor, Ahmed Brahim BAHBAH, National Higher School of Telecommunications and ICT (ENSTTIC), ahmed.bahbah@ensttic.dz

Abstract

This paper examines Norway's model of energy transition as a strategic framework for fossil fuel economies seeking to balance hydrocarbon exports with ambitious renewable energy goals. Norway represents a unique paradox: a leading oil and gas exporter that simultaneously achieves near-100% renewable electricity production, world-leading electric vehicle adoption, and pioneering carbon capture initiatives. Through analysis of Norway's policies, sovereign wealth investment strategies, and technological innovation, this study identifies key drivers of its successful transition. The paper highlights lessons for Algeria, emphasizing how oil revenues can be leveraged for long-term sustainability and diversification. Comparative analysis underscores the importance of governance, social trust, and reinvestment in enabling a just transition. Norway's approach demonstrates that resource-rich nations can maintain energy security while advancing decarbonization. By integrating renewables, advancing CCS, and incentivizing green mobility, fossil fuel economies can accelerate their transformation. This case study provides a practical roadmap for hydrocarbon exporters seeking climate leadership. The findings contribute to energy policy design for a global low-carbon future.

Keywords: Energy Transition, Fossil Fuel Economies, Decarbonization, Renewables, Norway, Algeria.

JEL classification : Q35, Q56, Q54, Q01

التحول الطاقوي كبديل استراتيجي لخلق التنوع الطاقوي وتحقيق التنمية البيئية -دراسة حالة لبعض الدول العربية-

Energy transition as a strategic alternative to create energy diversity and achieve environmental development - a case study of some Arab countries-

بن سعدي فتيحة [1]

[1] جامعة غرداية (غرادية): bensaadi.fatiha@univ-ghardaia.edu.dz

ملخص:

يعد التحول الطاقوي أساس التحضر ورقي المجتمعات الذي يهدف إلى تحقيق الاستقرار من ناحية كافة المجالات خاصة الامن الاقتصادي الذي يسعى إلى توفير وتلبية الاحتياجات من الموارد بالإضافة إلى الامن البيئي الذي يؤطر قضايا التلوث البيئة من انبعاثات حرارية وغازية، حيث نهدف من هذه الدراسة إلى تعزيز إستغلال الموارد الطاقوية المتجددة ومدى أهميتها في الدول العربية.

تم التوصل إلى وجود فئة قليلة من الدول العربية نشطة في مجال استثمار الطاقات المتجددة من بينها دولة مصر والمغرب والأردن في حين نجد بقية الدول ذات استثمار منعدم لاعتمادها على الطاقات الاحفورية مما حال استثمار في مجال الطاقات النظيفة.

كلمات مفتاحية: الأمن الطاقوي؛ الطاقات المتجددة؛ التحول الطاقوي.

تصنيفات JEL: P280، P180.

Abstract:

The energy transition is of urbanization and progress, which aim to achieve stability in all areas especially economic security, which seeks to provide and meet resource needs, in addition to environmental security, which frames environmental pollution issues frames thermal and gas emissions, through this study, we aim to enhance the exploitation of renewable energy resources and their importance in Arab countries.

It was found that there is a small group of Arab countries active in the field of renewable energy investment, including Egypt, Morocco and Jordan While the rest of the countries have zero investment due to their reliance on fossil fuels, which has prevented investment in clean energy.

Keywords: Energy security; renewable energies; energy transition.

JEL Classification Codes : **P280 ; P180.**

المؤلف المرسل: بن سعدي فتيحة، **الإيميل:** bensaadi.fatiha@univ-ghardaia.edu.dz

مقدمة:

ان النمو الاقتصادي والنهوض بالاقتصاديات لا يكمن إلا في وجود مصادر طاقوية بكميات كبيرة ومستدامة، حيث تعمل على تحريك العجلة الاقتصادية للإنتاج والاستثمار، لكن ما يواجه المصادر الطاقوية مشكلة نضوب التي تعرقل الاقتصاد وتجعله في حالة عجز، مما جعل التخمين في مصادر طاقوية مستدامة تغطي احتياجات وتقلل الاضرار البيئية عن طريق التحول الطاقوي، الذي تسعى له العديد من الدول العربية من أجل تحقيق التنمية المستدامة والتوجه نحو تحول طاقوي مستدام يعمل على تخفيض اضرار الناجمة من الموارد النفطية وتحقيق امن الامدادات الطاقوي وتوفير مناصب العمل وتغطية العجز، حيث عرفت الدول العربية بوفرة الموارد الطاقة بنوعيها خاصة الموارد الطاقة المتجددة التي أصبحت في الوقت الراهن محل اهتمام كبير لخلق بديل استراتيجي مستدام.

الإشكالية: سوف نحاول من خلال الورقة البحثية طرح الإشكالية التالية:

ما مدى مساهمة الدول العربية في استغلال وتطوير الطاقات المتجددة من أجل تحقيق التنمية البيئية؟

الفرضيات: تنطلق الدراسة من فرضيات التالية:

- يعد الانتقال والتحول الطاقوي ضرورة حتمية لابد منها من أجل توفير بدائل استراتيجية وخلق تنويع طاقوي؛
- تساهم الطاقات المتجددة في إعانة الطاقات الناضبة من أجل تغطية الطلب المتزايد والحفاظ الموارد الناضبة؛
- اسهام الطاقات المتجددة في تقليل من المخاطر البيئية.

الاهداف: نسعى من خلال هذه الورقة البحثية للوصول إلى تحقيق الأهداف التالية:

- توضيح الجانب النظري المتعلق بمجال التنمية المستدامة والطاقات المتجددة في الدول العربية؛
- تحليل احصائيات الطاقات المتجددة لدول العربية من أجل معرفة اهم الدول النشطة في مجال استثمار في الطاقات النظيفة وإعطاء صورة حول جانب الطاقوي لدول العربية؛

أهمية الدراسة: تكمن أهمية الدراسة في التعرف على ماهية التحول الطاقوي والطاقات المتجددة ومدى تأثيرها على البيئية، بالإضافة إلى تحليل استغلال الموارد الطاقوية في مجموعة من الدول العربية ومعرفة الدول التي لها إستخدام واسع الموارد الطاقوية المتجددة.

الدراسات السابقة: نجد العديد من الدراسات عالجت موضوع التحول الطاقوي بمختلف الابعاد حيث نذكر منها ما يلي:

دراسة (عميور و قلاتي ، 2025)

عالجت الدراسة واقع التحول الطاقوي في دول الجزائر، حيث جسد الدراسة أهم الموارد الطاقوية المتجددة التي تحظى بها الجزائر الإضافة إلى دوافع وإستراتيجيات الانتقال نحو الطاقات المتجددة من الإطار القانوني التشريعي، توصلت الدراسة إلى أن الجزائر تتمتع بإمكانيات طاقوية كبيرة، حيث تهدف من خلال القوانين التشريعية والهياكل إلى تحقيق الأمن الطاقوي والنمو الاقتصادي والسعي لخلق فرص عمل ورفع المستوى المعيشي والعمل تخطي أثار البيئية الجسيمة، كل هذا من أجل ربط المجال الطاقوي بالتنمية المستدامة و العزم نحو تحقيق مكاسب المرجوة.

دراسة (بن جلالي و خليفة ، 2020)

عالجت الدراسة التحول الطاقوي من الطاقة التقليدية إلى الطاقة المتجددة لتحقيق أبعاد التنمية المستدامة، حيث جسدت أهم المفاهيم الأساسية للطاقة وأبعاد التنمية المستدامة، بالإضافة للعلاقات التبادلية بين الطاقات المتجددة ومؤشر التنمية المستدامة مع إبراز التغيرات المناخية والأثار الصحية والبيئية للطاقة المتجددة، توصلت الدراسة إلى أن للطاقة دورا

حيويا لا غنى عنه حيث لها إرتباط وثيق بينها وبين مختلف ابعاد التنمية المستدامة، كما تبين أن الجزائر جسدت العديد من البرامج الوطنية والمخططات الطاقوية نحو تحقيق مكاسب اقتصادية واجتماعية وبيئية من أجل تسارع لتوجه نحو تحول طاقوي.

منهج الدراسة: تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي من أجل تحليل احصائيات الدول العربية في مجال إستغلال الطاقات المتجددة، مع التطرق الى اهم المفاهيم والمصطلحات التي لها صلة بموضوع الدراسة.

1- الإطار المفاهيمي حول الطاقات المتجددة والنظام البيئي

1-1- التحول الطاقوي: هي عملية تهدف إلى تحويل الطرق التي تنتج وتستهلك الموارد الطاقوية بغية الحفاظ عليها من النفاذ والهدر، كما عرف التحول على أنه الانتقال من نموذج معين للإمدادات الطاقوية إلى حالة جديدة لنظام طاقوي مستدام (حساني، 2025، صفحة 3)

2-1- تعريف الطاقة المتجددة: تعددت تعريف الطاقات المتجددة واختلفت في التسميات من طاقات متجددة إلى طاقة نظيفة وإلى طاقة صديقة للبيئة وغيرها من تسميات لكن تتفق جل مصادر وتعارف حول مصدر هذه الطاقات على أنها طاقة متجددة وبشكل مستمر من الطبيعة، حيث نجد عدة تعريف للمنظمات والهيئات الدولية والباحثين نذكر منها ما يلي:

عرفت الطاقة المتجددة في القانون 04 -09 المادة 03: عرفت على أنها تقنيات هندسية ذات أشكال مختلفة التي يكون مصدرها طبيعي (مخلوف، 2020، صفحة 154)؛

هي تلك مصادر غير قابلة للنضوب والتي متواجدة بشكل مستمر في طبيعة كما عرفت على أنها مجموعة الموارد الطبيعية الغير قابلة لنفاذ تتعدد وتختلف أشكالها من الطاقة الشمسية إلى طاقة الرياح وطاقة حرارة الجوفية

تعريف الطاقة المتجددة وفق الهيئات الدولية والمنظمات المتخصصة: هي عبارة عن طاقات نظيفة تنتج تلقائيا من مسارات طبيعية كالرياح وأشعة الشمس تتجدد بوتيرة أعلى من وتيرة استهلاكها (اللطيف، معوضي، و هبة الله، 2018، صفحة 232)؛

عرفت كذلك على أنها مجموعة الموارد الطبيعية التي ليست لها تأثير سلبي على البيئية كما سميت بالطاقة الخضراء أو الطاقة النظيفة (الحكيم، 2019، صفحة 269)؛

من خلال ما سبق حول الطاقة المتجددة يمكن القول على أنها تلك الطاقة الناتجة من موارد صديقة للبيئة والتي تتجدد بفعل مستمر ودائم تختلف مصادرها وتتنوع إلى طاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة الحرارة الجوفية.

2-1 - 1- أنواع الطاقة المتجددة:

- **الطاقة الشمسية:** تتمثل الطاقة الشمسية في الأشعة المنبعثة من الشمس يتم التقاطها من الشمس من خلال الألواح الشمسية يتم استغلالها لإنتاج الطاقة الكهربائية آو طاقة الحرارية الشمسية من خلال التدفئة سخانات المياه التي تستعملها الشمس؛
- **طاقة الرياح:** تتولد الطاقة الرياح بواسطة توربينات الرياح التي بهام مراوح تتحرك هذه المراوح عند هبوب الرياح فيتم تشغيل المولد ثم يتم توليد طاقة كهربائية.
- **طاقة الحرارة الجوفية:** تعتمد هذا النوع من الطاقة على الحرارة المتواجدة في باطن الأرض والتي تكون في الصخور والسوائل المتواجدة تحت القشرة الأرضية تحول لاستغلالها في لإنتاج الطاقة كهربائية؛

- **طاقة المائية:** تتخذ الطاقة المائية ثلاثة أشكال التي تتمثل طاقة الأمواج وطاقة البحرية وطاقة المد والجزر يتم توليد طاقة المائية من خلال هذه الأشكال.

- **طاقة الكتلة الحيوية:** تستمد طاقة الكتلة الحيوية من المواد النباتية تتمثل هذه المواد في مخلفات الغابات والمحاصيل الزراعية يتم تدويرها للحصول على غاز الميثان أو الوقود السائل، عرفت هذه الطاقة منذ القدم من خلال حرق المخلفات النباتية كالأعشاب وغيرها من اجل الحصول على الحرارة التي كانت تستعمل من اجل تسخين المياه والتدفئة ولازالت تستعمل في الوقت الراهن (خديجة، طيبي، و بن منصور، 2019، الصفحات 5-6).

1-2 -2- دو افع التوجه إلى الطاقات المتجددة:

ويقصد بدوافع التوجه الى الطاقات المتجددة العوامل التي حفزت الدول على التوجه نحو الاستثمار في مجال الطاقات النظيفة بغية تحقيق عدة سبل من بينها التنمية المستدامة وتغطية الطلب المتزايد من اجل تحقيق الامن الطاقوي، فمن بين دوافع التوجه الى الطاقات المتجددة نجد الامن الاقتصادي والامن البيئي بالإضافة الى الامن الاجتماعي

- **الامن الطاقوي:** يهدف الامن الطاقوي الى تامين امدادات الطاقوية من خلال التوجه الى بدائل الإستراتيجية من اجل ضمان مصادر طاقوية بتكاليف معقولة وتغلب على العجز الطاقوي مستقبلا؛

- **الامن البيئي:** تحسين ظروف البيئية من خلال تقليل انبعاثات الغازية وتأكل طبقة الأوزون؛

- **الامن الاقتصادي والاجتماعي**: يكمن من خلال تحريك العجلة الاقتصادية والنهوض بالاقتصاد بالإضافة الى تحسين مستويات المعيشية وتامين فرص العمل (نجاة و انساور، 2020، صفحة 13)

1-3 - البيئة والنظام البيئي:

1-3 -1- مفهوم البيئة: تعرف البيئية على أنها المحيط المادي والحيوي والمعنوي الذي يحيط بالإنسان بما فيها الماء والهواء والتربة، الاكسجين وغيرها من الكائنات التي تحقيق توازن البيئي، كما عرفت على انها الإطار الذي يحقق مقومات حياة الانسان من الذي يضم الغطاء النباتي والحيواني والهوائي (بن جلالي و خليفة ، 2020، صفحة 209)

1-3 -2- مظاهر اختلال التوازن البيئي: أصبحت مظاهر اختلال البيئي تشهد تفاقم كبير في مختلف انحاء العالم نتيجة عدة أسباب متنوعة خاصة إستخدام الموارد الطاقوية والأنشطة الصناعية، والجدول الموالي يوضح بعض الموارد الطاقوية التي تلوث بيئي؛

الجدول رقم (01): تأثير الموارد الطاقوية على البيئية

المصدر	أهم التأثيرات البيئية
الفحم	– تلوث المياه السطحية والجوفية. – اضطراب وتغيير في استخدام الأراضي وتخريب بعيد المدى للنظام البيئي – انبعاثات من غازات ثاني أكسيد الكربون وأكسيد الكبريت، أكسيد النيتروجين – تلوث سطح التربة بالغازات الثقيلة وبمخلفات الرماد.
النفط	– تغيرات عالمية في المناخ بسبب انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون والغازات الحابسة للحرارة. – تلوث البحار والمحيطات.
الغاز الطبيعي	– تلوث البحار والشواطئ بسبب تسرب النفط.

	– تغيير المناخ العالمي بسبب انبعاث الغازات الحابسة للحرارة. – انبعاثات من غازات ثاني أكسيد الكربون وأكسيد الكبريت والنتروجين. – تغيير المناخ العالمي بسبب انبعاث الغازات الحابسة للحرارة.

المصدر: (شراق ، 2011-2012، صفحة 56)

1-3 -4 - مستويات التلوث البيئي: للتلوث البيئي مستويات متفاوتة تختلف بحجم الأضرار التي تمس بالنظام الايكولوجي والتي تكون كالآتي:

- **التلوث المعقول:** تتعرض مختلف المناطق في دول العالم إلى قدر معين من التلوث الذي لا يتسبب في خلال النظام الايكولوجي أو إحداث ضرر كبير بالبيئية.
- **التلوث الخطير:** ينجم هذا النوع من التلوث بسبب الأنشطة الاقتصادية التي تستخدم الموارد الطاقوية كالنفط والغاز، الفحم، حيث تكون في الدول الصناعية بشكل كبير ما ينشب عنها اضرار خطيرة تؤثر على الكائنات الحية والطبيعة.
- **التلوث المدمر:** في هذه الحالة تفقد البيئي حالة التوازن التي كانت عليها، وتصبح غير قادر على أداء وظائفها حيث يعد هذا التلوث أخطر الأنواع كونه يدمر النظام الايكولوجي (بوزكرين ، 2024، صفحة 6).

1-3 - 4 العائد المزدوج" الاقتصادي – البيئي " للتحول الطاقوي: يصطلح مفهوم العائد المزدوج الاقتصادي – البيئي على التحليل الاقتصادي الكلي للتحول الطاقوي في ضل تحقيق فائدتين للاقتصاد أولى تتمثل في خفض انبعاثات غاز الاحتباس الحراري والثانية تحصيل مكاسب الاقتصاد الكلي كمستوى الناتج المحلي الإجمالي أو مستوى التشغيل عن طريق استخدام الموارد المحصلة من التحول الطاقوي، ومن جهة أخرى نجد أن مصطلح العائد المزدوج يرتكز على اجراء إعادة هيكلة ضريبية وتخصيص الإيرادات الناجمة عن تسعير الكربون لخفض من الاثار السلبية على (النمو الاقتصادي والتشغيل وتأثيره بصفة غير مباشرة على القوة الشرائية للعائلات و القدرة التنافسية للمؤسسات تكاليف الإنتاج)، غير أن يصعب عملية تطبيق العائد المزدوج في الواقع العملي نظرا لعدم التحكم في العوامل السابقة لان هذا التحسن ليس مستدام على المدى الطويل، كما أن تسعير الكربون كأداة تحفيزية نحو التحول الطاقوي لا يعمل على توليد إيرادات كافية لتغطية التكاليف الكاملة للتحول الطاقوي (حساني، 2025، صفحة 30)

1-3 -5 مؤشرات البيئية لتنمية المستدامة: يندرج تحت مؤشرات البيئية عدة مؤشرات فرعية والتي تتمثل في تغيرات المناخية ونوعية الهواء وطبقة الأوزون والتي كما يلي:

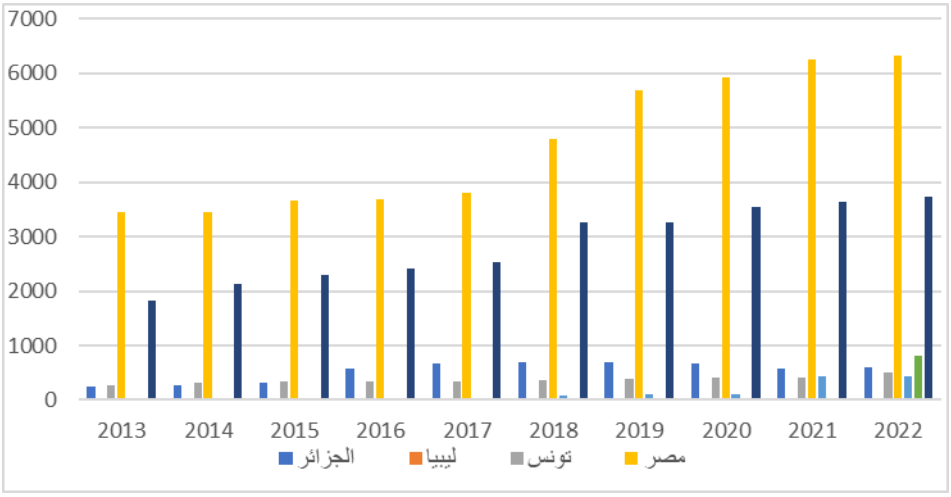
- **تغيرات في الغلاف الغازي للأرض:** والتي تتمثل في ثقب الأوزون والاحتباس الحراري، حيث تغيرات المناخية تقاس من خلال إنبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو يتضمن هذا المؤشر عدة مؤشرات فرعية وتتمثل فيما يلي:
  - **تغيرات المناخية:** وتقاس هذه التغيرات من خلال انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من استهلاك الموارد الطاقة من نشاطات المصانع وغيرها؛
  - **نوعية الهواء:** يتم قياسها بمدى تركيز ملوثات الهواء؛
  - **ترقيق طبقة الأوزون:** تقاس من خلال مدى استهلاك الموارد المتسببة لإتلاف طبقة الأوزون.
- **إستخدامات الأرضي:** ويكون من خلال حمايتها من التصحر والتدهور البيئي وتوقيف إزالة الغابات الطبيعية والسعي إلى تنمية الإنتاج الزراعي والرعوي وغيرها والتي نوجزها في النقاط التالية:
  - **الأراضي:** يندرج تحت هذا المؤشر مؤشر الزراعة والتصحر والغابات؛
  - **الزراعة والغابات:** تقاس المساحات المزروعة نسبة إلى المساحات الكلية ومدى استخدام المبيدات والمخصبات كما نجد أن الغابات تقاس كذلك مساحات الغابات مقارنة بالمساحة الكلية للأرض؛

- **المسطحات المائية:** يضم هذا المؤشر المحيطات والبحار والمناطق الساحلية التي يتم حمايتها من التلوث من خلال معرفة منسوب التلوث في المياه وتنمية الثروات السمكية المعرضة للانقراض والعمل على حل مشكلة ارتفاع منسوب سطح البحر ومصائد الأسماك التي تقاس بوسط الصيد خلال السنة بالإضافة إلى المياه العذبة (بايزيد، 2022، صفحة 283)

2- مساهمات الدول العربية في مجال إستغلال الطاقات المتجددة كخطوة أساسية نحو التحول الطاقوي

يحتل الوطن العربي مكانة جد مهمة من ناحية كافة المصادر الطاقوية خاصة المصادر المتجددة التي لها دون فعال كونها طاقة تستمد نشاطها واستمراريتها من الطبيعة، الا ان استغلالها ضعيف مقارنة مع الدول الأخرى وهذا بسبب الموارد الطاقة الناضبة التي تقف حاجزا أمام تطور استعمال الطاقات المتجددة

الشكل (01): اجمالي انتاج الطاقات المتجددة في عينة من الدول العربية



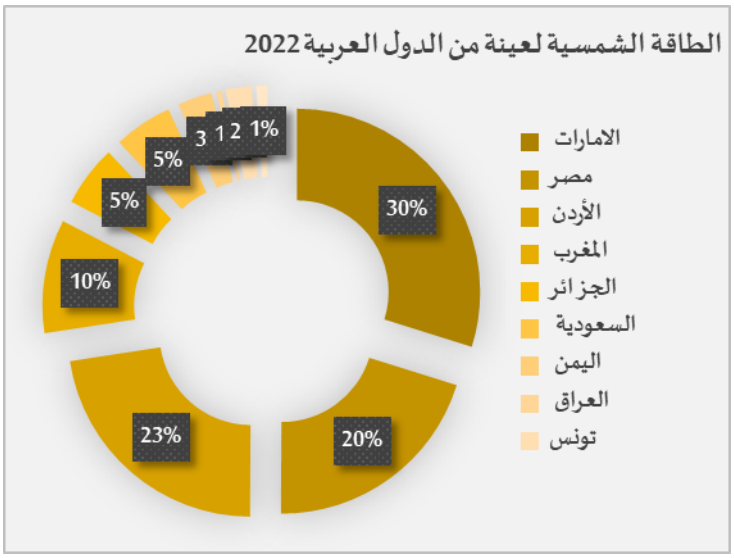
المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على (RENEWABLE ENERGY STATISTICS , 2023, p. 2)

يوضح الشكل تطورات انتاج الطاقات المتجددة لعينة من الدول العربية لسنة 2022حيث نجد ان مصر من تساهم بشكل كبير في استثمار لطاقات المتجددة كما نجد في 2021 ان دولة مصر احتلت المرتبة أولى عربيا في انتاج الطاقات المتجددة بنسبة 10.5 تيرواط في ساعة ثم بعد ذلك المغرب في حين بقية الدول ذات استثمار ضعيف في مجال الطاقات المتجددة، ولكن بصفة عامة نجد الدول العربية تستخدم الطاقات المتجددة بنسبة ضعيفة نظرا لما تمتلكه من مصادر متنوعة.

2-1- الطاقة الشمسية:

تقع مختلف دول العالم العربي في مناطق مختلفة من ناحية المواقع الجغرافي والمناخ حيث يكمن اخلاف بالاختلاف المواقع بالنظر الى خط الاستواء اذ يدل هذا على كميات الاشعاع الشمسي تختلف من دولة الى اخرى، لكن تعد الدول العربية في فصل الصيف ذات معدلات مرتفعة للشعاع الشمسي، فاستغلال الطاقة الشمسية يتوقف على حسب قدرة الدول العربية وإمكانيتها من معدات واليات التي تسمح لها باستغلالها

الشكل (02): الطاقة الشمسية لعينة من الدول العربية 2022



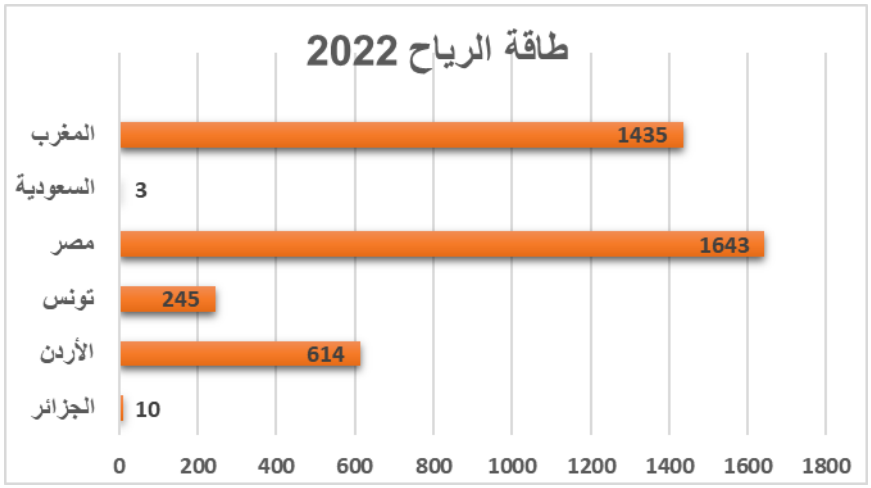
المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على (RENEWABLE ENERGY STATISTICS , 2023, p. 40 45)

يوضح الشكل نسب الطاقة الشمسية لعينة من الدول العربية لسنة 2022 حيث تبين النتائج ان دولة الامارات هي أولى من ناحية استغلال الطاقة الشمسية حيث قدرت 30% ثم تأتي دولة الأردن ثم مصر، في حين الدول الأخرى ذات نسب اقل ما يدل على ان اعتمادها بشكل كبير يرجع إلى الموارد النفطية

2-2- طاقة الرياح لدول العربية:

تستغل الدول العربية الطاقة الرياح بشكل ضعيف جدا حيث لا تتجاوز 0.5% من اجمالي الطاقات المركبة في العالم، حيث كان اهتمام طاقة الرياح بشكل كبير من طرف دولة مصر التي بلغت انتجها 1643ميغاوات في 2022 ثم تأتي دولة المغرب التي قدرت طاقة الرياح 1435 ميغاوات، في حين بقية الدول ذات استخدام قليل وهذا يرجع إلى سرعة الرياح في كل دولة

الشكل (03): طاقة الرياح لعينة من دول العربية 2022



المصدر: (RENEWABLE ENERGY STATISTICS , 2023, pp. 26-31)

تمتلك عديد من الدول العربية سرعة رياح عالية من بينها مصر والمغرب حيث تتراوح سرعة الرياح من 10 إلى 8متر في الثانية، حيث يوضح الجدول الموجود في الأسفل سرعة الرياح لمجموعة من الدول اذ يوضح ان هناك علاقة بين سرعة الرياح واستثمار في انتاج الطاقة الرياح

جدول (02): سرعة الرياح في مجموعة من الدول العربية

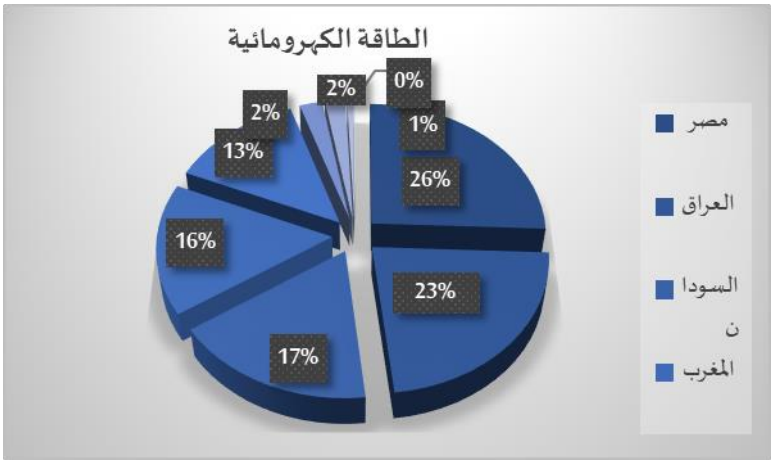
الدولة	السرعة (م. ث)
مصر	4-10
المغرب	5-8
الأردن	5.5-7.5
تونس	5-6
الجزائر	2.8-4.1
السعودية	4.5-6.5

المصدر: (ابو طير ، 2015، صفحة 474)

3-2 - الطاقة الكهرومائية:

تتواجد العدد من الدول العربية في المناطق شبه جافة حيث تقدر الموارد المائية 285 مليار متر مكعب، ليست مثل الموارد الأخرى كطاقة الشمسية والطاقة الرياح التي تتمتع بها الدول العربية بشكل كبير لكن بالنسبة لطاقة المائية نجد اغلب الدول تقع في مناطق شبه جافة اما الدول الأخرى تتمتع بشكل كبير من الموارد المائية فهي عكس الدول العربية، حيث يوضح الشكل الموجود في أسفل مجموعة من الدول العربية التي ذات استغلال كبير للموارد المائية من لانتاج الطاقة

الشكل (04): يوضح الشكل الطاقة الكهرومائية لعينة من دول العربية لسنة 2020



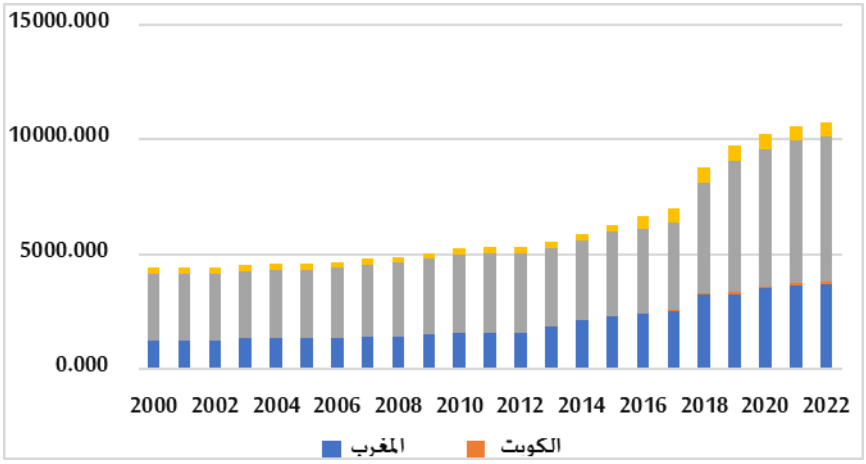
المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على (تقرير الامين العام السنوي الثامن والاربعون، 2021، صفحة 9)

يتضح من خلال شكل الطاقة الكهرومائية أن الدول العربية ذات استخدام قليل للموارد المائية حيث نجد ان دولة مصر تحتل المرتبة أولى في انتاج الطاقة الكهرومائية بنسبة 26% ثم تليها العراق بنسبة 23% ثم السودان والمغرب، حيث نجد ان توجه بعض الدول الى الطاقات النظيفة في حين هناك العديد من الدول التي تحضا بالموارد الكهرومائية ولكن استغلالها لم يكن بشكل كبير.

2-4- القدرات المركبة من الطاقات المتجددة لتوليد الكهرباء لعينة من الدول العربية:

ان الزيادة في القدرات المركبة من الطاقات المتجددة تختلف من دولة الى أخرى نتيجة اختلاف قدرة الإنتاجية من المصادر المتجددة، حيث كلما كانت القدرة الإنتاجية لطاقات المتجددة كبيرة كلما كان انتاج الكهرباء أكبر كما تختلف القدرات المركبة حسب الموقع الجغرافي لدولة وحسب المناخ وحسب انتجها للمصادر المتنوعة

الشكل (05): القدرات المركبة لتوليد الكهرباء من الطاقات المتجددة 2022



المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على (احصائيات القدرات المتجددة، 2023)

يمثل الشكل القدرات المركبة من الطاقات المتجددة لعينة من الدول لانتاج الطاقة الكهربائية حيث تمثلت العينة في دولة مصر والجزائر والكويت والسعودية والمغرب، نجد ان القدرات المركبة في دولة مصر والمغرب من أكبر القدرات التي تنتج أكبر قدر ممكن من الكهرباء في حين بقية الدول ذات قدرات ضعيفة ما يدل على اعتمادها على الوقود الاحفوري والغاز لتوليد الكهرباء ما حال دون ذلك الى استغلال الطاقات المتجددة من اجل انتاج الكهرباء.

الخاتمة: ناقشت الدراسة موضوع الطاقات المتجددة لعينة من الدول العربية من اجل تعزيز مجال الاستثمار في الطاقات النظيفة والحصول على تنويع طاقوي مستدام يعمل على تحقيق الأمن البيئي، حيث توصلت الدراسة إلى أهم النتائج والمتمثلة في:

- يساهم التحول الطاقوي في رفع العجز على الطلب الطاقوي من موارد أساسية خاصة الطاقة الكهربائية؛
- الانتقال الطاقوي بات خطوة ضرورية في الوقت الراهن للحفاظ على استنزاف الموارد من الهدر وتحقيق ابعاد التنمية المستدامة؛
- تساهم الطاقات النظيفة في تحقيق عدة ابعاد من خلال توفير فرص العمل وتخفيض انبعاثات الغازية وتغطية الطلب المتزايد على المصادر الطاقوية؛
- تحيط التنمية البيئية المستدامة عدة مؤشرات يتم القياس بها مستوي الحفاظ على البيئية من جوانب مختلفة؛
- تساهم العديد من الدول العربية في تحقيق التنويع الطاقوي واجاد بدائل مستدامة من اجل تغطية الطلب والحصول على طاقة نظيفة ذات اضرار أقل؛
- تحتل الامارات ومصر والمغرب الصدارة لانتاج طاقات متجددة بمختلف أنواعها، في حين نجد الدول العربية أخرى ذات اقل استثمار في طاقات النظيفة بسبب اعتمادها على الطاقة الاحفورية مما حال ذلك الى توسيع في استثمار الطاقات المتجددة؛
- زيادة في توسيع استثمار في الطاقات النظيفة يساهم بشكل كبير في زيادة في القدرات المركبة لانتاج الطاقة الكهربائية حيث نجد ان الدول التي سبق ذكرها تمتلك عدد كبير من القدرات المركبة ليس كما هو الحال في دول العربية أخرى؛

توصيات:

- تقليل الاعتماد الموارد الطاقوية الاحفورية من أجل الحفاظ عليها من الهدر والاستنزاف؛
- العمل على توسيع دائرة استخدام الموارد الطاقوية المتجددة والتوجه نحو تنوع طاقوي مستدام؛
- تمويل مشاريع الطاقات المتجددة وتكفل بها من أجل سد ثغرات العجز؛
- احداث تغيرات تكنولوجية للحد من الانبعاثات الغازية التي تؤثر على البيئية بشكل سلبي.

المصادروالمراجع:

(2023). *RENEWABLE ENERGY STATISTICS* . http://www.irena.org/. Retrieved 09 03, 2023

(2023). *RENEWABLE ENERGY STATISTICS* . http://www.irena.org/. Retrieved 09 03, 2023

(2023). *RENEWABLE ENERGY STATISTICS* . http://www.irena.org/. Retrieved 09 04, 2023

احصائيات القدرات المتجددة. (2023). تاريخ الاسترداد 07 09, 2023، من الوكالة الدولية للطاقة المتجددة: /http://www.irena.org

أسيا بوزكرين . (2024). مشكلة الأمن البيئي في ظل التنافس الدولي على الموارد الطاقوية. *مجلة أكاديميا للدراسات السياسي ة، 7*(1)، 1-20.

باية خديجة شراقي . (2011-2012). مساهمة الطاقات البديلة في الحفاظ على التوازن البيئي في الجزائر في الفترة من(1996 - 2011). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير ، الجزائر : الجزائر 3.

بدر الدين عميور، و نور الإيمان قلاتي . (2025). واقع التحول الطاقوي للجزائر: رهان الطاقات المتجددة والتنمية المستدامة. *مجلة القانون العقاري، 12*(1)، 44 - 66.

بن فريحة نجاة، و رضوان انساور. (2020). مساهمة الطاقات المتجددة في تزويد العالم بالطاقة و دعمها للتنمية. *مجلة دفاتر الاقتصادية، 11*(1)، 13-28.

(2021). *تقرير الامين العام السنوي الثامن والاربعون*. www.oapecorg.org. تاريخ الاسترداد 04 09, 2023

طارق مخلوف. (2020). النظام القانوني لترقية الطاقات المتجددة في التشريع الجزائري. *المجالة الجزائرية للأمن والتنمية، 9*(1)، 152-161.

عبد العزيز عبد اللطيف، بدوي معوضي، و فتحي محمد هبة الله. (2018). المردود البيئي لاستخدامات الطاقة الشمسية في مصر. *العلوم البيئية معهد الدراسات والبحوث البيئية, المجلد 42 ,العدد الاول، 42*(1)، 223-246.

علي بايزيد. (2022). التنمية المستدامة: مفهومها، أبعادها، ومؤشراتها "حالة مؤشر الأداء البيئي العالمي". *مجلة المقريزي للدراسات الاقتصادية والمالية، 6*(2)، 270-290.

عنتر حساني. (2025). التحول الطاقوي في الجزائر: مكانة الغاز الطبيعي والطاقات المتجددة في المزيج الطاقوي المستقبلي للجزائر (دكتوراه). كلسة العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير ، الجزائر : الجزائر 3.

فرج عبد القادر بن جلالي ، و مونية خليفة . (2020). التحول الطاقوي من الطاقة التقليدية إلى الطاقة المتجددة لتحقيق أبعاد التنمية المستدامة. *مجلة الدراسات التجارية والاقتصادية المعاصرة، 3*(2)، 197-217.

قلوح عبد الحكيم. (2019). استخدام الطاقة المتجددة في تحقيق مجالات التنمية المستدامة. *مجلة دفاتر الاقتصادية، 1*(2)، 267-280.

لعمري خديجة، بومدين طيبي، و عبد الله بن منصور. (2019). الاستثمار في الطاقات المتجددة كمدخل استراتيجي لدعم التنمية الاقتصادية و الريفية. *مجلة الحكمة للدراسات الاقتصادية، 7*(1)، 75-99.

نبيل ابو طير . (2015). مستقبل الرهان على الطاقات المتجددة لعينة من الدول العربية الامكانيات والمعوقات. *مجلة الواحات للبحوث والدراسات، 8*(2)، 470-489.

من الطاقات الأحفورية إلى المتجددة: نحو حوكمة مناخية فعالة واقتصاد أخضر مستدام في الجزائر

- دراسة تحليلية-

From Fossil Fuels to Renewable Energy: Towards Effective Climate Governance and a Sustainable Green Economy in Algeria – An Analytical Study

رجم علي[1] ، زكري عبد الحق[2]، دالي جمال[3]

[1] جامعة سطيف-1 (الجزائر)، rjem.ali@univ-setif.dz

[2] جامعة سطيف-1 (الجزائر)، zekri.abdelhak@univ-setif.dz

[3] جامعة الجزائر-3 (الجزائر)، dali.djamel@univ-alger3.dz

ملخص:

يشهد العالم اليوم تحولات جذرية في مجال الطاقة بفعل التحديات البيئية والمخاطر المرتبطة بالاعتماد المفرط على الطاقات الأحفورية، وما نتج عنها من انبعاثات ملوثة وتغيرات مناخية تهدد الاستقرار البيئي والاجتماعي والاقتصادي، وفي هذا السياق، تعمل الجزائر على تبني سياسات واستراتيجيات طموحة للانتقال نحو الطاقات المتجددة، من خلال تعزيز الحوكمة المناخية وتبني مقومات الاقتصاد الأخضر، فقد أصدرت الدولة جملة من القوانين والتشريعات البيئية، وأطلقت برامج وطنية لتطوير الطاقة الشمسية والريحية والمائية، بهدف تنويع المزيج الطاقوي وتحقيق التنمية المستدامة.

ورغم الإمكانيات الهائلة التي تمتلكها الجزائر في هذا المجال، إلا أن واقع الطاقات المتجددة لا يزال يواجه صعوبات متعلقة بارتفاع تكاليف الاستثمار، ونقص التكنولوجيا، والمعوقات المؤسسية، وعليه، فإن الانتقال الفعلي نحو اقتصاد أخضر مستدام يتطلب إصلاحات هيكلية، وتعزيز البحث العلمي، وتشجيع الشراكات الدولية، بما يضمن تحقيق حوكمة مناخية فعالة قادرة على مواجهة التغيرات المناخية وحماية الأجيال القادمة.

كلمات مفتاحية: الطاقات المتجددة، الحوكمة المناخية، الاقتصاد الأخضر، التنمية المستدامة.

Abstract

The world is currently witnessing profound transformations in the energy sector due to environmental challenges and the risks associated with excessive reliance on fossil fuels, which have caused pollution and climate change threatening environmental, social, and economic stability. In this context, Algeria has adopted ambitious policies and strategies to transition towards renewable energies by strengthening climate governance and embracing the principles of the green economy. The state has introduced several environmental laws and launched national programs to develop solar, wind, and hydropower, aiming to diversify its energy mix and achieve sustainable development. Despite Algeria's vast potential in this field, the renewable energy sector still faces difficulties such as high investment costs, lack of technology, and institutional barriers. Therefore, the effective transition to a sustainable green economy requires structural reforms, stronger scientific research, and the promotion of international partnerships, ensuring effective climate governance capable of addressing climate change and protecting future generations.

Key words: Renewable energy, Climate governance, green economy, Sustainable development

المقدمة:

يشهد العالم اليوم تحولات جذرية في المنظومة الطاقوية بفعل التحديات المناخية والبيئية المتزايدة، التي أصبحت تهدد استدامة النظم الاقتصادية والاجتماعية، وقد أفرزت هذه التحديات توجها عالميا متناميا نحو الطاقات المتجددة، باعتبارها خيارا استراتيجيا لتقليص الانبعاثات الكربونية وتحقيق التنمية المستدامة.

وفي هذا الإطار، برز مفهوم الاقتصاد الأخضر كأحد أهم المسارات الداعمة للتحول الطاقوي، القائم على الاستخدام الرشيد للموارد الطبيعية، وتنويع مصادر الطاقة، وخلق فرص عمل جديدة تراعي البعد البيئي.

أما في الجزائر، التي ظل اقتصادها يعتمد لعقود طويلة على الطاقات الأحفورية، فإن الانتقال إلى الطاقات المتجددة لم يعد خيارا ثانويا، بل ضرورة حتمية تمليها رهانات الأمن الطاقوي من جهة، والالتزامات الدولية في مجال مكافحة التغيرات المناخية من جهة أخرى، وهنا تبرز أهمية الحوكمة المناخية كإطار تنظيمي ورقابي يضمن التنسيق بين السياسات العمومية والقطاع الخاص والمجتمع المدني، بما يسمح بتسريع وتيرة الانتقال الطاقوي وتعزيز الاقتصاد الأخضر المستدام.

وانطلاقا من هذه الاعتبارات، تهدف هذه المداخلة إلى تسليط الضوء على دور الطاقات المتجددة في تكريس الحوكمة المناخية ودعم مسار الاقتصاد الأخضر في الجزائر، من خلال تحليل التحديات التي تواجه هذا التحول الاستراتيجي واستشراف آفاقه المستقبلية.

ومن هذا المنطلق، تطرح الإشكالية التالية:

كيف يمكن للطاقات المتجددة أن تساهم في تكريس الحوكمة المناخية وتعزيز الانتقال نحو اقتصاد أخضر مستدام في الجزائر، في ظل التحديات الطاقوية والبيئية الراهنة؟

الأسئلة الفرعية :

انطلاقا من الإشكالية المطروحة، يمكن تفريعها إلى مجموعة من التساؤلات الجزئية على النحو الآتي:

- ما مفهوم الطاقات المتجددة وما أهميتها في تحقيق التنمية المستدامة؟
- ما المقصود بالحوكمة المناخية وما هي مقوماتها واهدافها الأساسية؟
- ما مفهوم الاقتصاد الأخضر، وما خصائصه ومتطلبات الانتقال نحوه؟
- ما هو الإطار القانوني والمؤسسي الذي تبنته الجزائر لتجسيد الحوكمة المناخية؟
- كيف تساهم الطاقات المتجددة في دعم الحوكمة المناخية والحد من التغيرات المناخية في الجزائر؟
- كيف تجسدت استراتيجية الجزائر ومشاريعها في مجال الطاقات المتجددة؟
- ما هو واقع الطاقات المتجددة في الجزائر وما أبرز التحديات التي تواجه تطويرها وتعزيز دورها في الاقتصاد الاخضر؟

فرضيات الدراسة:

- وضوح المفاهيم المرتبطة بالطاقات المتجددة والحوكمة المناخية والاقتصاد الأخضر يساعد في بلورة سياسات طاقوية أكثر انسجاما وفعالية؛
- واقع الطاقات المتجددة في الجزائر ما زال دون الطموحات المعلنة، بسبب تحديات مؤسساتية، تشريعية، مالية وتكنولوجية؛
- آفاق الطاقات المتجددة في الجزائر مرهونة بمدى القدرة على تعبئة الموارد المالية والتكنولوجية، والاستفادة من التجارب الدولية الرائدة؛

أهمية الدراسة:

تكمن الأهمية الرئيسية للبحث في دراسة موضوع الطاقة المتجددة ودورها في الحوكمة المناخية المحلية وتحقيق التنمية المستدامة ويتضح من مختلف البرامج والخطط الوطنية والمحلية الموضوعة من اجل المساهمة في حماية البيئة

والسعي للانتقال إلى الطاقة النظيمة الهادفة إلى حماية البيئة سواء على الصعيد الوطني أو المحلي بتعبئة كافة الفاعلين في المجتمع.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق جملة من الأهداف منها:

- الوقوف على كل المفاهيم النظرية لكل من الطاقات المتجددة، الحوكمة المناخية، الاقتصاد الأخضر
- القوانين والتشريعات في سبيل الحفاظ على البيئة في الجزائر.
- إمكانيات الجزائر في الطاقات المتجددة
- الوقوف على تجربة الجزائر في الطاقات المتجددة وإبراز أهمية التحول نحو الطاقات المتجددة؛

المنهج المستخدم:

للإجابة على الإشكالية المطروحة اعتمدنا في دراستنا على المنهج الوصفي بهدف استعراض المفاهيم النظرية ذات الصلة بالحوكمة المناخية، الاقتصاد الأخضر، والطاقات المتجددة، إلى جانب رصد السياسات والمشاريع المنجزة في الجزائر في هذا المجال، كما تم توظيف المنهج التحليلي من خلال تحليل دور الطاقات المتجددة في دعم الحوكمة البيئية، وما يترتب عن ذلك من تحفيز لمسار الاقتصاد الأخضر.

تقسيمات البحث:

وقد تم تقسيم الدراسة إلى ثلاث محاور رئيسية:

1- الإطار المفاهيمي للدراسة، ويتناول المفاهيم الأساسية المرتبطة بالطاقات المتجددة، والحوكمة المناخية، والاقتصاد الأخضر.

2- الطاقات المتجددة كآلية للحوكمة المناخية، من خلال إبراز دورها في الحد من الانبعاثات الكربونية ودعم التحول نحو اقتصاد مستدام.

3- تجربة الجزائر في مجال الطاقات المتجددة، مع تحليل الإطار القانوني والمؤسسي، واستعراض أهم المشاريع المنجزة والتحديات المطروحة.

1- الإطار المفاهيمي للدراسة

يُعد الانتقال إلى الاستغلال الفعلي للطاقات المتجددة في عملية التنمية واستدامتها، واستخدامها لتلبية مختلف الاحتياجات الإنسانية، ضرورة ملحة تفرضها الآثار السلبية المتعددة الناجمة عن الاعتماد المفرط على الطاقات التقليدية، وما تخلفه من انعكاسات بيئية واقتصادية خطيرة، فضلا عن المخاوف المتعلقة بنضوبها في المستقبل.

كما يُساهم هذا التحول في تحقيق الأبعاد الثلاثة للتنمية المستدامة، والمتمثلة في الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية بما يضمن توازنا بين متطلبات النمو الاقتصادي والمحافظة على البيئة وتحسين نوعية الحياة.

1-1- مفهوم الطاقة المتجددة

من خلال هدا المطلب سنتطرق إلى مفهوم الطاقة المتجددة، وكدا أهميتها.

1-1-1- تعريف الطاقة المتجددة

والتي يمكن تعريفها كما الاتي:

أولا: هي الطاقة المستمدة من مصـادر طبيعية دائمة وذلك بشكل تلقائي ودائم (زرزور،2006،ص.17)، والتي لا تنفد ولا تنضب باستعمـالها المتكرر ولا ينتج عن استعمالها أي آثار سلبية على البيئة ومناخها فهي طاقة طبيعية ونظيفة منبعها الطبيعة.

ثانيا: أما الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيير المناخ(IPCC) ، فتعرف الطاقة المتجددة على أنها: "كل طاقة مشتقة من مصادر شمسية، جيوفيزيائية،أو بيولوجية، وتتجدد بمعدل يفوق استهلاكها. تشمل هذه الطاقة الشمسية الرياح، الكتلة الحيوية طاقة باطن الأرض، حركة المياه، والطاقة الناتجة عن مد وجزر المحيطات. وتتح ول هذه المصادر إلى طاقة حرارية وكهربائية وتستخدم لتلبية احتياجات الطاقة من الوقود والكهرباء باستخدام تكنولوجيات متعددة. "(بن لخضر و افتخار، 2020، ص. 280)

ثالثا: عرف المشرع الجزائري الطاقات المتجددة من خلال القانون رقم 04- 09 المتعلق بترقية الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة، على أنها: " أشكال الطاقات الكهربائية أو الحركية أو الحرارية أو الغازية المحصل عليها انطلاقا من تحويل الإشعاعات الشمسية وقوة الرياح والحرارة الجوفية والنفايات العضوية والطاقات المائية وتقنيات استعمال الكتلة الحيوية، ومجموع الطرق التي تسمح باقتصاد معتبر في الطاقة باللجوء إلى تقنيات هندسة المناخ الحيوي في عملية البناء" (المادة 03 من القانون 04-09)

1-1-2- أهمية الطاقة المتجددة

أهمية الطاقة المتجددة تتجلى في عدة جوانب اقتصادية، بيئية، واجتماعية، ويمكن تلخيصها فيما يلي (بيتروهنتر، 2009،ص.74-75) :

أولا: الاستخدام المحلي

تعتبر الطاقات المتجددة من مصادر الطاقة المحلية التي تضمن الأمن الطاقوي المتجدد إمكانية الاستخدام المحلي لمصادر الطاقة المتجددة ما يضمن الأمن الطاقوي المتجدد الذي لا يمكن أن ينضب أو يدمر البيئة المحلية أو الإقليمية أو العالمية.

ثانيا: مصادر فعالة

- إمكانية الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة في نظم توليد الكهرباء غير المركزية، باعتبار المنظومة الطاقوية الفعالة أقل عرضة لانقطاع التيار من الأنظمة المركزية.

- لا تتسبب في تلويث الجو أو الأرض أو البحار، في حين أن تلوث الهواء الناجم عن قطاعات النقل والطاقة جعل من المدن أماكن خطر على الصحة العامة.

ثالثا: مصادر اقتصادية وآمنة

وهذا من خلال (توات،ص3) :

- ❖ إن الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة يعزز حماية الاقتصاديات المحلية من الصدمات الناتجة عن تأرجح أسعار الطاقات التقليدية والمضاربة عليها في أسواق السلع العالمية؛
- ❖ نظام توزيع لدى الطاقات المتجددة يعتبر الأكثر أمنا في حال استهدافها، وإن حدث ذلك ستكون الأضرار البيئية محدودة جدا؛
- ❖ تعمل الطاقات المتجددة على خلق فرص عمل جديدة للعاملين المؤهلين على نحو متسارع؛
- ❖ تمثل حلا لسد الحاجات ا الأساسية من الطاقة لا سيما في المجتمعات الفقيرة ذات المورد المنعدم والمحدود ؛

2-1- مفهوم الحوكمة المناخية

من خلال هذا المطلب سنستعرض مفهوم الحوكمة ومقوماتها .

1-2-1- تعريف الحوكمة المناخية

أولا: يعرفها برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) بأنها" تشمل القواعد والمؤسسات التي تحدد كيفية تفاعل البشر مع البيئة، حيث تأخذ الحوكمة المناخية الجديدة في الاعتبار جميع الجهات الفاعلة التي تؤثر على البيئة (UNEP ,2009)

ثانيا: كما يعرفها الاتحاد الدولي للحفاظ على الطبيعة بأنها" تفاعلات متعددة المستويات(محلية، وطنية، دولية/عالمية) بين ثلاث جهات فاعلة رئيسية الدولة والسوق والمجتمع المدني، التي تتفاعل مع بعضها البعض سواء بطرق رسمية أو غير رسمية في صياغة وتنفيذ السياسات استجابة للمطالب والمدخلات المتعلقة بالبيئة من المجتمع (sawe et all,2016,p 16) .

1-2-2- مقومات الحوكمة المناخية

تقوم الحوكمة المناخية على مبادئ جديدة للتنظيم العام تتمثل فيما يلي (مانع وبوزيدي، 2015، ص 10):

- ❖ بناء سياسة بيئية تأخذ منهج البيئة كاعتبار أساسي لتأثير النشاطات الاقتصادية على مجمل التوجهات السياسية الاقتصادية، الثقافية والاجتماعية؛
- ❖ حوصلة كل السياسات ذات التوجه البيئي الى شرائح قانونية وتكليف المؤسسات بتنفيذها؛
- ❖ تكليف مؤسسات خاصة بمراقبة السياسات البيئية والعمل على تنفيذ النتائج المكيفة لهدا الغرض؛
- ❖ ربط كل الإجراءات أو التدابير التي تهدف الى حماية البيئة بمختلف المؤسسات وإدراجها في سياق عام للمجتمع؛

1-3- مفهوم الاقتصاد الأخضر

من خلال هدا المطلب سنحاول التعرض لمفهوم الاقتصاد الأخضر، خصائصه، متطلباته.

1-3-1- تعريف الاقتصاد الأخضر

ظهر مصطلح الاقتصاد الأخضر كمصطلح جديد حيث لم يتم تحديد تعريف موحد إلا أن التعاريف تشترك في خصائصه ومن اهم التعاريف نذكر ما يلي:

أولا: تعريف الأمم المتحدة : عرف برنامج الأمم المتحدة للبيئة الاقتصاد الأخضر بانه" الاقتصاد الذي يؤدي الى تحسين رفاهية الإنسان وتحقيق المساواة الاجتماعية، في حين يقلل من المخاطر البيئية وندرة الموارد الإيكولوجية(UNEP,2011,p2). "

ثانيا: تعريف البنك الدولي: ولقد عرف النمو الأخضر بأنه: " ذلك النمو الذي يتسم بالفعالية في استخدامه للموارد الطبيعية وبالنظافة ويراعي المخاطر الطبيعية ودور الإدارة البيئية ورؤوس الأموال في منع الكوارث المادية. "(مكتب العمل الدولي، 2013)

من خلال ما سبق يمكن القول بان الاقتصاد الأخضر هو ذلك النهج الذي تسلكه الدول من خلال بناء اقتصاد بيئي سليم محافظ على البيئة ومحقق لرفاهية الإنسان في نفس الوقت من اهم أهدافه تحقيق تنمية مستدامة لكل الأجيال.

1-3-2- خصائص الاقتصاد الأخضر

من خلال التعاريف التي تطرقنا إليها يمكن استخلاص خصائص الاقتصاد الأخضر كما الاتي (زراري،2023،ص4):

- ❖ الشمولية والتي هي من اهم خصائص الاقتصاد الأخضر حيث يكون منصف اجتماعيا ومستدام بيئيا؛
- ❖ يحقق الاقتصاد الأخضر التكامل بين أبعاد التنمية المستدامة وهي البعد الاقتصادي، والاجتماعية والبيئي؛
- ❖ يساهم الاقتصاد الأخضر في الحد من الفقر وتحسين رفاهية الإنسان من خلال المساهمة في خلق مناصب شغل جديدة .

1-3-3- متطلبات التحول إلى الاقتصاد الأخضر :

يتطلب مسار التحول نحو الاقتصاد الأخضر ما يلي (الفقي، 2024،ص17):

- ❖ ضرورة مراجعة كل السياسات الحكومية وإعادة ضبطها لتحفيز ومواكبة سرعة التحولات في أنماط الإنتاج والاستهلاك والاستثمار، والاهتمام بالتنمية الريفية بهدف تخفيف الفقر في الريف مع زيادة الموارد؛
- ❖ ضرورة وضع كل الاهتمام بقطاع المياه والري وضبط الاحتياجات من اجل استخدامها وترشيدها ومنع تلوثها ؛
- ❖ العمل على التوجه الكبير إلى الاستثمارات المستدامة في مجال الطاقة و تسريع الإجراءات لرفع كفاءة الطاقة النظيفة؛
- ❖ العمل على خفض غاز الكربون واعتماد تكنولوجيات الإنتاج الأكثر كفاءة في المصانع الجديدة؛

❖ التوجه نحو رسكلة النفايات وتدويرها واستثمارها بما هو مفيد للبيئة؛

2- الطاقة المتجددة كآلية للحوكمة المناخية

اتخذت الجزائر على غرار باقي دول العالم، مجموعة من الإجراءات الرامية لترقية وتطوير الطاقات المتجددة، وذلك من خلال اعتماد آليات مناسبة لتنمية الطاقات المتجددة وحماية البيئة بدا بالنصوص التشريعية في مجال الطاقات المتجددة، الى تفعيل الحوكمة المناخية.

2-1- أهم القوانين والتشريعات في الحوكمة البيئية

وضعت الدولة الجزائرية إطارا قانونيا في مجال الحوكمة المناخية، حيث اعتمدت على تشريعات محلية واتفاقيات دولية لمواجهة التغيرات المناخية في حماية البيئة وسعيها الدائم لتحقيق تنمية مستدامة، إليك أبرز القوانين والسياسات الجزائرية.

2-1-1- قانون رقم :11 - 02

هو تشريع يهدف إلى حماية البيئة والموارد الطبيعية مع تعزيز التنمية المستدامة في الجزائر. يعتبر هذا القانون جزءا من الجهود الوطنية للحفاظ على التنوع الحيوي وضمان استخدام الموارد الطبيعية بشكل متوازن، صنف المجالات المحمية على أساس واقعها إلى سبعة أصنا ف هي (مرسوم تنفيذي 2015/15،207، ص 23):

- **حسب المادة 5 من القانون رقم 11- 02 الحظيرة الوطنية:** هي مجال طبيعي ذو أهمية وطنية ينشأ بهدف الحماية التامة لنظام بيئي أو عدة أنظمة بيئية.

- **حسب المادة 6 من القانون رقم 11 - 02 الحظيرة الطبيعية:** هي مجال يرمي إلى الحماية والمحافظة والتسيير المستدام للأوساط الطبيعية والحيوان والنبات والأنظمة البيئية والمناظر التي تمثل أو تميز المنطقة.

- **حسب المادة 7 من نفس القانون:** فإن المحمية الطبيعية الكاملة هي مجال ينشأ لضمان الحماية الكلية للأنظمة البيئية، أو عينات حية نادرة للحيوان أو النبات التي تستحق الحماية التامة .

2-1-2- المرسوم تنفيذي رقم 15 - 207

أشار المرسوم التنفيذي رقم 15 - 207 المؤرخ في 27 جويلية 2015 م، والذي يحدد كيفيات المبادرة بالمخطط الوطني للنشاط البيئي والتنمية المستدامة وإعداده في مادته 02 إلى التقرير الوطني للبيئة ب أنه: "وثيقة منبثقة عن مشاورات واسعة بين القطاعات تسمح بتحدي مدى هشاشة الجانب المادي للإقليم والاختلالات ذات الطابع المؤسساتي والقانوني والنقائص على مستوى الأنشطة البيئية المتخذة."

2-2- دور الطاقات المتجددة في تحقيق الحوكمة المناخية

لقد أصبحت الحوكمة المناخية مطلب وطني وعالمي في آن واحد ولذلك أرتبط تحقيقها بالعديد من المتطلبات أهمها الحفاظ على البيئة، نظرا للعلاقة الوثيقة بين البيئة والتنمية تتوسطها الحوكمة باعتبارها الإدارة الحكيمة لترشيد العلاقة الوثيقة بين الطاقات المتجددة والبيئة، ولذلك سوف نستعرض دور الطاقات المتجددة في تحقيق الحوكمة المناخية من خلال تحقيق التنمية المستدامة والحد من التغير المناخي.

2-2-1- الطاقات المتجددة، الحوكمة المناخية والتنمية المستدامة

أصبحت البيئة متغير أساسي من متغيرات التنمية المستدامة، نظرا لما يحدثه التلوث من انعكاسات سلبية على المناخ ولكون الكثير من الموارد الطبيعية غير متجددة، مما يحتم استغلالها وفق قواعد تحافظ على البقاء ولا تؤدي إلى اختلال بيئي يؤثر على حياة الفرد.

أولا: الأهداف البيئية التنمية المستدامة: تسعى التنمية المستدامة من خلال آلياتها ومحتواها إلى تحقيق جملة من الأهداف البيئية نوجزها كما يلي:

- تعمل على تحقيق نوعية حياة أفضل في ظل الحفاظ على البيئة وهدا من خلال التركيز على الانسجام والتكامل بين نشاطات الأفراد والبيئة؛
- من اهم النقاط التي تهدف اليها هي التوعية بالمشكلات البيئة القائمة وهدا من خلال تنمية الحس بالمسؤولية اتجاهها والحث على المشاركة الفعالة في إيجاد الحلول المناسبة لها ضمن برامج ومشاريع التنمية المستدامة.

ثانيا: الحوكمة المناخية والتنمية المستدامة.

باعتبار أن الحوكمة المناخية هي السبيل الأساسي لتحقيق التنمية المستدامة والتي تتطلب مجموعة من الشروط الواجب توفرها نوجزها فيما يلي (شكراني، ،2014،ص 37-56):

- أهمية الانتقال من توازن القوى الى توازن المصالح المشتركة وتكاملها؛
- أهمية الاعتماد على الخبراء بدلا من السياسيين للحسم في القضايا البيئية المصيرية؛
- الدبلوماسية الخضراء كسبيل للحوكمة البيئية؛
- الضغوطات والإكراهات في مجال الدبلوماسية الخضراء؛
- التفكير في إنشاء منظمة عالمية للبيئة؛
- أهمية التنظيم المقترح وأهدافه.

2-2-2- دور الطاقات المتجددة في الحد من التغير المناخي:

تشير التغيرات المناخية إلى مجموعة التغيرات في الخصائص المناخية في مكان معين على مر الزمن كالاحتباس الحراري أو التبريد، وتهدد بعض أشكال تلوث الهواء الناجمة عن الأنشطة البشرية تغير المناخ بدرجة كبيرة في اتجاه الاحتراز العالمي.

توفر الطاقات المتجددة فوائد مباشرة وغير مباشرة حيث: أصبحت الطاقة المتجددة اليوم في عدد من البلدان أدوات فاعلة في الحفاظ على البيئة وفي الحد من تغير المناخ باعتبارها مصدرا للطاقة الخضراء، حيث تحد من الانبعاثات الغازية التي تعمل على زيادة درجة الحرارة و معدل الاحتباس الحراري و أيضا مصدر مستدام للطاقة بالإضافة الى إنها تساهم في انخفاض عدد الكوارث الطبيعية والتقليل من شدتها و زيادة المحاصيل الزراعية نتيجة تخلصها من الملوثات الكيميائية والغازية، مما يساهم في تأمين الأمن الغذائي، كما أن ممارسة الزراعة المراعية للمناخ تساعد المزارع على زيادة إنتاجية المزرعة وقدرتها على الصمود في

مواجهة آثار تغير المناخ مثل الجفاف، وفي الوقت نفسه تصبح بمثابة خزانات مفيدة لامتصاص الكربون وتخزينه في التربة والأشجار والأوراق وحماية كافة الكائنات الحية وكذا حماية الثروة السمكية، حماية الغابات ومكافحة التصحر (عبد القادر، 2016،ص 156).

3- تجربة الجزائر في مجال الطاقة المتجددة

تسعى الجزائر على أن تسلك نهج الطاقات المتجددة قصد إيجاد حلول شاملة ودائمة للتحديات البيئية والحفاظ على الموارد الطاقوية التقليدية. وقد مهدت الجزائر لديناميكية الطاقة الخضراء بإطلاق برامج طموحة لتطوير الطاقات المتجددة والتي تستند على رؤية ديناميكية استراتيجية تتمحور حول تثمين الموارد التي لا تنضب مثل الموارد الشمسية وغيرها واستعمالها لتنوع مصادر الطاقة وهذا لإعداد جزائر الغد.

3-1- استراتيجية الجزائر في الطاقات المتجددة

أصبح الاهتمام بتطوير وتنمية ودمج الطاقات المتجددة ضمن الخليط الطاقوي أولوية لدى أغلبية الدول عامة وفي الجزائر خاصة، وهذا من أجل الحفاظ على الطاقات التقليدية وتنويع مصادر إنتاج الكهرباء والمساهمة في التنمية المستدامة.

3-1-1- البرنامج الوطني لتنمية وتطوير الطاقات المتجددة في الجزائر

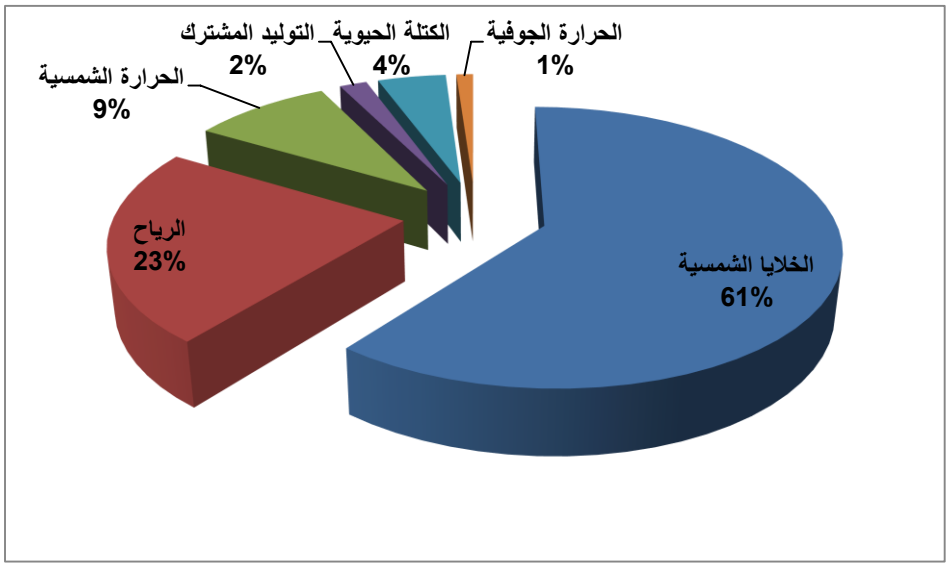
يعد برنامج تنمية الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية في الجزائر لسنة 2011 من البرامج الوطنية الذي تهدف الإنتاج وتطوير الطاقات المتجددة ، وبعد إطلاقه وإخضاعه للتجريب والاختبار التكنولوجي لمدة حوالي أربعة سنوات ظهرت عدة عناصر جديدة وملحة على الساحة الطاقوية المحلية والدولية تطلبت مراجعة ذلك البرنامج ،و تم تحيينه في سنة 2015 ووضعه كأولوية وطنية في فيفري 2016، حيث في البداية تم وضع طاقة المتجددة ة بقدرة 22000 ميغاواط حتى أفاق 2030 بالنسبة للسوق الوطني مع التمسك بخيار التصدير كهدف استراتيجي إذا سمحت الظروف بذلك. كما أنه مع حلول سنة 2030 فإن 37 % من القدرة القائمة و27 % من الإنتاج الكهربائي الموجه للاستهلاك الوطني ستكون من الطاقة المتجددة. كما يتضمن البرنامج إنجاز حوالي ستين من المحطات الشمسية ومساحات الطاقة الهوائية في أفق 2020 وستتم مشاريع الطاقة المتجددة للإنتاج الكهربائي الموجه للسوق الوطنية على مرحلتين (خوميجة ،2016،ص32):

<u>أولا:</u> المرحلة الممتدة من 2015-2020: خلال هذه المرحلة سيتم إنجاز طاقة قيمتها 4010 ميغا واط بين الشمسية والريحية، و515 ميغاواط بين الكتلة الحيوية والحرارة الجوفية والتوليد المشترك.

<u>ثانيا:</u> المرحلة الممتدة من 2021-2030: فيها يتم الربط الكهربائي بين الشمال والصحراء وستمكن من تركيب محطات كبرى للطاقة المتجددة في كل من عين صالح، أدرار، تيممون وبشار.

ومن جهة أخرى فإن القدرات المتراكمة لبرنامج الطاقة المتجددة حسب النوع في سنة 2030 سيكون كما يلي:

الشكل (01): يمثل أهداف برنامج تطوير الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية الممتد الى سنة2030.



المصدر: من إعداد الباحثة فتيحة خوميجة، استغلال الطاقات المتجددة في الجزائر بين التطلعات والمعوقات، جامعة البويرة، 2016، ص،33، باعتماد بيانات وزارة الطاقة الجزائرية، برنامج تطوير الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية، جانفي 2016، ص 6.

3-2- بعض المشاريع القائمة في مجال الطاقات المتجددة

هناك العديد من المشاريع التي أنشئت في الطاقات المتجددة وكذا التي هي تحت الإنشاء، كما يخطط لإنشاء مشاريع أخرى وذلك بغية استغلال هذه الطاقات، ولتوضيح هذه المشاريع ندرج الجدول التالي:

الجدول رقم (01): يمثل أهم مشاريع الطاقات المتجددة في الجزائر

	نوع الطاقة

المشاريع	طاقة الرياح	الطاقة الشمسية	الطاقة الحرارية
القائمة	//	مشرع: I PPS بحاسي رمل القدرة: 25 ميغاواط المطور: القطاع العام LAENمند سنة 2011	//
تحت الإنشاء	مشروع: مزرعة كابترين بمدينة أدرار القدرة: 10.2 ميغاواط المطور: شركة سونلغاز	//	المشروع: الطاقة الحرارية الأرضية القدرة: 05 ميغاواط المطور: القطاع العام
مخطط أنشائها	مشروع: خنشلة القدرة: 20 ميغاواط المطور شركة سونلغاز	المشروع: II PP بالمغير القدرة 80 ميغاواط	
		المشروع: II PP بالمنيعة القدرة 70 ميغاواط	
	المشروع: نعمة القدرة 20 ميغاواط المطور: القطاع العام	المشروع: VI PPS بالمغير القدرة 70ميغاواط	
	المشروع: غير محدد القدرة 170 ميغاواط	المشروع: العويد القدرة 150 ميغاواط	//

المصدر: من إعداد الباحثة فتيحة خوميجة، استغلال الطاقات المتجددة في الجزائر بين التطلعات والمعوقات، جامعة البويرة، 2016، ص32.
باعتمادها بيانات المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، نبذة عن الطاقة المتجددة، القاهرة، مصر، 2013، ص 3.

4- واقع الطاقة المتجددة في الجزائر

تعتبر الجزائر من الدول التي تمتلك إمكانيات هائلة في مختلف أنواع الطاقة المتجددة ويمكن استغلالها لتكون بديلا للطاقة التقليدية.

4-1- إمكانيات الجزائر في الطاقات المتجددة

للجـزائر إمكانيات هائلة في الطاقـة المتجددة خـاصة الشمسية منها والمـائية بالإضـافة الى طاقة الرياح وهي اهـم ثلاث مصـادر يمكن التركيز عليها نظرا لتوفرها وإمكانية استغلالها من طرف الدولة الجزائرية هي :

أولا: الطاقة الشمسية

تتوفر الجزائر على حقول شمسية معتبرة نظرا لموقعها الجغرافي الاستراتيجي ومسـاحتها الشاسعة ويمكن توضيح ذلك من خلال الجدول التالي:

والجدول رقم (02): يوضح فترة الإشعاع الشمسي والطاقة المكتسبة في الجزائر

المنطقة	المنطقة الساحلية	منطقة الهضاب العليا	الصحراء
حصة المنطقة من إجمالي مساحة الجزائر	% 4	%10	% 86
الفترة المتوسطة للإشعاع الشمسي (ساعة/السنة)	2650	3000	3500

الطاقة المتوسطة المستمدة (كيلواط ساعي/م 2/سنة)	1700	1900	2650

Source : Ministère de l'énergie et des mines, Guide des Energies Renouvelables, Edition 2007, p39.

من خلال الجدول يتبين أن المعدل السنوي لساعات تعرض سطح الأرض لأشعة الشمس يتجاوز 3000ساعة سنويا، مع توفر طاقة شمسية يومية تزيد عن 5كيلوواط ساعي/م² على معظم المناطق المحلية. وتتراكم هذه القيم لتصل إلى نحو 1700 كيلوواط ساعي/م²/سنويا في شمال البلاد، بينما تبلغ ذروتها في المناطق الصحراوية لتصل إلى 2650 كيلوواط ساعي/م²/سنويا.

ثانيا: طاقة الرياح في الجزائر

تنقسم الجزائر إلى منطقتين جغرافيتين هما

- شمال يطل علي البحر الأبيض المتوسط يمتد لمسافة 1200كلم يتميز برياح معتدلة.
- منطقة جنوبية تشهد هبوب رياح سريعة قدرت بين 2 إلى 6 م /ثا.

بالتالي يمكننا تحديد 08 مناطق لتثبيت تجهيزات توليد الطاقة هي: منطقتان على الشريط الساحلي، 03 مناطق في الهضاب العليا و03 مناطق أخرى في الصحراء (كتاف وبن دعاس،2015،ص4) ، انجز في هذا الصدد حقل لإنتاج الكهرباء المولدة من الرياح بقوة 10 ميغاواط بقصر كبرتن على بعد 70 كلم شمال ولاية أدرار من قبل الشركة الفرنسية" سيجلاك" التي تكفلت بإنجاز وتركيب تجهيزات الحقل خلال 37 شهرا، فيما سيتم تركيب 165 مولدا كهربائيا على مساحة إجمالية قدرت ب 50 هكتارا مع إنشاء 12 محطة للضغط المنخفض والمتوسط (فروحات، 2012، ص15).

ثالثا: الطاقة المائية

تتميز الجزائر بمناخ حار يكاد ينعدم فيه الأمطار صيفا ومعتدل إلى بارد شتاء، بمعدل تبخر شديد الارتفاع مع نظام مائي غير مستقر نتيجة تقلب الفصول، حيث يصل معدل الأمطار الى 100 يوم في السنة بكمية تزيد أحيانا عن 100 ملم في اليوم، مع تساقط الثلوج على القمم الجبلية، وقد بلغ معدل التساقط شمال البلاد ما يزيد عن 500 ملم ويمكن أن يتراوح بين 1500 الى 2000 ملم أحيانا، يتناقص تدريجيا كلما اتجهنا جنوبا في المناطق المتاخمة للصحراء إذ يقل عن 100 ملم في السنة وينعدم تقريبا في المناطق الصحراوية.

لا يتجاوز توليد الطاقة الكهربائية من المياه نسبة 3%، أما النسبة المتبقية فيتم تولدها من الغاز الطبيعي، ويرجع ضعف استغلال هذه الطاقة إلى ضعف استغلال هذه الطاقة نتيجة العدد غير الكافي لمحطات التوليد إضافة إلى عدم الاستغلال الجيد للمولدات الموجودة.

2-4- الصعوبات التي تواجه الجزائر في مجال الطاقة المتجددة

واجهت الجزائر العديد من الصعوبات التي حالت دون بلوغ الأهداف المرجوة من البرامج المسطرة لاستغلال الطاقة المتجددة كسبيل لتحقيق حوكمة مناخية وتنمية مستدامة ومن بين الصعوبات نوجز ما يلي:

أولا: ارتفاع تكاليف الاستثمار في مشروعات الطاقة المتجددة

- تتزايد التكاليف الرأسمالية لمشروعات الطاقة المتجددة؛
- ندرة آليات التمويل المناسبة وضآلة حجمها، وذلك بالتزامن مع انخفاض أسعار النفط في الأسواق العالمية .

ثانيا: التحديات الفنية الناجمة عن تراكم الغبار

- المشاكل التقنية التي يتسبب بها تراكم الغبار على أنظمة الطاقة الشمسية، مما يستلزم تنظيف الألواح الشمسية بانتظام على فترات لا تزيد عن ثلاثة أيام للحفاظ على كفاءتها ..

ثالثا: المعوقات الهيكلية والمؤسسية ونقل التكنولوجيا

تشمل التحديات الرئيسية القيود المؤسسية والهيكلية المرتبطة بدور شركات التصنيع، خاصة في القطاع الخاص، إلى جانب ضعف التنسيق مع الجهات التشريعية ومراكز البحث العلمي وهيئات المواصفات والمقاييس. كما تفاقم هذه المشاكل بسبب العقبات الفنية والتقنية الناتجة عن نقص آليات نقل المعرفة وتكنولوجيا الطاقة الجديدة، خاصة في تصنيع مكونات أنظمة الطاقة الشمسية .

رابعا: تحديد الأسعار وتأثيره على جودة الاستثمار

تواجه مشاريع الطاقة المتجددة عراقيل بسبب سياسة تسعير الطاقة المُطبقة من قبل سلطة ضبط الكهرباء والغاز، حيث تحدد الأسعار بـ 11.16 دينار/ميغاواط في ولاية ورقلة، و10.8 دينار/ميغاواط في غرداية، و1.24 دينار/ميغاواط في بسكرة. هذا التحديد يحد من قدرة المستثمرين على تقديم عروض تقنية متطورة، إذ أن التركيز على خفض التكلفة على حساب الجودة والمعايير الدولية والتكنولوجيا المتقدمة يُضعف الحوافز الاستثمارية .

خامسا: ضعف الربط الكهربائي بين الدول العربية والأوروبية

يعاني التكامل الإقليمي في مجال الطاقة من قصور في شبكات الربط الكهربائي بين الدول العربية والأوروبية، مما يحد من توسيع نطاق التجارة الإقليمية بين شمال إفريقيا وأوروبا. كما أن التكامل المادي بين الشبكات الأوروبية لا يزال ضعيفًا، حيث لا يوجد سوى خط نقل واحد للكهرباء بين شمال إفريقيا وأوروبا (المغرب وإسبانيا)، دون أي مشاريع جديدة لزيادة هذه القدرة خلال العقود الماضية.

الخاتمة:

توصلت الدراسة إلى أن الجزائر تمتلك إمكانات هائلة للاستثمار في الاقتصاد الأخضر، ما يضعها في موقع استراتيجي يمكن اعتماده كمحرك رئيسي لتنويع الاقتصاد، وقد شكلت الإصلاحات والمبادرات التي باشرتها البلاد في مجال حماية البيئة أساسا متيناً وانطلاقة فعلية على هذا المسار، بيد أن تحويل الاقتصاد الأخضر إلى رافد حقيقي لتنويع الإنتاج الوطني وإعادة هيكلة الاقتصاد، تمهيداً للخروج من دائرة الاعتماد على قطاع المحروقات، يتطلب تبني استراتيجية شاملة. يجب أن تُحدّد هذه الاستراتيجية أهدافاً واضحةً للمدى القصير والمتوسط والطويل، ترتكز على الاستثمار في القطاعات الحيوية الواعدة. كما تستلزم هذه الرحلة إعادة توجيه الاستثمارات—سواء كانت عامة أو خاصة—وترشيدها، فضلاً عن إصلاح البيئة التمكينية والسياسات الداعمة لتسريع الانتقال نحو الاقتصاد الأخضر.

أهم النتائج المتوصل إليها في الدراسة:

توصلت الدراسة إلى جملة من النتائج هي:

- مساهمة القطاع الخاص في الاستثمارات الخضراء لا تزال محدودة، فإنه من الضروري توجيه هذا القطاع نحو استثمارات إنتاجية صديقة للبيئة. فالتحول نحو الاقتصاد الأخضر في الجزائر ليس مسؤولية جهة واحدة، بل يتطلب تضافر جهود جميع الفاعلين: الدولة، والجماعات المحلية، والمتعاملين الاقتصاديين، ومؤسسات المجتمع المدني، وذلك لتعزيز المواطنة البيئية وترسيخ سلوكيات وأنماط استهلاك وإنتاج مستدامة للمستقبل.

- يُعد تشجيع مبادرات البحث العلمي والتطوير والابتكار التكنولوجي في مجال الاقتصاد الأخضر أمراً بالغ الأهمية، إلى جانب دمج البعد البيئي في البرامج التربوية والتعليمية بجميع مراحلها. ويأتي ذلك مع التأكيد على أهمية انفتاح الجامعات على القطاعات الاقتصادية المختلفة لتحقيق التكامل بين البحث العلمي واحتياجات السوق، والاستفادة من مخرجات الأبحاث في التنمية المستدامة.

- العمل على ضرورة وضع سياسات مناخية حديثة وواضحة من خلال تحديث وتفعيل القوانين والتشريعات التي تدمج بين معايير الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية (ESG) في مشاريع الطاقة المتجددة؛

- العمل على إنشاء هيئات ومؤسسات وطنية مختصة في الاقتصاد الأخضر بغية الإشراف على التنسيق بين مختلف القطاعات لضمان الالتزام بالأهداف المناخية مثل اغلب دول العالم؛

- تكثيف الجهود لزيادة حصة الطاقة المتجددة في المزيج الطاقوي: الوصول إلى 30-40% من إنتاج الكهرباء من مصادر متجددة بحلول 2035؛

- إنشاء مراكز بحثية متخصصة في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والهيدروجين الأخضر بالشراكة مع الجامعات والقطاع الصناعي .

- العمل على تشجيع الصناعات الخضراء مثل إنتاج الألواح الشمسية وتوربينات الرياح محلياً، مما يخلق فرص عمل ويقلل الانبعاثات .ويحافظ على البيئة.

- زيادة حملات توعية للمواطنين حول ترشيد الطاقة واعتماد حلول مستدامة كالطاقة الشمسية المنزلية.

المصادر والمراجع:

- بالغة العربية:

1. راجع نص المادة - 3 من القانون رقم 04 - 09 المتعلق بترقية الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة، الجريدة الرسمية عدد 52، الصادرة في 18أوت 2004.
2. زرزور إبراهيم، (2006)، المسالة البيئية والتنمية المستدامة، الملتقى الوطني حول اقتصاد البيئة والتنمية، معهد علوم التسيير، المركز الجامعي بالمدية.
3. بيتر ميسين وليزلي هنتر (2009)، الشرق الأوسط واستراتيجيات الطاقة المتجددة بدائل الطاقة النووية، ترجمة عماد شيحة، المركز العربي للدراسات الاستراتيجية، ديسمبر 2009.
4. حدة فروحات، (2012)، الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر دراسة لواقع مشروع تطبيق الطاقة الشمسية في الجنوب الكبير بالجزائر، مجلة الباحث، العدد 11، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر.
5. مكتب العمل الدولي (2013). التنمية المستدامة والعمل اللائق والوظائف الخضرا جنيف: مكتب العمل الدولي.
6. محمد عبد القادر الفقي، (2014)، الاقتصاد الأخضر، المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية، سلسلة البيئة البحرية، الكويت،
7. حسين شكراني، (2014)،نحو حوكمة بيئية عالمية مجلة رؤى استراتيجية، مجلة رؤى استراتيجية مركز الإمارات، للدراسات والبحوث الاستراتيجية.
8. شافية كتاف وزهير بن دعاس، (2015)، سياسات واستراتيجيات ترقية الكفاءة الاستخدامية للموارد الطاقوية المتجددة في الجزائر، مداخلة مقدمة ضمن فعاليات الملتقى الدولي حول "السياسات الاستخدامية للموارد الطاقوية بين متطلبات التنمية القطرية وتأمين الاحتياجات الدولية"، جامعة فرحات عباس، سطيف01، الجزائر،

9. الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، المرسوم ا لتنفيذي رقم 15-207 يحدد كيفيا ت المبادرة بالمخطط الوطني للنشا ط البيئي والتنمية المستدامة وإعداده، المؤرخ في 11 شوال 1436 ه الموافق ل 27 جويلية 2015 م، الجريدة الرسمية، ع 42، 5 أوت 2015،

10. احمد عبد القادر، (2016)، الطاقة المتجددة، الأردن: الجنادرية للنشر والتوزيع،

11. فتيحة خوميجة، (2016)، استغلال الطاقات المتجددة في الجزائر بين التطلعات والمعوقات، جامعة البويرة،

12. سبرينة مانع، هدى بوزيدي، (2018)، الحوكمة البيئية إطار لترقية التنمية المستدامة، الملتقى الدولي الخامس حول: الإنفاق البيئي: بين حاجات التنمية المستدامة ومتطلبات التنمية المستدامة، مجلة دراسات في الاقتصاد وإدارة الأعمال العدد 02 -،

13. عيسى بن لخضر، يوسف افتخار، (2020)، واقع الطاقات المتجددة في الجزائر وآفاقها المستقبلية دراسة تقييميه، مجلة الدراسات التجارية والاقتصادية المعاصرة، المجلد 3، العدد 2 عدد خاص.

14. سميحة زراري، (2023)، دور الطاقات المتجددة في الانتقال إلى الاقتصاد الأخضر، دراسة حالة الإمارات المتحدة، أطروحة دكتوراه، جامعة بسكرة،

15. توات نصرالدين، دور الطاقات المتجددة في تحقيق متطلبات التنمية المستدامة، دراسة برنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية بالجزائر- قسم العلوم الاقتصادية، البليدة 2..

باللغة الأجنبية:

1. Yvo de Boer، (2007) ،Changement climatiques ،une annee decisive. Energie-francophonie.
2. Ministère de l’énergie et des mines(2007), Guide des Energies Renouvelables, Edition.
3. United nation environment programmed(2009), environmental governance, Luo.Huong,
4. UNEP. (2011). Towards a Green Economy : Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication- A Synthesis for Policy Makers ،
5. osawe I. Khide(2016) , Anthony.O, Magnus O. seifo, environmental governance in Nigeria: the community perspective, public policy and administration research.

Solar Energy as a Strategic Mechanism to Enhance Energy Security in Algeria

الطاقة الشمسية كآلية استراتيجية لتعزيز الأمن الطاقوي في الجزائر

Saida TAYEB[1]

[1] Univ Relizane (Algeria), saida.tayeb@univ-relizane.dz

Abstract :

This research paper aims to study the contribution of solar energy as a strategic resource in ensuring energy security and sustainable development in Algeria. The paper addresses this topic by defining the study variables and examining the vital role of solar energy in enhancing the sustainability of energy supplies and reducing dependence on traditional sources such as oil and gas. The study highlights that Algeria possesses significant solar energy potential, with an installed capacity of approximately 700 megawatts and a target to increase this capacity to 4,000 megawatts by 2030. Solar energy is expected to contribute around 15% of the total electricity generation by 2030, helping the country achieve its goal of increasing the share of renewable energy in the electricity mix to 27%. Additionally, these initiatives will assist in reducing reliance on energy imports, thereby enhancing energy security.

Keywords: Solar energy ; Energy security; Sustainable development

JEL Classification Cods : Q42, Q20, O13

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل مساهمة الطاقة الشمسية كآلية استراتيجية في ضمان الأمن الطاقوي وتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر. وتتمثل إشكالية البحث في كيفية توظيف الإمكانات الكبيرة التي تمتلكها الجزائر في مجال الطاقة الشمسية لتعزيز استدامة الإمدادات الطاقوية وتقليل الاعتماد على المصادر التقليدية كالنفط والغاز. اعتمدت الورقة على تحديد المتغيرات الأساسية ذات الصلة وفحص الدور الحيوي للطاقة الشمسية في دعم أمن الطاقة. وتشير النتائج إلى أن القدرة المركبة للطاقة الشمسية في الجزائر تبلغ حوالي 700 ميغاواط، مع استهداف رفعها إلى 4000 ميغاواط بحلول عام 2030، حيث يُتوقع أن تساهم الطاقة الشمسية بما يقارب *15* % من إجمالي إنتاج الكهرباء، مما يدعم هدف الجزائر المتمثل في رفع حصة الطاقات المتجددة إلى 27% من المزيج الكهربائي. كما أن هذه المبادرات من شأنها أن تسهم في تقليص الاعتماد على واردات الطاقة وتعزيز الأمن الطاقوي على المدى الطويل.

كلمات مفتاحية: الطاقة الشمسية؛ الأمن الطاقوي؛ التنمية المستدامة

تصنيفات JEL : Q42، Q20، O13

Corresponding author: Saida TAYEB, **e-mail:** saida.tayeb@univ-relizane.dz

INTRODUCTION:

Solar energy is one of the most important renewable energy sources in the world, playing a crucial role in meeting electricity needs and reducing reliance on fossil fuels, Algeria is among the countries with an abundance of solar energy, thanks to its desert regions, with over 5 billion GW/hours of potential annually and an average sunlight exposure ranging from 2,550 hours in the north to 3,819 hours in the desert. The solar energy production capacity is estimated at 1,700 kw/hours per square meter per year in the north and 2,650 kw/hours per square meter per year in the desert, Harnessing solar energy is a strategic resource that can ensure energy security for Algeria, contributing to energy diversification and sustainable development; By investing in and properly developing this sector, the country can achieve sustainable development and reduce dependence on fossil fuels, which will contribute to economic and environmental stability.

Algeria is gradually moving towards an energy transition based on a model that ensures the development of renewable energies, energy efficiency, the rationalization of fossil energy, and the diversification of energy sources, with a target of achieving 40% reliance on renewable energy by 2030. To pave the way for a dynamic green energy sector, Algeria has launched an ambitious program to develop renewable energy and energy efficiency, aiming to find comprehensive and lasting solutions to environmental challenges and to preserve fossil fuel resources.

In light of this context, the research question emerges as follows: To what extent can the use of solar energy contribute to enhancing energy security in Algeria?.

1. Theoretical Framework of Renewable Energy

1.1 Definition Renewable Energy

Renewable energy is energy that is collected from renewable resources, which are naturally replenished on a human timescale, such as sunlight, wind, rain, tides, waves, and geothermal heat. (Twidell. J, & Weir. T, 2015, p. 3)

Renewable energy sources are derived from natural processes that are constantly replenished. (Boyle. G, 2004, p. 1)

Renewable energy is sustainable, as it originates from sources that are inexhaustible and are continuously replenished. (Kalogirou. S. A, 2014, p. 1)

1.2 Types of Renewable Energy (IEA, 2021)

a. Solar Energy: Harnessed from the sun’s rays, solar energy can be converted into electricity using photovoltaic cells or used directly for heating through solar thermal systems.

a. Wind Energy: Generated by converting the kinetic energy of wind into mechanical power or electricity using wind turbines. Wind farms can be located onshore or offshore.

b. Geothermal Energy: Derived from the heat stored beneath the Earth's surface. This heat can be used directly for heating or to generate electricity through geothermal power plants.

b. Hydropower: Produced by harnessing the energy of flowing or falling water, usually through dams or run-of-river systems, to generate electricity.

c. Biomass Energy: Comes from organic materials such as plant and animal waste. Biomass can be converted into biofuels or used directly to produce heat and power.

1.3 Importance of Renewable Energy (Ottmar Edenhofer et al..., 2012)

a. Renewable energy is crucial for reducing greenhouse gas emissions, which are the primary driver of climate change. By replacing fossil fuels with clean energy sources, renewable energy helps mitigate the impact of global warming.

b. The adoption of renewable energy contributes to energy security by diversifying the energy supply and reducing dependency on imported fuels. This is particularly important for countries aiming to enhance their energy independence.

c. Renewable energy can significantly boost economic development by creating employment opportunities in new sectors such as solar panel manufacturing, wind turbine installation, and bioenergy production.

2. Theoretical Framework of Solar Energy:

2.1Definition of Solar Energy:

Solar energy is the energy obtained from the sun's radiation, which can be converted into thermal or electrical energy. Solar power is a renewable energy source, meaning it is naturally replenished and virtually inexhaustible over the long term. It is harnessed using technologies such as photovoltaic panels, solar thermal systems, and concentrated solar power plants. (Kalogirou. S. A, 2009, p. 2)

2.2 Advantages of Solar Energy:

a. Solar energy is an abundant and sustainable resource, as it does not deplete with use and is available globally. (Boyle. G, 2004)

b. generates electricity without producing greenhouse gases or other pollutants, significantly reducing the environmental impact compared to fossil fuels. (Jacobson. M. Z & Delucch. M. A, 2011)

c. Energy Independence: Solar power can enhance energy security by reducing dependence on imported fuels and diversifying the energy mix. (Twidell. J, & Weir. T, 2015)

3. Energy Security and Energy Transition

3.1 Concept of Energy Transition:

Energy transition is a fundamental component of environmental transition. It refers to the shift from the current energy system, which relies on non-renewable resources, to a mix predominantly based on renewable resources. This implies the development of alternatives to fossil fuels, which are limited and non-renewable, as well as certain types of nuclear fuels (e.g., uranium and plutonium). The gradual replacement of conventional energy sources with renewable energy sources involves rational use of fossil fuels and development of renewable energy consumption. (abou, 2015 , p. 2)

The energy transition is the movement from traditional energy sources to renewable energy industries characterized by their abundance and sustainability. This transition aims to preserve the environment and meet future generations' needs while satisfying current energy demands.

Countries like China, the United States, and European Union members, especially Germany and France, have been leading in setting strategies and programs for gradual energy transition to renewable energy production. Studies have shown that Germany and France have made significant progress in this transition.

3.2 Requirements for Energy Transition:

- Clear Political Will: Strong commitment from national leadership to gradually move away from traditional energy sources in favor of renewables.

- Financial Resources: Securing necessary funding through public-private partnerships and encouraging foreign investment in renewable energy projects.

- New Markets: Developing new markets for energy products resulting from the transition.

- Research and Development: Promoting scientific and technological research in renewable energy.

- Flexible Markets: Establishing flexible and transparent markets for renewable energy.

3.3 Strategies for Energy Transition: Energy transition strategies can be summarized in three steps: (teo, 2014, pp. 18-19)

a. Optimal Energy Consumption:

- Reduce energy use for heating by improving building insulation and heating systems.

- Develop transportation options with sustainable vehicles and alternative energy sources, and reduce reliance on fossil fuels.

- Enhance electricity usage across industrial processes, electrical equipment, household appliances, and technologies.

b. Energy Transition as a Development Driver: Use energy transition to drive economic competitiveness, improving the efficient use of energy resources, promoting renewables as alternatives to conventional energy, and creating new jobs.

c. Planning the Transition: Integrate all stakeholders in the energy sector with pre-prepared plans and programs that ensure energy needs are met without harming the environment or compromising future generations' rights.

3.4 Concept of Energy Security:

The European Commission defines energy security as the ability to ensure future energy needs through sufficient local resources operating under economically acceptable conditions, or by maintaining strategic reserves. This includes securing stable and accessible external sources and increasing strategic reserves.

Ensuring a consistent and reliable supply of energy resources, such as oil, natural gas, and electricity, without interruptions. This includes having diversified sources and routes for energy imports and domestic production to reduce dependency on a single source. (IEA, World Energy Outlook , 2020, p. 27)

- Reducing dependence on a single energy source by incorporating a mix of energy types, such as fossil fuels, renewables, and nuclear energy. This approach enhances energy security by mitigating risks associated with supply disruptions or price shocks. (IRENA, 2022)

Energy security varies from one country to another based on the concept of national sovereignty and the relationships between energy producers and consumers. Historically, this

concept has evolved from a focus on sovereignty over natural resources and the freedom of a state to determine optimal exploitation policies.

A nation can achieve energy security by diversifying its energy sources. It is not logical for oil-importing countries to rely solely on others for their energy needs, nor can oil-exporting countries ensure economic security by selling a finite resource like oil. As Winston Churchill famously stated, "Energy security lies in diversity, and diversity alone."

3.5 Impact on Energy Security: the renewable energy and energy efficiency program is instrumental in enhancing Algeria's energy security through the following ways:

Diversification of Energy Sources: By increasing the share of renewables in the energy mix, Algeria reduces its reliance on fossil fuels, mitigating risks associated with global oil price volatility and supply disruptions.

Energy Independence: Renewable energy projects enable Algeria to generate energy domestically, reducing dependence on imported fuels and improving energy self-sufficiency.

Economic Stability: Investing in renewable energy and efficiency measures supports economic stability by creating jobs, fostering technological innovation, and stimulating local industries.

Environmental Benefits: Reducing greenhouse gas emissions and other pollutants contributes to environmental protection and aligns with global climate commitments.

4. Contribution of Renewable Energy to Achieving Energy Security and Sustainable Development in Algeria

4.1 Energy Security in Algeria

Algeria possesses immense solar energy potential due to its vast desert regions, which receive high levels of solar irradiance, with solar radiation ranging from 2,000 to 3,000 KW/hours per square meter annually, making it one of the most favorable locations globally for solar energy generation. In the Sahara Desert, solar irradiance can reach up to 6.5 KW/hours per square meter per day, Despite this significant potential, the utilization of solar energy in Algeria remains limited compared to what could be achieved, The government has recognized the importance of developing this sector and has launched several initiatives aimed at increasing reliance on solar energy as part of the national energy mix, including the "Renewable Energy and Energy Efficiency Program," which targets a 27% share of renewable energy in electricity production by 2030, with solar energy expected to constitute the largest portion. However, the solar energy sector in Algeria faces several challenges, such as limited infrastructure, financing difficulties, and the need for local technology development.

Energy security in Algeria is a complex issue involving the reliable availability, stability, and affordability of energy resources, The country is heavily reliant on fossil fuels, particularly oil and natural gas, which account for over 95% of its export revenues and a significant portion of domestic energy consumption. This dependency poses considerable risks due to market volatility and the finite nature of fossil fuel reserves; To address these challenges, Algeria has initiated a strategic shift towards diversifying its energy mix. The Renewable Energy and Energy Efficiency Program, aiming to increase the share of renewables to 27% by 2030, (mem-algeria, 2016) focuses on both solar and wind energy. Algeria’s solar potential is particularly high, with the country aiming to expand its solar capacity to 4,000 MW by 2030. (Ministre de l'énergie , 2007) Additionally, Algeria

is developing its wind energy sector, targeting around 1,000 MW of wind power by 2030, (IRENA, Renewable Capacity Statistics , 2023) contributing to the diversification of energy sources and enhancing energy security. Investments in renewable energy are expected to generate jobs and stimulate local industries, supporting economic stability. However, Algeria's energy infrastructure requires modernization to integrate renewable sources and ensure reliability, necessitating investments in smart grids, storage solutions, and advanced technologies. The country's dependence on fossil fuel exports also exposes it to global market fluctuations and geopolitical risks, making energy diversification and the enhancement of domestic production crucial for maintaining energy security.

4.2 Importance of Energy Transition for Energy Security:

Global energy security can be enhanced by diversifying energy sources and transit routes. Major industrial countries, led by the European Union, are improving energy infrastructure in neighboring areas and investing in new infrastructure. Although nuclear and renewable energy contribute minimally to supply security, heavy reliance on fossil fuels persists.

Energy transition policies are crucial for ensuring energy supply security amidst global changes like fluctuating fossil fuel prices and environmental impacts. Strategies include:

a. Gradual use of renewable energy as a permanent alternative to fossil fuels, especially through wind and solar energy, which are easier to exploit and technologically feasible.

b. Encouraging international organizations to support renewable energy initiatives through grants and consultations.

c. Opening specialized markets for renewable energy products, promoting their marketability and cost reduction, enabling them to compete with conventional energy.

d. Rapid technology transfer and cost reduction in renewable energy technologies, making them accessible to all countries and favoring renewable energy from a cost perspective.

4.3 The contribution of solar energy to achieving energy security in Algeria:

The contribution of solar energy to achieving energy security in Algeria is substantial and multifaceted. As of 2024, Algeria has installed approximately 700 MW of solar photovoltaic capacity, reflecting its commitment to enhancing energy security through renewable energy development (Ministry of Energy, 2024). The country has set an ambitious target to expand its solar energy capacity to 4,000 MW by 2030. This goal is crucial for diversifying Algeria’s energy mix and reducing its dependence on fossil fuels, thereby significantly contributing to energy security. (mem-algeria, 2016) Solar energy is expected to account for approximately 15% of Algeria’s total electricity generation by 2030, helping the nation achieve its target of sourcing 27% of its electricity from renewable sources. (mem-algeria, 2016) Increasing solar capacity will also reduce Algeria’s reliance on imported energy, enhancing energy security by mitigating exposure to global energy market fluctuations. (IRENA, 2022) Additionally, the development of solar energy projects is anticipated to create thousands of jobs in areas such as solar panel manufacturing, installation, and maintenance, which will support economic stability and further bolster energy security.

4.4 The Importance of Renewable Energy in Achieving Sustainable Development in Algeria:

Algeria's significant renewable energy potential, if optimally utilized, can greatly contribute to sustainable development. The expansion of renewable energy resources is essential for providing

power to underserved rural and remote areas, where basic energy services are lacking. For instance, the country has completed 1,000 electrical lines, benefiting 2,600 neighborhoods and powering 117,000 homes, achieving a 95% electrification rate and ensuring improved living conditions. Additionally, financial support for farmers, ranging from 2,500 to 3,500 DZD per hectare per year, combined with the promotion of economic activities, has created 3,200 jobs. By diversifying energy sources, Algeria is addressing internal demands and enhancing living standards, thus fostering sustainable development. The development of renewable energy also bolsters Algeria's reserve capacities, attracts foreign investment, and incorporates advanced technologies. Furthermore, Algeria is actively working to mitigate environmental impacts, particularly those related to pollutant emissions, through measures such as Law No. 04-09. This law, enacted on August 14, 2004, establishes a national program to promote renewable energy, encourages its development, and creates a national observatory for the advancement of renewable technologies.

Conclusion

The integration of solar energy into Algeria's energy strategy is a pivotal step towards achieving long-term energy security. Given the country's substantial solar resources and the current reliance on fossil fuels, solar energy presents a viable solution to diversify the energy mix and enhance overall energy resilience.

Algeria's significant solar potential, characterized by high levels of solar irradiance, positions the country to make substantial advancements in renewable energy. With ambitious targets to expand solar capacity to 4,000 megawatts (MW) by 2030, solar energy is set to play a crucial role in reducing the country's dependence on fossil fuels. This shift not only mitigates risks associated with global oil and gas market fluctuations but also strengthens national energy security by decreasing vulnerability to external energy supply disruptions.

The development of solar energy projects offers multiple benefits beyond enhancing energy security. It supports economic growth by creating jobs in manufacturing, installation, and maintenance, and fosters local industry development. Additionally, increasing the share of renewable energy in Algeria's energy mix contributes to environmental sustainability by reducing greenhouse gas emissions and supporting global climate goals.

References

abou, S. b. (2015). Les enjeux de la transition énergétique en Algérie, . Colloque sur les politiques d'utilisation des ressources énergétiques : entre les exigences du développement national et la sécurité des besoins internationaux univ sétif 1 ; 7 – 8 avril.

Boyle. G. (2004). Renewable Energy. Oxford University Press.2nd ed.

IEA. (2021). Renewable Energy. International Energy Agency https://www.iea.org/topics/renewable-energy.

IEA. (2020). World Energy Outlook . International Energy Agency https://iea.blob.core.windows.net/assets/a72d8abf-de08-4385-8711-b8a062d6124a/WEO2020.pdf.

IRENA. (2022). Renewable Energy and Energy transition. International Renewable Energy Agency https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2022.

IRENA. (2023). Renewable Capacity Statistics . International Renewable Energy Agency https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2023.pdf .

Jacobson. M. Z, & Delucch. M. A. (2011). Providing all global energy with wind, water, and solar power. Energy Policy, V 39 ,S3, 1154-1169.

Kalogirou. S. A. (2009). Solar Energy Engineering: Processes and Systems. Academic Press.1st ed.

Kalogirou. S. A. (2014). Solar Energy Engineering: Processes and Systems. Academic Press.2nd ed.

mem-algeria. (2016). programme des énergies renouvelables et de l'éfficacité énergétique. www.mem-algeria.org.

Ministre de l'énergie . (2007). Guide des Energies Renouvelables. Ministre de l'énergie et des mines algérie, Edition.

Ministry of Energy. (2024). Ministry of Energy Transition and Renewable Energies of Algeria. Annual Report on Renewable Energy Developments.

Ottmar Edenhofer et al... (2012). Renewable Energy and Climate Change Mitigation. Printed in the United States of America https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SRREN_Full_Report-1.pdf.

teo. (2014). Stratégie Régionale De Transition Energétique. paye de la loire https://teo-paysdelaloire.fr/ressource/strategie-regionale-de-transition-energetique-srte/.

Twidell. J, & Weir. T. (2015). Renewable Energy Resources. Routledge 3rd ed.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة-

كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير

قسم العلوم الاقتصادية

الملتقى الوطني الأول (الحضوري و الإفتراضي)

التحولات الطاقوية: ديناميكية جديدة تحدد مسارات الإقتصاديات الوطنية و العالمية

5 نوفمبر 2025

إسم ولقب الباحث: لزرق آمال

الدرجة العلمية: دكتوراه

التخصص: قانون طبي

المؤسسة الأصلية: جامعة وهران 2 محمد بن أحمد

رقم الهاتف: 05/52/02/81/85

البريد الإلكتروني: lazregamel6@gmail.com

محور وعنوان المداخلة: المحور الثالث: الإطار التنظيمي و التشريعي لتعزيز مسار التحول الطاقوي

عنوان المداخلة: المنظومة التشريعية للطاقات المتجددة في الجزائر وأبعادها في تحقيق الاقتصاد الأخضر

المنظومة التشريعية للطاقات المتجددة في الجزائر وأبعادها في تحقيق الاقتصاد الأخضر

The legislative system for renewable energy in Algeria and its dimensions in achieving a green economy

الملخص:

تعتبر الطاقة المتجددة من القطاعات الاستراتيجية للاقتصاد الأخضر وهي طاقة صديقة للبيئة وذات رصيد متجدد مما جعلها محط اهتمام كبير، ويمثل الاستثمار في الطاقات المتجددة من أهم الإستثمارات البيئية التي توجهت إليها العديد من دول العالم لما لها من أهمية في تعزيز الأمن الطاقوي والمحافظة على البيئة.

والجزائر كغيرها من الدول التي تسعى إلى تطوير قدراتها وفرصها في السوق الطاقوي، وذلك عن طريق استغلال مواردها بهدف تحقيق التنويع الطاقوي.

الكلمات المفتاحية: الطاقة المتجددة، برنامج الطاقة المتجددة، التنمية المستدامة، الإطار التشريعي، السياسة الطاقوية في الجزائر.

The legislative system for renewable energy in Algeria and its dimensions in achieving a green economy

Summary:

Renewable energy is considered one of the strategic sectors of the green economy. It is an environmentally friendly energy with a renewable balance, which made it the focus of great attention. Investment in renewable energies is one of the most important environmental investments that many countries in the world have directed to because of its importance in enhancing energy security and preserving the environment.

Algeria, like other countries, seeks to develop its capabilities and opportunities in the energy market, by exploiting its resources in order to achieve energy diversification.

Key words: renewable energy, renewable energy program, sustainable development, legislative framework, energy policy in Algeria**.**

المقدمة:

تعتبر الطاقة المتجددة من القطاعات الاستراتيجية للاقتصاد الأخضر وهي طاقة صديقة للبيئة وذات رصيد متجدد مما جعلها محط اهتمام كبير، فهي من المحركات الأساسية لاقتصاديات الدول والحركية الاقتصادية العالمية ، وذلك باحتلالها مكانة هامة في سياسات واستراتيجيات كل الدول المنتجة منها والمستوردة، حيث لا يمكن لأي إقتصاد في الوقت الراهن أن ينمو ويزدهر بدون طاقة تحركه وتنميه، لهذا عمل الباحثون والمحللون منذ عقود من الزمن على دراسة الطاقة وكل ما يتعلق بها من آليات كفيلة بتطويرها واكتسابها ،وهو ما جعل الدول تدخل في صراعات ونزاعات محتمة السبب الرئيسي لها هو الطاقة، واحتلت الطاقة الأحفورية مكانة هامة عبر فترة زمنية طويلة مكنها من الهيمنة على كافة الإهتمامات، لكن هذه المكانة بدأت تتراجع بفعل التغيرات المناخية

والطبيعية ، لتحتل محلها أنواع جديدة من الطاقة تعرف بالطاقة البديلة أو الطاقة الجديدة وهي أنواع من الطاقة تتصف بالإستدامة.

تمثل الطاقة بمختلف أنواعها المحرك الأساسي لعملية التنمية الاقتصادية والإجتماعية، وهي من أهم أسباب النمو في مختلف المجالات، في كل دول العالم النامية والمتقدمة، فالإهتمام المتزايد بالطاقات المتجددة له دوافع محفزة على ذلك، لما تمتاز به من خصوصيات خاصة المتعلقة بالبيئة كونها طاقة نظيفة (طاقة خضراء)، بغض النظر عن كلفة الإستثمار فيها، وباقي التحديات الأخرى التي تواجهها.

في هذا السياق يجب على الجزائر أن تواكب التحول الطاقوي وتندمج فيه بقدر الإمكان لاسيما فيما يتعلق باكتساب التكنولوجيا الحديثة بهذا النوع من الطاقة، و التخلي عن المقاربة الريعية في إدارة الموارد الطاقوية للبلاد ، فالتحول نحو الطاقات المتجددة و الإستثمار فيها يجب أن يكون إحدى الخيارات الإستراتيجية لبناء القوة على المدى البعيد ،ويظهر مؤخرا أن السلطات الأمة تهتم بالطاقات المتجددة كمصدر للطاقة النظيفة و الآمنة من خلال إعتماد استراتيجية وطنية لتأطير هذا القطاع وتنميته خاصة وأن الطاقات المتجددة ستمكن الجزائر كبلد منتج ومصدر من زيادة إيراداتها المالية من أسواق الطاقة في المستقبل.

لذا يجب أن يندرج التحول من مصادر الطاقة التقليدية إلى الطاقة المتجددة في إطار إستراتيجية تنموية شاملة يكون فيها تحقيق الأمن بمختلف أبعاده ولاسيما البعد الطاقوي، ويكون هدفها كذلك المحافظة على مكانة الجزائر الاستراتيجية على المستوى الدولي في مجال إنتاج الطاقة وتصديرها، إلا أن الإستثمار في الطاقات المتجددة يتطلب الخوض في سياسة تحول عميق تواجه العديد من التحديات والرهانات هذا ما يدفعنا لطرح الإشكالية التالية:

ما مدى فعالية الاستراتيجية الوطنية في توجيه وترقية الإستثمار في قطاع الطاقات المتجددة كمطلب لتحقيق تنمية الاقتصاد الأخضر ؟

لمعالجة هذه الإشكالية تم التركيز على المنهج الوصفي من أجل الإحاطة بمختلف الجوانب الأساسية للموضوع، وكذا بالتطرق إلى الطاقة المتجددة في إطار إستراتيجية تنموية شاملة، كما تم الإعتماد على المنهج التحليلي وذلك لتحليل بعض المفاهيم الأساسية التي تطرقت إليها جوانب الدراسة.

وفي سبيل ذلك تم تقسيم هذه الدراسة إلى مبحثين:

المبحث الأول تخصص في إبراز السياسة الوطنية لتطوير الطاقات المتجددة،

أما المبحث الثاني إلى تخصص في دراسة الآفاق والتحديات في مجال الطاقات المتجددة.

المبحث الأول: السياسة الوطنية لتطوير الطاقات المتجددة:

تشهد الطاقة المتجددة اهتماما متزايدا في أنحاء العالم، نظرا لعوامل متعددة، منها ما هو متعلق بالبيئة للحصول على الطاقة الكافية لتلبية الإحتياجات، ومنها ما هو إقتصادي من خلال إيجاد البديل عن الطاقات التقليدية.

المطلب الأول: الطاقات المتجددة كمصدر من مصادر الطاقة في الجزائر:

تمثل الطاقة إحدى المسائل المطروحة على المستويين الدولي والوطني لما لها من أهمية بالغة، ويمكن تصنيفها وفقا لطبيعة مصدرها إلى قسمين أساسيين: طاقة ناضبة(تقليدية)، وطاقة متجددة.

أولا: مفهوم الطاقة:

تعرف الطاقة في الفيزياء أنها قدرة أي نظام مادي على إنتاج العمل والتي ينجر عنها حركة أو إنتاج ظاهرة مادية كالضوء، الحرارة أو الكهرباء كما يمكن بصفة عامة المحافظة على هذه الطاقة وتحويلها [1].

وتعرف أيضا على أنها " القدرة على توفير العمل، لإعطاء حركة او رفع درجة الحرارة" [2].

تعرف الطاقة أيضا بأنها:" قابلية إنجاز تأثير ملموس، وهي توجد على عدة أنواع منها طاقة الريح، وطاقة جريان الماء ومساقطها، ويمكن أن تكون الطاقة مخزنة في المادة كالوقود التقليدي (النفط، الفحم، الغاز) [3].

بالإضافة إلى هذا المفهوم فإن مصطلح الطاقة يستخدم في الميدان الاقتصادي، البيئي، التكنلوجي، فالطاقة لا تفنى ولا تستحدث وعندما يبدو أنها استنفذت، فإنها في حقيقة الأمر تكون قد تحولت إلى صورة أخرى [4].

بهذا يمكن اعتبار الطاقة كالوريد الذي يغذي أي اقتصاد، فعدم وجود إمدادات طاقوية مضمونة بإمكان الإعتماد عليها يصبح من المستحيل ضمان عمل القطاعات الصناعية والتجارية [5].

أولا: الطاقة التقليدية:

تعتبر الطاقة التقليدية من أهم الموارد الأولية الإستراتيجية، التي تحتاجها الإقتصاديات العالمية، كونها من أهم مصادر الطاقة، وهي الموارد التي يكون مخزونها محدود وتتعرض للنفاذ والنضوب، لأن معدل استهلاكها يفوق معدل تعويضها، أو أن تعويضها لا يدركه الإنسان في عمر قصير وتشمل النفط، الغاز الطبيعي والفحم [6]. وتعرف الطاقة التقليدية على أنها تلك الطاقة المتأتية من:" الموارد التي يعد المخزون منها في الأرض ثابتا في إطار الزمن التخطيطي الواقعي [7]، وهو ما يؤثر على إمكانية الأجيال القادمة من الحصول عليها واستغلالها.

وتضم الطاقات التقليدية ثلاث مصادر رئيسية وهي الفحم والغاز الطبيعي والبترول، وتسهم هذه المصادر بنسبة كبيرة في الإستهلاك العالمي للطاقة، والتي يتم إنتاجها من تحجر الكائنات الحية ومن الصخور، هذه المواد موجودة بكميات محدودة وليست متجددة، احتراقها يسبب انبعاث للغازات المسببة للإحتباس الحراري[8] .

ثانيا: الطاقة المتجددة:

---

[1] Jean Paul Delage et autre, Les Servitudes de la puissance : une industrie de l'énergie, Flammarion, 1992, p29.

[2] Juliette Talpin, économies d'énergie sur l'exploitation agricole, Edition France agricole, Paris, 2010, P 15.

[3] هاني عبد القادر عمارة، الطاقة عصير القوة، دار عياد للنشر والتوزيع، الأردن ،2012، ص، ص 34-33.

[4] ياسين عيسى محمد، مصادر الطاقة، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع، عمان، 2006، ص9.

[5] Brayan Contledge, « Energy and environment » Oxford, University press,1993, p93.

[6] حسن أحمد شحاته، التلوث البيئي ومخاطر الطاقة، مكتبة الدار العربية للكتب، القاهرة، مصر، 2003، ص38.

[7] حمد بن محمد آل الشيخ، اقتصاديات الموارد الطبيعية والبيئية، دار كنعان للنشر، الرياض، السعودية،2007، ص 27.

[8] Michel Paillard et Autre, Energie Renouvelable, Marines Étude Prospective à L'horizonne 2030, Edition Quae, France, 2009, P 145

تعتبر الطاقة المتجددة طاقة غير نابضة، وهي تشمل الطاقة المستمدة من الطبيعة كالطاقة الشمسية والرياح والطاقة المائية، وتعرف بأنها تلك الموارد التي يحصل عليها من خلال تيارات الطاقة التي يتكرر وجودها في الطبيعة على نحو تلقائي ودوري [1].

تعرف الطاقة المتجددة على أنها عبارة عن مصادر طبيعية متجددة، غير ناضبة، نظيفة لا ينتج عن استخدامها أي تلوث، أو قدر قليل منه، فنجد أن الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، والماء والحرارة لا تطرح أي ملوثات، أما احتراق الكتلة الحيوية (la Biomasse) فإنها تطرح بعض الغازات الملوثة، لكنها أقل كمية من تلك الناتجة عن احتراق الوقود الأحفوري [2].

في تعريف أخر هي مصطلح يستخدم لوصف إمدادات الطاقة التي لا تنتهي، الشمس والرياح والماء وهي أمثلة على الطاقة المتجددة حيث أن استخدامها لإنتاج الطاقة لا يقل من مخزونها، الوقود الأحفوري هو مثال آخر من الطاقة المتجددة وهو عادة ما ينتج من مواد عضوية [3].

كما تشمل الطاقة المتجددة الكهرباء المائية المتولدة من السدود المامة على الأنهار والطاقة الجيوحرارية والوقود الحيوي والطاقة الشمسية والرياح وطاقة المد والجزر، فهي تختلف عن سابقاتها في أنها مصادر طاقة لا تنفذ مع استخدامها، ولكنها تتجدد تلقائيا [4]، كما تمر الطاقة بعدة أشكال ومراحل حتى تستطيع الإستفادة منها واستخدامها، فالطاقة تتحول ولا تتولد [5].

المطلب الثاني: النصوص القانونية والتشريعات السياسات الطاقوية في الجزائر، البيانات المشرفة على الانتقال الطاقوي:

توجهت الحكومة الجزائرية إلى تأطير السياسة الطاقوية في الجزائر بترسانة من القوانين والتشريعات الخاصة في هذا المجال والتي تعني بضمان تحقيق أمن الطاقة، سعيا منها للنهوض بالطاقات المتجددة والرفع من مساهمتها في الإستهلاك الوطني، لذا فتطوير الطاقات المتجددة في الجزائر مؤطر بمجموعة من النصوص القانونية [6].

أولا: القانون رقم 09-99 المتعلق بالتحكم في الطاقة[7]:

---

[1] راتول أحمد، صناعات الطاقات بألمانيا وتوجه الجزائر لمشاريع الطاقات المتجددة كمرحلة لتأمين الطاقات الأحفورية وحماية البيئة " حالة مشروع ديزرتاك "، مداخلة ضمن أعمال الملتقى الدولي حول سلوك المؤسسات الاقتصادية في ظل رهانات التنمية المستدامة والعدالة الاجتماعية، ورقلة ،2012، ص140.

[2] Chems Eddine hitour, pour une Stratégie Energetique de L'Algérie aL'horizon 2030, office des publication universitaire, Alger, 2003, p41.

[3] David Pimentel, Biofuels, Soler and Wind as Renevable Energy Systems- Benefits and Risks, Cornel University Collego of Agriculture ans Life Sciences 5126 Comstoch hall Ithaca, USA, 2008, P156

[4] أمينة مخلفي، أثر تطوير أنظمة استغلال النفط على الصادرات" دراسة حالة الجزائر بالرجوع إلى بعض التجارب العالمية"، رسالة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر، 2013، ص25.

[5] حاتم الرافعي، البترول " دورة الإنتاج وتداعيات الإنحدار"، دار النهضة للطباعة والنشر، مصر، 2009، ص ص 14-15.

[6] برنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية، وزارة الطاقة والمناجم، الجزائر 2011، ص28.

[7] القانون 09-99 المؤرخ في15 ربيع الثاني 1420هـ، الموافق ل 28 جويلية 1999، المتعلق بالتحكم في الطاقة، الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية، العدد51، الصادرة في 20 ربيع الأول 1420، الموافق ل 02 أوت 1999.

يتعلق هذا القانون بمختلف التدابير والإجراءات المتخذة من أجل ترشيد إستهلاك الطاقة وكذا تطوير الطاقات المتجددة والتقليل من أثر النظام الطاقوي على البيئة من خلال تخفيض إصدارات الغازات.

جاء الهدف من هذا القانون إلى التعريف بالسياسة الوطنية للتحكم في الطاقة، وتحديد شروط ووسائل تطورها، ووضعها حيز التنفيذ [1]، لهذا الغرض تم اعتبار ترقية الطاقات المتجددة إحدى أدوات التحكم في الطاقة، لهذا الغرض تم اعتبار ترقية الطاقات المتجددة إحدى أدوات التحكم في الطاقة وتتمثل إجراءات عملية التحكم في الطاقة التي تتضمنها أحكام هذا القانون فيما يلي:

- إدخال معايير الفعالية الطاقوية في المباني الجديدة ومراقبة الأجهزة المستعملة للطاقة.
- –التدقيق الطاقوي الإلزامي والدوري للمؤسسات الأكثر استهلاكا للطاقة.
- تحسين المستعملين وتربيتهم على اقتصاد الطاقة (من خلال بث برنامج الإعلام، تعمل على تعميم وترقية ثقافة اقتصاد الطاقة، ووضع برامج تعليم اقتصاد الطاقة ضمن برامج التربية الوطنية والتكوين التقني).
- البرنامج الوطني للتحكم في الطاقة (هو برنامج يشمل مجموعة من المشاريع والإجراءات والتدابير الواجب وضعها في العديد من المجالات).
- تنظيم وتنسيق عملية تطبيق برنامج التحكم في الطاقة بالإعتماد على هيئة وطنية مختصة في هذا المجال والمتمثلة في الوكالة الوطنية لترقية وترشيد استخدام الطاقة.
- تأسيس الصندوق الوطني للتحكم في الطاقة باعتباره آلية لتمويل برامج التحكم في الطاقة (منح قروض بدون فوائد أو ذات فوائد منخفضة).
- وضع إجراءات تحفيزية وتشجيعية (من خلال منح الإمتيازات المالية الجبائية والجمركية للنشاطات والمشاريع التي تساهم في تطوير الفعالية الطاقوية وترقية الطاقات المتجددة).
- تطوير بنك للمعطيات الإحصائية الخاصة بالطاقة: وذلك لتحسين ومعرفة نظام الإستهلاك الطاقوي الوطني.
- كما يستند نمط الإستهلاك الوطني باعتباره إطارا مرجعيا لتوجيه وتسيير الطلب على الطاقة، على الخيارات الطاقوية الأتية:
- الإستعمال الأولوي والأقصى للغاز الطبيعي لا سيما في الاستخدامات الحرارية النهائية، تطوير إستعمال غاز البترول المميع (GPL) بالتكامل مع الغاز الطبيعي، توجيه الكهرباء نحو استخداماتها الخاصة، ترقية الطاقات المتجددة، التخفيض التدريجي لنسبة المنتوجات البترولية في ميزانية الإستهلاك الوطني للطاقة، الحفاظ على الطاقة الإستبدالات ما بين الطاقات واقتصاديات الطاقة على مستوى إنتاج الطاقة و تحويلها واستعمالها.
-

[1] الوكالة الوطنية لتطوير الإستثمار، الإطار القانوني، WWW.ANDI

ثانيا: القانون رقم 01-02 [1]:

يتعلق هذا القانون بفتح مجال للمنافسة في إنتاج وتوزيع الكهرباء، فقد وضع هذا القانون أساسا لتحرير هذا القطاع ،وذلك بنصه على من خلال منح المتعاملين حق الدخول في انتاج الكهرباء وتوصيلها إلى الشبكة الوطنية للكهرباء بدون تمييز مع الحفاظ على مهام الخدمة العمومية كنقل الكهرباء انطلاقا من الطاقة المتجددة، مع فتح المجال أمام المستثمرين الخواص بهدف التكلفة و تحسين نوعية الخدمات المقدمة للمستهلك، وقد وضع هذا القانون أساسا لتحرير هذا القطاع ووضع إجراءات من أجل ترقية إنتاج الكهرباء انطلاقا من الطاقات المتجددة وكذا إدماجها في الشبكة [2]، وفي إطار تطبيق هذا القانون تم الإعلان عن المرسوم التنفيذي رقم 04-92 المتعلق بتكاليف توزيع إنتاج الكهرباء [3]، ورد من خلاله على تقديم منح لمنتجي الكهرباء وذلك بداية من الموارد المتجددة خاصة الطاقة الشمسية الحرارية ،والتي قد تصل إلى 200% من السعر المرجعي لكل كيلو واط ساعي من الكهرباء، وذلك بشرط أن تكون المساهمة الدنيا من الطاقة الشمسية 25% من مجموع الطاقات الأولية/، كذلك نص على منح تعريفات تفاضلية على الكهرباء المنتجة انطلاقا من الطاقات المتجددة ،والتكفل من طرف مسير شبكة نقل الكهرباء على حسابه الخاص بإيصال التجهيزات الخاصة بها.

ثالثا: القانون رقم 09- 04 المتعلق بتعزيز الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة [4] :

بموجب هذا القانون تم تحديد التدابير العامة الخاصة بإنشاء المراكز والمعدات الكهربائية كالقواعد والتقنيات المطبقة على المنشآت الكهربائية، والإنارة العمومية، كما نص على إنشاء المرصد الوطني للطاقات المتجددة، وعلى صياغة برنامج وطني لترقية الطاقات المتجددة، وعلى هيئة وطنية تتولى تطوير الرصد الوطني لترقية الطاقات المتجددة تسمى:" المرصد الوطني لترقية الطاقات المتجددة"، وينص كذلك على التشجيع والدفع إلى تطويرها، كما يهدف هذا القانون على ترقية الطاقات المتجددة وذلك بمايلي:

- حماية البيئة من خلال تشجيع اللجوء إلى مصادر طاقة غير ملوثة.
- المساهمة في مكافحة التغيرات المناخية بالحد من انبعاث الغازات المتسببة في الإحتباس الحراري.
- المساهمة في تحقيق التنمية المستدامة بالمحافظة على مصادر الطاقة التقليدية وتثمين المصادر المتجددة.

بالإضافة إلى القوانين السابقة تمت المصادقة على عدة مراسيم تنفيذية منها:

- المرسوم التنفيذي رقم 90-20 الصادر في 24 أفريل 2000، المتضمن التنظيم الحراري في البيانات الجديدة.

---

[1] القانون رقم 01-02 المؤرخ في 22 ذي القعدة عام 1422هـ، الموافق ل 5 فبراير 2002، المتعلق بالكهرباء والتوزيع العمومي للغاز الطبيعي بواسطة قنوات، الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية، العدد 8، الصادرة بتاريخ 23 ذي القعدة 1422هـ، الموافق ل 6 فبراير 2002.

[2] شبيرة بوعلام عمار، نبيل أبو طير، الطاقات المتجددة وتحديات استغلالها في بلدان المغرب العربي، مجلة المستقبل العربي، ص98.

[3] المرسوم التنفيذي رقم 04-92 المؤرخ في 25 مارس 2004 المتعلق بتكاليف توزيع إنتاج الكهرباء.

[4] القانون رقم 09-04 المؤرخ في 14 أوت 2004، المتعلق بتعزيز الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة.

- المرسوم التنفيذي رقم 04-194 الصادر في 19 ماي 2004، الذي يحدد كيفيات إعداد البرنامج الوطني للتحكم في الطاقة.
- المرسوم التنفيذي رقم 05-16، الصادر في 11 جانفي 2005، الذي يحدد القواعد الخاصة بالفعالية الطاقوية المطبقة على الأجهزة المشتغلة بالكهرباء والغازات والمنتجات البترولية.
- المرسوم التنفيذي رقم 11-252 المؤرخ في 14 يوليو 2011، الذي يهدف إلى دعم الإستثمار في الكهرباء والتوزيع العمومي للغاز.
- المرسوم التنفيذي 11-423 المؤرخ في 8 ديسمبر 2011 المحدد لحساب الصندوق الخاص رقم 302-131 المسمى" الصندوق الوطني للطاقات المتجددة والتوليد المشترك للطاقة".
- المرسوم التنفيذي رقم 13-424 المؤرخ في 18 ديسمبر 2013 المعدل والمتمم للمرسوم التنفيذي رقم 05-495 المؤرخ في 26 ديسمبر 2005، المتعلق بالتدقيق الطاقوي للمؤسسات ذات الإستهلاك الطاقوي الكبير، قرار وزاري رقم 02 فبراير 2014، المحدد لأسعار الشراء المضمونة لإنتاج بواسطة التجهيزات المستعملة لفرع الفولت ضوئية وشروط تطبيقها.
- القرار الوزاري المؤرخ في 02 فبراير 2014 المحدد لأسعار الشراء المضمونة لإنتاج الكهرباء بواسطة تجهيزات تستعمل عن طريق المنشآت التي تستعمل الرياح.
- مرسوم تنفيذي رقم 15 -69 المؤرخ في 11 فيفري 2015، المحدد لكيفيات إثبات شهادة أصل الطاقة المتجددة واستعمال هذه الشهادات.
- المرسوم التنفيذي رقم 16-121 المؤرخ في 6 أفريل 2016 الذي يهدف للتحكم في الطاقة والطاقة المتجددة.
- المرسوم الرئاسي رقم 18-172 المؤرخ في 2 جويلية 2018 الذي يتضمن التصديق على اتفاق التعاون بين الجزائر ومالي في مجال الغاز والبترول الموقع بباماكو [1].

المبحث الثاني: الآفاق والتحديات في مجال الطاقات المتجددة كآلية لتعزيز التنوع الاقتصاد الأخضر

الطاقة المتجددة هي تلك المصادر غير الناضبة والمتوفرة في الطبيعة سواء كانت محدودة أو غير محدودة إلا أنها متجددة، وهي نظيفة لا تنتج عن استخدامها تلوث بيئي [2]،فإتفاقية باريس بشأن التغير المناخي التي بدأ تنفيذها في شهر نوفمبر 2016، هو جوهر اتفاق حول الطاقة، لذا فتراجع الإستثمارات الجديدة في الطاقة النظيفة في جميع أنحاء العالم إلى 287.5 مليار دولار في سنة 2016، بانخفاض نسبة 18% عن المستوى القياسي المحقق سنة 2015 البالغ 348.5 مليار دولار (وفق لدراسة عن مؤسسة بلومبرج لتمويل الطاقة الجديدة "BNEF [3].

المطلب الأول: الإتجاهات العالمية الطاقوية

---

[1] بلاطش حسيبة، السياسة الطاقوية في الجزائر وانعكاسها على التنمية المستدامة، المجلة الجزائرية للأمن والتنمية، العدد الأول، الجزائر 2011، ص16.

[2] CDER, Plan d actio stratégique de l epst CDER à l'horizon 2020. https://www.cder.dz/ Consult le 20/01/2023

[3] Bloomberg New Energy Finance

تلعب التوقعات الاقتصادية دورا بالغ الأهمية ويتجلى ذلك في تحديد آفاق استهلاك الطاقة، وفي هذا الصدد يقدم بعض الباحثين فرضيات حول اتجاه السببية بين استهلاك الطاقة والناتج المحلي الإجمالي، الفرضية الأولى هي فرضية الحياد والتي تؤكد أنه لا توجد سببية بين هذين المتغيرين، أما الثانية وهي فرضية الحفاظ على الطاقة، والتي تشير إلى وجود دليل على وجود علاقة سببية أحادية الإتجاه من نمو الناتج المحلي الإجمالي إلى استهلاك الطاقة، أما الثالثة فهي فرضية النمو، ويدفع استهلاك الطاقة نمو الناتج المحلي الإجمالي ، وأخيرا الفرضية الرابعة وهي فرضية feedback ، والتي تشير إلى وجود العلاقة السببية الثنائية الإتجاه بين استهلاك الطاقة ونمو الناتج المحلي الإجمالي [1].

أولا: الوكالة الدولية للطاقة (international Energy Agency IEA) **[2]والسيناريوهات المنتهجة**

تعتبر الوكالة الدولية للطاقة هيئة مستقلة بذاتها، تأسست في سنة 1974 [3]، وتطبق برامج شاملة للتعاون في مجال الطاقة بين الدول المتقدمة، بهذا تتشكل الطاقة المتجددة من مصادر الطاقة الناتجة عن مسارات الطبيعة التلقائية كأشعة الشمس والرياح، والتي تتجدد في الطبيعة بوتيرة أعلى من وتيرة استهلاكها [4]، وإلزام الدول الأعضاء في الوكالة بخفض استردادها المتوقع للنفط سنة 1975 بمليوني برميل يوميا خلال سياسة المحافظة، وزيادة إنتاج النفط والتحول إلى مصادر الطاقة [5].

ومن أهم آليات هذه المنظمة هي الاعتماد على المخزونات الإستراتيجية سواء من الإحتياط أو من المخزونات التي تشرف عليها الدول الأعضاء حوالي 1.5 مليار برميل كاحتياطي يتواجد نصفه في الولايات المتحدة الأمريكية التي تحتفظ بحوالي700 مليون برميل داخل 60 كهفا [6]، ثم تطورت مهام هذه المنظمة من التنسيق بين الدول المستهلكة إلى التنسيق بين الدول المنتجة والدول المستهلكة، أي بين المنظمة الدول الطاقة وبين منظمة الأوبك فيما يسمى بحوار المستهلك المنتج.

---

[1] JACOBO CAMPO and VIVIANA SARMIENTO, «THE RELATIONSHIP BETWEEN ENERGY CONSUMPTION AND GDP: EVIDENCE FROM A PANEL OF 10 LATIN AMERICAN COUNTRIES », Lat. Am. J. Econ. Vol .50 no

[2] international Energy Agency, Tracking Clean Energy Progress: Energy Technology Perspectives 2012 excerpt as IEA input to the Clean Energy Ministerial, Paris, France, 2012, P 4.

[3] وكالة الطاقة الدولية: هي منظمة دولية تعمل في مجال البحث وتطوير، وتسويق تقنية الطاقة واستخداماتها بواسطته، تشكلت المنظمة عام 1973 من 16 دولة صناعية بغرض التصرف الجماعي لمواجهة أزمة النفط في 15 نوفمبر 1974، أعلنت الإدارة الدولية للطاقة كمنظمة مستقلة عن منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD.

[4] International Energy Agency Website, < http://www.iea.org >. Consule le 30/06/2025

[5] علي خليفة الكواري، إستراتيجية وكالة الطاقة الدولية، قراءات أولية في أسباب الأوضاع النفطية الراهنة وعوامل استمرارها، مجلة المستقبل العربي، العدد 127، بيروت لبنان، 1989، ص 9.

[6] كريس بارانيوك، لماذا تخفي أمريكا 700 مليون برميل من النفط تحت الأرض؟ على الموقع التالي: https://www.bbc.com/arabic

ثانيا: الآفاق الدولية للطاقة الصادرة عن إدارة المعلومات الطاقة التابعة لوزارة الطاقة الأمريكية[1]:

حسب تقرير إدارة معلومات الطاقة التابعة لوزارة الطاقة الأمريكية لسنة 2016، ستحدث زيادة عالمية كبيرة في الطلب على الطاقة لدى الدول النامية غير الأعضاء في منظمة التعاون والتنمية الإقتصادية، حيث يؤدي النمو الاقتصادي القوي والتوزيع السكاني إلى زيادة استخدام الطاقة في العالم.

ويزداد الطلب على الطاقة في الدول خارج منظمة OECD بنسبة 71% في الفترة الممتدة من 2012 إلى 2040، وعلى العكس من ذلك في الإقتصاديات الأكثر نضجا في إستهلاك الطاقة والأبطأ نموا منظمة OECD، ويرتفع إجمالي إستخدام الطاقة بنسبة 18% فقط من 2012، إلى 2040 [2].

المطلب الثاني: إستراتيجية الجزائر في مجال الطاقات المتجددة في ظل تنوع الاقتصاد الأخضر

تتواجد الطاقات المتجددة في صميم السياسات الطاقوية والاقتصاد، بفضل الإدماج بين المبادرات والمهارات، تعتزم الجزائر الدخول في عصر الطاقة المستدامة من خلال تمهيدها لديناميكية الطاقة الخضراء، وذلك بإطلاق برنامج طموح لتطوير الطاقات المتجددة، كما تستند رؤية الحكومة الجزائرية على إستراتيجية تتمحور حول تثمين الموارد التي لا تنضب مثل الموارد الشمسية واستعمالاتها لتنويع مصادر الطاقة وهذا لإعداد جزائر الغد.

أولا: برنامج الطاقة المتجددة (2016-2030):

يشمل البرنامج من 2015 إلى غاية 2020 على إنجاز 06 محطة شمسية كهروضوئية وشمسية وحرارية وحقول لطاقة الرياح ومحطات مختلطة، ويكون إنجاز مشاريع الطاقات المتجددة لإنتاج الطاقة الكهربائية المتخصصة للسوق الوطنية[3]، وتتجسد إستراتيجية الجزائر التي تهدف إلى تطوير جدي لصناعة حقيقية للطاقة الشمسية مرفقة ببرنامج تكويني و تجميع للمعارف التي تسمح باستغلال المهارات المحلية الجزائرية و ترسيخ النجاعة الفعلية لاسيما في مجال الهندسة و إدارة المشاريع ، ويسمح كذلك برنامج الطاقة المتجددة في سد احتياجات الطاقة الكهربائية بالسوق الوطني، وإلى خلق العديد من مناصب الشغل المباشرة وغير المباشرة.

كما يتمحور هذا البرنامج على تأسيس قدرة ذات أصول متجددة تقدر بحوالي 22000 ميغاواط خلال الفترة الممتدة ما بين 2011 و 2030 ،منها 12000 ميغاواط موجه لتغطية الطلب الوطني على الكهرباء و10000 ميغاواط للتصدير، و سيكون حوالي 40%من إنتاج الكهرباء موجة للإستهلاك الوطني من أصول متجددة ،

---

1 إدارة معلومات الطاقة الأمريكية (بالإنجليزية:Energy Information Administration) هي وكالة رئيسية تابعة للنظام الإحصائي الاتحادي للولايات المتحدة وهي المسؤولة عن جمع وتحليل ونشر المعلومات عن الطاقة لتعزيز السياسات السليمة، وكفاءة الأسواق، والفهم العام للطاقة وتفاعلها مع الاقتصاد والبيئة . تشمل برامج تقييم الأثر البيئي بيانات عن الفحم والبترول والغاز الطبيعي والكهرباء، والطاقة القابلة للتجديد والطاقة النووية. تقييم الأثر البيئي هو جزء من وزارة الطاقة الأمريكية.
https://ar.wikipedia.org/wiki

2 Paul Holtberg, Jim Diefenderfer et autres, « International Energy Outlook 2016, With Projections to 2040», U.S. Energy Information Administration Office of Energy Analysis U.S. Department of Energy, May 2016, P8.

3 بوعشبة أسمهان، جدوى استغلال الطاقة الشمسية كطاقة متجددة وإمكانية استخدامها في التبادلات التجارية الخارجية (دراسة حالة الجزائر)، رسالة دكتوراه، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة محمد خيضر بسكرة، الجزائر،2019، ص 67.

وتشكل الطاقة الشمسية المحور الأساسي برنامج الطاقات المتجددة ،إذ يتوقع أن تساهم ب 37% من مجمل الإنتاج الوطني للكهرباء بين 2011-2030، وطاقة الرياح تشكل المحور الثاني للتطور والتي تقارب حصتها 3% من مجمل الإنتاج الوطني للكهرباء في سنة 2030 [1].

فبالرغم من القدرات الضعيفة، فإن برنامج الطاقة المتجددة ما بين فترة 2021و 2030، سوف تتم تنمية الربط الكهربائي بين الشمال والصحراء وخاصة منطقة أدرار، بحيث في هاته الفترة يتم تركيب محطات كبرى للطاقات المتجددة في مناطق عين صالح، أدرار، تيميمون، بشار، من ثم دمجها في منظومة الطاقة الوطنية، كما أن هذا البرنامج لا يستثني طاقة الرياح التي تشكل المحور الثاني للتطور والتي يجب أن تقارب حصتها 3% من مجمل الإنتاج الوطني للطاقة الكهربائية في سنة 2030.

ثانيا: آفاق والمشاريع المستقبلية للطاقة المتجددة في الجزائر:

لقد تم برمجة مجموعة من المشاريع المستقبلية للطاقات المتجددة، حيث بادرت الجزائر بإقامة الشراكة مع بعض الدول من أجل تعزيز التعاون في المجال الطاقوي، نذكر من بينها:

1- مشاريع إنتاج الطاقة الشمسية الهجينة:

إن استخدام الشمس كمصدر للطاقة هو من بين المصادر البديلة للنفط التي تعقد عليها الآمال المستقبلية لكونها طاقة نظيفة لا تنضب، كما أن جميع مصادر الطاقة الموجودة على الأرض قد نشأت أولا من الطاقة الشمسية، وهذه الطاقة يمكن تحويلها بطرق مباشرة أو غير مباشرة إلى حرارة وبرودة الكهرباء وقوة محركة [2]. فإنتاج الطاقة الشمسية الهجينة لا يستدعي بالضرورة إنشاء محطات جديدة، إذ يمكن إضافة تقنيات الطاقة الشمسية مباشرة لمحطة إنتاج الكهرباء من المصادر التقليدية القائمة، وبالتالي يمكن تخفيض تكاليف كل من التشغيل والصيانة وحتى تكاليف رأس المال ، وفي هذا الإطار تسعى الجزائر إلى انجاز ثلاث محطات لإنتاج الطاقة الشمسية الهجينة من خلال إتباع إستراتيجية الشراكة الأجنبية الإسبانية Abengoa [3]، والتي تأسست عام 1941 في مدينة إشبيلية الإسبانية ، وهي إحدى الشركات العالمية التي تسعى لتطبيق التكنولوجيات المبتكرة في قطاع الطاقة لتحقيق التنمية المستدامة ، فهي تنشط أساسا في مجال توليد الكهرباء من مصادر الطاقات المتجددة [4].

---

[1] كافي فريدة، الاستثمار في الطاقة المتجددة كمدخل لدفع عجلة التنمية المستدامة في الجزائر، نشرة الطاقات المتجددة، مركز تنمية الطاقات
المتجددة، العدد رقم2، ص 24.

[2] مايكل إكهارت، الطاقة المتجددة، التطلع نحو طاقة لا تنضب، اطلع عليه يوم 2025/08/06 على الموقع التالي
www.usinfo.state.gov/ar/home/p

[3] حمزة جعفر، آليات تمويل وتنمية مشاريع الطاقة المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر، رسالة دكتوراه، كلية العلوم الاقتصادية التجارية، وعلوم التسيير، جامعة فرحات عباس، سطيف1، الجزائر،20018، ص193.

[4] Abengoa, Innovative technology solutions for sustainability [en ligne], Annual Report 2012, Disponible sur

2 –المشروع الجزائر الياباني صحراء صولار بريدر Sahara Solar Breeder : حيث يتم استخراج مادة السيليزيوم من الرمال واستعمالها في توليد الكهرباء الذي يمكن استعماله في المنازل وحتى المؤسسات والإدارات، وهذا يتوقف حسبه على حجم المحطات التوليدية وتكنولوجياتها العالية [1].

3–مشروع ديزرتيك Dezertec [2]: ليس محصورا في إنتاج الطاقة ، بل يساهم في توفير منصب الشغل ، إلى جانب مساهمته في تكوين وجمع الخبرات و الكفاءات وتدريب اليد العاملة المحلية التي تقبل بالعمل في الشروط الصحراوية الصعبة [3]،يستعمل هذا المشروع تقنية مختلفة في مجال الطاقات المتجددة اعتمادا على محركات علية المردودية في تحويل الحرارة إلى طاقة كهربائية، وهو ما يخلق تبعية تكنولوجية واحتكارا فنيا من قبل الشركات الأوروبية للمشروع، وفي المقابل تدعم الجزائر شبكة للربط الكهربائي بين دول المغرب العربي وأوروبا [4].

4– برنامج النجاعة الطاقوية واقتصاد الطاقة :2015–2030

تأمل الجزائر، من خلال سياسة النجاعة الطاقوية، تحقيق أهداف طموحة في هذا المجال لأجل التقليل من استهلاك الطاقة وحماية البيئة والحفاظ على هذه الثروة للأجيال القادمة من منطق التنمية المستدامة، وتجلت هذه السياسة في المصادقة على برنامج طموح للنجاعة الطاقوية يغطي مجمل قطاعات النشاط، وخاصة البناء والصناعة والنقل. وبعد تنفيذه، فإن اقتصاد الطاقة المتراكمة في حدود 20230 ستتجاوز 60 مليون طن مكافئ النفط [5] . ويكمن الهدف من برنامج النجاعة الطاقوية واقتصاد الطاقة في إنتاج نفس المنافع أو نفس الخدمات، ولكن باستعمال أقل طاقة ممكنة، ويتضمن هذا البرنامج أعمالا تشجع على اللجوء إلى أشكال الطاقة الأكثر ملائمة لمختلف الاستعمالات والتي تتطلب تغيير السلوكيات وتحسين التجهيزات.

---

http://www.abengoa.com/export/sites/abengoa_corp/resources/pdf/en/gobierno_corporativo/informes_anuales/2012/2012_Volume2_AR_4.pdf (Consulté le 22 /07/ 2025)

[1] كافي فريدة، الإستثمار في الطاقات المتجددة كمدخل لدفع عجلة التنمية المستدامة في الجزائر الإشارة إلى مشروع صحراء صولار بريد، نشرية الطاقات المتجددة، العدد2، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، الجزائر،2016، ص 26.

[2] أنشأت مؤسسة ديزيرتيك في 20 يناير 2009، بهدف تسريع وتعزيز تنفيذ مشروع ديزيرتيك للطاقة النظيفة من الصحاري حول العالم، وهي منظمة غير ربحية تملك مكاتب في هامبورغ وهايدليبرغ بألمانيا.

[3] عدنان مزوق، دور برامج الطاقات المتجددة في معالجة ظاهرة البطالة، قراءة للواقع الجزائري، مذكرة ماجستير، المدرسة العليا للتجارة، الجزائر 2011، ص 120.

[4] حمزة جعفر، نفس المرجع، ص –ص 193–194.

[5] وزارة الطاقة والمناجم، برنامج تطوير الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية، وزارة الطاقة والمناجم الجزائر 2016. https://www.energy.gov.dZ/

5-**مشروع الطاقة الشمسية الكبير بالجزائر** : حيث تطلع الجزائر إلى توفير نحو 220000ميغاواط من الطاقة الخضراء في أفق 2040-2035، وسيقسم المشروع إلى أربع حصص بطاقة 1350 ميغاواط لكل واحدة بالإضافة إلى بناء مصنع أو عدة مصانع لصناعة التجهيزات ومعدات محطات الطاقة الشمسية الضوئية [1].

الخاتمة:

قد سعت الجزائر إلى تطوير قطاع الطاقة المتجددة من خلال إقامة العديد من مشاريع الطاقة الشمسية و طاقة الرياح في العديد من مناطقها ، غير أن استغلال هذه الطاقات المتجددة مزال ضعيفا نظرا لتكاليفه الباهضة ، وكذلك نقص الإطارات ذات الخبرة المؤهلة، وذلك باعتبار أن الطاقة البديلة عنصر هام في سياق التحول نحو نموذج مستدام ، حيث تفتح آفاق واعدة للإستثمار و التطور في هذا المجال وتطوير بنية هذا القطاع من خلال القوانين و الخطط والبرامج المستقبلية، عن طريق إنشاء العديد من المحطات النموذجية و تسهيل أليات الإستثمار المحلي و الأجنبي في هذا السياق، فالمجال يبقى خصب للبحث و التجارب من أجل التوصل لابتكارات تمكن من الولوج للطاقات الجديدة و المتجددة.

من خلال ما تقدم نمكن أن نقدم بعض الإقتراحات المتمثلة في:

- ضرورة تفعيل القوانين لتشجيع الطاقة المتجددة، وترشيد استعمال الطاقة الأحفورية، مع ضرورة الصيغة الإلزامية في ذلك.

-تبني أحكام واضحة ومحددة بشأن الإستثمار في مجال الطاقات المتجددة.

-تطوير سوق الطاقات المتجددة، بالنظر إلى مؤهلات الجزائر في هذا المجال مقارنة مع الدول الأخرى.

- إعطاء أهمية بالغة للتكوين الإطارات من الموارد البشرية في القطاعات الخاصة بالطاقات المتجددة، بالنظر إلى التطورات التكنلوجية المستمرة.

- لابد من وجود آلية تنفيذية لمتابعة ومراقبة كل ما يتعلق بتنفيذ هذه الأحكام المتعلقة بتشجيع الإستثمار.

-الإستفادة من الظروف المناخية والمقومات الطبيعية لإقامة وتطير الطاقة المتجددة في الجزائر من خلال التعاون مع المؤسسات الأجنبية المتطورة في هذا المجال.

- لابد من توجيه الدعم المالي من الحكومة والقطاع الخاص والجهات المانحة في مجال الطاقة المتجددة إلى الهدف المنشود، وتوفير وسائل الإقراض بفائدة منخفضة وخفض سعر المعدات لتحقيق التنافسية مع التكنولوجيات التقليدية مثل توفير القروض الميسرة...

- توفير وتوجيه الدعم المالي والفني إلى أنشطة البحث والتطوير بهدف تعزيز انتشار مشاريع الطاقة المتجددة.

- يجب فتح مجال الإستثمار أمام مختلف الفاعلين الإقتصاديين المحليين والدوليين من خلال تحفيز الإستثمار المباشر في هذا القطاع والقدرة على تمويل المشاريع الطاقوية.

---

[1] مختارية دين، دور الطاقات المتجددة في التنمية المستدامة في الجزائر، دراسة تحليلية للفترة 2005-2016، مجلة دراسة وأبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة، المجلد 07، العدد01، جامعة مستغانم، الجزائر، 2020، ص 105.

قائمة المصادر والمراجع:

الكتب:

1. حاتم الرافعي، البترول " دورة الإنتاج وتداعيات الإنحدار"، دار النهضة للطباعة والنشر، مصر، 2009.
2. حسن أحمد شحاته، التلوث البيئي ومخاطر الطاقة، مكتبة الدار العربية للكتب، القاهرة، مصر، 2003.
3. حمد بن محمد آل الشيخ، اقتصاديات الموارد الطبيعية والبيئية، دار كنعان للنشر، الرياض، السعودية،2007.
4. هاني عبد القادر عمارة، الطاقة عصير القوة، دار عياد للنشر والتوزيع، الأردن ،2012.
5. ياسين عيسى محمد، مصادر الطاقة، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع، عمان، 2006.

الرسائل والمذكرات:

1. أمينة مخلفي، أثر تطوير أنظمة استغلال النفط على الصادرات" دراسة حالة الجزائر بالرجوع إلى بعض التجارب العالمية"، رسالة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر، 2013.
2. بوعشبة أسمهان، جدوى استغلال الطاقة الشمسية كطاقة متجددة وإمكانية استخدامها في التبادلات التجارية الخارجية (دراسة حالة الجزائر)، رسالة دكتوراه، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة محمد خيضر بسكرة، الجزائر،2019.
3. حمزة جعفر، آليات تمويل وتنمية مشاريع الطاقة المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر، رسالة دكتوراه، كلية العلوم الاقتصادية التجارية، وعلوم التسيير، جامعة فرحات عباس، سطيف1، الجزائر،20018.
4. عدنان مزوق، دور برامج الطاقات المتجددة في معالجة ظاهرة البطالة، قراءة للواقع الجزائري، مذكرة ماجستير، المدرسة العليا للتجارة، الجزائر 2011.

القوانين:

1. القانون 09-99 المؤرخ في15 ربيع الثاني 1420هـ، الموافق ل 28 جويلية 1999، المتعلق بالتحكم في الطاقة، الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية، العدد51، الصادرة في 20 ربيع الأول 1420، الموافق ل 02 أوت 1999.
2. المرسوم التنفيذي رقم 04-92 المؤرخ في 25 مارس 2004 المتعلق بتكاليف توزيع انتاج الكهرباء.
3. القانون رقم 01-02 المؤرخ في 22 ذي القعدة عام 1422هـ، الموافق ل 5 فبراير 2002، المتعلق بالكهرباء والتوزيع العمومي للغاز الطبيعي بواسطة قنوات، الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية، العدد 8، الصادرة بتاريخ 23 ذي القعدة 1422هـ، الموافق ل 6 فبراير 2002.
4. القانون رقم 09-04 المؤرخ في 14 أوت 2004، المتعلق بتعزيز الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة.

المجلات:

1. بلاطش حسيبة، السياسة الطاقوية في الجزائر وانعكاسها على التنمية المستدامة، المجلة الجزائرية للأمن والتنمية، العدد الأول، الجزائر 2011.
2. راتول أحمد، صناعات الطاقات بألمانيا وتوجه الجزائر لمشاريع الطاقات المتجددة كمرحلة لتأمين الطاقات الأحفورية وحماية البيئة " حالة مشروع ديزرتاك "، مداخلة ضمن أعمال الملتقى الدولي حول سلوك المؤسسات الاقتصادية في ظل رهانات التنمية المستدامة والعدالة الاجتماعية، ورقلة ،2012.
3. شبيرة بوعلام عمار، نبيل أبو طير، الطاقات المتجددة وتحديات استغلالها في بلدان المغرب العربي، مجلة المستقبل العربي، العدد 458 أفريل 2017.
4. علي خليفة الكواري، إستراتيجية وكالة الطاقة الدولية، قراءات أولية في أسباب الأوضاع النفطية الراهنة وعوامل استمرارها، مجلة المستقبل العربي، العدد 127، بيروت لبنان، 1989.
5. كافي فريدة، الإستثمار في الطاقات المتجددة كمدخل لدفع عجلة التنمية المستدامة في الجزائر الإشارة إلى مشروع صحراء صولار بريد، نشرية الطاقات المتجددة، العدد2، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، الجزائر، 2016.
6. مختارية دين، دور الطاقات المتجددة في التنمية المستدامة في الجزائر، دراسة تحليلية للفترة 2005-2016، مجلة دراسة وأبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة، المجلد 07، العدد01، جامعة مستغانم، الجزائر، 2020.

المواقع الإلكترونية:

1. Abengoa, Innovative technology solutions for sustainability [en ligne], Annual Report 2012, Disponible sur : http://www.abengoa.com/export/sites/abengoa_corp/resources/pdf/en/gobierno_corporativo/informes_anuales/2012/2012_Volume2_AR_4.pdf (Consulté le 22 /02/ 2025)
2. CDER, Plan d actio stratégique de l epst CDER à l'horizon 2020. https://www.cder.dz/ Consult le 20/01/2025 International Energy Agency Website, < http://www.iea.org >. Consule 30/11/2024
https://ar.wikipedia.org/wiki
3. مايكل إكهارت، الطاقة المتجددة، التطلع نحو طاقة لا تنضب، اطلع عليه يوم 2025/02/06 على الموقع www.usinfo.state.gov/ar/home/p
4. وزارة الطاقة والمناجم، برنامج تطوير الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية، وزارة الطاقة والمناجم الجزائر 2016 /https://www.energy.gov.dZ
5. الوكالة الوطنية لتطوير الإستثمار، الإطار القانوني، WWW.ANDI

المراجع الأجنبية:

1. Brayan Contledge, « Energy and environment » Oxford, University press,1993.

2. Chems Eddine hitour, pour une Stratégie Energetique de L'Algérie aL'horizon 2030, office des publication universitaire, Alger, 2003.
3. David Pimentel, Biofuels, Soler and Wind as Renevable Energy Systems- Benefits and Risks, Cornel University Collego of Agriculture ans Life Sciences 5126 Comstoch hall Ithaca, USA, 2008.
4. international Energy Agency, Tracking Clean Energy Progress: Energy Technology Perspectives 2012 excerpt as IEA input to the Clean Energy Ministerial, Paris, France, 2012.
5. JACOBO CAMPO and VIVIANA SARMIENTO, «THE RELATIONSHIP BETWEEN ENERGY CONSUMPTION AND GDP: EVIDENCE FROM A PANEL OF 10 LATIN AMERICAN COUNTRIES », Lat. Am. J. Econ. Vol .50 no
6. Jean Paul Delage et autre, Les Servitudes de la puissance : une industrie de l'énergie, Flammarion, 1992.
7. Juliette Talpin, économies d'énergie sur l'exploitation agricole, Edition France agricole, Paris, 2010.
8. Michel Paillard et Autre, Energie Renouvelable, Marines Étude Prospective à L'horizonne 2030, Edition Quae, France, 2009.
9. Paul Holtberg, Jim Diefenderfer et autres, « International Energy Outlook 2016, With Projections to 2040 »,
U.S. Energy Information Administration Office of Energy Analysis U.S. Department of Energy, May 2016.

نظام إنتاج الكهرباء في الدنمارك بين الاستدامة والابتكار: دور الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء النظيفة

Denmark's electricity generation system between sustainability and innovation: The role of renewable energies in generating clean electricity

جميلة منيجل [1] ، زهرة عباس [2]

[1] جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي ، -تبسة (الجزائر) ، djamila.menidjel@univ-tebessaa.dz

[2] جامعة 8 ماي 1945 ، قالمة(الجزائر) ، abbas.zahra@univ-guelma.dz

ملخص:

يهدف هذا البحث إلى دراسة وتحليل نظام إنتاج الكهرباء في الدنمارك باعتباره نموذجا متقدما يجمع بين مبادئ الاستدامة البيئية والابتكار التكنولوجي في سبيل تحقيق الكهرباء النظيفة. تأتي أهمية الدراسة من كونها تسلط الضوء على تجربة دولة استطاعت بفضل رؤيتها الاستراتيجية أن تنتقل من الاعتماد شبه الكلي على الوقود الأحفوري إلى نموذج طاقوي يعتمد بدرجة كبيرة على الطاقات المتجددة مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية والكتلة الحيوية.

يركز البحث على تحليل السياسات الحكومية والمخططات الوطنية التي تبنتها الدنمارك لتشجيع الاستثمار في مجال الطاقات المتجددة، إلى جانب التطور التكنولوجي والابتكار الصناعي في مجال إنتاج الكهرباء، مما مكنها من رفع كفاءة الشبكات الكهربائية وتحسين أمنها الطاقوي. كما تسعى الدراسة إلى إبراز الدور المحوري للبحث العلمي والتعاون بين القطاعين العام والخاص في دعم هذا التحول.

وقد توصلت الدراسة إلى أن التحول الطاقوي في الدنمارك أسفر عن نتائج إيجابية هامة، أبرزها ارتفاع نسبة الكهرباء المنتجة من مصادر متجددة إلى أكثر من 75% من إجمالي الإنتاج الوطني، وتقليص انبعاثات غازات الدفيئة بنسبة تفوق 50% مقارنة بمستويات التسعينيات، مع تحقيق نمو اقتصادي مستقر قائم على الابتكار والتكنولوجيا النظيفة.

تؤكد النتائج أن التجربة الدنماركية تمثل نموذجا عالميا ناجحا يمكن للدول الأخرى الاستفادة منه لتحقيق مزيج طاقوي مستدام يجمع بين الكفاءة الاقتصادية والحفاظ على البيئة

كلمات مفتاحية: الطاقات المتجددة؛ الاستدامة؛ الكهرباء النظيفة، الدنمارك

تصنيفات JEL : Q42، Q01، Q41، O52

Abstract :

This research aims to study and analyze Denmark's electricity generation system as an advanced model that combines the principles of environmental sustainability and technological innovation to achieve clean electricity. The importance of the study stems from its strategic vision, which has succeeded in shifting from a near-total reliance on fossil fuels to an energy model that relies heavily on renewable energies such as wind, solar, and biomass.

The study focuses on analyzing government policies and national plans adopted by Denmark to encourage investment in renewable energy, along with technological development and industrial innovation in electricity generation. These efforts have enabled the country to raise the efficiency of its electricity grid and improve its energy security. The study also seeks to highlight the pivotal role of scientific research and public-private sector cooperation in supporting this transformation.

المؤلف المرسل: عباس زهرة، **الإيميل:** gest_zahra@yahoo.fr

The study concluded that Denmark's energy transition has yielded significant positive results, most notably an increase in the share of electricity produced from renewable sources to more than 75% of total national production, a reduction in greenhouse gas emissions by more than 50% compared to the 1990s levels, and the achievement of stable economic growth based on innovation and clean technology.
The results confirm that the Danish experience represents a successful global model that other countries can benefit from to achieve a sustainable energy mix that combines economic efficiency and environmental conservation.
Keywords: Renewable energy; sustainability; clean electricity; Denmark

JEL Classification Cods : Q42 ،Q01، Q41 ، O52

المقدمة:

شهد العالم في العصر الحديث أزمات بيئية واقتصادية متشابكة ناجمة عن الاعتماد الكبير على مصادر الطاقة التقليدية كالنفط والفحم والغاز الطبيعي، والتي تعد من أبرز مسببات التلوث البيئي وانبعاث الغازات الدفيئة. فقد أدى هذا الاعتماد إلى تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري، وارتفاع معدلات تلوث الهواء والمياه، وتدهور النظم البيئية. كما تزامن ذلك مع الارتفاع المستمر في أسعار الطاقة الأحفورية بسبب محدودية الموارد وزيادة الطلب العالمي، ما أدى إلى أزمات طاقوية متكررة تمس استقرار الاقتصادات الوطنية.

أمام هذه التحديات، أصبح التحول نحو الطاقات المتجددة خيارا استراتيجيا لتحقيق الأمن الطاقوي والحد من الانبعاثات الملوثة. وتبرز في هذا السياق تجربة الدنمارك كأحد النماذج العالمية الرائدة التي استطاعت بفضل رؤيتها الطاقوية المتقدمة الجمع بين الاستدامة والابتكار في تطوير نظام متكامل لإنتاج الكهرباء النظيفة يعتمد أساسًا على طاقة الرياح والطاقة الحيوية، مما مكّنها من تقليص الانبعاثات الكربونية وتعزيز استقلالها الطاقوي.

إشكالية الدراسة:

يشهد العالم اليوم توجها متزايدا نحو الاعتماد على الطاقات المتجددة في ظل التحديات البيئية والاقتصادية التي أفرزها الاعتماد المفرط على مصادر الطاقة التقليدية. ومع ذلك، يختلف مستوى التقدم في هذا المجال من دولة إلى أخرى تبعا لسياساتها الطاقوية وقدرتها على توظيف التكنولوجيا الحديثة والابتكار لتحقيق التحول المنشود. وفي هذا الإطار، تبرز الدنمارك كنموذج متقدم استطاع بناء نظام إنتاج كهرباء قائم على الاستدامة والابتكار، مما يجعل تجربتها محل اهتمام للدراسة والتحليل. انطلاقا من ذلك، تتمثل إشكالية البحث في التساؤل الرئيسي الآتي:

كيف استطاعت الدنمارك تحقيق التوازن بين الاستدامة البيئية والابتكار التكنولوجي في نظام إنتاج الكهرباء، وما دور الطاقات المتجددة في تحقيق الكهرباء النظيفة؟

أهداف الدراسة: تهدف هذه الدراسة إلى:

-تحليل نظام إنتاج الكهرباء في الدنمارك من منظور الاستدامة البيئية والابتكار التقني؛

-إبراز دور الطاقات المتجددة في تحقيق الكهرباء النظيفة وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري؛

-دراسة السياسات والاستراتيجيات الحكومية التي ساهمت في نجاح التجربة الدنماركية؛

-استخلاص الدروس المستفادة التي يمكن توظيفها في تجارب الدول الساعية نحو التحول الطاقوي المستدام.

أهمية الدراسة:

تكتسب هذه الدراسة أهميتها من كونها تسلط الضوء على نموذج تطبيقي واقعي في التحول الطاقوي الناجح، يمزج بين حماية البيئة وتحقيق الكفاءة الاقتصادية. كما تسهم في إثراء البحوث المتعلقة بالطاقات المتجددة، وتقديم مرجع علمي يمكن الاستفادة منه في صياغة سياسات طاقوية مستدامة في الدول النامية والعربية.

المنهج المتبع في الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، من خلال جمع البيانات والمعلومات حول تجربة الدنمارك في مجال إنتاج الكهرباء المتجددة، وتحليلها بهدف فهم العوامل التي ساهمت في نجاح هذه التجربة. كما تم الاستعانة بالمقاربة المقارنة لمقارنة تجربة الدنمارك بتجارب دول أخرى في مجال الطاقات المتجددة، وذلك لتحديد عناصر التميز والقابلية للتطبيق.

مصطلحات الدراسة:

-**الطاقات المتجددة**: هي مصادر طاقة طبيعية لا تنضب، مثل الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة المائية، والكتلة الحيوية؛

-**الكهرباء النظيفة:** هي الكهرباء المنتجة من مصادر لا تنتج عنها انبعاثات ملوثة للبيئة أو غازات دفيئة؛

-**الاستدامة:** تعني تلبية احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها؛

-**الابتكار الطاقوي:** هو توظيف التقنيات الحديثة والبحوث العلمية لتطوير طرق أكثر كفاءة واستدامة لإنتاج الطاقة.

1- مدخل إلى كل من : التنمية المستدامة، الطاقات المتجددة :

1-1- مفهوم التنمية المستدامة:

1-1-1- تعريف التنمية المستدامة:

وردت بشأنها عدة تعاريف ونذكر منها مايلي:

عرفتها برونتلاند 1987 بأنها: "تلبية احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتهم" (UNESCO, 2012, p. 5) ، وعرفها تقرير1996 لمنظمة Industrial UNIPO على أنها: " أنماط من عملية التصنيع تربط النشاط الصناعي بمزايا اقتصادية واجتماعية تمتد من الأجيال الحالية إلى الأجيال المستقبلية وذلك في مسار يجنب الآثار السلبية على البيئة ويسارع بمعدلات التنمية خلال الزمن ويضمن الاستخدام الكفء للموارد القابلة للنضوب ويعمل على الحفاظ على الموارد القابلة للتجديد ويقضي على حالات التبذير والتلف والتخزين". (عبد الرسول ، 2014)

1-1-2- خصائص التنمية المستدامة:

التنمية المستدامة كباقي المفاهيم تتميز بمجموعة من الخصائص والتي سوف يتم تلخيصها فيمايلي: (كريم، 2010) و(عبد الفتاح ، 2013)

- تنمية طويلة المدى ومخطط لها: فهي تعتمد على تقدير إمكانيات الحاضر من أجل التنبؤ بالمتغيرات المستقبلية عن طريق وضع الاستراتيجية مناسبة لبلوغ ذلك؛

- المحافظة على المحيط الحيوي (البيئة الطبيعية): بكل مكوناته، فهي تنمية تشترط عدم استنزاف قاعدة الموارد الطبيعية وكذا الحفاظ على يتم بواسطتها انتقال الموارد والعناصر وتنقيتها بما يضمن استمرارية الحياة؛

- تتوجه أساسا تلبية الإحتياجات القادمة في الموارد الطبيعية لذا تعتبر عملية مجتمعية، تركز على حماية جميع الأجيال ما يتطلب دعم ومساندة كافة الفئات والقطاعات لبلوغ ذلك؛

- تضع تلبية احتياجات الأفراد في أولوياتها من خلال تلبية الحاجات الأساسية في الغذاء والملبس، التعليم والخدمات الصحية وكل ما يتعلق بتحسين نوعية حياة البشر المادية والاجتماعية؛

- تنمية متكاملة تقوم على التنسيق بين سلبيات استخدام الموارد واتجاهات الاستثمارات والاختيار التكنولوجي ويجعلها تعمل بانسجام داخل المنظومة البيئة بما يحافظ عليها ويحقق التنمية المتواصلة؛

- عناصر التنمية المستدامة مترابطة لا يمكن الفصل بينهما وذلك لشدة تداخل الأبعاد والعناصر الكمية والنوعية.

1-1-3- مؤشرات التنمية المستدامة:

ومن بين المؤشرات التي يجب مراعاتها في أثناء العمل لتطبيق مفاهيم وسبل التنمية المستدامة. كما يوضحها الجدول رقم(01):

الجدول (01): مؤشرات قياس التنمية المستدامة

المحور	المؤشر	تعريف المؤشر	كيف يقاس المؤشر
المحور الاجتماعي	1-المساواة الاجتماعية	المساواة في توزيع الموارد وإتاحة الفرص واتخاذ القرارات، وتتضمن فرص الحصول على العمل والخدمات العامة كالصحية والتعليمية.	يتم اختيار مؤشرين رئيسيين لقياس المساواة الاجتماعية وهما: -الفقر: ويقاس عن طريق نسبة عدد السكان الذين يعيشون تحت خط الفقر/ ونسبة السكان العاطلين عن العمل من السكان في سن العمل. -المساواة في النوع الاجتماعي: ويمكن قياسها من خلال حساب مقارنة معدل أجر المرأة بمعدل أجر الرجل.
	2-الصحة العامة	الحصول على مياه الشرب نظيفة وغذاء صحي ورعاية صحية دقيقة.	- حماية التغذية: وتقاس بالحالات الصحية للأفراد. - الوفاة: وتقاس بمعدل وفيات الأطفال تحت خمس سنوات. - الإصحاح: ويقاس بنسبة السكان الذي يحصلون على المياه شرب صحية ومربوطين بمرافق تنقية المياه. - الرعاية الصحية: وتقاس بنسبة السكان القادرين على الوصول إلى المرافق الصحية، ونسبة التطعيم ضد الأمراض المعدية لدى الأطفال ونسبة استخدام موانع الحمل.
	3-التعليم	الحصول على التعليم وزيادة فرص التدريب والتوعية العامة	- مستوى التعليم: ويقاس بنسبة الأطفال الذين يصلون إلى الصف الخامس من التعليم الابتدائي. -محو الأمية: ويقاس بنسبة الكبار المتعلمين في المجتمع.
	4-السكن	توفير السكن المناسب	- نسبة المساحة المبنية لكل شخص
	5-الأمن	الأمن الاجتماعي وحماية الناس من الجرائم	-عدد الجرائم المرتكبة لكل 100ألف شخص من سكان الدولة
	6-السكان	-هنالك علاقة عكسية بين النمو السكاني والتنمية المستدامة، فكلما زاد معدل النمو السكاني زادت نسبة إستهلاك الموارد الطبيعية.	النسبة المئوية للنمو السكاني.
المحور البيئي	1-الغلاف الجوي	- هنالك العديد من القضايا البيئية المهمة التي تندرج ضمن إطار الغلاف الجوي وتغيراته، ومنها التغير المناخي وتقب الأوزون ونوعية الهواء	-التغير المناخي: ويتم قياسه من خلال تحديد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. -ترقق طبقة الأوزون: ويتم قياسه من خلال استهلاك المواد المستنزفة للأوزون. -نوعية الهواء: ويتم قياسها من خلال تركيز ملوثات الهواء في الهواء المحيط بالمناطق الحضرية.
	2-الأراضي	- فالأرض تتكون من البنية الفيزيائية وطبوغرافية السطح، الموارد الطبيعية الموجودة فيها، والمياه والحيوانات الحية التي تعيش عليها	-الزراعة: ويتم قياسها بمساحة الأراضي المزروعة مقارنة بالمساحة الكلية، واستخدام المبيدات والمخصبات الزراعية. -الغابات: ويتم قياسها بمساحة الغابات مقارنة بالمساحة الكلية للأرض، وكذلك معدلات قطع الغابات. -التصحر: ويتم قياسه من خلال نسبة الأرض المتأثرة بالتصحر مقارنة بمساحة الأرض الكلية. -الحضرنة: ويتم قياسها بمساحة الأراضي المستخدمة كمستوطنات بشرية دائمة أو مؤقتة.
	3-المياه العذبة	من أكثر الموارد الطبيعية تعرضا للاستنزاف والتلوث، وتعد أنظمة المياه العذبة من أنهار وبحيرات وجداول من أكثر الأنظمة البيئية هشاشة وتعرضا للتأثيرات السلبية.	-وتقاس نوعية المياه بتركيز الأكسجين المذاب عضويا ونسبة البكتيريا المعوية في المياه، أما كمية المياه فتقاس من خلال حساب نسبة كمية المياه السطحية والجوفية التي يتم ضخها واستنزافها سنويا مقارنة بكمية المياه الكلية.

	4-التنوع الحيوي	- حماية الحيوانات والنباتات البرية وإنشاء المحميات. إن حماية التنوع الحيوي والاستخدام المستدام لعناصره وكذلك الموارد المتجددة الأخرى يعد شرطا لاستدامة التنمية	ويتم قياسه من خلال مؤشرين رئيسيين هما: -الأنظمة البيئية: والتي يتم قياسها بحساب نسبة مساحة المناطق المحمية مقارنة بالمساحة الكلية وكذلك مساحة الأنظمة البيئية الحساسة. -الأنواع: ويتم قياسه بحساب الكائنات الحية المهددة بالانقراض.
المحور الاقتصادي	1-البنية الاقتصادية	وهي تعبر عن الأداء الاقتصادي والتجارة والحالة المادية.	-الأداء الاقتصادي: ويمكن قياسه من خلال معدل الدخل القومي للفرد، ونسبة الإستثمار في معدل الدخل. -التجارة: ويقاس بالميزان التجاري ما بين السلع والخدمات. -الحالة المالية: وتقاس عن طريق قيمة الدين مقابل الناتج الوطني الإجمالي، وكذلك نسبة المساعدات التنموية الخارجية التي يتم تقديمها أو الحصول عليها مقارنة بالناتج الوطني الإجمالي.
	2-أنماط الإنتاج والاستهلاك	إن أنماط الإنتاج غير المستدامة تستنزف الموارد الطبيعية، لذا لابد من حدوث تغيير جذري في سياسات الإنتاج والاستهلاك للحفاظ على الموارد وجعلها متاحة أمام سكان العالم الحاليين بشكل متساوي.	- استهلاك المادة: وتقاس بمدى كثافة استخدام المادة في الإنتاج. - استخدام الطاقة: وتقاس عن طريق الاستهلاك السنوي للطاقة لكل فرد، نسبة الطاقة المتجددة من الاستهلاك السنوي، وكثافة استخدام الطاقة. - إنتاج وإدارة النفايات: وتقاس بكمية إنتاج النفايات الصناعية والمنزلية، وإنتاج النفايات الخطرة، وإنتاج النفايات المشعة وإعادة تدوير النفايات. - النقل والموصلات: وتقاس بالمسافة التي يتم قطعها سنويا لكل فرد مقارنة بنوع المواصلات.

المصدر: (ريدة و مهنا، 2009)

2-1- مفهوم الطاقات المتجددة:

1-2-1- تعريف الطاقات المتجددة:

عرفت على أنها:" تلك الطاقات التي يتكرر وجودها في الطبيعة على نحو تلقائي ودوري"، (حدة،، 2012) بمعنى أنها الطاقة المستدامة من الموارد الطبيعية التي تتجدد أو التي لا يمكن أن تنفذ.

وتعرف أيضا بأنها: "الطاقة التي تولد من مصدر طبيعي لا ينضب وهي متوفرة في كل مكان على سطح الأرض ويمكن تحويلها بسهولة إلى طاقة"، مما يعني أن هذا النوع من الطاقة متاح لدى جميع البلدان العالم على عكس النوع التقليدي من الطاقة الذي هو حكر على بعض البلدان، مما يساهم في تقليل من تبعية بلد إلى أخر. (حدة،، 2012)

ويمكن تعريفها بأنها: "المصادر القابلة للتجديد، طالما أن تقييمها لا يحد من توافرها في المستقبل، وبعبارة أخرى أن تكون قدرتها على التجديد تفوق مستوى التشغيل"، مما يعني أن الغاية من الطاقة المتجددة هي تجديدها باستمرار عبر الزمن، باعتبارها موارد ناضبة. (Les energies renouvelables(ER02),fevrier,2009,p :1, document internet disponible sur le site www.documentation.bruxellesen vironnement.be/if_Energie_ER02، 2024)

2-1-2- مميزات الطاقات المتجددة: ومن بينها مايلي: (document internet disponible sur le site :www.peracob.sn، ,-Avril2001)

-مورد قابل لتجديد غير ناضب؛

-مورد صديق للبيئة وبالتالي التخفيض من أثار التغير المناخي، منخفضة المخاطر؛

-متوفرة في جميع أنحاء العالم وبالتالي إلغاء مبدأ الاحتكار في الموارد الطاقوية؛

-تخفيض الاعتماد على استيراد الطاقة؛

-العمل على إنشاء نظام مستدام للطاقة؛ (Report On Photovoltaic and Wind Energy, International Science Panel On Renewable Energies (ISPRE), Paris,2009,p :01, document internet disponible sur le site www.icsu.org/reports. Photovoltaic.wind/ispre.pdf)

-إنشاء نظام إمدادات أمان للطاقة.

1-2-3- أهمية الطاقات المتجددة: وتتميز بعدة خصائص من أهمها مايلي: (محمد ر.، 2012)

-تلعب دورا هاما في حياة الإنسان من خلال مساهمتها في تلبية نسبة عالية من متطلبات الطاقة، وهي مصادر دائمة وطويلة الأجل لارتباطها أساسا بالشمس والطاقة الصادرة عنها.

-الطاقة المتجددة ليست مخزون جاهز نستعمل منه ما نشاء متى نشاء، فمصادر الطاقة البديلة تتوفر أو تختفي بشكل خارج عن قدرة الإنسان على التحكم فيها أو تحديد مقادير المتوفرة منها كالشمس وشدة الإشعاع.

-إن استخدام مصادر الطاقة المتجددة يتطلب استعمال العديد من الأجهزة ذات الأحجام الكبيرة، والواقع أن هذا هو أحد أسباب ارتفاع التكلفة الأولية لأجهزة الطاقة البديلة، وهو ما يشكل في نفس الوقت أحد أهم عوائق انتشارها.

-مصادر الطاقة المتجددة توفر أشكال مختلفة من الطاقة، الأمر الذي يتطلب استعمال تكنولوجيا ملائمة لكل شكل من أشكالها.

2- توليد الكهرباء من الطاقات المتجددة: تجربة الدنمارك:

تحتل الدنمارك صدارة التحول الأوروبي في مجال الطاقة المتجددة، حيث تنتج 88.4% من صافي توليد الكهرباء من مصادر متجددة، ويشهد هذا الإنجاز على ريادة الدنمارك في مجال طاقة الرياح، وابتكاراتها التكنولوجية الرائدة، وإطار سياساتها الداعمة للاستثمارات الخضراء. إن التزام الدنمارك بمستقبل مستدام لا يعيد تشكيل مشهد الطاقة فحسب، بل يرسي أيضا معيارا يحتذى به لأوروبا والعالم.

2-1- الطاقة المتجددة كمصدر رئيسي عالمي لتوليد الكهرباء:

تتزايد أهمية مصادر الطاقة المتجددة في ظل سعي الدول إلى خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتقليل اعتمادها على الوقود الأحفوري المستورد. حيث تستخدم مصادر الطاقة المتجددة بشكل رئيسي لتوليد الكهرباء، مع إمكانية استخدام تقنياتها المتجددة أيضا لتدفئة المنازل والمباني. كما يعد الوقود الحيوي المتجدد حلا تقنيا ناشئا لإزالة الكربون من أجزاء من قطاع النقل. تجدر الإشارة إلى أن مصادر الطاقة المتجددة الحديثة تستثني الاستخدامات التقليدية للكتلة الحيوية، مثل حرق الأخشاب المجمعة، أو المخلفات الزراعية، أو الروث لأغراض الطهي أو التدفئة. ولهذا الأمر عواقب وخيمة على الصحة والبيئة، بما في ذلك المساهمة في ملايين الوفيات سنويا بسبب تلوث الهواء، وهو مستهدف للتخلص التدريجي منه في أهداف التنمية والمناخ الدولية، وفي سيناريو صافي الانبعاثات الصفري لوكالة الطاقة الدولية. (IEA, Share of renewables in energy consumption، 2025)

تولد مصادر الطاقة المتجددة، مثل الألواح الشمسية وتوربينات الرياح والسدود الكهرومائية، الكهرباء دون الحاجة إلى حرق الوقود الذي يُصدر غازات الاحتباس الحراري وغيرها من الملوثات .ومع الانخفاض الكبير في تكاليف الألواح الشمسية وتوربينات الرياح في السنوات الأخيرة، أصبحت مصادر الطاقة المتجددة الآن أرخص مصدر لتوليد الكهرباء في أنحاء كثيرة من العالم.

2-2- مكانة الطاقة المتجددة في المزيج الطاقوي الدنماركي:

في سبعينيات القرن الماضي، واجهت البلاد ارتفاعا في أسعار النفط ونقصا حادا في الموارد، مما أدى إلى شلل جزئي في الاقتصاد، وقد ركزت الدنمارك جهودها على تحقيق استقلالية في مجال الطاقة، واعتمدت على الطاقات المتجددة. ورفضت الطاقة النووية، فبنت آلاف توربينات الرياح، مستلهمة من ماضيها: ففي أواخر عام 1880، كان الفيزيائي داميان بول لا كور يجري تجارب على طاقة الرياح للزراعة، ثم لتوليد الكهرباء. بين أواخر السبعينيات وعام 2000، بني 6000 توربين رياح. في الثمانينيات، تأسس عشرون مصنعا للتوربينات. في عام 1991، أنشئت أول مزرعة رياح بحرية (مفككة الآن) في المياه الضحلة قبالة فينديبي، جنوب شرق الدنمارك. ومنذ ذلك الحين، استمرت المنشآت واسعة النطاق في بحر الشمال وبحر البلطيق، وأكثرها ابتكارا هي تلك الموجودة في هورنز ريف وكريجرز فلاك .وعلى هذا النحو، تعتبر الحديقة مهد طاقة الرياح البحرية. وفي الوقت نفسه، تأمل الدنمارك في إطلاق بناء أول جزيرة اصطناعية مخصصة لتوزيع الطاقة المتجددة التي يتم جمعها من مزرعة الرياح البحرية في بحر الشمال، على بعد 80 كيلومترا من شاطئ شبه جزيرة جوتلاند. ويمكن أن يغطي هذا وحده استهلاك 10 ملايين أسرة أوروبية. ولا يزال هناك نقاش أبدي حول توربينات الرياح: تلوث المناظر الطبيعية، والتأثير على النباتات والحيوانات على البر والبحر، ونهاية عمرها الافتراضي، وما إلى ذلك. وحتى الآن، تولد حوالي 4800 توربين 6.9 جيجاوات في البر والبحر (4593 جيجاوات (4500 توربين رياح) و2306 جيجاوات على التوالي)، وتوظف 33000 شخص مخصصين لتشغيلها. ولا شك في كفاءة توربينات الرياح في الدنمارك: حيث تحقق أحدث النماذج ما يصل إلى 15 ميجاوات من الإنتاج على مدار 24 ساعة. وتعد طاقة الرياح أرخص مصدر للطاقة في البلاد .بحلول عام 2030، تخطط الدنمارك لتوليد 60٪ من طاقتها من طاقة الرياح

مع أهمية دور طاقة الرياح، هناك حاجة أيضا لمصادر طاقة أخرى، لا سيما في الأيام التي تقل فيها الرياح .يتطلب تحقيق استقلالية الطاقة مزيجا من مصادر الطاقة، بما في ذلك الطاقة الحيوية، والطاقة الشمسية، والطاقة الحرارية الأرضية . تلعب الطاقة الحيوية، القائمة على المخلفات والمنتجات الثانوية من القطاع الزراعي، والمصادر البيولوجية، والنفايات المنزلية والصناعية، دورا هامًا في استقرار الشبكة، وتمثل أكثر من ثلثي إجمالي استهلاك الدنمارك من الطاقة المتجددة .ويجري حاليا استغلال مصادر طاقة أخرى، مثل الحلول الهجينة (مزيج طاقة الرياح والطاقة الشمسية، وتخزين الطاقة عبر البطاريات، وما إلى ذلك..) (Obadia، 2024)

2-3- قدرات الطاقة المتجددة في الدنمارك:

على المستوى العالمي وحسب الجدول فقد ارتفعت القدرات العالمية من 1.13 مليون ميغاواط سنة 2009 إلى 4.44 مليون ميغاواط سنة 2024، أي نمو قدره 290% تقريبًا. كما لوحظ تسارع في النمو منذ سنة 2020، حيث تجاوزت نسب التغير السنوي 10%، مما يتماشى مع التوجه العالمي نحو الحياد الكربوني وفق اتفاق باريس للمناخ. وقد شهدت السنوات 2022–2024 قفزة كبيرة (من 3.37 إلى 4.44 مليون ميغاواط، أي +31.7%)، نتيجة زيادة الاستثمارات في الطاقة الشمسية والرياح في كل من الصين، الهند، وأوروبا.

الجدول (02):إجمالي قدرات الطاقة المتجددة في الدنمارك

الوحدة: ميغاواط

السنوات	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
الدنمارك	4450	4931	5139	5962	6585	6770	7109	7410
العالم	1138073	1228823	1331442	1449488	1568742	1693053	1849496	2011332

السنوات	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
الدنمارك	8194	8902	9180	9656	10867	12167	12779	13539
العالم	2 184 464	2 357 959	2 541 478	2 808 273	3 068 297	3375096	3860901	4442755

Source:) International Renewable Energy Agency (IRENA)(2017 ،

(International Renewable Energy Agency , 2024)

يظهر الجدول زيادة وارتفاع قدرات الطاقة المتجددة في الدنمارك من 4450 ميغاواط سنة 2009 إلى 13539 ميغاواط سنة 2024، أي بزيادة حوالي 204% خلال 15 سنة. وقد شهدت أقوى زيادة نسبية سنة 2012 (+16%)، وهو ما يعكس الاستثمارات الكبيرة في مشاريع الرياح البحرية. وبعد 2015، استمر النمو بمعدل سنوي مستقر بين 4% إلى 10%، مما يدل على نضج سوق الطاقة المتجددة ووصوله إلى مرحلة استقرار نسبي بعد مرحلة التوسع السريع. كما يشير الارتفاع بين سنتي 2020 و2024 (من 9656 إلى 13539 ميغاواط) إلى مرحلة جديدة من التحول الأخضر بدعم سياسات الاتحاد الأوروبي للتحول الطاقوي.

وعليه تسجل الدنمارك معدل نمو مشابه للمعدل العالمي تقريبًا، لكنها تتميز بتركيزها العالي على الطاقة الريحية، حيث تشكل هذه الأخيرة العمود الفقري لقطاعها الطاقوي، ورغم صغر حجمها، إلا أن الدنمارك تعد من الدول الرائدة في الكفاءة الطاقوية ونسبة مساهمة الطاقات المتجددة في المزيج الوطني (تفوق 50% من إنتاج الكهرباء). كما أن النمو العالمي مدفوع بجهود التنويع، بينما النمو الدنماركي مدفوع بالرياح البحرية والتقنيات المتقدمة.

2-4- الطاقة الكهربائية المتجددة في الدنمارك:

بالنظر إلى المستقبل، أصبح هدف الدنمارك الطموح المتمثل في الوصول إلى طاقة كهربائية متجددة بنسبة 100% بحلول عام 2030 في متناول اليد. تستثمر الدنمارك بكثافة في طاقة الرياح البحرية، وتخزين الطاقة، والهيدروجين الأخضر، ويجذب قطاع التكنولوجيا النظيفة المتنامي فيها استثمارات دولية كبيرة .بفضل بنية تحتية عالمية المستوى، وبيئة تنظيمية مستقرة وشفافة، وشراكات فعالة بين القطاعين العام والخاص، تعد الدنمارك موقعا مثاليا لمشاريع الطاقة المتجددة. كما ساهمت مبادرة "**استثمر في الدنمارك**" في جذب 23 مشروعًا استثماريًا في مجال التكنولوجيا النظيفة إلى الدنمارك. (Ministry of foreign affairs of denemark, Denmark #1 in share of renewables in net electricity generation for 2024 in the EU, , 2025) (https://investindk.com)

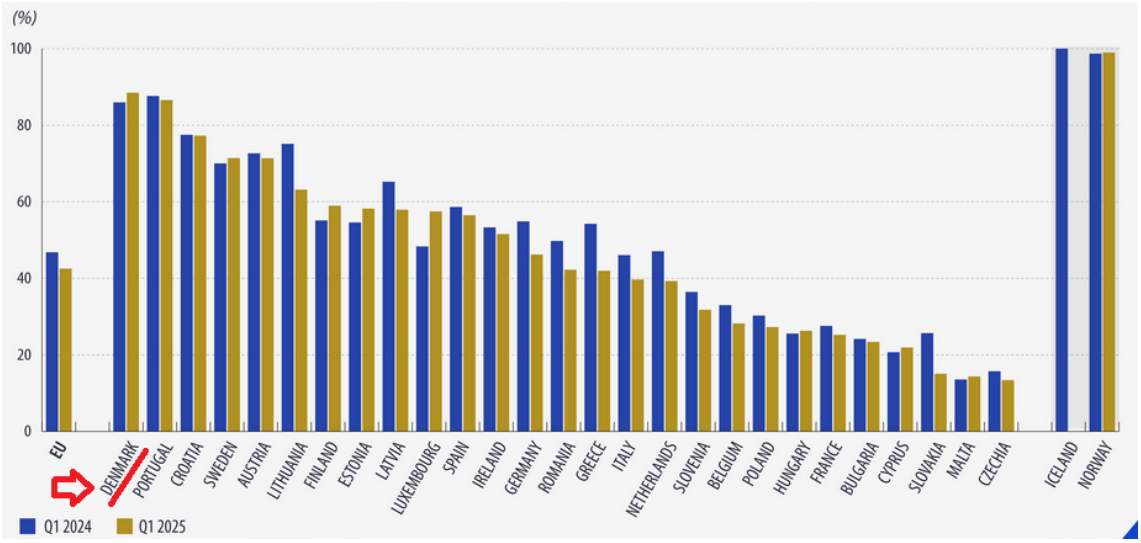
التزمت الدنمارك بإمدادات طاقة متجددة بنسبة 100% بحلول عام 2050. وتظهر الحسابات التي أجرتها اللجنة الدنماركية لسياسة تغير المناخ أن هذا يعني أن انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في الدنمارك ستنخفض بنحو 75% عن مستويات عام 1990. ويدعم هدف الدنمارك طويل الأجل عدد من المعالم الطموحة: 50% من إمدادات الكهرباء من طاقة الرياح في عام 2020، والتخلص التدريجي من استهلاك الفحم في محطات الطاقة بحلول عام 2030، والتخلص التدريجي من محارق النفط بحلول عام 2030، وتغطية جميع إمدادات الكهرباء والتدفئة بمصادر الطاقة المتجددة بحلول عام 2035. ويدعم هذه الأهداف نجاح الدنمارك في الحد من نمو استخدام الطاقة على مدى العقود الماضية، وقلة الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة في البلاد مقارنةً بدول الشمال الأوروبي الأخرى .وقد أدى خفض الكربون في إمدادات الطاقة إلى انخفاض الانبعاثات. (Nordik energy research, Denmark: 100% renewable energy supply, Available on: https://www.nordicenergy.org، 2025)

كانت الدنمارك من أوائل الدول الرائدة في مجال إزالة الكربون، وفي عام 2022، أعلنت الحكومة عن هدفها بخفض الانبعاثات إلى الصفر بحلول عام 2045، بهدف خفض الانبعاثات بنسبة 110% بحلول عام 2050. وتعد الريادة التكنولوجية للدنمارك أمرا بالغ الأهمية في مجالات طاقة الرياح البحرية، والميثان الحيوي، والتدفئة المركزية. وقد وسعت الحكومة نطاق هذه المجالات لتبني تركيز استراتيجي على احتجاز الكربون وتخزينه (CCUS) والهيدروجين. وتتمتع الحكومة بحوكمة قوية للطاقة والمناخ تحت إشراف وزارة المناخ والطاقة والمرافق الدنماركية، ويضمن "الجدول السنوي" لقانون المناخ لعام 2020 اتخاذ إجراءات سياسية سنوية وتوفير التمويل .ومن بين دول وكالة الطاقة الدولية، تمتلك الدنمارك أعلى حصة من طاقة الرياح، والتي تشكل، إلى جانب الطاقة الحيوية والطاقة الشمسية الكهروضوئية، أكثر من 80% من مزيج الكهرباء. وقد تخلص قطاع التدفئة المركزية عمليا من الفحم، مما ساهم في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري في إجمالي إمدادات الطاقة في الدنمارك مقارنةً بمتوسط وكالة الطاقة الدولية .تلتزم الدنمارك بإنهاء إنتاج الوقود الأحفوري بحلول عام 2050 وأصبح الوصول إلى 100% من غاز الميثان الحيوي في التدفئة قبل عام 2030 أولوية رئيسية. (IEA, Share of renewables in energy consumption، 2025)

2-5- حصة مصادر الطاقة المتجددة في صافي توليد الكهرباء:

في 19 دولة من دول الاتحاد الأوروبي، انخفضت حصة مصادر الطاقة المتجددة في صافي توليد الكهرباء في الربع الأول من عام 2025 مقارنةً بالربع الأول من عام 2024، مما أدى إلى تغييرات كبيرة في الترتيب. ويرتبط ذلك بانخفاض إنتاج الطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح. وسُجلت أكبر الانخفاضات في اليونان (-12.4 نقطة مئوية)، وليتوانيا (-12.0 نقطة مئوية)، وسلوفاكيا (-10.6 نقطة مئوية).

الشكل (01): حصة مصادر الطاقة المتجددة في صافي توليد الكهرباء، الربع الأول من عام 2024 والربع الأول من عام 2025



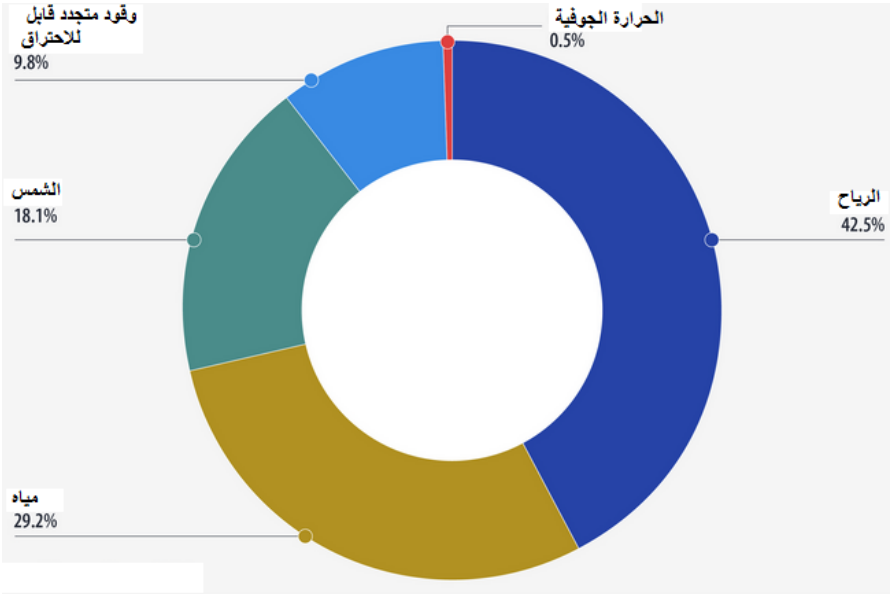
Source : (https://ec.europa.eu, 2025)

بلغت نسبة الكهرباء المولدة من مصادر الطاقة المتجددة 42.5% من صافي الكهرباء المولدة في الاتحاد الأوروبي .وبالمقارنة مع الربع الأول من عام 2024، يمثل هذا انخفاضا قدره 4.3 نقطة مئوية (من 46.8%) ولم تكن الزيادة الكبيرة في توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية (من 40.9 تيراوات/ساعة في الربع الأول من عام 2024 إلى 55 تيراوات/ساعة في الربع الأول من

عام 2025) كافية لتعويض الانخفاض في إنتاج الطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح (من 260.5 إلى 218.5 تيراوات/ساعة خلال الفترة نفسها).

وعليه من بين دول الاتحاد الأوروبي، في الربع الأول من عام 2025، حققت الدنمارك أعلى حصة من مصادر الطاقة المتجددة في صافي الكهرباء المولدة بنسبة 88.5%، تليها البرتغال (86.6%) وكرواتيا (77.3 %)وسجلت أدنى نسب من مصادر الطاقة المتجددة في جمهورية التشيك (13.4%) ومالطا (14.4%) وسلوفاكيا (15.1 %). (Eurostat, Share of electricity from renewables falls in early 2025, News articles 19 June 2025, , s.d.)

الشكل (02): مصادر توليد الطاقة المتجددة في الاتحاد الأوروبي في الربع الأول من عام 2025



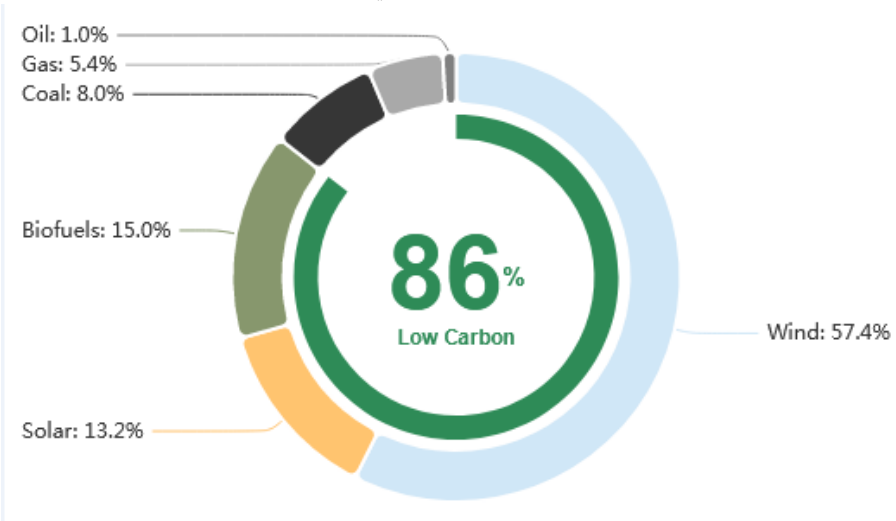
Source : (https://ec.europa.eu, s.d.)

تتصدر الدنمارك مجال توليد الكهرباء النظيفة، حيث تحصل على أكثر من 85% من كهربائها من مصادر منخفضة الكربون. تشكل طاقة الرياح النسبة الأكبر، حيث تساهم بنحو 60% من مزيج الكهرباء النظيف. تولد الطاقة الشمسية أكثر من 13% من إجمالي الكهرباء، إلى جانب الوقود الحيوي الذي يمثل ما يقرب من 15%. تعتمد الدنمارك بشكل ضئيل نسبيًا على الطاقة الأحفورية، حيث يشكل الفحم والغاز ما يزيد قليلا عن 14% إجمالا. علاوة على ذلك، تعتبر الدنمارك مصدرا رئيسيا للكهرباء، مما يؤثر إيجابا على المناطق المجاورة من خلال تقليل اعتمادها على الوقود الأحفوري. ومع ذلك، تواجه

الدنمارك تحديا يتمثل في زيادة الاعتماد على الكهرباء في قطاعات مثل النقل والتدفئة والصناعة، مما يتطلب توليد المزيد من الكهرباء. (of electricity from renewables falls in early 2025, News articles 19 June 2025, , s.d.

لا ينبغي الخلط بين حصة مصادر الطاقة المتجددة في صافي إنتاج الكهرباء وحصة مصادر الطاقة المتجددة في إجمالي استهلاك الكهرباء، وهو المؤشر الرئيسي المستخدم لرصد توجيه الطاقة المتجددة (RED). تختلف المنهجيات المستخدمة لحساب كل منهما. فالأولى (المستخدمة في هذه المقالة) تعتمد فقط على توليد الكهرباء، بينما تتبع الثانية منهجية توجيه الطاقة المتجددة (RED) وتقسم توليد الكهرباء على استهلاكها، مما قد يؤدي إلى نسب أعلى من 100%. بالإضافة إلى ذلك، تتطلب الحصة وفقا لتوجيه الطاقة المتجددة (RED) حساب متوسط طاقة الطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح على مدى عدة سنوات لتخفيف آثار التقلبات الجوية (المعيارية)، وتعتبر الكهرباء الناتجة عن أنواع الوقود الحيوي القابلة للاحتراق (الصلبة والسائلة والغازية) متجددة فقط عندما تتوافق هذه الأنواع من الوقود الحيوي مع معايير الاستدامة. (Eurostat, Share of electricity from renewables falls in early 2025, News articles 19 June 2025, , s.d.)

الشكل (03): توليد الكهرباء النظيفة في الدنمارك 2024-2025



Source : (https://lowcarbonpower.org, s.d.)

2-6- هل يشهد قطاع الكهرباء نموًا في الدنمارك؟

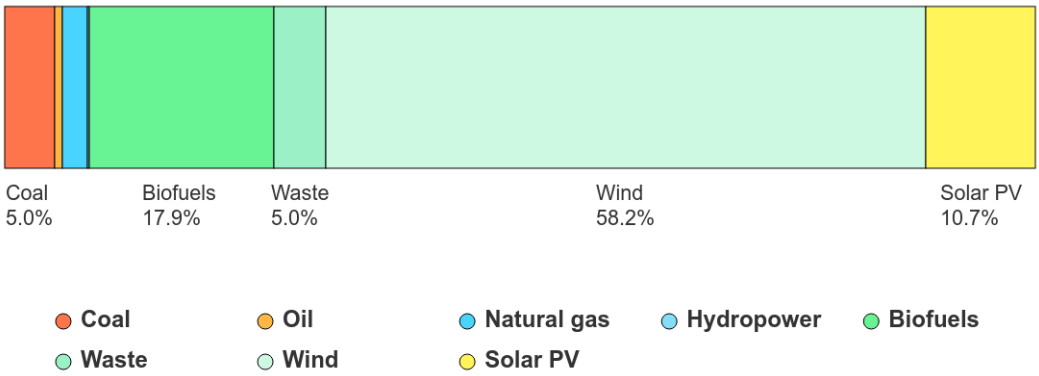
على الرغم من ضخامة حصة الطاقة النظيفة، إلا أن إجمالي استهلاك الكهرباء في الدنمارك حاليا أقل مما كان عليه في العقود السابقة، حيث يبلغ متوسط استهلاك الفرد حوالي 5,325 كيلوواط/ساعة سنويا بحلول عام 2025. ويمثل هذا انخفاضا كبيرا عن ذروته التاريخية عام 1996، حيث بلغ استهلاك الفرد ما يزيد قليلا عن 10,181 كيلوواط/ساعة .ومن المثير للقلق أن حتى توليد الكهرباء منخفض الكربون للفرد قد انخفض، مسجلا انخفاضًا كبيرا بنحو 670 كيلوواط/ساعة للفرد عن الرقم القياسي المسجل في العام السابق والبالغ 5,226 كيلوواط/ساعة. ويثير هذا الاتجاه القلق لأنه يشير إلى ركود

لا نمو، خاصةً في الوقت الذي تعد فيه زيادة الكهرباء النظيفة أمرا بالغ الأهمية لدفع عجلة التحول إلى الكهرباء وتقليل الانبعاثات (low carbon power, Electricity in Denmark in 2024/2025, Available on: https://lowcarbonpower.org، 2025)

2-7- مصادر توليد الكهرباء في الدنمارك:

يمكن توليد الكهرباء بطريقتين رئيسيتين: استغلال الحرارة الناتجة عن احتراق الوقود أو التفاعلات النووية على شكل بخار (طاقة حرارية)، أو عن طريق الاستفادة من طاقة قوى طبيعية كالشمس والرياح والمياه الجارية . ويعد أكبر مصدر لتوليد الكهرباء في الدنمارك، في سنة 2024 هو طاقة الرياح بما نسبته 58% من إجمالي الإنتاج. (IEA, Share of renewables in energy consumption، 2025)

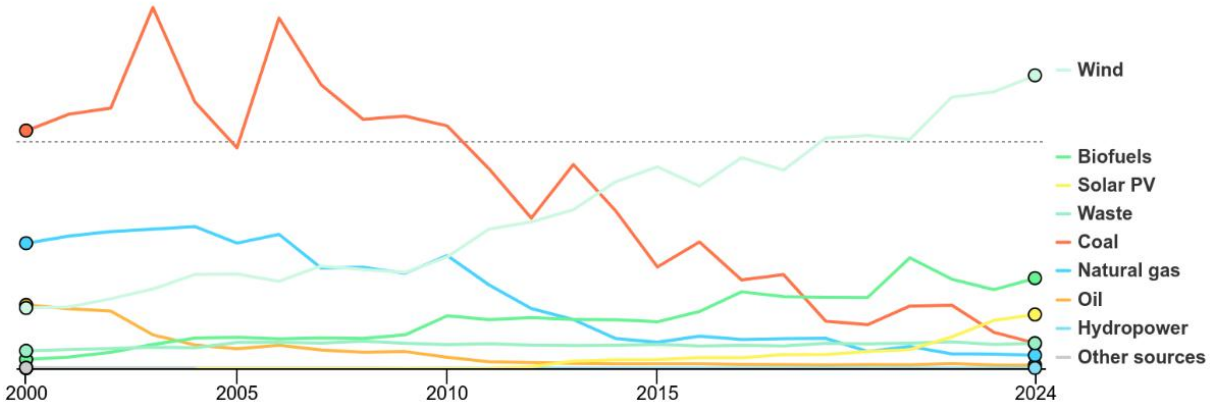
الشكل (04):مزيج توليد الكهرباء، الدنمارك، 2024



Source : (https://www.iea.org, 2025)

يميل إنتاج الكهرباء إلى التطابق مع الطلب، والذي بدوره مدفوع بالنمو الاقتصادي والسكاني والتغيرات في هيكل الاقتصاد.

الشكل (05)تطور مصادر توليد الكهرباء في الدنمارك 2000-2024



Source :) https://www.iea.org(2025 ،

وقد حددت 143 دولة أهدافا للكهرباء المتجددة بحلول عام 2024، تتراوح بين هدف 10% لعام 2030 في غانا وأهداف 100% لعام 2030 في بربادوس **والدنمارك** وكينيا وتوفالو، من بين دول أخرى. كما أعلن عن العديد من سياسات الحوافز الجديدة وسُنّت في عام 2024، حيث أعلنت خمس دول - هي اليونان واليابان وهولندا وبولندا وأوكرانيا - عن تعريفات

جديدة لاستهلاك الطاقة الكهربائية. وفي خمس دول أخرى - هي البوسنة والهرسك وقبرص **والدنمارك** ومقدونيا الشمالية والمملكة المتحدة - أغلق باب التقديم لبرامج تعريفات استهلاك الطاقة الكهربائية أمام المتقدمين الجدد، مع استمرار سريان العقود القائمة. وسنت أربع دول - هي اليونان وجامايكا وجنوب إفريقيا وإسبانيا - برامج جديدة للفوترة الصافية، وانتقلت ليتوانيا من نظام القياس الصافي إلى نظام الفوترة الصافية في عام 2024. وفي المجمل، انتقلت ست دول من نظام القياس الصافي إلى نظام الفوترة الصافية في السنوات الأخيرة: جامايكا ولاتفيا وليتوانيا والبرتغال وجنوب إفريقيا وإسبانيا. وسنّت كمبوديا وماليزيا برامج جديدة للقياس الصافي في عام 2024. (REN21, 2025)

يوضح تقرير تجارة الكهرباء الانبعاثات المتعلقة بواردات وصادرات الدنمارك من الكهرباء. يظهر التقدير أن واردات الدنمارك من الكهرباء في عام 2023 أدت إلى انبعاثات 0.8 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون إلى الخارج - بزيادة طفيفة مقارنة بعامي 2021 و2022. بالإضافة إلى ذلك، يظهر التقدير أن صادرات الدنمارك من الكهرباء في عام 2023 أسفرت عن انبعاثات 0.6 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون داخل الدنمارك، مع خفض انبعاثاتها الخارجية بمقدار 0.7 مليون طن .ارتبطت الكهرباء التي استوردتها الدنمارك من الخارج في عام 2023 بانبعاثات أقل من مكافئ ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالكهرباء المنتجة محليا والمصدرة .على الرغم من أنه من المتوقع أن يشمل إنتاج الكهرباء في الخارج حصة أكبر من مصادر الطاقة المتجددة في المستقبل، إلا أنه من المتوقع أن تخفض صادرات الدنمارك من الكهرباء الانبعاثات الخارجية بحلول عام 2035، وذلك بفضل زيادة قدرة الطاقة المتجددة في الدنمارك. (Agency, 2025)

3- السياسات الوطنية الطموحة التي تهدف إلى تحقيق تحول شامل نحو إنتاج كهرباء نظيفة:

بنت الدنمارك مجموعة من السياسات الوطنية الطموحة التي تهدف إلى تحقيق تحول شامل نحو إنتاج كهرباء نظيفة ومستدامة. فقد وضعت الحكومة الخطة الوطنية المتكاملة للطاقة والمناخ(NECP 2021–2030) ، التي تمثل الإطار المرجعي لتقليص الانبعاثات وتعزيز استخدام مصادر الطاقة المتجددة، خاصة طاقة الرياح والطاقة الحيوية، مع التركيز على كفاءة الطاقة في جميع القطاعات .(Danish Energy Agency, 2019) كما أطلقت الدولة استراتيجية الطاقة 2050 التي تهدف إلى التخلص الكامل من الوقود الأحفوري بحلول عام 2050، من خلال دعم الابتكار وتوسيع الاستثمارات في البنية التحتية للطاقة الخضراء(Government., 2011) .

علاوة على ذلك، أُبرمت اتفاقية الطاقة لعام 2018 التي ضمنت توافقًا سياسيًا واسعًا حول تمويل مشاريع الطاقة المتجددة وتشجيع الشراكات بين القطاعين العام والخاص لتطوير طاقة الرياح البحرية والهيدروجين الأخضر ,,Ministry of Climate) (2018كما اعتمدت الحكومة مشروع جزر الطاقة (Energy Islands) في بحر الشمال وبورنولم، وهو مشروع رائد يهدف إلى إنشاء مراكز طاقة ضخمة لتجميع الكهرباء من مزارع الرياح البحرية وتوزيعها إقليميًا (. .(2024) .,Danish Energy Agency) وتدعم هذه السياسات منظومة من الإصلاحات الضريبية الخضراء لتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتحفيز الابتكار في التقنيات النظيفة(OECD, 2021)

بفضل هذا الإطار التشريعي المتكامل، أصبحت الدنمارك نموذجًا عالميًا في إدارة التحول الطاقي، حيث تحقق أكثر من 75% من إنتاجها الكهربائي من مصادر متجددة بحلول عام 2023(International Energy Agency (IEA), 2023)

كما اعتمد أيضا على:

1. **الخطة الوطنية المتكاملة للطاقة والمناخ — 2021–2030 (NECP)** وثيقة رسمية تحدّد أهداف الدنمارك في خفض الانبعاثات، زيادة حصة المتجددة، وتعزيز الأمن الطاقي لفترة 2021–2030. تعتبر مرجعًا أساسياً لأهداف الدولة والمتطلبات السياسية والإجرائية

2. **استراتيجية الطاقة 2050 — (Energy Strategy 2050)** رؤية وطنية طويلة الأمد تهدف إلى القضاء التدريجي على الاعتماد على الفحم والنفط والغاز وتحقيق استقلال طاقي قائم على مصادر متجددة بحلول 2050. الوثيقة تشرح مراحل الانتقال وسياسات التخطيط الطاقي . (https://www.iea.org, 2025)

3. **اتفاقيات الطاقة الوطنية — (Danish Energy Agreements) خاصة اتفاقية 2018** —حزم سياسية وبرلمانية/اتفاقاتٍ بين الأطراف السياسية لتمويل ودعم مشاريع متجددة، وإصلاحات سوقية (مثل إزالة بعض الدعم المباشر والتوجه نحو حلول سوقية ومرونة الشبكة). تحتوي على جداول تمويلية وإجراءات تنفيذ(Ministry of Climate,, 2018) .

4. **مبادرة «جزر الطاقة — (Energy Islands — North Sea / Bornholm)** «مشاريع بنية تحتية استراتيجية لإنشاء «مراكز» لتجميع طاقة الرياح البحرية وتحويلها أو توزيعها (تشمل إمكانية إنتاج هيدروجين أخضر وتبادل كهرباء إقليمي). تُعد خطوة مركزية لتمكين طاقة رياح بقدرات جيغاواط . (https://www.iea.org, 2025)

5. **آليات المناقصات والدعم لمزارع الرياح البحرية — (Offshore wind tenders & CfD frameworks)** إطار تنافسي تدرّجه الهيئة الدنماركية للطاقة لإطلاق مناقصات طاقة رياح بحرية بسعات كبيرة، مع أدوات تمويلية مثل عقود الفارق ثنائية الاتجاه لدعم الاستقرار الاستثماري. صفحات الجهات الرسمية توضح جدولة المناقصات حتى 2030 Danish Energy) . Agency, 2019)

6. **الإصلاح الضريبي البيئي ودعم الابتكار والبحث — (Green tax reform & R&D support)** سياسات ضريبية تهدف إلى تحفيز التحول (فرض ضرائب أعلى على الوقود الأحفوري، وإيرادات تُعاد توجيهها لدعم التقنيات النظيفة)، إلى جانب منح ودعم لمشاريع البحث في الرياح والهيدروجين والشبكات الذكية. توثيق وتحليل موجزان في تقارير الوكالات الدولية . (https://www.iea.org، 2025)

7. **مراجعات السياسات والتقييم الدولي — (IEA Energy Policy Review — Denmark 2023)** تقرير تحليل ومراجعة يقدّم تقييمًا للخُطى التي اتخذتها الدنمارك، التحديات المتبقية، وتوصيات لتعزيز انتقالٍ طاقي آمن وفعال. مفيد للاستشهاد النقدي والتحليلي في البحث. ((International Energy Agency (IEA)، 2023)

الخاتمة

ظهر النموذج الدنماركي في مجال الطاقات المتجددة أن الاستثمار المستدام في هذا القطاع لا يقتصر على تحقيق الأمن الطاقي فحسب، بل يشكل ركيزة أساسية للنمو الاقتصادي والابتكار البيئي. لقد أدركت الدنمارك مبكرا أن الاعتماد على الوقود الأحفوري يعد مصدرا رئيسيا للتلوث البيئي وعدم الاستقرار الاقتصادي نتيجة لتقلبات الأسعار العالمية، فتبنت سياسات طاقية طموحة مكنتها من التحول نحو منظومة إنتاج كهرباء نظيفة قائمة على الرياح والطاقة الحيوية.

إن الاستثمار في الطاقات المتجددة أتاح للدنمارك خفض انبعاثات الكربون بشكل ملحوظ، وتحقيق اكتفاء شبه ذاتي في مجال الطاقة، إضافة إلى تعزيز مكانتها العالمية كنموذج رائد في الابتكار الأخضر. كما ساهم في خلق فرص عمل جديدة ودعم الصناعات المحلية المعتمدة على التكنولوجيا النظيفة، ما جعل من الانتقال الطاقي مشروعا وطنيا متكاملا يجمع بين الأبعاد البيئية والاقتصادية والاجتماعية.

لتعزيز إنتاج الكهرباء منخفض الكربون، ينبغي على الدنمارك التركيز على توسيع قدراتها الناجحة بالفعل في مجال طاقة الرياح والطاقة الشمسية .ينبغي تعزيز الاستفادة من طاقة الرياح، التي تعد حجر الزاوية في الكهرباء النظيفة في الدنمارك، من خلال الاستفادة من مزارع الرياح البرية والبحرية .وفي الوقت نفسه، يجب زيادة استخدام الطاقة الشمسية، التي أثبتت إمكاناتها من خلال المكاسب الأخيرة، بشكل كبير لزيادة مساهمتها .بالإضافة إلى ذلك، ونظرا لانخفاض مخاطر الطاقة النووية وارتفاع عوائدها، من الحكمة إدراجها كركيزة إضافية لاستراتيجية الدنمارك للطاقة الخضراء .وستساعد هذه التوسعات مجتمعة البلاد على تلبية احتياجاتها المستقبلية من الكهرباء، وتسريع عملية الانتقال إلى مجتمع خالٍ من الكربون، والحفاظ على ريادة الدنمارك في مكافحة تغير المناخ.

يمكن القول إن التجربة الدنماركية تبرز أن **الاستثمار في الطاقات المتجددة ليس خيارا بيئيا فحسب، بل استراتيجية تنموية شاملة** تضمن استدامة الموارد، وتحافظ على التوازن بين التقدم الاقتصادي وحماية البيئة، لتكون مثالا يحتذى به للدول الساعية إلى إنتاج كهرباء نظيفة وتحقيق تنمية خضراء مستدامة.

نتائج الدراسة:

أثبتت التجربة الدنماركية أن الاستثمار الممنهج في الطاقات المتجددة يعد من أنجع السبل لتحقيق أمن طاقي مستدام وتنمية اقتصادية منخفضة الانبعاثات. فقد برهنت السياسات الوطنية الداعمة، مثل استراتيجية الطاقة 2050 والخطة الوطنية للطاقة والمناخ(NECP) ، على قدرة الدولة على الانتقال من نظام يعتمد على الوقود الأحفوري إلى منظومة إنتاج كهرباء نظيفة ومستقرة. كما مكّن هذا التحول من تنويع مصادر الطاقة، وتعزيز الابتكار في مجالات الرياح والهيدروجين الأخضر، إلى جانب خلق فرص عمل جديدة وزيادة الاستثمارات في التقنيات الخضراء.

ان نجاح النموذج الدنماركي يعود إلى ثلاثة عوامل رئيسة:

-التكامل بين السياسات الحكومية والقطاع الخاص في تمويل المشاريع الخضراء؛

-الالتزام طويل الأمد بالأهداف المناخية المصحوب بتشريعات واضحة ومحددة زمنيا؛

-الاستثمار المستمر في البحث والابتكار الذي جعل من الدنمارك مركزا عالميا لتقنيات الرياح البحرية والطاقة النظيفة.

أما **التوصيات** التي يمكن استخلاصها من التجربة فهي:

-ضرورة تعزيز الشراكات الدولية في مجال الطاقة الخضراء، خصوصًا في تبادل التكنولوجيا والمعرفة؛

-تنويع مزيج الطاقة ليشمل مصادر أخرى مثل الطاقة الشمسية والهيدروجين لضمان استقرار الإمدادات؛

-تطوير البنية التحتية الذكية لشبكات الكهرباء لضمان كفاءة توزيع الطاقة المتجددة؛

-تحفيز القطاع الخاص والمجتمع المدني من خلال حوافز مالية وتشريعية لتوسيع قاعدة الاستثمار في الطاقات النظيفة.

قائمة المراجع

International Renewable Energy Agency . (2024). , *Renewable Energy Statistics 2025,*. Abu Dhabi.

Obadia, S. (2024, 07 02). , *Denmark's energy policy : built on renewables, driven by wind.* Récupéré sur Available on: https://www.construction21.org.

ديب ريدة ، و سليمان مهنا. (2009). ، التخطيط من أجل التنمية المستدامة . *مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، 25*(01)، الصفحات 492-497.

زرمان كريم. (2010). التنمية المستدامة في الجزائر من خلال برنامج الإنعاش الإقتصادي2001-2009. *مجلة أبحاث إقتصادية وإدارية*(07)، الصفحات 195-196.

عبد جاسم عبد الرسول . (2014). التنمية المستدامة وضرورات تطوير مهارات العاملين. *مجلة كلية بغداد للعلوم الاقتصادية الجامعة*((العدد خاص بالمؤتمر العلمي المشترك))، صفحة 19.

Agency, D. E. (2025). *, Denmark's Global Climate Impact Summary of the Global Report 2025, .*

Danish Energy Agency. (2019). *Denmark's Integrated National Energy and Climate Plan (NECP) 2021–2030.*

Danish Energy Agency. ((2024). .). *Offshore Wind Tenders Towards 2030: Future energy islands and wind projects. Danish Government.* Récupéré sur Retrieved from https://ens.dk/en/our-responsibilities/wind-power/offshore-wind-tenders-towards-2030.

document internet disponible sur le site :www.peracob.sn. (-Avril2001,). Consulté le p12, (consulté 15/09/2024) à23 :00, sur Les energies renouvelables : les bases,la techmologie et le potntiel au sénégal,PERACOB, Dakar,Sénégal,.

Eurostat, Share of electricity from renewables falls in early 2025, News articles 19 June 2025, . (s.d.). Récupéré sur , Available on: https://ec.europa.eu .

Government., D. (2011). *Energy Strategy 2050: From coal, oil and gas to green energy. Ministry of Climate . , Energy and Building.* Récupéré sur Retrieved from https://ens.dk/sites/ens.dk/files/EnergyPolicy/energy_strategy_2050.pdf.

https://ec.europa.eu. (s.d.).

https://ec.europa.eu. (s.d.).

https://ec.europa.eu. (2025).

https://investindk.com . (s.d.).

https://lowcarbonpower.org. (s.d.).

https://www.iea.org. (s.d.).

https://www.iea.org. (2025).

https://www.iea.org. (2025).

https://www.iea.org. (2025).

IEA, Share of renewables in energy consumption,. (2025, 10 10). Récupéré sur Available on: https://www.iea.org.

International Energy Agency (IEA). (2023). Récupéré sur Retrieved from https://www.iea.org/reports/denmark-2023.

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2017). *, Renewable Energy Statistics 2016,.* Abu Dhabi.

Les energies renouvelables(ER02),fevrier,2009,p :1, document internet disponible sur le site www.documentation.bruxellesenvironnement.be/if_Energie_ER02 . (2024). Récupéré sur (consulté 16/09/2024) .

low carbon power, Electricity in Denmark in 2024/2025, Available on: https://lowcarbonpower.org. (2025). Récupéré sur Available on: https://lowcarbonpower.org.

Ministry of Climate,. (2018). *Energy and Utilities. The Energy Agreement of 2018: A wide political agreement on Denmark's energy policy for 2020–2024. Danish Government. .* Retrieved from https://en.kefm.dk/.

Ministry of foreign affairs of denemark, Denmark #1 in share of renewables in net electricity generation for 2024 in the EU, . (2025). Récupéré sur 02.06.2025, Available on: https://investindk.com.

Nordik energy research, Denmark: 100% renewable energy supply, Available on: https://www.nordicenergy.org. (s.d.).

Nordik energy research, Denmark: 100% renewable energy supply, Available on: https://www.nordicenergy.org. (2025).

OECD. (2021). *Green Tax Reform in Denmark: Policy Design and Environmental Impact. .* OECD Publishing. Retrieved from https://www.oecd.org/environment/green-tax-reform-in-denmark.htm.

REN21. (2025). *, RENEWABLES 2025 GLOBAL STATUS REPORT.* Paris.

(s.d.). *Report On Photovoltaic and Wind Energy, International Science Panel On Renewable Energies (ISPRE), Paris,2009,p :01, document internet disponible sur le site www.icsu.org/reports. Photovoltaic.wind/ispre.pdf .* Consulté le (consulté 17/10/2024) à17 :30

راتول مداحي محمد. (بلا تاريخ). ، صناعات الطاقة المتجددة بألمانيا وتوجيه الجزائر لمشاريع الطاقة المتجددة كمرحلة لتأمين إمدادات الطاقة الأحفورية وحماية البيئة"حالة مشروع ديزرتاك، . *ورقة مقدمة في الملتقى العلمي الدولي حول سلوك المؤسسات الاقتصادية في ظل رهانات التنمية المست.*

راتول مداحي، محمد. (2012). صناعات الطاقة المتجددة بألمانيا وتوجيه الجزائر لمشاريع الطاقة المتجددة كمرحلة لتأمين إمدادات الطاقة الأحفورية وحماية البيئة"حالة مشروع ديزرتاك. *رقة مقدمة في الملتقى العلمي الدولي حول سلوك المؤسسات الاقتصادية في ظل رهانات التنمية المستدامة والعدالة الاجتماعية*، (صفحة 141). ورقلة.

فروحات حدة،. (2012). الطاقة المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر، دراسة لواقع مشروع تطبيق الطاقة الشمسية في الجنوب الكبير بالجزائر. *مجلة الباحث*(11)، صفحة 149.

ناجي أحمد. عبد الفتاح . (2013). *التنمية المستدامة في المجتمع النامي في ضوء المتغيرات العالمية والمحلية الحديثة،. : ، ص 92.* عمان، الأردن: المكتب الجامعي الحديث لنشر والتوزيع.

حتمية التحول الطاقوي من أجل تحقيق الأمن الطاقوي في الجزائر: الواقع والرهانات

The Necessity of Energy Transition for Achieving Energy Security in Algeria: Realities and Challenges.

عياد رياض[1]، زوين الصادق[2]

[1]جامعة الشادلي بن جديد، الطارف (الجزائر)، r.aiad@univ-eltarf.dz

[2]جامعة الشادلي بن جديد، الطارف (الجزائر)، s.zouyene@univ-eltarf.dz

ملخص:

تحاول هذه الدراسة تسليط الضوء على أهمية الأمن الطاقوي كمتطلب حتمي للدول في العصر الحديث، خاصة في مرحلة ما بعد الحرب الباردة. إذ يشكل الأمن الطاقوي أحد الأركان الأساسية للأمن الشامل الذي يضمن استقرار الدول واستدامة تنميتهان وقد سعت الجزائر، على غرار دول العالم، إلى تحقيق أمنها الطاقوي بوصفه ضرورة حتمية لضمان الأمن القومي وسط التحديات الراهنة.

استجابة لهذا الواقع، ومع توفر موارد طبيعية هائلة تمكن من الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة كبديل عن الطاقات الأحفورية، عملت الجزائر على تطوير سياسات طاقوية تتماشى مع التطورات المحلية والعالمية في قطاع الطاقة. وركزت على تعظيم دور الطاقات المتجددة في تلبية الطلب المحلي المتزايد منذ بداية القرن الحالي. بحيث تهدف هذه الجهود إلى تحقيق ثلاثي الأمن: الأمن الطاقوي بضمان إمدادات مستدامة، والأمن البيئي بتقليل الانبعاثات الضارة، والأمن القومي بحماية الموارد الاستراتيجية للدولة.

كلمات مفتاحية: التحول الطاقوي؛ الأمن الطاقوي؛ الطاقات المتجددة؛ الجزائر.

تصنيفات JEL: Q42, Q43, O13

Abstract:

This study attempts to highlight the importance of energy security as an inevitable requirement for states in the modern era, particularly in the post-Cold War phase. Energy security constitutes one of the fundamental pillars of comprehensive security that ensures state stability and the sustainability of their development. Algeria, like other countries worldwide, has sought to achieve its energy security as an inevitable necessity to ensure national security amid current challenges.

In response to this reality, and with the availability of enormous natural resources that enable investment in renewable and clean energy sources as an alternative to fossil fuels, Algeria has worked to develop energy policies that align with local and global developments in the energy sector. It has focused on maximizing the role of renewable energy in meeting the increasing domestic demand since the beginning of the current century. These efforts aim to achieve a triple security: energy security by ensuring sustainable supplies, environmental security by reducing harmful emissions, and national security by protecting the state's strategic resources.

Keywords: Energy transition; energy security; renewable energy; Algeria.

JEL Classification Cods: Q42, Q43, O13.

المؤلف المرسل: عياد رياض، **الإيميل**: r.aiad@univ-eltarf.dz

1- المقدمة:

يشهد العالم اليوم تحولا جذريا في أنماط إنتاج واستهلاك الطاقة، حيث تتزايد الحاجة إلى مصادر الطاقة البديلة والنظيفة لمواجهة التحديات البيئية والاقتصادية المتنامية، وفي هذا السياق تبرز قضية الأمن الطاقوي كأحد أهم التحديات الاستراتيجية التي تواجهها الدول، خاصة تلك التي تعتمد بشكل كبير على الطاقات الأحفورية في اقتصادها، حيث أنّ الأضرار الوخيمة التي سببتها مصادر الطاقة التقليدية (النفط والغاز) للبيئة إضافة إلى عدم الاستقرار الذي تشهده الأسواق العالمية أدى إلى تسارع الجهود للبحث عن مصادر أخرى غير تقليدية للطاقة، فأصبح التحول الطاقوي كواحد من أهم الخيارات الاستراتيجية المتاحة .

وعلى غرار العديد من الدول النفطية، تقف الجزائر اليوم على مفترق طرق حاسم في مسيرتها الطاقوية، حيث تواجه ضرورة ملحة للتحول من نموذج اقتصادي يعتمد بشكل شبه كلي على المحروقات إلى نظام طاقوي متنوع ومستدام، هذا الاعتماد المفرط على مصادر الطاقة التقليدية جعل الاقتصاد الجزائري عرضة للصدمات الخارجية وتقلبات أسعار النفط العالمية، وبالتالي فمسالة التحول الطاقوي لم تعد خيار استراتيجي فقط، بل ضرورة حتمية تفرضها عوامل داخلية وخارجية متعددة، من تزايد الاستهلاك المحلي للطاقة إلى التحولات العالمية نحو الطاقات المتجددة والالتزامات البيئية الدولية.

في ظل هذا الواقع، وأمام التحديات المناخية العالمية والتطور التكنولوجي المتسارع في مجال الطاقات المتجددة، ومع توفر العديد من مصادر الطاقة المتجددة، فقد عملت الجزائر على تطوير الطاقات المتجددة بغية تنويع مصادر الطاقة وضمان أمنها الطاقوي.

1-1 إشكالية الدراسة:

بناءا على ما سبق، فإنّ الإشكالية الرئيسية للدراسة تدول حول السؤال الرئيسي التالي:

كيف يمكن للتحول الطاقوي أن يساهم في تحقيق الأمن الطاقوي في الجزائر، وما هي الرهانات والتحديات المصاحبة لهذا التحول؟

2-1 الأسئلة الفرعية:

تتفرع من السؤال الرئيسي الأسئلة الفرعية التالية:

1 .ما هو الواقع الحالي للأمن الطاقوي في الجزائر ومدى قدرة النظام الطاقوي الحالي على مواجهة التحديات المستقبلية؟

2 .ما هي الاستراتيجيات والسياسات الحكومية المعتمدة للتحول الطاقوي؟

3. ما هي أبرز التحديات والرهانات المرتبطة بتنفيذ التحول الطاقوي؟

3-1 فرضيات الدراسة:

انطلاقا من الإشكالية المطروحة والتساؤلات الفرعية يمكننا صياغة الفرضية التالية:

يساهم التحول الطاقوي في الجزائر بشكل مباشر في تعزيز الأمن الطاقوي الوطني من خلال تنويع مصادر الطاقة، وترشيد الاستهلاك، وتقليل التبعية للمحروقات، رغم ما يواجهه من تحديات تمويلية وتقنية ومؤسساتية.

4-1 أهمية الدراسة:

تتمثل الأهمية العلمية للدراسة في مساهمتها في إثراء الأدبيات الوطنية والعربية حول الترابط بين التحول الطاقوي والأمن الطاقوي، في حين أنّ الأهمية العملية تبرز من خلال توصيات عملية لصناع القرار في الجزائر من أجل تعزيز مرونة المنظومة الطاقوية، وتقليل هشاشتها أمام تقلبات الأسواق، ورفع جاذبية الاستثمار الأخضر.

5-1 أهداف الدراسة:

تتمثل أهداف الدراسة فيما يلي:

- توضيح المفاهيم النظرية للأمن الطاقوي والتحول الطاقوي؛
- تشخيص واقع قطاع الطاقة في الجزائر وتحدياته؛

- إبراز أبعاد الترابط بين التحول الطاقوي والأمن الطاقوي؛
- صياغة توصيات عملية لتحسين فعالية مسار التحول وضمان الأمن الطاقوي المستدام.

6-1 منهج الدراسة:

من أجل الإجابة على الإشكالية المطروحة واختبار صحة الفرضيات الموضوعة اعتمدنا على المنهج الوصفي التحليلي من خلال عرض واقع التحول الطاقوي في الجزائر ودوره في إعادة تشكيل المنظومة الطاقوية، من أجل الوصول الى تحقيق الأمن الطاقوي، مع التركيز على الرهانات والتحديات التي تقف أمام هذا المسعى، وذلك من خلال الخطة التالية:

1. مقدمة
2. الإطار المفاهيمي للأمن الطاقوي والتحول الطاقوي؛
3. واقع قطاع الطاقة وحتمية التحول الطاقوي في الجزائر؛
4. التحول الطاقوي في الجزائر لتحقيق الأمن الطاقوي: الرهانات والتحديات؛
5. الخاتمة.

2- الإطار المفاهيمي للأمن الطاقوي والتحول الطاقوي:

يعتبر التحول الطاقوي من مصادر الطاقة التقليدية إلى المتجددة خطوة أساسية لتحقيق الأمن الطاقوي المستدام، هذا التحول يقلل الاعتماد على الواردات الخارجية ويعزز الاستقلالية الطاقوية للدول، مما يمنحها مرونة أكبر للتعامل مع الأزمات الجيوسياسية. كما يساهم في استقرار أسعار الطاقة ويقلل من التقلبات المرتبطة بأسواق الطاقات التقليدية. كما أنّ هذا التحول يفتح آفاقا اقتصادية جديدة ويخلق فرص عمل في قطاعات التكنولوجيا الخضراء، مما يؤسس لمستقبل آمن ومستدام في مجال الطاقة. وفيما يلي سنحاول عرض مفهوم كل من الأمن الطاقوي والتحول الطاقوي.

2-1 مفهوم الأمن الطاقوي

2-1-1 تعريف الأمن الطاقوي

إنّ محاولة وضع تعريف محدد ومتفق عليه للأمن الطاقوي مهمة بالغة التعقيد، وهذا نظرا للتباين الواضح في فهم مفهوم الأمن الطاقوي بين الدول المصدرة والمستوردة للطاقة، بالإضافة إلى الاختلافات القائمة بين الدول ضمن التكتلات الطاقوية ذاتها، وفيما يلي بعض التعريفات للأمن الطاقوي:

يمكن تعريف الأمن الطاقوي بأنه الوضع الذي تضمن فيه الدولة ومعظم مواطنيها ومؤسساتها الحصول على احتياجاتها من مصادر الطاقة بكميات كافية وبتكلفة مقبولة في المدى المنظور، مع الحماية من المخاطر الجسيمة التي قد تؤدي إلى انقطاع كبير في الخدمة. كما يفهم الأمن الطاقوي أيضا على أنه الحالة التي يحصل فيها الأفراد والقطاعات الاقتصادية على إمدادات طاقوية مستقرة وبأسعار ملائمة في الأمد المتوسط، دون التعرض لخطر الانقطاع. بالإضافة إلى ذلك، يشير المفهوم إلى القدرة على توفير منتجات الطاقة اللازمة للاستعمالات المنزلية والتجارية والخدمات الحيوية والبنية التحتية الأساسية، بما في ذلك المستشفيات والمؤسسات التعليمية وأجهزة الأمن والدفاع الوطني. (لعجال، 2020)

يعرف الأمن الطاقوي بأنه عملية إنتاج واستهلاك الطاقة على نحو مستدام وبتكاليف مقبولة، بما يدعم النمو الاقتصادي ويعزز الوصول إلى خدمات الطاقة المختلفة، بما يشمل مصادر الطاقة المتطورة والمتجددة. كما يفهم الأمن الطاقوي على أنه ضمان توفر إمدادات طاقوية مستمرة ومستدامة وموثوقة بأسعار معقولة. (دراج و بركان، 2024)

وتعرفه الوكالة الدولية للطاقة بأنّه ضمان التوفر المستمر لمصادر الطاقة بتكاليف مقبولة دون حدوث انقطاعات، ويتضمن الأمن الطاقوي بعدين زمنيين متكاملين: البعد طويل المدى الذي يهتم بشكل أساسي بضرورة توجيه الاستثمارات في التوقيت الصحيح لضمان إمدادات الطاقة المطلوبة، بما ينسجم مع التنمية الاقتصادية والمتطلبات البيئية. أمّا البعد قصير المدى فيركز على مرونة أنظمة الطاقة وقدرتها على التكيف السريع مع التقلبات الطارئة في معادلة العرض والطلب. (بن النوي، 2021)

2-1-2 أبعاد الأمن الطاقوي

من خلال التعريفات السابقة، يمكننا استنتاج أربعة أبعاد رئيسية للأمن الطاقوي، وهي: (خوازم، 2022)

- **البعد الأول: التوافر:** يعنى هذا البعد بضمان وجود مصادر الطاقة وإمكانية حصول المستهلكين عليها، ويتطلب تحقيق التوافر إنشاء أسواق طاقوية فعّالة تسمح بالتبادل التجاري بين المنتجين والمستهلكين، كما أنّ نجاح هذه الأسواق مرهون بتوافق مصالح جميع الأطراف المعنية، سواء كانت تجارية أو اقتصادية أو سياسية أو استراتيجية، مما يجعل التوازن في المصالح المتبادلة شرطا أساسيا لتحقيق الأمن الطاقوي؛
- **البعد الثاني: الموثوقية:** يركز على حماية خدمات الطاقة من الانقطاعات والاضطرابات، نظرا لأهمية الطاقة الحاسمة في النشاط الاقتصادي والحياة اليومية، إذ تشمل استراتيجيات تعزيز الموثوقية عدة عناصر منها: تنويع مصادر الإمداد وسلاسل التوريد، تطوير قدرات احتياطية للشبكات والبنية التحتية، إدارة الطلب لتخفيف الضغط على الأنظمة، بناء مخزونات طوارئ، تطوير بنية تحتية إضافية، وتحسين تدفق المعلومات في الأسواق؛
- **البعد الثالث: القدرة على التحمّل المالي:** يواجه حوالي 1.8 مليار شخص عالميا ما يعرف بفقر الطاقة، إذ لا يقتصر هذا البعد على مستوى الأسعار فحسب، بل يشمل قدرة المستهلكين على التعامل مع التقلبات المفاجئة في الأسعار التي قد تؤدي إلى أزمات اقتصادية واجتماعية وسياسية، كما أنّ عدم استقرار أسعار النفط يخلق حلقة مفرغة تعيق الاستثمارات في قطاع الإنتاج وتزيد من عدم اليقين حول الإمدادات المستقبلية؛
- **البعد الرابع: الاستدامة البيئية:** أضحت الاعتبارات البيئية جزءا لا يتجزأ من مفهوم الأمن الطاقوي المعاصر، فنظرا لطول عمر البنية التحتية الطاقوية، فإنّ القرارات الحالية تترك تأثيرات طويلة الأمد على أساليب إنتاج واستخدام وتخزين الطاقة، كما أنّ تعزيز الأمن الطاقوي دون مراعاة الاستدامة قد يؤدي إلى تفاقم تغير المناخ، والذي بدوره سيؤثر سلبا على أنظمة الطاقة نفسها.

3-1-2 محددات الأمن الطاقوي:

يتأثر الأمن الطاقوي بعدة محددات أساسية تفرض على الدول تطوير استراتيجيات طاقوية شاملة على المستويين المحلي والدولي، تشمل هذه المحددات المؤثرة ما يلي: (بن حمزة، 2021)

- **التحديات الطبيعية والجغرافية:** تتضمن تمركز مصادر الطاقة في مناطق جغرافية غير مستقرة معرضة للكوارث الطبيعية كالأعاصير والبراكين، بالإضافة إلى وجود شبكات نقل طاقوية غير محصنة بشكل كافي؛
- **الخلل في التوازن بين العرض والطلب:** يشهد السوق العالمي للطاقة تزايدا مستمرا في الطلب، خاصة من الاقتصادات الناشئة مثل الصين والهند، في حين أن الإنتاج العالمي من المصادر التقليدية لا يواكب هذا النمو المتسارع، بحيث تشير التوقعات إلى استمرار هذا التزايد في الاستهلاك العالمي للطاقة حتى عام 2040؛
- **القيود المفروضة على الإمدادات:** تنقسم هذه القيود إلى فئتين: القيود الطبيعية الناجمة عن نضوب المصادر غير المتجددة، والقيود المصطنعة التي تفرضها الحكومات أو المنتجون من خلال المقاطعات أو الحظر أو وقف الإمدادات لأسباب سياسية أو اقتصادية؛
- **التهديدات الأمنية:** تستهدف التنظيمات الإرهابية والمجموعات المسلحة مرافق الطاقة والبنية التحتية المرتبطة بها، مما يهدد استقرار الإمدادات؛
- **تحديات الشركات العالمية:** تواجه شركات الطاقة الدولية ثلاثة تحديات رئيسية: تدهور صورتها في الدول المنتجة، التعرض لتهديدات أمنية تطال موظفيها ومرافقها، والمخاطر السياسية التي قد تؤدي إلى إلغاء العقود أو تغيير شروط الاستثمار؛
- **التحولات السياسية في الدول المنتجة:** تؤثر التغيرات السياسية والأمنية في الدول المنتجة على قدرتها في الحفاظ على السيطرة على مناطق الإنتاج والوفاء بالتزاماتها في السوق العالمي؛

- **سياسات الدول المنتجة:** يؤدي الاعتماد المفرط على العائدات النفطية دون تنويع الاقتصاد أو تطوير بدائل طاقوية محلية إلى إضعاف الأمن الطاقوي للدول المنتجة نفسها، مما يحولها إلى اقتصادات ريعية هشة.

2-2 مفهوم التحول الطاقوي

1-2-2 تعريف التحول الطاقوي

يعرف التحول الطاقوي بأنّه عملية تحويل جذرية لأنظمة إنتاج واستهلاك الطاقة على مستوى العالم، حيث يهدف إلى تقليل الاعتماد التدريجي على مصادر الطاقة الأحفورية التقليدية والتحول نحو استخدام مزيج طاقوي أكثر استدامة وأقل إضرارا بالبيئة من خلال زيادة الإعتماد على الطاقات المتجددة، فقد شهدت البشرية تحولات طاقوية متعددة عبر التاريخ، بدءا من الانتقال من الفحم الحجري إلى النفط والغاز الطبيعي، وصولا إلى إدخال الطاقة النووية للاستخدامات السلمية. وفي هذا السياق، تجدر الإشارة إلى أن اعتماد مصادر طاقوية حديثة لا يعني بالضرورة التخلي الكامل عن المصادر التقليدية، بل يتم الاحتفاظ بها وفقا لعوامل التوفر والجدوى الاقتصادية والاعتبارات البيئية. كما يعتبر التحول الطاقوي ركيزة محورية في مسيرة الانتقال البيئي الشامل، إذ يسعى إلى استبدال الأنظمة المعتمدة على الموارد القابلة للنضوب بأخرى تستند في أساسها على الموارد المتجددة والمستدامة، ويتضمن هذا المسعى البحث عن بدائل قابلة للاستمرار طويل الأمد للوقود الأحفوري المحدود، إلى جانب التوسع في استخدام الطاقة النووية، بحيث يكون الهدف الأساسي من هذا التحول هو الإحلال المرحلي والمدروس للطاقة التقليدية بمصادر متجددة، مما يسهم في دفع عجلة التنمية المستدامة إلى الأمام. وقد تختلف خصائص ومعالم هذا التحول من دولة إلى أخرى بناء على عدة عوامل منها: التركيبة الطاقوية المتاحة محليا، والإمكانيات الاقتصادية والتكنولوجية، فضلا عن السياسات الحكومية المتبعة في هذا المجال. إن االتحول الطاقوي عبارة عن رحلة طويلة ومتشعبة التعقيدات، تتطلب توفر عوامل من أهمها: الإرادة السياسية القوية، والظروف الاقتصادية والبيئية المناسبة، وأنظمة الحكم الفعالة، وثقافة مجتمعية داعمة، بالإضافة إلى التطورات والتقلبات في أسواق الطاقة الأحفورية والمتجددة على حد سواء. (زيتوني و العمري، 2025)

2-2-2- دوافع التحول الطاقوي

تتعدد العوامل المحورية التي تدفع نحو التحول الطاقوي والاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة، ويمكن تلخيصها في النقاط التالية: (عبدات و دعاس، 2021)

- **التحديات المناخية:** أدى التطور الاقتصادي المتسارع منذ بداية العصر الصناعي إلى تزايد الاستهلاك المكثف للوقود الأحفوري لتلبية متطلبات الصناعات المختلفة، فنتج عن هذا الاستهلاك انبعاثات ضخمة من الغازات المسببة للاحتباس الحراري، مما أسفر عن ارتفاع متوسط درجة حرارة الكوكب بمقدار 1.2 درجة مئوية مقارنة بمستويات ما قبل الثورة الصناعية، هذا الارتفاع سبب ظاهرة الاحتباس الحراري التي ترتب عليها كوارث طبيعية متكررة، واضطرابات في النظم البيئية، وتدهور في الأوضاع المعيشية والصحية للسكان؛
- **النمو الاقتصادي المتزايد:** شهدت الاقتصادات العالمية نموا مستداما عبر العقود الماضية، مما انعكس في صورة طلب متزايد على مصادر الطاقة باعتبارها عنصرا حيويا لاستمرارية التنمية. هذا الطلب المتنامي يؤدي إلى استنزاف المصادر الطاقوية المحدودة، مما يهدد حقوق الأجيال القادمة في الاستفادة من هذه الموارد؛
- **عدم استقرار أسواق النفط:** تعد التقلبات الحادة وعدم الاستقرار في أسعار النفط من أبرز الدوافع التي تحث الدول المستهلكة على البحث عن مصادر طاقوية بديلة ومستقرة التكلفة، بما يضمن أمن إمداداتها الطاقوية؛
- **تزايد الوعي البيئي المجتمعي:** تطورت القضايا البيئية من مجرد اهتمامات حكومية محلية إلى قضايا مجتمعية شاملة تشغل بال المواطنين في جميع أنحاء العالم، ويتجلى هذا في تصاعد الحراك الشعبي والاحتجاجات المطالبة بمراجعة الاستراتيجيات الطاقوية، وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، والتحول السريع نحو مصادر الطاقة النظيفة. كما تبرز

أهمية الفعاليات التي ينظمها النشطاء البيئيون خلال قمم المناخ السنوية والضغط الذي تمارسه المنظمات البيئية لتشكيل رأي عام داعم للتحول الطاقوي السريع؛

- **تلبية الطلب المتزايد وتعزيز الأمن الطاقوي:** من المتوقع أن يشهد الطلب العالمي على الطاقة نموا ملحوظا في السنوات القادمة، حيث تشير الدراسات إلى زيادة قدرها حوالي 25% بحلول عام 2040، فتوفير بدائل للوقود الأحفوري سيساهم في تخفيف الضغط على المصادر التقليدية وتعزيز الأمن الطاقوي على المستوى العالمي.

3- واقع قطاع الطاقة وحتمية التحول الطاقوي في الجزائر

تظهر البيانات الاقتصادية الحديثة أن الجزائر تصنّف ضمن الدول المنتجة للطاقة بدرجة أكبر من كونها مستهلكة لها. فقد شهد إنتاج واستهلاك الطاقة غير المتجددة في الجزائر تطورا ملحوظا منذ الاستقلال وحتى يومنا هذا، حيث تكشف هذه البيانات عن ارتفاع في مستويات الإنتاج، لا سيما في أهم مصدرين للطاقة وهما: النفط والغاز الطبيعي.

1-3 واقع الطاقة التقليدية في الجزائر

شهد قطاع النفط في الجزائر تطورا ملحوظا عبر العقود، إذ بلغ إنتاج البلاد من النفط الخام والمكثفات والغاز المسال نحو 1.12 مليون برميل يوميا في نهاية سنة 2024، بعد أن كان في ذروته خلال الفترة 2006–2008 حين تجاوز 1.7 مليون برميل يوميا. وقد عرف الإنتاج تراجعا تدريجيا في السنوات الأخيرة بسبب تقادم بعض الحقول وضعف الاستثمارات في عمليات التنقيب، رغم بقاء الاحتياطات المؤكدة مستقرة عند حوالي 12.2 مليار برميل. في المقابل، يشهد الاستهلاك المحلي للمنتجات النفطية ارتفاعا مستمرا نتيجة نمو الطلب الداخلي على الطاقة، حيث بلغ استهلاك الديزل نحو 10.9 ملايين طن والبنزين 3.57 ملايين طن خلال سنة 2024، بزيادات تتراوح بين 5 و6٪ مقارنة بعام 2023، كما ارتفع استهلاك الغاز البترولي المسال إلى حوالي 1.8 مليون طن. ويعكس هذا التزايد المتواصل في الطلب الداخلي توسع النشاط الاقتصادي وتحسن مستويات المعيشة، مقابل استقرار أو تراجع نسبي في مستويات الإنتاج الوطني من النفط الخام، امّا بخصوص قطاع الغاز الطبيعي في الجزائر، فقد شهد تطورا واضحا خلال السنوات الأخيرة، إذ بلغ الإنتاج نحو من 100 إلى 102 مليار متر مكعب سنويا في 2023 بعد أن تراوح بين 80 و95 مليار متر مكعب خلال الفترة 2018–2022، وتسعى السلطات إلى رفعه إلى 200 مليار متر مكعب سنويا في السنوات القادمة لتلبية الطلب الداخلي المتزايد وتعزيز الصادرات. في المقابل، ارتفع الاستهلاك المحلي بشكل ملحوظ ليبلغ حوالي 51.7 مليون طن مكافئ نفط في 2022، حيث يوجَّه نحو 66٪ منه إلى الاستخدام المنزلي والقطاع الخدمي والزراعة، بينما يستهلك القطاع الصناعي النسبة المتبقية، مع مساهمة مهمة لإنتاج الكهرباء في هذا الطلب. ويعزى هذا الارتفاع إلى النمو السكاني والتوسع العمراني والصناعي، ما يجعل توازن الإنتاج والاستهلاك تحديا استراتيجيا يتطلب استثمارات إضافية في التنقيب والبنى التحتية، إلى جانب سياسات لترشيد الاستهلاك وتحسين كفاءة استخدام الطاقة. (زيتوني و العمري، 2025)

2-3 دوافع التحول الطاقوي في الجزائر

تمتلك الجزائر موارد ضخمة فيما يتعلق بالطاقات المتجددة، مما يضعها في موقع استراتيجي متميز للريادة في الانتقال من الوقود الأحفوري نحو مصادر طاقة أكثر نظافة وكفاءة. غير أن عملية التحول الطاقوي تواجه العديد من العقبات، إذ بالإضافة إلى تزايد الطلب على الطاقة، يمكن إرجاع الدوافع الأساسية للتحول الطاقوي في الجزائر إلى ما يلي: (دراج و بركان، 2024)

1-2-3 تراجع احتياطات النفط: في أعقاب تأكيد التقارير الحكومية الجزائرية على تراجع احتياطيات النفط والغاز الطبيعي، لجأت الحكومة الجزائرية إلى توقيع عدة اتفاقيات مع شركات دولية متخصصة بهدف استكشاف وتقييم احتياطيات الغاز الصخري، والمقدر مبدئيا ب 707 تريليون قدم مكعب، وهو ما يضع الجزائر في المرتبة الثالثة على المستوى العالمي؛

2-2-3 الالتزام بالتحكم في التغير المناخي: تسعى الجزائر إلى الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة عبر تطبيق برنامجها الوطني للطاقات المتجددة، مع خفض معدلات استهلاك الطاقة من خلال تعزيز الكفاءة الطاقوية في عدة قطاعات حيوية، تشمل

قطاع البناء لا سيما فيما يتعلق بالعزل الحراري للمساكن الجديدة المشيدة ضمن البرنامج الوطني الموسع للسكن، وقطاع النقل من خلال تحويل مليون مركبة و20 ألف حافلة للعمل بغاز البترول المسال، بالإضافة إلى تطوير "السد الأخضر" عبر البرنامج الوطني للتشجير وإعادة التشجير، ومواصلة تنفيذ برنامج إنشاء أكثر من 75 سدا وترشيد استخدام الموارد المائية الذي انطلق منذ عام 2000، كما تستهدف في مجال إدارة النفايات بحلول عام 2030 بناء صناعة متكاملة لاسترجاع النفايات وتثمينها من خلال تطوير شبكة من المؤسسات الصغيرة والمتوسطة المتخصصة في هذا المجال؛

3-2-3 تحقيق التنمية المستدامة من خلال اعتماد الطاقات البديلة: عملت الجزائر على تعزيز التنمية المستدامة عبر استراتيجية وطنية لتطوير الطاقات النظيفة تهدف إلى الحفاظ على الموارد الوطنية وتنميتها، وتطوير الصناعة في مجال الطاقات المتجددة، وخلق فرص عمل جديدة، والانتقال من الاقتصاد الريعي نحو التنويع الاقتصادي. وقد تم ذلك من خلال وضع رؤية استراتيجية تمتد حتى عام 2030، تتجسد في برنامج وطني للطاقات المتجددة دخل حيز التنفيذ وحظي بالأولوية منذ فبراير 2011.

3-3 مكاسب تجسيد التحول الطاقوي في الجزائر

تعتمد الجزائر كدولة طاقة من الدرجة الأولى على الموارد التقليدية في تمويل برامج التنمية، مما يعرضها لمخاطر استنزاف هذه الموارد. هذا الوضع يستدعي ضرورة ملحة لتطوير برنامج متكامل يحسّن كفاءة استخدام الطاقة ودمج مصادر الطاقة المتجددة، لمواجهة التحديات المستقبلية، من الفوائد المتوقعة من الاستثمار في الطاقات المتجددة: (غواس و كعوان، 2021)

- توفير فرص عمل من خلال إنشاء شركات محلية متخصصة في تطوير وتصنيع تكنولوجيات الطاقة النظيفة، وقدأظهرت الدراسات الوطنية أن هناك إمكانية توفير العديد من فرص العمل في القطاعات المرتبطة بالاقتصاد الأخضر؛
- يفتح الاستثمار في الطاقة المتجددة آفاقا واسعة للتعاون الإقليمي والدولي وتشجيع الشراكات الابتكارية بين مختلف الجهات المعنية. نظرا لما تتمتع به منطقة الصحراء الكبرى من إمكانيات طبيعية وجغرافية ملائمة، يمكن تحقيق الاستفادة المتبادلة مع الدول الأوروبية في مجال تبادل تكنولوجيات الطاقة المتجدد؛
- يساهم الاستثمار في الطاقات النظيفة في تحقيق الأمان الطاقوي والفعالية من خلال تنويع مصادر الطاقة وتقليل الاعتماد على المصادر التقليدية، مما يسهم في تقليل الالتزامات البيئية والمحافظة على البيئة واتجاه الاقتصاد نحو نموذج أكثر استدامة؛
- إن التطبيق الواسع لتكنولوجيات الطاقة النظيفة في مختلف القطاعات الاقتصادية، وخاصة في الصناعة والزراعة والإسكان والمشاريع العامة ومعالجة المياه والصرف الصحي والقطاعات ذات الصلة، سيمكّن الجزائر من تقليل اعتمادها على مصادر الطاقة غير المتجددة بشكل كبير.

4- التحول الطاقوي في الجزائر لتحقيق الأمن الطاقوي: الرهانات والتحديات

يواجه الانتقال الطاقوي في الجزائر صعوبات كبيرة لم تحل بعد، حيث تتشابك عدة عوامل داخلية وخارجية تعيق هذا التحول. فمن الناحية الداخلية، يشكل تزايد الطلب المحلي على الطاقة إلى جانب ارتفاع استهلاك النفط والغاز عبئا حقيقيا على احتياطيات الدولة. أما خارجيا، فإن التحولات الجارية في أسواق الطاقة العالمية، وخاصة التوجه نحو مصادر الطاقة المتجددة، تفرض على الحكومة ضرورة التحرك السريع لمواكبة هذه التغييرات التي من شأنها تعزيز إمكانيات الدولة في مجال الطاقات البديلة.

1-4 الجهود المبدولة لتحقيق التحول الطاقوي في الجزائر

إعتمدت الجزائر عند تبني التحول الطاقوي على استراتجية ذات شقين: الأول قانوني والشق الثاني تنظيمي ومؤسساتي، حيث يمكن تلخيصهما فيما يلي: (عبدات و دعاس، 2021)

1-1-4 الإطار القانوني للتحول الطاقوي:

تتضمن التشريعات الجزائرية المتعلقة بالطاقات المتجددة عدة قوانين أساسية:

- القانون رقم 09/99: صدر في 28 جويلية 1999 ويعتبر الإطار التشريعي الرئيسي الذي يحدد السياسة الوطنية لمجال الطاقة ويوضح الآليات التي تحكم هذا القطاع؛
- القانون رقم 01/02: أقر في فبراير 2002 ويتناول توزيع الكهرباء والاتصالات، وتضمن إجراءات تشجيعية لإنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة النظيفة؛
- المرسوم التنفيذي رقم 92/04: صدر في 25 مارس 2004 ويهتم بتنويع مصادر إنتاج الكهرباء وتقديم حوافز للكهرباء المنتجة من الطاقات المتجددة؛
- القانون رقم 09/04: أصدر في 14 أغسطس 2004 ويتعلق بتطوير الطاقات المتجددة كجزء من التنمية المستدامة، وينص على إنشاء برنامج وطني وهيئة متخصصة لتطوير وترقية قطاع الطاقات المتجددة.

4-1-2 الإطار التنظيمي والمؤسساتي

بدأت الجزائر اهتمامها بالطاقات المتجددة منذ 1980، وأنشأت خمسة مراكز تنموية وتجريبية توفر الدعم العلمي والتكنولوجي والتصنيع لبرامج التطوير في هذا المجال، بحيث تم إنشاء عدة هيئات مؤسسية متخصصة للإشراف على هذه الجهود:

- مركز تطوير الطاقات المتجددة (CDER)
- وحدة تطوير التجهيزات الشمسية (UDES)
- وحدة تطوير تكنولوجية السيليسيوم (UDTS)
- مؤسسة نيو إنرجيا الجزائريا (New Energy Algeria)
- وحدة البحث في الطاقات المتجددة بالمحيط الصحراوي بأدرار.

كما صممت الجزائر برنامجا طموحا لتطوير الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية (2011-2030)، يقوم على تنويع مصادر الطاقة وتأمين الموارد المستدامة. تم تعديل البرنامج في 2015 ليتوافق مع الأهداف العالمية للتنمية المستدامة

4-2 رهانات وتحديات التحول الطاقوي في الجزائر

على الرغم من الجهود الكبيرة التي تبذلها الجزائر لخلق بيئة مواتية تمكّن من الانتقال نحو تطوير مصادر الطاقة المتجددة وتحقيق رهاناتها البرامجية والخطط الاستراتيجية الوطنية، إلا أنها تواجه عراقيل متعددة تحد من الإمكانيات الفعلية لمساهمة المصادر المتجددة. وبشكل طبيعي، ترتبط هذه التحديات بالحلول المتاحة لمعالجتها.

4-2-1 رهانات التحول الطاقوي

تتمثل رهانات التحول الطاقوي في الجزائر فيما يلي: (عواطف، 2021)

1- التنويع الاقتصادي والاستدامة المالية: الجزائر تعتمد بشكل كبير على عائدات النفط والغاز الطبيعي التي تشكل أكثر من 90% من صادراتها و70% من ميزانيتها الحكومية. هذا الاعتماد الحادّ يعرّضها لتقلبات أسعار الطاقة العالمية والأزمات الاقتصادية. التحول الطاقوي يوفر فرصة ذهبية لتنويع قاعدة الاقتصاد من خلال تطوير قطاعات إنتاجية جديدة، فبدلا من الاعتماد على موارد ناضبة، يمكن للجزائر بناء اقتصاد معرفي وتقني يعتمد على الابتكار والصناعات الخضراء. هذا يوفر استقرارا اقتصاديا طويل الأجل ويقلل من هشاشة الاقتصاد الوطني أمام الصدمات الخارجية؛

2- تحقيق الأمن الطاقوي والاستقلالية: الطلب المحلي على الكهرباء في الجزائر ينمو بمعدل 5-6% سنويا بسبب النمو السكاني والتوسع الحضري والصناعي. في الوقت ذاته، احتياطيات الغاز الطبيعي تتناقص تدريجيا، هذا يعني أن الجزائر قد تواجه نقصا في الطاقة في المستقبل القريب، لتأتي الطاقات المتجددة لتوفر حلا مستديما لتلبية الطلب المتزايد، خاصة الطاقة الشمسية التي تتمتع بها الجزائر بوفرة استثنائية (تلقي المنطقة الصحراوية أكثر من 2000 ساعة شمسية سنويا)، هذا يضمن الاستقلالية الطاقية ويقلل الضغط على الموارد التقليدية، مما يسمح للجزائر بتصدير كميات أكبر من النفط والغاز وتحقيق عائدات أكبر؛

3- فرص الاستثمار والتشغيل: قطاع الطاقات المتجددة يفتح آفاقا واسعة للاستثمارات المحلية والأجنبية، حيث تطوير مشاريع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح يتطلب استثمارات ضخمة، مما يجذب رأس المال الأجنبي ويعزز النقل التكنولوجي. فهذا يخلق فرص عمل جديدة ليس فقط في الإنشاء والتشغيل، بل أيضا في الصناعات المساعدة مثل تصنيع الألواح الشمسية والمحولات والبطاريات. التقديرات تشير إلى أن قطاع الطاقات المتجددة يمكن أن يوفر عشرات آلاف فرص العمل في السنوات القادمة، خاصة للشباب المتعلم والمهندسين؛

4- الحماية البيئية والصحة العامة: الاعتماد على الوقود الأحفوري يسبب تلوثا هائلا للهواء والماء والتربة، حيث أنّ الجزائر تعاني من مستويات عالية من التلوث الهوائي خاصة في المناطق الحضرية الكبرى مثل الجزائر العاصمة، سكيكدة، ووهران. هذا التلوث يؤدي لأمراض تنفسية وقلبية ويزيد من معدلات الوفيات. التحول للطاقات النظيفة يقلل الانبعاثات الغازية الضارة وبالتالي يحسّن جودة الهواء ويحمي صحة السكان. كما أن الطاقات المتجددة لا تنتج نفايات خطرة مثل النفايات النووية أو النفايات الكيميائية؛

5- المسؤولية البيئية والالتزامات الدولية: الجزائر وقّعت على اتفاقية باريس للمناخ والتزمت بتقليل انبعاثاتها الغازية بنسبة معينة. الطاقات المتجددة هي الأداة الأساسية لتحقيق هذه الالتزامات الدولية. بالإضافة لذلك، التحول الأخضر يعزز سمعة الجزائر دوليا وقد يفتح بابا لتمويل إضافي من صناديق المناخ والمؤسسات الدولية؛

6- التموضع كقوة عالمية في الطاقات النظيفة: الجزائر تمتلك أحد أعظم الإمكانيات الشمسية في العالم. الصحراء الجزائرية الشاسعة توفر مساحات ضخمة مناسبة لمشاريع الطاقة الشمسية واسعة النطاق، إذا استطاعت الجزائر تطوير هذا القطاع بكفاءة، يمكنها أن تصبح مركزا إقليميا ودوليا للطاقات المتجددة، وحتى تصدر الكهرباء النظيفة إلى دول أوروبا عبر كابلات بحرية، مما يولد عائدات اقتصادية إضافية.

2-2-4 تحديات التحول الطاقوي في الجزائر

ويمكن تصنيف هذه التحديات الى ما يلي: (غواس و كعوان، 2021)

أولا: التحديات المالية والاستثمارية

- **حجم الاستثمارات المطلوبة:** تطوير قطاع الطاقات المتجددة في الجزائر يتطلب استثمارات ضخمة تُقدر بعشرات المليارات من الدولارات. الخطة الوطنية للطاقات المتجددة تستهدف إنتاج 15000 ميجاوات من الطاقة المتجددة بحلول 2035، وهذا يتطلب استثمارات هائلة؛
- **محدودية التمويل المحلي:** الجزائر تعاني من أزمة مالية مزمنة. الاحتياطيات الأجنبية انخفضت بشكل كبير، وعجز الميزانية العامة متكرر. هذا يحد من قدرة الحكومة على تمويل المشاريع الضخمة من موازنتها الخاصة. البنوك المحلية تفتقر أيضاً للموارد الكافية للقروض الكبيرة بشروط ميسرة؛
- **لحصول على التمويل الدولي:** الجزائر تحاول الحصول على تمويل من المؤسسات الدولية مثل البنك الدولي وصندوق النقد الدولي والبنك الأفريقي للتنمية. لكن هذا التمويل يأتي عادة بشروط صارمة وسياسات إصلاح اقتصادي قد لا تتوافق مع الأولويات الوطنية. كما أن الفوائد والرسوم تزيد من تكاليف المشاريع؛
- **الجدوى الاقتصادية:** الطاقات المتجددة حالياً أغلى من الطاقات التقليدية في كثير من الحالات. العائد على الاستثمار قد يكون طويل الأجل، مما يثني المستثمرين الخواص الذين يبحثون عن أرباح سريعة. هناك حاجة لآليات دعم حكومية مثل الدعم السعري أو الضرائب المشجعة للجعل المشاريع جاذبة اقتصاديا.

ثانيا: التحديات التقنية والتكنولوجية

- **نقص الخبرات والكفاءات:** الجزائر تفتقر للعدد الكافي من المهندسين والتقنيين المتخصصين في الطاقات المتجددة، إذ أنّ نظام التعليم العالي لم يواكب سرعة التطور التكنولوجي في هذا المجال، وبالتالي هناك حاجة لبرامج تدريب مكثفة وإعادة تأهيل للموارد البشرية؛

- **ضعف البنية التحتية:** الشبكات الكهربائية الحالية لم تصمم لاستيعاب كميات كبيرة من الطاقات المتجددة المتذبذبة (الشمس والريح)، لهذا هناك حاجة لاستثمارات إضافية في تحديث الشبكات وتطوير أنظمة ذكية للتحكم والتوازن؛
- **عدم توفر التكنولوجيا المتقدمة:** الجزائر تعتمد على استيراد الألواح الشمسية والمحولات والمكونات الأخرى من الخارج بأسعار مرتفعة، فبناء صناعة محلية لتصنيع هذه المكونات يتطلب استثمارات ضخمة ونقل تكنولوجي. كما أن التكنولوجيات الحديثة (البطاريات عالية الكفاءة، الخلايا الشمسية من الجيل الجديد) غير متاحة بسهولة؛
- **تخزين الطاقة:** الطاقات المتجددة مثل الشمس والريح غير مستقرة (لا تعمل 7/24)، والحل يتطلب أنظمة تخزين متقدمة مثل البطاريات الكبيرة أو محطات الضخ والتخزين المائي، لكن هذه التكنولوجيات مكلفة جدا وغير متوفرة بالشكل الكافي.

ثالثا: التحديات المؤسسية والإدارية

- **ضعف التنسيق الحكومي:** هناك عدة وزارات وهيئات متورطة في قطاع الطاقة (وزارة الطاقة، وزارة الصناعة، وزارة البيئة، الهيئة الوطنية للكهرباء والغاز، إلخ). نقص التنسيق بينها يؤدي لتضارب في السياسات والاستراتيجيات وضياع الموارد؛
- **البيروقراطية والإجراءات الطويلة:** الإجراءات الإدارية معقدة وتأخذ وقتا طويلا، بحيث الحصول على التراخيص والموافقات لبناء مشروع جديد قد يستغرق سنوات، مما يؤخر المشاريع ويزيد من تكاليفها؛
- **عدم استقرار الإطار القانوني:** القوانين والتنظيمات المتعلقة بالطاقات المتجددة غير مستقرة وتتغير بتكرار، الشيء الذي يخلق عدم يقين للمستثمرين، كون المستثمر الأجنبي يريد بيئة قانونية واضحة ومستقرة تضمن عوائده؛
- **ضعف الكفاءة الإدارية:** بعض الهيئات الحكومية تعاني من كفاءة إدارية منخفضة وفساد إداري، مما يؤثر على تنفيذ المشاريع وإدارة الموارد بكفاءة.

رابعا: المقاومة والمصالح المكتسبة

- **مقاومة القطاع الهيدروكربوني التقليدي:** الشركات والجهات العاملة في استخراج وتصدير النفط والغاز تملك نفوذا سياسيا واقتصاديا قويا. أي تحول بعيدا عن الطاقات التقليدية يمثل تهديدا مباشرا لمصالحهم. هذه الجهات قد تقاوم بنشاط السياسات التحويلية؛
- **المصالح الاقتصادية المكتسبة:** هناك طبقة من الشركات والأفراد استفادوا من النظام الطاقوي الحالي (مقاولون، وسطاء، موظفون). التحول قد يهدد وظائفهم ومصادر دخلهم، فيقاومونه؛
- **التأثير على المجتمعات المحلية:** مشاريع الطاقة الجديدة قد تؤثر على المجتمعات المحلية (اختلال الأراضي الزراعية، تأثر الحياة البرية، الضوضاء). المجتمعات المحلية قد تقاوم إذا لم تستشر بشكل حقيقي أو إذا لم تحصل على فوائد كافية.

خامسا: تحديات البنية التحتية والشبكات الكهربائية

- **ضعف شبكات النقل والتوزيع:** الشبكات الكهربائية الحالية في الجزائر عمرها كبير وتعاني من خسائر كبيرة في النقل والتوزيع (حوالي 15-20%)، وتطويرها يتطلب استثمارات ضخمة؛
- **عدم ملاءمة الشبكات الحالية:** الشبكات صممت للطاقات المركزية (محطات كهربائية كبيرة)، بينما الطاقات المتجددة موزعة ومتغيرة، مما يتطلب شبكات ذكية جديدة؛

- **مشاكل التوازن والاستقرار:** دمج كميات كبيرة من الطاقات المتجددة المتغيرة يصعب التحكم بالشبكة وتوازن الطاقة، مما قد يؤدي لانقطاعات؛
- **تكاليف إعادة البناء:** تحديث البنية التحتية تماما يتطلب استثمارات تكمل تلك المطلوبة للمشاريع نفسها، مما يضاعف الأعباء المالية.

سادسا: التحديات المناخية والجغرافية

- **تقلب الطقس:** في بعض السنوات، قد تكون الأمطار غزيرة مما يقلل من الإشعاع الشمسي المباشر، كما أن العواصف الرملية والغبار قد تقلل من كفاءة الألواح الشمسية؛
- **عدم الاستقرار المناخي:** التغيرات المناخية تؤثر على أنماط الرياح والأمطار والحرارة، مما يجعل التنبؤ بكميات الطاقة المنتجة صعبا؛
- **الجغرافيا المتنوعة:** الجزائر تملك تنوعا جغرافيا واسعا (ساحل، جبال، صحراء)، فكل منطقة لديها إمكانيات وتحديات مختلفة. السواحل مناسبة لطاقة الرياح لكن هناك أثر بيئي على الطيور والحياة البحرية. الصحراء مثالية للطاقة الشمسية لكن البعد عن مراكز الاستهلاك يزيد تكاليف النقل؛
- **الأراضي المحدودة:** في حين أن الصحراء واسعة، أجزاء منها محمية أو ذات قيمة بيئية. التوسع في مشاريع الطاقة قد يتنازع مع الحفاظ على الطبيعة والتنوع البيولوجي.

5- الخاتمة.

يمثل الأمن الطاقوي أحد أعمدة الأمن القومي والاقتصادي للدول، لكنه يواجه تحديات عديدة نتيجة عدم التوازن في توزيع موارد الطاقة بين الدول المصدّرة والمستوردة، مما يستلزم إدارة حذرة وتوازنً دقيقا بين الاحتياجات المحلية والعالمية. وفي السياق المحلي، تتمتع الجزائر بموقع استراتيجي متميز كمصدّر رئيسي للغاز الطبيعي والنفط، لكنها تدرك حتمية التحول الطاقوي كضرورة لا مفر منها لتحقيق أمن طاقوي حقيقي ومستدام، خاصة مع تراجع الطلب العالمي على الموارد التقليدية للطاقة وتزايد الالتزامات المناخية الدولية. وبينما تتأثر سياسات الطاقة الجزائرية بعوامل جيوسياسية وسياسية متعددة، فإن الجزائر تحتاج إلى استراتيجية جريئة تجمع بين الاستفادة المثلى من موارد الطاقة الحالية والانتقال المنهجي نحو الطاقات المتجددة والنظيفة، مع تنويع الاقتصاد والاستثمار في قطاعات حقيقية بديلة، بما يحقق الاستقلالية الاقتصادية الحقيقية والأمن الطاقوي طويل الأجل ويحصن الدولة من التقلبات السوقية والأزمات الطاقية المستقبلية. وقد خلصت هذه الدراسة إلى مجموعة من النتائج الرئيسة، يمكن تلخيصها فيما يلي:

- تتجه غالبية الدول، ومن بينها الجزائر، إلى إحلال مصادر الطاقة الأحفورية بمصادر متنوعة من الطاقات المتجددة، لما تمتاز به من قدرة على التجدد الطبيعي واستدامة الإمدادات الطاقوية، مما يسهم في تحقيق أمن الطاقة على المدى الطويل. كما يتيح هذا التحول تعزيز معدلات النمو الاقتصادي ورفع مستوى المبادلات التجارية الدولية في قطاع الطاقة؛
- يندرج توجه الجزائر نحو الاستثمار المكثف في مجال الطاقات المتجددة ضمن رؤية استراتيجية تهدف إلى ترسيخ دورها كمصدر محوري للموارد الطاقوية، بما يضمن تحقيق مداخيل اقتصادية مستقرة ناتجة عن اقتصاد إنتاجي حقيقي ومستدام؛
- إن الموقع الجغرافي المتميز للجزائر، واتساع مساحتها، جعلاها من أكثر الدول غنىً بالمصادر الطبيعية للطاقات المتجددة، لا سيما الطاقة الشمسية. ويُعد هذا المورد أحد الركائز الأساسية التي تتيح للجزائر تحقيق تنويع اقتصادي فعّال، وتوفير إنتاج وفير يغطي الاحتياجات الوطنية، مع إمكانية تصدير الفوائض نحو الخارج، بما يضمن مداخيل معتبرة بالعملة الصعبة، ويسهم في الحدّ من التبعية المزمنة لقطاع المحروقات؛
- تسعى الجزائر خلال السنوات الأخيرة، وبوتيرة متسارعة، إلى تحقيق التنمية المستدامة عبر اعتماد سياسات بيئية مسؤولة تضمن حماية النظم الإيكولوجية والحفاظ على حقوق الأجيال القادمة في الاستفادة من الموارد الطبيعية. ويتم

ذلك من خلال تكثيف الاستثمارات في قطاع الطاقات البديلة، مع العمل على تعبئة وترقية الكفاءات البشرية الوطنية للوصول إلى مستويات عالية من الخبرة التقنية والاحترافية.

وبناء على ذلك، توصي الدراسة بما يلي:

- ضرورة تهيئة مناخ تشريعي وقانوني محفّز يوفر تسهيلات وإعفاءات ملائمة للفاعلين الاقتصاديين في مجال الطاقات المتجددة.
- منح الأولوية للبحث العلمي والتطوير التكنولوجي في ميدان الطاقات النظيفة، مع تخصيص التمويل الكافي وتشجيع مشاركة القطاع الخاص في هذا المجال الحيوي.
- اعتماد آليات متابعة ومراقبة دورية لمشاريع تطوير الطاقة الجديدة، مع تحيينها وفقا للمتغيرات الدولية والمستجدات التقنية.
- إجراء تقييمات دورية شاملة لسياسات تطوير الطاقات المتجددة، وتعديلها بما يتماشى مع التطورات العالمية ومتطلبات الاستدامة الاقتصادية والبيئية.

المصادر والمراجع:

1. حمزة خوازم. (2022). إشكالية الأمن الطاقوي بين متطلبات الاستهلاك المحلي وقيود الإنتاج: أي دور للطاقات المتجددة. *مجلة اقتصاد المال والأعمال، 6*(3)، 133-147.
2. سفيان غواس، و سليمان كعوان. (2021). إستراتجية الانتقال الطاقوي في ظل برنامج الطاقات المتجددة 2030 في الجزائر. *مجلة أرصاد للدراسات الإقتصادية والإدارية، 4*(1)، 171-188.
3. عادل زيتوني، و منير العمري. (2025). الانتقال الطاقوي كسبيل لتعزيز الأمن الطاقوي الجزائري. *مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية، 8*(1)، 530-548.
4. عائشة بن النوي. (2021). الامن الطاقوي في الجزائر: رؤية تحليلية للبرنامج الوطني للطاقات المتجددة للفترة ما بين 2011-2030. *مجلة البحوث القانونية والاقتصادية، 4*(2)، 283-303.
5. عبد الوهاب عبدات، و خليل دعاس. (2021). التحول الطاقوي في الجزائر: واقع ورهانات. *مجلة اقتصاد المال والأعمال، 6*(2)، 491-506.
6. عفيفة دراج ، و أنيسة بركان. (2024). التحول الطاقوي كخيار مستدام لأمن الطاقة -عرض حالة الجزائر-. *مجلة ابحاث اقتصادية معاصرة، 7*(1)، 173-188.
7. ليلى لعجال. (2020). الانتقال نحو الطاقة المتجددة كمقاربة لتحقيق الأمن الطاقوي بالجزائر. *المجلة الجزائرية للأمن والتنمية، 9*(16)، 162-176.
8. مومن عواطف. (2021). الأمن الطاقوي في الجزائر: الرهانات والتحديات. *المجلة الجزائرية للأمن والتنمية، 10* (3)، 121-136.
9. نبيل بن حمزة. (2021). الامن الطاقوي الجزائري: تأصيل نظري ايتيمولوجي. *المجلة الجزائرية للأمن والتنمية، 10* (3)، 79-93.

سياسات التحول الطاقوي المتبعة في بعض البلدان الرائدة في هذا مجال

Les politiques de transition énergétique adoptées par certains pays leaders dans ce domaine

أ.د. قمري زينة[1]
جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة
z.gomri@univ-skikda.dz

د. سوامس شيماء
جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة
souameschaimaa@gmail.com

ملخص

يشهد العالم تحولاً إيجابياً بفضل الطاقة الخضراء. فالتحديات البيئية والاقتصادية تدفع الدول إلى الاستثمار في التنمية المستدامة، مما يساهم في خلق فرص عمل وبناء مستقبل أفضل.

التحول الطاقوي يفتح آفاقاً اقتصادية جديدة ويوفر فرص عمل في قطاعات تعرف نمواً متسارعاً، كما أن الابتكار التكنولوجي، وتنوّع مصادر الطاقة، والتعبئة الدولية تمثل عناصرا أساسية لمواجهة تحدي التغيّر المناخي.

غير أن هذا التحول يتطلب الابتكار وسياسات جريئة. تهدف هذه الورقة البحثية إلى تسليط الضوء على السياسات المتبعة من طرف بعض الدول الرائدة في مجال التحول الطاقوي. تتصدر الدول الأوروبية ترتيب مؤشر انتقال الطاقة لعام 2024 الصادر عن المنتدى الاقتصادي العالمي؛ حيث جاءت السويد في المركز الأول، تلتها الدنمارك، ثم فنلندا، وسويسرا، وفرنسا، وذلك بفضل السياسات المختلفة المتبعة من طرف هذه الدول.

كلمات مفتاحية: التحول الطاقوي، الطاقات المتجددة، الطاقات الأحفورية

تصنيف JEL: P280, P180

Résumé

La transition énergétique représente une réponse essentielle aux défis environnementaux et économiques actuels. Elle ouvre de nouvelles perspectives de croissance durable, favorise l'innovation technologique et crée des emplois dans des secteurs en expansion. Toutefois, elle nécessite des politiques audacieuses et cohérentes. Cette étude analyse les stratégies adoptées par certains pays leaders dans la transition énergétique , notamment européens, tels que la Suède qui occupe la première place suivie du Danemark, la Finlande, la Suisse et la France, qui dominent l'Indice de transition énergétique 2024 publié par le Forum économique mondial grâce aux différentes politiques mises en œuvre par ces pays .

Mots-clés : transition énergétique, énergies renouvelables, énergies fossiles.
Classification JEL : P 180, P 280.

[1] أ.د. قمري زينة z.gomri@univ-skikda.dz

مقدمة

يُعدّ التحول الطاقوي من أبرز التحديات الكبرى التي يواجهها العالم في القرن الحادي والعشرين، إذ يمثّل استجابة ضرورية للتغيرات المناخية والضغوط البيئية والاقتصادية المتزايدة. يقوم هذا التحول على إعادة هيكلة أنماط إنتاج واستهلاك وتوزيع الطاقة، من خلال تقليص الاعتماد على الطاقات الأحفورية كالنفط والغاز والفحم، وتعزيز مكانة الطاقات المتجددة مثل الشمس والرياح والمياه والكتلة الحيوية. ويأتي هذا التوجه في ظل القناعة المتزايدة بأنّ النموذج التقليدي القائم على الوقود الأحفوري لم يعد قادراً على ضمان استدامة التنمية، بل أصبح سبباً رئيسياً في الانبعاثات المسببة للاحتباس الحراري وتدهور البيئة.

لا يقتصر التحول الطاقوي على إدماج مصادر نظيفة في المزيج الطاقوي فحسب، بل يشمل أيضاً تحسين كفاءة استخدام الطاقة، إدخال الابتكارات التكنولوجية، وتشجيع سلوكيات استهلاكية أكثر وعياً واستدامة. وتبرز أهمية هذا التحول في أبعاده المتعددة؛ فهو من جهة رهان بيئي يهدف إلى خفض الانبعاثات وحماية الموارد الطبيعية، ومن جهة أخرى رهان اقتصادي يعزز الأمن الطاقوي، يقلل التبعية للخارج، ويفتح آفاقاً جديدة للاستثمار والابتكار. كما يُعتبر بعداً اجتماعياً لما له من آثار إيجابية على الصحة العامة وجودة الحياة، فضلاً عن دوره في خلق فرص عمل خضراء مرتبطة بالاقتصاد المستدام.

غير أنّ هذا المسار يواجه عدة تحديات، أبرزها ارتفاع تكاليف الاستثمار الأولية، محدودية بعض التكنولوجيات الحديثة، والتفاوت بين الدول المتقدمة والنامية في القدرات التمويلية والمؤسساتية. ورغم هذه العقبات، فإنّ التحول الطاقوي أصبح خياراً إستراتيجياً وحضارياً لا غنى عنه، كونه يضمن توازناً بين متطلبات التنمية الحالية وحقوق الأجيال القادمة. ومن ثَمّ، فإنّ دراسته تحظى بأهمية بالغة لفهم رهاناته واستشراف آفاقه المستقبلية.

تعتمد بعض الدول على طاقة الرياح، والطاقة الشمسية، والطاقة الكهرومائية، والطاقة الحرارية الجوفية. وهي بذلك تبرهن على إمكانية العيش بشكل أفضل مع تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، وتوجّه العالم نحو مستقبل أكثر استدامة.

1.1 إشكالية الدراسة

من هذا المنطلق يمكن صياغة الإشكالية التالية:

ماهي سياسات التحول الطاقوي المتبعة في بعض البلدان الرائدة في هذا مجال؟

تندرج ضمن هذه الإشكالية عدد من الأسئلة التالية:

ما المقصود بالتحول الطاقوي؟

ما هي الطاقات المتجددة؟

ما هي التحديات التي يواجهها التحول الطاقوي؟

ما هي رهانات التحول الطاقوي؟

2.1. أهمية الدراسة

تنبع أهمية الدراسة من أهمية التحول الطاقوي كونه خيارا استرتيجيا وحضاريا لا غنى عنه، كما أنه يضمن توازنا بين متطلبات التنمية الحالية وحقوق الأجيال القادمة.

3.1. هدف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على بعض السياسات المتبعة في مجال التحول الطاقوي لبعض البلدان الرائدة في هذا المجال.

4.1. منهج الدراسة

بغرض الإجابة على الإشكالية والأسئلة الفرعية تم اتباع المنهج الوصفي في عرض بعض المفاهيم النظرية المتعلقة بمصطلحات الدراسة والمنهج التحليلي في عرض السياسات المتبعة في التحول الطاقوي وتحليلها.

5.1. الدراسات السابقة

- دراسة عباد نور شباط (2024)، التحول الطاقوي نحو استغلال الطاقة المتجددة: رهان تحقيق الأمن الطاقوي العالمي. مجلة أكاديميا للدراسات السياسية. هدفت هذه الدراسة إلى إثارة النقاش حول أهمية التحول الطاقوي نحو استغلال وتطوير مصادر الطاقات المتجددة والتي بإمكانها تحقيق الأمن الطاقوي العالمي الذي مهددا ومحاطا بمجموعة من التحديات والظروف ساهمت في تزايد حدة التنافس الجيوستراتيجي الدولي لتأمين مصادر الطاقة.

وقد خلصت الدراسة، إلى أن التحول الطاقوي نحو تطوير الطاقات المتجددة أصبح واقعا مفروضا على المجتمع الدولي، كون الاستراتجية الطاقوية الحالية القائمة على استهلاك مصادر الطاقات الأحفورية لم تعد آمنة ومصدر تهديد للأمن الطاقوي العالمي.

- دراسة كوثر حمادة وتوفيق حكيمي (2024)، سياسات التحول الطاقوي وارتداداتها البيئية على ضوء التجربة الألمانية. المجلة الجزائرية للأمن الإنساني.

سلّطت الضوء هذه الدراسة على التجربة الألمانية في التحول الطاقوي خلال الفترة 2010-2022، والتي هدفت إلى تقليص الاعتماد على الوقود الأحفوري والحد من الآثار البيئية السلبية عبر تعزيز استخدام الطاقات المتجددة. وقد ركزت التجربة على تحقيق الاستدامة البيئية من خلال سياسات فعّالة ساهمت في زيادة حصة الطاقات النظيفة ضمن مزيج الطاقة وتحقيق الأهداف البيئية المرسومة.

وتوصلت الدراسة إلى أن السياسة المتبعة في ألمانيا أسفرت على ارتفاع نسبة انتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة من نحو 10 % سنة 2010 إلى 43 % سنة 2022 وتراجعت انبعاثات الغاز الدفينة بحوالي 17 %، وقد تزامن ذلك مع إغلاق ثلاث محطات نووية.

1. مفاهيم حول التحول الطاقوي والطاقات المتجددة

التحول الطاقوي هو أحد أهم رهانات القرن الحادي والعشرين .فهو يمثل تحولًا هيكليًا في أنماط إنتاج واستهلاك الطاقة. وتدعو المجتمعات العلمية المجتمع المدني والحكومات إلى ضرورة الانخراط في هذا المسار الحتمي.

ويقوم هذا الانتقال على تغييرين أساسيين:

- تقليص استهلاكنا للطاقة.
- تطوير المزيج الطاقوي بحيث تصبح الطاقات الخضراء هي المهيمنة.

1.2. تعريف الطاقات المتجددة

تطورت مصادر الطاقة مع تطور وسائل العمل التي اخترعها الانسان لتلبية احتياجاته، ففي البداية استخدم الإنسان جهده العضلي لإنجاز متطلباته اليومية، ثم استغل الطاقة الحيوانية إلى أن توصل إلى الاعتماد على المصادر الطبيعية كالرياح في تحريك السفن والفحم في إدارة المحرك البخاري، وبعدها اكتشف النفط والغاز الطبيعي وغيرها من المصادر التي صنفت إلى مصار ناضبة وأخرى متجددة. والجدول التالي يلخص أنواع الطاقات المتجددة ومصدرها الطبيعي.

الجدول رقم (1): أنواع الطاقات المتجددة ومصدرها الطبيعي

نوع الطاقة المتجددة	المصدر الطبيعي	طريقة الاستغلال	أهم الاستخدامات
الطاقة الشمسية	أشعة الشمس	ألواح كهروضوئية، سخانات شمسية	إنتاج الكهرباء، التسخين المنزلي

نوع الطاقة المتجددة	المصدر الطبيعي	طريقة الاستغلال	أهم الاستخدامات
طاقة الرياح	حركة الهواء	توربينات الرياح	توليد الكهرباء على نطاق واسع
الطاقة المائية	تدفق المياه (سدود، شلالات، مد وجزر)	توربينات مائية	توليد الكهرباء، ضخ المياه
الطاقة الحرارية الجوفية	حرارة باطن الأرض	آبار حرارية، محطات بخارية	التدفئة، توليد الكهرباء
الكتلة الحيوية (البيوماس)	مخلفات زراعية، نفايات عضوية، أخشاب	حرق أو تحويل حيوي لإنتاج حرارة أو كهرباء	إنتاج الكهرباء، التدفئة، الوقود الحيوي
طاقة المحيطات	الأمواج، المد والجزر، الفروق الحرارية بين سطح وأعماق البحر	توربينات مد وجزر أو أمواج، أنظمة تحويل حراري	إنتاج الكهرباء من حركة المياه والحرارة البحرية

المصدر: من إعداد الباحثتين بالاعتماد على: (حمازة و حكيمي، 2025، صفحة 178)

2.2. تعريف التحول الطاقوي

يعد التحول الطاقوي مساراً استراتيجياً يرمي إلى تقليص الاعتماد على مصادر الطاقة الأحفورية المسببة للتلوث، والاتجاه نحو الطاقات المتجددة التي تدعم أهداف التنمية المستدامة. وقد تناولت عدة دراسات هذا المفهوم باعتباره عملية لإعادة هيكلة أنظمة الطاقة بما يتوافق مع متطلبات حماية البيئة وضمان الأمن الطاقوي (سعيداني، 2008، صفحة 148) وفي هذا السياق، ترى الوكالة الدولية للطاقة (IEA) أن التحول الطاقوي يمثل تحولاً جوهرياً في مزيج الطاقة العالمي من خلال تعزيز مكانة المصادر النظيفة على حساب الوقود التقليدي (طيب، 2018، صفحة 38) . كما يؤكد تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) أن هذا الانتقال عملية متعددة الأبعاد تشمل الجوانب التقنية والاقتصادية والاجتماعية والبيئية، وتتطلب سياسات فعالة وابتكارات تكنولوجية لضمان تحقيق أهدافه.

يُعرَّف التحول الطاقوي على أنه مجموعة التغييرات التي تطرأ على نماذج إنتاج الطاقة وتوزيعها واستهلاكها، بهدف جعلها أكثر صديقة للبيئة .ويتمثل الهدف في تحويل النظام الطاقوي القائم على الطاقات الأحفورية إلى نظام يعتمد أساسًا على الطاقات المتجددة (دعاس و عبيدات، 2021، صفحة 498).

في الواقع، تُعد عملية احتراق الطاقات الأحفورية مثل النفط والفحم والغاز المسبب الرئيسي لاختلال المناخ، إذ تؤدي إلى انبعاث كميات هائلة من ثاني أكسيد الكربون .كما أن هذه الطاقات غير متجددة، لأنها بعد استهلاكها لا يمكن تجديدها إلا على مدى الأزمنة الجيولوجية أي ملايين السنين. فالنفط والفحم والغاز استغرقوا ملايين السنين للتكون، ولهذا السبب توجد كمياتهم محدودة.

وعلاوة على ذلك، فإن التحول الطاقوي لا يقتصر فقط على الإنتاج والتوزيع، بل يشمل أيضًا تشجيع المواطنين على التحكم في استهلاكهم للطاقة وتقليل استخدامها. لذا فهو انتقال اجتماعي وسلوكي كذلك.

وقد أدى الطفرة الحديثة للطاقات الأحفورية غير التقليدية مثل الغاز الصخري، الرمال النفطية، والتنقيب البحري، إلى موجة من الاحتجاجات الشعبية بسبب مخاطرها البيئية. أما الطاقة النووية، ورغم أنها طاقة تقليدية وشائعة، فقد أثبتت من خلال كارثة فوكوشيما أنها ليست خالية من المخاطر أيضًا.

2. رهانات التحول الطاقوي

ظهر مفهوم الانتقال من الطاقات الأحفورية إلى الطاقات المتجددة في الثمانينيات، وهو يهدف إلى مواجهة عدة رهانات أساسية(Hellocarbo, 2024) :

1.3. **بيئية وصحية**

- تقليص انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.(CO_2)
- مواجهة نُدرة الطاقات الأحفورية.

- ضمان أمن واستقرار الأنظمة الطاقوية.
- تقليل استهلاك الطاقة.
- حماية صحة السكان.

فالتحول الطاقوي يستجيب أولًا لرهان بيئي وصحي، إذ إن تطوير نظام إنتاج قائم على الطاقات المتجددة يحدّ من انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري. كما أن تلوث الهواء يعدّ سببًا رئيسيًا للأمراض التنفسية، في حين يؤدي الاحتباس الحراري إلى انتشار أنواع جديدة من البكتيريا والفيروسات.

2.3. **اقتصادي**

التحول الطاقوي يمثل أيضًا رهانًا اقتصاديًا، إذ إن خفض استهلاك الطاقة ينعكس مباشرة على تقليل التكاليف والنفقات، ما يعزز القدرة التنافسية والربحية. كما يسمح بتحقيق استقلالية طاقوية أفضل، ويُقلل من تقلبات الأسعار ومن التوترات بين الدول المصدرة والمستوردة للطاقة.

3.3. **أمني**

وأخيرًا، للانتقال الطاقوي بعدٌ أمني .فرغم أن الطاقة النووية تُعتبر من أنظف الطاقات الأحفورية، إلا أنها في حالة الحوادث تُخلّف عواقب صحية وخيمة، كما أظهرت كارثة تشيرنوبيل. فالحادث النووي يؤدي إلى انبعاث مواد مشعة بشكل غير طبيعي في البيئة، مما يسبب التلوث والإشعاع للإنسان.

وبالتالي، فإن استبدال الطاقة النووية بالطاقات المتجددة من شأنه أن يعزز أمن الأنظمة الطاقوية ويحمي الأفراد والبيئة.

3. تحديات التحول الطاقوي

يواجه التحول الطاقوي مجموعة من التحديات المتشابكة تشمل البعد **التقني** المتمثل في صعوبات دمج الطاقات المتجددة المتقطعة وتطوير تقنيات التخزين وتحديث الشبكات، والبعد **الاقتصادي** المرتبط بارتفاع تكاليف الاستثمارات وضمان استدامة التمويل مع الحفاظ على العدالة الاجتماعية، إضافة إلى البعد **السياسي والتشريعي** المتمثل في ضرورة وضع أطر قانونية مستقرة ومواجهة مقاومة الصناعات التقليدية، إلى جانب البعد **الاجتماعي** الذي يرتبط بمدى تقبل المجتمعات للمشاريع الطاقوية وتغيير أنماط الاستهلاك، وأخيرًا البعد **البيئي** المتعلق بالحد من الآثار السلبية للبنى التحتية الجديدة والتكيف مع انعكاسات التغير المناخي .(Oliveira & al, 2024, p. 5)

تقنية وتكنولوجية

- دمج الطاقات المتجددة المتقطعة (الطاقة الشمسية، طاقة الرياح) في شبكات الكهرباء.
- تطوير وتخزين الطاقة (البطاريات، الهيدروجين الأخضر).
- تحديث ورقمنة البنى التحتية للطاقة.

اقتصادية ومالية

- ارتفاع تكاليف الاستثمارات الأولية (البنى التحتية، البحث والتطوير، الدعم).
- مخاطر على تنافسية الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة.
- ضرورة جذب الاستثمارات الخاصة مع ضمان العدالة الاجتماعية.

سياسية وتشريعية

- وضع أطر قانونية مستقرة ومنسجمة على المدى الطويل.
- توحيد السياسات بين الدول والمناطق.

- إدارة مقاومة الفاعلين التقليديين (الصناعات الأحفورية).

اجتماعية وثقافية

- القبول الاجتماعي للمشاريع (الحقول الريحية، الضرائب الكربونية...).
- تغييرات في أنماط الاستهلاك والتنقل.
- تقليص الفوارق في الولوج إلى الطاقة (الهشاشة الطاقوية).

بيئية

- الحد من آثار البنى التحتية الجديدة (المناظر الطبيعية، التنوع البيولوجي).
- الإدارة المستدامة للمواد الحيوية (الليثيوم، الكوبالت، المعادن النادرة).
- التكيف مع آثار التغير المناخي (الجفاف، موجات الحرارة).

4. سياسات التحول الطاقوي في بعض الدول الرائدة في هذا المجال

يشهد العالم تحولاً إيجابياً بفضل الطاقة الخضراء. فالتحديات البيئية والاقتصادية تدفع الدول إلى الاستثمار في التنمية المستدامة، مما يساهم في خلق فرص عمل وبناء مستقبل أفضل.

التحول الطاقوي يفتح آفاقاً اقتصادية جديدة ويوفر فرص عمل في قطاعات تعرف نمواً متسارعاً، كما أن الابتكار التكنولوجي، وتنوّع مصادر الطاقة، والتعبئة الدولية تمثل عناصرا أساسية لمواجهة تحدي التغيّر المناخي.

الجدول التالي يمثل الدول العشرة الأفضل أداء في التحول الطاقوي من حيث الأمن والاستدامة والعدالة الاجتماعية بالإضافة إلى استعدادها لتنفيذ هذا الانتقال بنجاح:

الجدول رقم (2): الدول العشرة الرائدة في التحول الطاقوي حسب مؤشر التحول الطاقوي (ETI) لسنة 2024

الدولة	ETI
السويد	78
فنلندا	75
الدنمارك	75
سويسرا	73
فرنسا	71
النرويج	70
النمسا	68
استونيا	68
هولندا	67
ألمانيا	67

المرجع: من إعداد الباحثتين بالاعتماد على بيانات Word Economic Forum . https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2024/ Consulté le 28/08/2025.

1.5. تحليل نتائج مؤشر انتقال الطاقة (ETI) لعام 2024

لقد بلغت المعدلات المتوسطة لمؤشر انتقال الطاقة (ETI) على المستوى العالمي مستوى قياسيًا. ومع ذلك، فإن تباطؤ وتيرة التحول الطاقوي العالمي، قد اشتد في سنة 2024. حيث يُظهر تقرير 2024 أن التحسن المسجل خلال ثلاث

سنوات (2021-2024) في المعدلات العالمية لمؤشر ETI كان أقل بحوالي أربع مرات من الزيادة التي تحققت في الفترة (2018-2021). كما يشير التقرير إلى أن 83% من الدول حققت نتائج سنة 2024 أدنى من سنة 2023 على الأقل في واحدة من الأبعاد الرئيسية للانتقال الطاقوي: الاستدامة، العدالة، والأمن.

ورغم أن العالم لا يزال بعيدًا عن المسار الصحيح لتحقيق هدف "صافي انبعاثات صفري" بحلول 2050 والحد من الاحترار العالمي عند 1.5 درجة مئوية وفقًا لاتفاق باريس، فقد تم إحراز تقدم ملحوظ في مجال كفاءة الطاقة، كما تسارعت وتيرة اعتماد مصادر الطاقة النظيفة بشكل ملحوظ. ومع ذلك، فقد تباطأت ديناميكية التحول الطاقوي بسبب تراجع العدالة الطاقوية نتيجة ارتفاع أسعار الطاقة في السنوات الأخيرة. كما لا تزال التوترات الجيوسياسية تشكل ضغطًا كبيرًا على الأمن الطاقوي.

ورغم التباطؤ الأخير في وتيرة التقدم على مستوى الابتكار وتراجع الاستثمارات العالمية في الشركات الناشئة خلال عام 2023، فإن الابتكار يتسارع في عدد من المجالات، وفقًا لتقرير سنة 2024.

كما توفر الابتكارات الرقمية، بما في ذلك الذكاء الاصطناعي التوليدي، فرصًا كبيرة لسد الفجوة وإعادة ابتكار قطاع الطاقة من خلال تعزيز الإنتاجية. إذ يمكن لقدرة الذكاء الاصطناعي التوليدي على تحليل كميات ضخمة من البيانات أن تقدم تنبؤات وحلولًا مبتكرة، أو تعمل على تبسيط العمليات القائمة لزيادة الكفاءة، إلى جانب مزايا أخرى. ومع ذلك، فإن تحقيق هذا الإمكان بشكل كامل يتطلب معالجة المخاطر والتحديات التي تطرحها هذه التقنيات بشكل مسؤول وعادل. ووفقًا لتقرير سنة 2024، فإن وتيرة التحول الطاقوي تتراجع في ظل تزايد حالة عدم الاستقرار على المستوى العالمي (EconomicForumWord, 2024).

2.5. سياسات التحول الطاقوي في الدول الاسكندنافية

تعتبر الدول الإسكندنافية (السويد، الدنمارك، النرويج، فنلندا، آيسلندا) تُعد من النماذج الأكثر نجاحًا عالميًا في التحول الطاقوي، حيث تحتل مراتب متقدمة جدًا في مؤشر Energy Transition Index (ETI) للمنتدى الاقتصادي العالمي. وهذه بعض السياسات المتبعة في هذه الدول (Schoumaker & Meyer, 2019) :

السويد: وهي الرائدة عالميا في هذا المجال حيث تتصدر العالم في التحول الطاقوي، حيث تطبق السياسات التالية:

- السياسات:
  - التزام قانوني بالحياد الكربوني بحلول 2045.
  - ضريبة الكربون منذ 1991 (من أقدم الضرائب البيئية عالميًا).
  - دعم النقل الكهربائي وحوافز مالية لشراء السيارات الكهربائية.
  - استثمارات ضخمة في الطاقة الكهرومائية والكتلة الحيوية.

الدنمارك: وهي أول دولة تضع هدفًا بالاعتماد 100% على الطاقات المتجددة بحلول 2050.

- السياسات:
  - ريادة عالمية في طاقة الرياح البحرية .
  - فرض معايير صارمة على المباني لزيادة الكفاءة الطاقوية.
  - خطة لتقليل الاعتماد على النفط والغاز، مع التوسع في التدفئة المركزية.

النرويج: تعتمد على الكهرباء المتجددة بنسبة تفوق 95 % معظمها من الطاقة الكهرومائية.

- السياسات:
  - أكبر سوق عالمي للسيارات الكهربائية، حوالي 80% من السيارات الجديدة مبيعاتها كهربائية.

- إعفاءات ضريبية وجمركية للسيارات الكهربائية، واستخدام مجاني للطرق السريعة والموانئ.
- إدارة صارمة لصندوق الثروة السيادية الممول من النفط، مع استثمار جزء منه في الطاقات النظيفة عالميًا.

فنلندا: التزام بخفض الانبعاثات بنسبة 80% بحلول 2035، والحياد الكربوني قبل 2040.

- السياسات:
  - ضرائب كربون عالية.
  - دعم الابتكار في الهيدروجين الأخضر والبطاريات.
  - استغلال الغابات والكتلة الحيوية كمصادر طاقة أساسية.

آيسلندا: وهي الدولة الوحيدة تقريبًا التي تعتمد بالكامل على الطاقات المتجددة.

- السياسات:
  - أكثر من 70% من الكهرباء من الطاقة الكهرومائية، والباقي من الطاقة الحرارية الجوفية.
  - دعم الأبحاث في الهيدروجين الأخضر لاستخدامه في النقل البحري والجوي.
  - نموذج عالمي لاستغلال الطبيعة الجغرافية (البراكين والينابيع الحرارية).

العناصر المشتركة بين السياسات الإسكندنافية

تشترك هذه الدول في التوجه نحو الطاقات المتجددة في النقاط التالية:

- ضرائب كربون مبكرة وصارمة.
- تشجيع النقل الكهربائي (إعفاءات + بنية تحتية متقدمة).
- استغلال الموارد الطبيعية (مياه، رياح، حرارة جوفية).
- العدالة الاجتماعية :ضمان أن التحول الطاقوي لا يؤثر سلبًا على الفئات الهشة.
- التعاون الإقليمي :تبادل الكهرباء بين الدول لضمان الاستقرار.

3.5. سياسات التحول الطاقوي في ألمانيا

تعتبر ألمانيا من أكثر الدول ريادة في سياسات التحول الطاقوي، وفيما يلي بعض أبرز السياسات التي تبنتها (Abonneau & Alleau, 2021, p. 54):

- قانون الطاقة المتجددة :(EEG – 2000) وضع أسعار شراء محفزة للكهرباء المنتجة من الشمس والرياح(Feed-in Tariffs) لتشجيع الاستثمار.
- الخروج من الطاقة النووية :قرار إغلاق جميع المفاعلات النووية بحلول 2023 بعد كارثة فوكوشيما.
- التوسع في الطاقات المتجددة :دعم واسع لمزارع الرياح والألواح الشمسية، ما جعل حصة المتجددة تتجاوز 40% من إنتاج الكهرباء.
- الكفاءة الطاقوية :برامج لترميم المباني القديمة وتحسين العزل وتقديم حوافز لاستخدام الأجهزة الموفرة للطاقة.
- التحول في النقل :تشجيع السيارات الكهربائية عبر إعانات مالية وتوسيع محطات الشحن.
- الالتزامات المناخية :خفض الانبعاثات بنسبة 65% بحلول 2030 مقارنة بـ 1990، وتحقيق الحياد الكربوني بحلول 2045.

4.5. سياسات التحول الطاقوي في سويسرا:

تتمثل سياسات التحول الطاقوي في سويسرا في (Pronatura, 2025):

- اعتماد استراتيجية الطاقة 2050 **(2017)**التي تنص على الخروج التدريجي من الطاقة النووية.
- الاعتماد أساسًا على الطاقة الكهرومائية، مع دعم متزايد للطاقة الشمسية والرياح.
- تعزيز الكفاءة الطاقوية من خلال عزل المباني ومعايير صارمة للأجهزة والسيارات.
- فرض ضريبة الكربون وتشجيع النقل المستدام والسيارات الكهربائية.
- الالتزام بخفض الانبعاثات بـ 50% بحلول 2030 وتحقيق الحياد الكربوني بحلول 2050.

5.5. سياسات التحول الطاقوي في فرنسا:

يمكن تلخيص سياسات التحول الطاقوي في فرنسا في النقاط التالية (Rioux, 2021, p. 98):

- قانون التحول الطاقوي للنمو الأخضر :(2015) الإطار التشريعي الأساسي للسياسات الطاقوية.
- تقليل الاعتماد على الطاقة النووية (تخفيض حصتها من نحو 70% إلى 50% بحلول 2035).
- تطوير الطاقات المتجددة (الشمسية، الرياح، الكتلة الحيوية) للوصول إلى 40% من إنتاج الكهرباء بحلول 2030.
- رفع كفاءة الطاقة :عبر عزل المباني، وتشجيع التجهيزات الموفرة للطاقة.
- التحول في النقل :دعم السيارات الكهربائية والهيدروجين، وتوسيع البنية التحتية للشحن.
- الأهداف المناخية :الحياد الكربوني بحلول 2050، وخفض الانبعاثات بـ 40% على الأقل بحلول 2030 (مقارنة بـ 1990).

6.5. العناصر المشتركة بين هذه الدول في التوجه نحو الطاقات المتجددة

تشترك هذه الدول في التوجه نحو الطاقات المتجددة في العناصر التالية:

1.6.5. **الاعتماد على الطاقات المتجددة:**

- جميعها تستثمر بقوة في الشمس، الرياح، الكتلة الحيوية، والكهرومائية.
- الدول الإسكندنافية وسويسرا تركزان على الكهرومائية، بينما ألمانيا وفرنسا توسعتا أكثر في الرياح والشمس.

الكفاءة الطاقوية:

- برامج لترميم المباني القديمة، تحسين العزل، وفرض معايير صارمة على الأجهزة والسيارات.

2.6.5. **التحول في النقل:**

- دعم السيارات الكهربائية والهجينة.
- توسيع شبكات الشحن وتشجيع النقل العمومي المستدام.

3.5.6. **الالتزامات المناخية:**

- جميعها حددت أهدافًا واضحة للحياد الكربوني بحلول 2050.
- التزامات بخفض الانبعاثات (من 40% إلى 65% بحلول 2030 مقارنة بمستويات 1990).

4.5.6. **إجراءات اقتصادية وتشريعية:**

- ضرائب أو رسوم على الكربون.

- حوافز مالية وإعانات للاستثمار في الطاقات النظيفة.

5.5.6. **الخروج التدريجي من الطاقات التقليدية:**

- ألمانيا وسويسرا: التخلي عن الطاقة النووية.
- فرنسا: تقليص اعتمادها الكبير على النووي.
- جميعها تعمل على تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.

خاتمة

لقد ساهمت الأزمات الطاقوية وما صاحبها من تقلبات اقتصادية واجتماعية في دفع مسار التحول الطاقوي على المستوى العالمي. فقد مثلت الصدمة النفطية لسنة 1973 نقطة تحول بارزة دفعت إلى إعادة التفكير في أنماط الإنتاج والاستهلاك، بينما مثلت كارثة تشارنوبيل سنة 1986 والمخاطر النووية التي تفاقمت بعدها مرحلة جديدة من إدراك أهمية تنويع مصادر الطاقة والبحث عن بدائل أكثر استدامة. وفي هذا السياق، أصبح التحول الطاقوي ضرورة ملحة، ليس فقط لمواجهة ندرة الموارد الأحفورية، بل أيضًا لتحقيق الأمن الطاقوي، حماية البيئة، وتعزيز التنمية المستدامة.

إن الانتقال إلى الطاقات المتجددة هو حركة عالمية لن تتوقف. فقد أثبت القادة العالميون أن النمو الاقتصادي وحماية البيئة يمكن أن يسيرا جنبًا إلى جنب. ولتحقيق الأهداف المناخية، يتطلب ذلك الابتكار وسياسات جريئة، إذ. تشكل الابتكارات عاملًا رئيسيًا في التحول الطاقوي، فهي تساهم في خفض التكاليف، وتكييف التكنولوجيات الأساسية، وتجديد وتأهيل اليد العاملة، وجذب الاستثمارات.

تتصدر الدول الأوروبية ترتيب مؤشر انتقال الطاقة لعام 2024 الصادر عن المنتدى الاقتصادي العالمي؛ حيث جاءت السويد في المركز الأول، تلتها الدنمارك، ثم فنلندا، وسويسرا، وفرنسا، وذلك بفضل السياسات المختلفة المتبعة من طرف هذه الدول.

ورغم التحديات التي تواجهها الطاقات المتجددة يبقى مستقبلها واعدًا، إذ إنها تحسن البيئة والاقتصاد معًا وبالتالي يصبح التحول الطاقوي ضروريا لتحقيق تنمية مستدامة.

قائمة المراجع

المراجع باللغة العربية

1. حمازة & ,حكيمي .(2024) .سياسات الانتقال الطاقوي وارتداداتهاالبيئية على ضوء التجربة الألمانية .المجلة الجزائرية للأمن الإنساني. ص 182 .

2. دعاس & عبيدات .(2021) .التحول الطاقوي في الجزائر: واقع ورهانات .مجلة اقتصاد المال والأعمال. ص498

3. سعيداني, .(2008) .أثر التحول الطاقوي على مؤشرات التنمية المستدامة في الجزائر .المجلة العلمية للبحوث والدراسات التجاري. ص 148.

4. طيب.و (2018) .استراتيجية التحول الطاقوي ةفق برنامج الطاقات المتجددة 2030 .مجلة مدارات سياسية. ص38.

المراجع باللغة الأجنبية

المقالات

.1 Abonneau, & Alleau. (2021). La transition énergétique allemande : un modele pour le monde. La Revue de léEnergie,P 54.

2. Oliveira, F., & al. (2024). Transition énergétique : opportunités et défis. Fondation Braillard Transition Workshop,P 5.

3. Rioux, F. (2021). LA GOUVERNANCE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE EN FRANCE :. Montréal: Université du Québec. P 98.

مقالات عبر الأنترنت

1. EconomicForumWord. (2024). https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2024/ . Consulté le 21/08/2025.

2. Hellocarbo. (2024). Transition énergétique : quels sont les enjeux ?

https://www.hellocarbo.com/blog/communaute/transition-energetique/ . Consulté le 15/05/2025.

3. Pronatura. (2025, 08 25). Une politique énergétique suisse respectueuse de la biodiversité. Récupéré sur https://www.pronatura.ch/fr/energie . Consulté le 29/08/2025.

4. Schoumaker, & Meyer. (2019). La Scandinavie, un modèle de transition énergétique ? https://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/dossiers-thematiques/changement-global/articles-scientifiques/scandinavie-modele-transition-energetique . Consulté le 30/08/2025.

ورقة بحث مقدمة إلى الملتقى الوطني حول: التحولات الطاقوية: ديناميكيات جديدة تحد مسارات الاقتصادات الوطنية والعالمية

يوم 05 نوفمبر 2025 بجامعة 20 أوت 1955 – سكيكدة–

كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير

مداخلة بعنوان: التحول الطاقوي في الجزائر بين الواقع والتحديات: دراسة تحليلية

تدخل ضمن إطار المحور السادس: تجارب عالمية ووطنية في التحولات الطاقوية

المتداخل الأول	المتداخل الثاني	المتدخل الثالث
الأستاذة: سنوسي سعيدة المؤهل العلمي: دكتوراه علوم اقتصادية الرتبة العلمية : أستاذ محاضر قسم .أ. كلية: العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير جامعة: **الشاذلي بن جديد – الطارف–** رقم الهاتف: 06.5561.76.12 الايميل: **senoussi-saida@univ-eltarf.dz**	الأستاذة : سلامات عقيلة المؤهل العلمي: دكتوراه علوم اقتصادية الرتبة العلمية :أستاذ محاضر قسم .أ. كلية : العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير جامعة: **جامعة 20 أوت 1955– سكيكدة -** رقم الهاتف: 06.57.42.03.02 الايميل: **a.slamat@univ-skikda.dz**	الأستاذة: تحري صبيحة المؤهل العلمي: دكتوراه علوم اقتصادية الرتبة العلمية: أستاذ محاضر قسم .أ. كلية: العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير جامعة: **الشاذلي بن جديد – الطارف–** رقم الهاتف: 06.71892305 الايميل: **tahri-sabiha@univ-eltarf.dz**

التحول الطاقوي في الجزائر بين الواقع والتحديات: دراسة تحليلية

ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى التعريف بواقع الجهود التي بذلتها الحكومة الجزائرية لتعزيز التحول الطاقوي مع تسليط الضوء على أهم التحديات التي تواجه تحقيق هذا المسعى، وذلك من خلال إبراز واقع المقومات الطاقة المتجددة في الجزائر، واستعراض مختلف الخيارات الإستراتيجية المعتمدة لضمان تحقيق الهدف المنشود (التشريعات، السياسات والبرامج المعتمدة ذات الصلة)، مع مناقشة أبرز التحديات التي تعوق التحول الطاقوي في الجزائر. ومن أهم النتائج التي أفضت إليها الدراسة، أنه على الرغم تمتع الجزائر بمقومات معتبرة من الطاقة المتجددة، وعلى الرغم من الاهتمام المبكر والجهود الإيجابية التي كرستها الحكومة الجزائرية منذ مطلع الثمانينات لتعزيز التحول الطاقوي، إلا أن البرامج المسطرة لتحقيق هذا المسعى لا زالت متعثرة وتواجه الكثير من التحديات والمعوقات.

الكلمات المفتاحية: المقومات الطاقوية، التحول الطاقوي، الخيارات الإستراتيجية، التحديات والمعوقات

Energy transition in Algeria between reality and challenges: An analytical study

Abstract

This study aimed to highlight the reality of the efforts made by the Algerian government to promote energy transition, shedding light on the main challenges facing the achievement of this goal. This was done by showcasing the state of renewable energy resources in Algeria, reviewing the various strategic options adopted to ensure the achievement of the desired objective (related legislations, policies, and programs), and discussing the most prominent challenges hindering the energy transition in Algeria. One of the most important findings of the study is that despite Algeria possessing considerable renewable energy resources, and despite the early interest and positive efforts that the Algerian government has dedicated since the early 1980s to promote the energy transition, the programs outlined to achieve this goal are still stalled and face many challenges and obstacles.

Keywords : Energy Resources, Energy Transition, Strategic Options, Challenges and Obstacles

مقدمة

دخل العالم القرن الواحد والعشرين وهو يواجه العديد من التحديات المرتبطة بحماية البيئة ومواردها، وعلى رأسها موارد الطاقة بمختلف أنواعها، خصوصا مع صدور دراسات وتقارير تشير إلى وجود علاقة سببية مباشرة بين استخدام الطاقة –بالتحديد الطاقة التقليدية الأحفورية– والقضايا المرتبطة بالتلوث وتغير المناخ العالمي، نضوب الموارد، والتي تسبب أضرارا تضع البشرية أمام مجموعة من التحديات (منها البيئية والاقتصادية والاجتماعية) تزكي النزاعات والاضطرابات والتوترات الإقليمية والدولية، وعلى ضوء هذا الواقع تعالت أصوات الخبراء والهيئات على كل المستويات المحلية، الإقليمية والدولية المطالبة بضرورة الحفاظ على البيئة، وتفعيل السبل الكفيلة بتفعيل التحول الطاقوي الذي يرتكز بشكل جوهري على أنواع مختلفة من الطاقات المتجددة. وككل دول العالم، أولت الجزائر منذ ثمانينات القرن العشرين أهمية كبيرة لموضوع التحول الطاقوي، وذلك تماشيا مع متطلبات ضمان استغلال نقاط القوة لناحية توافر على إمكانيات معتبرة من الموارد الطاقوية المتجددة من ناحية، وعدم التعجيل بنضوب الموارد الطاقوية التقليدية (المحروقات) من ناحية أخرى، ويتلخص هذا الاهتمام من خلال تبنى حزمة متكاملة ومترابطة من السياسات والبرامج التي من شأنها تعزيز التحول الطاقوي نحو الطاقات المتجددة.

وتبعا لما سبق، تبرز معالم المشكلة التي نعمل على معالجتها من خلال الإجابة على التساؤل الرئيسي التالي:

ما هي واقع مسعى التحول الطاقوي في الجزائر وما هي التحديات التي تعوقه؟

وللإجابة على هذه الإشكالية بشكل أكثر تفصيلا تم تجزئة هذه الأخيرة إلى الأسئلة الفرعية التالية:

1. ما هو واقع مقومات الطاقة المتجددة في الجزائر؟
2. ما هي الخيارات الإستراتيجية المعتمدة في الجزائر لتعزيز التحول الطاقوي؟
3. ما هي أبرز التحديات التي تعوق مسعى تحقيق التحول الطاقوي في الجزائر؟

أهداف الدراسة: نسعى من خلال هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف التالية:

1. إلقاء الضوء على واقع مقومات مصادر الطاقة المتجددة في الجزائر، مع إبراز دورها في المنظومة الطاقوية.
2. عرض وتوصيف السياسات والتدابير المعتمدة في الجزائر من أجل تعزيز التحول الطاقوي.
3. تحديد أهم المعوقات التي تقف في وجه التحول الطاقوي نحو الطاقات المتجددة.

منهج الدراسة: ارتأينا في هذه الدراسة الاعتماد على المنهج الوصفي والمنهج التحليلي، حيث نهدف من خلال استخدام المنهج الوصفي إلى جمع البيانات والحقائق التي تصف واقع التجربة الوطنية في مجال تحقيق التحول الطاقوي، مع الكشف عن أهم التحديات والمعوقات التي تقف في وجه تحقيق الهدف المنشود،

كما اعتمدنا المنهج التحليلي، فكان استخدامه عبر كامل محاور البحث. أما فيما يخص أدوات الدراسة فقد اعتمدنا في الجانب النظري على مجموعة من الكتب والتقارير المتخصصة والدوريات والإحصائيات والإنترنت، أما في الجانب التطبيقي فقد اعتمدنا على مجموعة من الاحصائيات المنشورة من طرف هيئات موثوقة.

خطة الدراسة:

لإحتواء موضوع هذه الدراسة، وللإحاطة بجميع المعلومات التي تمكننا من تحقيق أهدافها قمنا بتقسيم هذه الدراسة إلى محورين رئيسيين، خصص المحور الأول لعرض الإطار النظري للتحول الطاقوي، وذلك من خلال تسليط الضوء على مفهومه، أسبابة ومتطلباته. أما المحور الثاني فقد تم فيه تحليل الملامح العامة للتحول الطاقوي في الجزائر، وذلك من خلال تسليط الضوء على واقع مقومات الطاقة المتجددة، توصيف السياسات والتدابير المعتمدة لعزيز مسار التحول الطاقوي، مع مناقشة التحديات التي تعوقه.

1- الإطار النظري للتحول الطاقوي: المفهوم، الأسباب والمتطلبات

تزايد الاهتمام العالمي خلال العقود الأخيرة بموضوع التحول الطاقوي، وانتشرت سياساته واستراتيجياته في كل دول العالم، وذلك نظرا للعديد من الاعتبارات منها الاقتصادية، الاجتماعية، البيئية وكذا الأمنية، وظهر الانشغال بموضوع التحول الطاقوي في الدول الصناعية في سبعينات القرن العشرين، على أثر التطورات التي شهدها وضع الطاقة العالمي بعد أزمة الطاقة سنة 1973، التي وصفت بالصدمة النفطية الأولى، وكان الانشغال وقتها يدور حول البحث عن بدائل طاقوية لكسر التبعية لوقود الدول العربية من جهة، والبحث عن تحقيق الأمن الطاقوي من جهة أخرى، إلا أن هذه التوجه تراجع بعد تمكن الولايات المتحدة الأمريكية من التحكم في ضبط أسواق النفط عالميا، ومع تنامي الجهود الدولية في مجال تدعيم الاقتصاد الأخضر في مطلع القرن الواحد والعشرين، ومع تزايد الوعي البيئي وترسخ القناعة بضرورة البحث عن سبل التكيف مع التغيرات المناخية.، أصبح تبني استراتيجيات التحول الطاقوي ضرورة ملحة.

1-1- **مفهوم التحول الطاقوي**: هناك العديد من التعاريف التي تناولت التحول الطاقوي (الانتقال الطاقوي)، ومنها نذكر[1]:

- تعريف **Smil** سنة 2010: تغيير في تركيبة عرض الطاقة الأولية، بالانتقال التدريجي من نموذج معين للإمدادات غلى حالة جديدة للنظام الطاقوي.

- تعريف Rojey سنة 2008: الانتقال من نموذج يعتمد بشكل كبير على الوقود الأحفوري إلى نموذج جديد للطاقة، حيث تكون الطاقات خفيضة الكربون هي المهيمنة.

- وأشار Bigot سنة 2013 إلى أن التحول الطاقوي: هو الانتقال من نموذج يعتمد في غالبيته على استخدام الطاقات الأحفورية الناضبة، إلى نموذج تغلب عليه بطريقة تكاملية الطاقات المتجددة والنووية، مع دمج ثلاثة عناصر: الترشيد، والكفاءة وإزالة الكربون.

[1] عنتر حساني (2025): التحول الطاقوي في الجزائر: **مكانة الغاز الطبيعي والطاقات المتجددة في المزيج الطاقوي المستقبلي للجزائر**، أطروحة دكتوراه، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة الجزائر 3، الجزائر، ص 4، 5.

– وعرفته الوكالة الدولية للطاقات المتجددة (IRENA) بأنه: تحول لقطاع الطاقة العالمي القائم على الطاقة الأحفورية إلى قطاع خال من الكربون بحلول عام 2050، مع الحرص على تعزيز التنمية الاجتماعية والاقتصادية الشاملة.

– كما لخص معهد Montaigne التحول في مجال الطاقة في التعريف التالي: يهدف التحول الطاقوي إلى تحويل الطرق التي تنتج وتستهلك بها الطاقة، بهدف الحفاظ على استخدامات الطاقة التي ساهمت في تطور البشرية، مع الحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وهناك حاجة إلى ثلاث رافعات رئيسية لتحقيق هذا التحول، وهي كفاءة الطاقة، وإزالة الكربون من وسائل إنتاج الطاقة واستهلاكها، والحد من الانبعاثات باستخدام تكنولوجيات أقل انبعاثا.

ومن خلال كل ما ذكرناه من تعاريف، يمكن القول أنه وعلى الرغم من عدم وجود تعريف دولي متفق عليه للتحول الطاقوي، إلا أن هناك قواسم مشتركة بين أغلب التعاريف المطروحة، حيث تركز أغلبها على ضرورة انتقال نظام الطاقة العالمي القائم على مصادر الطاقة الأحفورية الناضبة والملوثة للبيئة، إلى نموذج قائم على مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة التي لا ينتج عن استخدامها تلوث بيئي.

2-1- **أسباب التحول الطاقوي**: هناك العديد من الأسباب والعوامل التي تدفع دول العالم نحو التحول الطاقوي، منها[1]:

– محدودية الرصيد الطبيعي لمصادر الطاقة الأحفورية، فمقابل كل أربعة براميل من النفط المستهلكة حاليا، يكتشف برميل واحد فقط؛

– محاولة الحفاظ على المخزون الاحتياطي للوقود الأحفوري (النفط والغاز الطبيعي)، خاصة وأن المخزون النفطي لم يصبح أقل توافرا فقط، بل أصبح مقتصرا على بعض المناطق، وما من شك أنه سينضب في المستقبل القريب ؛

– زيادة الطلب العالمي على الطاقة وتذبذب أسعارها؛

– عدم استقرار مناطق إنتاج الطاقة الأحفورية (مناطق إنتاج النفط)؛

– انخفاض تكاليف إنتاج الطاقات المتجددة، فهي لا تحتاج إلى عمليات الحفر والتنقيب والتكرير وغيرها؛

– ارتفاع التكاليف الاقتصادية للتغير المناخي والتلوث واستنزاف الموارد؛

– تحقيق العدالة في توزيع موارد الطاقة الأحفورية الناضبة بين الجيل الحالي والأجيال القادمة؛

– حماية البيئة والحد من انبعاث الغازات الملوثة وتحقيق الأمن الطاقوي؛

– الحد من التوترات الجيوسياسية خاصة مع ارتباط الطاقة بالسياسة، وارتباط أمن البلد بأمن الطاقة

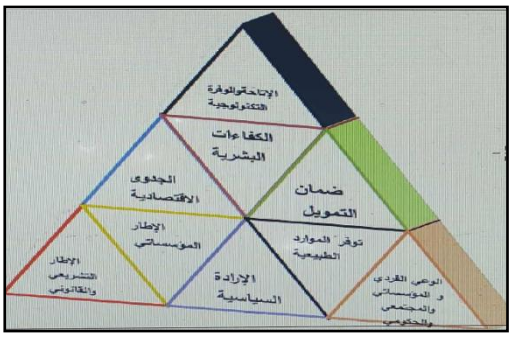
[1] بكدي فاطمة (2019): **الاقتصاد الأخضر: من النظري إلى التطبيق**، مركز الكتاب الأكاديمي، عمان، الأردن، ص 58.

3-1- **متطلبات التحول الطاقوي:** ترتكز نجاح التحول الطاقوي على توفر مجموعة من المتطلبات، ومن أهمها، نذكر[1]:

- وجود رغبة سياسية واضحة من القيادة العليا للدولة في التخلي التدريجي عن الطاقات التقليدية لصالح الطاقات المتجددة؛
- ضمان التمويل، وتوفير السيولة المالية اللازمة لعملية التحول الطاقوي، عن طريق البحث عن سبل تمويل مشاريع الطاقة المتجددة بإشراك القطاع الخاص، وتشجيع الاستثمار الأجنبي في هذا المجال؛
- إبرام اتفاقيات دولية، وعقد شراكات لتعزيز التوجه نحو التحول الطاقوي؛
- تشجيع البحث العلمي والتكنولوجي في مجال الطاقات المتجددة؛
- فتح أسواق خاصة بالطاقات المتجددة تتسم بالمرونة والوضوح في المعاملات؛

وبالإضافة إلى المتطلبات السابقة، وبغية تحقي التحول الطاقوي، هناك حاجة إلى توفر مقومات أخرى، ومنها: القواعد التنظيمية والتشريعية، الإطار المؤسسي الفعال، الحوافز المالية، إتاحة التكنولوجيا وتوفر الكفاءات البشرية، والشكل رقم 1 الموضح أدناه يلخص متطلبات نجاح التحول الطاقوي.

الشكل رقم 1: متطلبات التحول الطاقوي



المصدر: سياري نوال (2023): **وسائل النقل الحديثة وتحدي الانتقال الطاقوي – دراسة حالة الجزائر–**، أطروحة دكتوراه، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة قسنطينة 2، الجزائر، ص 190.

2- الملامح العامة للتحول الطاقوي في الجزائر: الواقع والتحديات

2-1- مقومات الطاقة المتجددة في الجزائر

أولا- الطاقة الشمسية: تمتلك الجزائر احدى أهم القدرات الشمسية في العالم، وهذا يرجع إلى كبر وشساعة مساحتها من جهة، بالإضافة إلى موقعها الجغرافي الاستراتيجي ولظروفها المناخية من جهة أخرى، ويصل متوسط الإشعاع الشمسي اليومي إلى 6.57 كيلو واط/ متر^2 /اليوم، وهو ما يعتبر من أعلى المعدلات على نطاق العالم، وتزيد ساعات سطوع الشمس على 2000 ساعة سنوياً في كل أنحاء

[1] عميمر فضيلة (2021): **محاضرات في مقياس اقتصاديات الطاقة**، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة لونيسي على، البليدة، الجزائر، ص 54.

الجزائر، ونظرا لحجم أشعة الشمس الذي تتوفر عليه الجزائر، فأن مخزونها الشمسي يعادل 37 ألف مليار متر مكعب، وهو ما يمثل ثماني مرات إحتياطي الغاز الطبيعي في الجزائر[1]، والجدول رقم 1 يوضح إمكانيات الجزائر من الطاقة الشمسية، ومعدل توزيعها في كامل التراب الوطني.

الجدول رقم 1: إمكانيات الجزائر من الطاقة الشمسية ومعدل توزيعها في كامل التراب الوطني

	المنطقة الساحلية	الهضاب العليا	المناطق الصحراوية
المساحة (%)	4	10	86
المدة الزمنية لبروز الشمس (ساعة/ السنة)	2650	3000	3500
الطاقة المتوفرة في المتوسط (ك.و.س/م^2/سنة)	1700	1900	2650

Source: Ministère de l'énergie et des mines (2007): **Guide des énergies renouvelables**, Algérie , p 39.

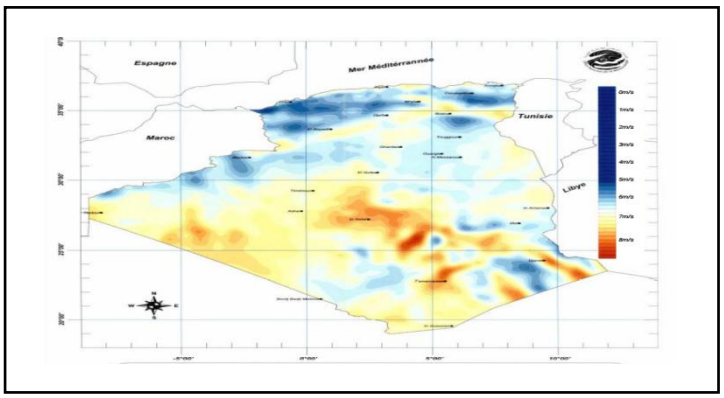
يتضح من خلال الأرقام الواردة في الجدول السابق أن الجزائر تتوفر على مخزون شمسي ضخم، حيث فاقت نسبة التشمس السنوي 2000 ساعة سنويا على كامل التراب الوطني، كما أن الإشعاع الشمسي يزيد في المناطق الصحراوية – التي تمتلك أعلى مستوى تشميس سنوي في العالم- ويقل كلما إتجهنا إلى الشمال.

ثانيا– طاقة الرياح: أوضحت العديد من الدراسات أن الجزائر تتمتع بإمكانات مهمة من طاقة الرياح، حيث تتوفر على نظام معتدل للرياح تتراوح سرعتها على إرتفاع 10 متر ما بين 2 – 6 متر في الثانية[2]، وهذا المستوى يسمح بتشغيل محرك هوائي، كما يوفر إمكانيات معتبرة لضخ المياه، والخريطة رقم 1 تبين معدلات سرعة الرياح السنوية في الجزائر خلال الفترة (2001-2010) مقاسة على إرتفاع 100 متر فوق سطح الأرض.

[1] Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique, Bureau pour l'Afrique du Nord (2012) : **Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord: situation actuelle et perspectives**, Maroc, p 18.

[2] Ministère de l'Energie et des Mines, **Potentiels National des Énergies Renouvelables**, http://www.mem-algeria.org/francais/index.php?page=potentiels-national-des-energies-renouvelables, le 10/09/2016

الخريطة رقم 1: معدلات سرعة الرياح السنوية في الجزائر في فترة (2001–2010)
(مقاسة على إرتفاع 100 متر فوق سطح الأرض)



Source: Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz (2016): **Les énergies renouvelables en Algérie,** Alger, Algérie**,** p 8.

ومن خلال الخريطة السابقة يتضح أن معدل سرعات الرياح في الجزائر يتغير من منطقة إلى أخرى، وهذا راجع إلى طبوغرافيا وتنوع المناخ، ومن خلال معدلات سرعات الرياح يمكن تقسيم الجزائر إلى منطقتين جغرافيتين متميزتين، وهما:

- المنطقة الشمالية يحدها من الشمال البحر المتوسط، وتتميز بتضاريس جبلية تمثلها سلسلتي الأطلس التلي والأطلس الصحراوي، وتتوفر هذه المنطقة على مواقع ذات متوسط سرعات رياح متوسطة تتراوح ما بين 5–7 متر في الثانية.
- منطقة الجنوب تتميز بمتوسط سرعات رياح أكبر من تلك المتوفرة في الشمال، خاصة في الجنوب الغربي حيث تجاوز متوسط سرعة الرياح 7 متر في الثانية، وبالتحديد في منطقة تمنراست.

كما مكنت خارطة سرعات الرياح من تحديد المواقع المؤهلة لإحتضان مزارع الرياح نذكر منها: أدرار، تمنراست (إن أمقل، عين صالح)، تندوف، إليزي (عين أميناس)، تيميمون، البيض (الختير) وبسكرة.

ثالثا– الطاقة الحرارية الجوفية[1]: أكدت العديد من الدراسات الجيولوجية، الجيوكيميائية والجيوفيزيائية أن الجزائر تمتلك خزانا كبيرا من طاقة حرارة الأرض الجوفية، يمكن استغلالها لتوليد طاقة كهربائية تقدر بحوالي 700 ميغا واط سنويا، حيث يوجد بها أكثر من 200 منبع مياه معدنية حارة تقع أساسا في شمال شرق وشمال غرب البلاد، يوجد ثلث هذه الينابيع (أي ما يعادل 33% منها) في درجة حرارة غالبا ما تزيد عن 45° مئوية، وأكثر هذه الينابيع سخونة ذلك الواقع في بسكرة بدرجة حرارة فاقت 118° مئوية. كما يتوفر جنوب البلاد على خزان كبير من حرارة الأرض الجوفية يعرف بـ"طبقة ألبية"، تصل حرارة مياه هذه الطبقة إلى 57° مئوية، وقد مكنت بعض الدراسات من تحديد ثلاث أماكن يفوق فيها التدرج الحراري

[1] Portail Algérien des Energies Renouvelables, **Le potentiel énergies renouvelables en Algérie le plus important d'Afrique du Nord**, site : https://portail.cder.dz/spip.php?article315, le 10/09/2016.

5 درجات مئوية على بعد 100 متر، وهي : منطقة غليزان ومعسكر، منطقة عين بوسيف (المدية) وسيدي عيسى (مسيلة)، منطقة قالمة وجبل الانك (تبسه).

رابعا– طاقة الكتلة الحيوية[1]:

- الغابات : تقدر إمكانيات الجزائر الغابية حوالي 37 مليون طن مكافئ نفط
- طاقة النفايات الحضرية والزراعية: هناك حوالي 5 مليون طن من النفايات الحضرية و الزراعية لا يتم إعادة تدويرها، وهذه الإمكانيات من النفايات يمكن أن تنتج ما يقارب 1.33 مليون طن مكافئ نفط في السنة من الطاقة.

خامسا– الطاقة الكهرومائية: تتوفر الجزائر على إمكانيات محدودة لتوليد الطاقة الكهرومائية، وذلك نظرا لضآلة المصادر المائية المتاحة واللازمة لإنشاء محطات الطاقة الكهرومائية، حيث تستخدم هذه المصادر في المقام الأول لأغراض الري والتزود بمياه الشرب.

2–2– الخيارات الإستراتيجية المعتمدة في الجزائر لتعزيز التحول الطاقوي:

أولا– الإطار التشريعي: قامت الحكومة الجزائرية بتأطير السياسة الطاقوية الوطنية بمجموعة من النصوص التشريعية والتنفيذية المتخصصة بتوجه التحول الطاقوي نحو الطاقات المتجددة، ومنها هذا النصوص ما يلي:

أ. **القانون رقم 04–09 المؤرخ في 14 أوت 2004 المتعلق بتعزيز الطاقات المتجددة في اطار التنمية المستدامة**[2]: ونص هذا الأخير على ترقية الطاقات المتجددة وذلك تحقيقا للأهداف الآتية:

- حماية البيئة من خلال تشجيع اللجوء إلى مصادر طاقة غير ملوثة
- المساهمة في مكافحة التغيرات المناخية بالحد من انبعاث الغازات المتسببة في الاحتباس الحراري
- المساهمة في تحقيق التنمية المستدامة بالمحافظة على مصادر الطاقة التقليدية وتثمين مصادر المتجددة.

كما نص هذا الأخير على صياغة برنامج وطني لترقية الطاقات المتجددة، وعلى انشاء هيئة وطنية تتولى تطوير استعمال الطاقات المتجددة تدعى « المعهد الجزائري للطاقات المتجددة ».

ب. المرسوم التنفيذي رقم 11-423 المؤرخ في 08 ديسمبر 2011 الذي يحدد كيفيات تسيير الصندوق الوطني للطاقات المتجددة والإنتاج المشترك (FNERC)

ثانيا– إستراتيجية التحول الطاقوي في الجزائر: قامت الجزائر عام 2011 في إطار تطبيق سياسة واضحة لتعزيز التحول نحو الطاقات المتجددة، بإطلاق برنامج طموح – البرنامج الوطني للطاقات المتجددة (**EnR**)– يشكل رهنا أساسيا قصد[3]:

---

[1] Ministère de l'Energie et des Mines, **Potentiels National des Énergies Renouvelables**, Op.Cit, 16/09/2016.

[2] لجنة ضبط الكهرباء والغاز(2008): **مجمع النصوص التشريعية والتنظيمية**، الجزائر، ص 136-138.

[3] وزارة الطاقة والمناجم (2016): **برنامج تطوير الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية**، الجزائر، ص 3-9.

- تعزيز التحول نحو الطاقات المتجددة، وتثمين موارد طاقة غير ناضبة (كالموارد الشمسية، والرياح)
- توفير حلول شاملة ودائمة للتحديات البيئية، والحفاظ على مصادر الطاقة الأحفورية
- ضمان ديمومة الإستقلالية الطاقوية للبلاد من جهة، وخلق حركية اقتصادية وتنموية من جهة أخرى

وتم تحديد أهداف طموحة من خلال هذا البرنامج (البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة) لإنتاج الكهرباء من تقنيات متجددة، وفق الجدول الزمني الآتي:

الجدول رقم 2: أهداف البرنامج الوطني لتطوير الطاقة المتجددة طبقا لنوع التكنولوجيا

الوحدة: ميغا واط

		2011	2015	2020	2030
الرياح		10	50	270	2000
شمسية	مركزات شمسية	25	325	1500	7200
	خلايا كهروضوئية	6	182	831	2800

المصدر: ابراهيم عبد الجليل، محمد العشري ونجيب صعب (2013): **الطاقة المستدامة: التوقعات، التحديات والخيارات**، المنتدى العربي للبيئة والتنمية (AFED)، لبنان، ص 60.

من خلال الجدول السابق يتضح أن الجزائر تطمح من خلال هذا البرنامج لتأسيس قدرة إجمالية مركبة من أصل متجدد تقدر بـ 12000 ميغا واط، كما أن التحكم في التكنولوجيا الشمسية، وبالتحديد تكنولوجيا المركزات الشمسية تمثل الهدف الرئيسي للبرنامج الوطني لتطوير الطاقة المتجددة.

وبعد حوالي أربع سنوات من إطلاق البرنامج الوطني للطاقات المتجددة، ظهر خلال المرحلة التجريبية والإختبار التكنولوجي، عناصر جديدة وملحة على الساحة الطاقوية، سواء منها الوطنية أو الدولية، أدت إلى مراجعة وتحيين البرنامج، ومن بين هذه العناصر، نذكر ما يلي:

- معرفة أفضل للقدرات الوطنية في مجال الطاقات المتجددة، من خلال دراسات أجريت خاصة على القدرات الشمسية والرياح
- انخفاض تكلفة صناعات الخلايا الشمسية وتجهيزات طاقة الرياح، التي باتت تفرض نفسها أكثر فأكثر في السوق لتشكل صناعات قابلة للاستمرار

وعليه قامت الحكومة الجزائرية بمراجعة الأهداف الإستراتيجية المعتمدة في البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة المعتمد عام 2011، وسطرت نسخة جديدة من الأهداف العامة للبرنامج الوطني المحين للطاقات المتجددة على مرحلتين:

- المرحلة الأولى (2015-2020) : سترى هذه المرحلة تأسيس قدرة إجمالية تقدر بنحو 4525 ميغا واط
- المرحلة الثانية (2021-2030): تأسيس قدرة إجمالية تقارب 17475 ميغا واط

والجدول رقم 3 يوضح أهداف البرنامج الوطني المحين لتطوير الطاقة المتجددة طبقا لنوع التكنولوجيا

الجدول رقم 3: أهداف البرنامج الوطني المحين لتطوير الطاقة المتجددة طبقا لنوع التكنولوجيا

	المرحلة الأولى (2015–2020)	المرحلة الثانية (2021–2030)	المجموع (ميغاواط)
الخلايا الكهروضوئية	3000	10575	13575
الرياح	1010	4000	5010
مركزات شمسية	-	2000	2000
التوليد المشترك	150	250	400
الكتلة الحيوية	360	640	1000
الحرارة الجوفية	05	10	15
المجموع	4525	17475	22000

Source: Ministère de l'énergie et des mines (2016): **Programme des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique 2016**, Algérie, p 11.

الجدول السابق يؤكد أن البرنامج الوطني المحين للطاقات المتجددة يركز بشكل رئيسي على تطوير مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح، وذلك بقدرة مركبة تصل إلى 18585 ميغا واط، أي ما يعادل 85% من إجمالي القدرات المتجددة المركبة بحلول عام 2030، وهذا يعزى كما سبق وأشرنا إلى إنخفاض تكاليف الخلايا الشمسية وتجهيزات طاقة الرياح، كما تم إدخال مشاريع الكتلة الحيوية ونظم التوليد المزدوج بالإضافة إلى مشاريع الطاقة الجيوحرارية، أما مشاريع الطاقة الشمسية الحرارية فتم تأجيل إنطلاقها إلى غاية 2021، وهذا لأن تكاليفها لا تزال مرتفعة. ويشتمل البرنامج من الآن إلى غاية 2030 على انجاز العديد من المشاريع منها: محطات شمسية كهروضوئية، شمسية حرارية ومزارع الرياح، ومن بين هذه المشاريع نذكر ما يلي[1]:

- 23 محطة شمسية كهروضوئية بقدرة انتاجية قدرها 343 ميغا واط في الهضاب العليا والجنوب، ومنها: محطة جانت بقدرة 3 ميغا واط، محطة تمنراست بقدرة 13 ميغا واط ومحطة تندوف بقدرة 9 ميغا واط
- مزرعة رياح خنشلة بقدرة انتاجية قدرها 20 ميغا واط؛
- محطة الطاقة الحرارية الجوفية بقالمة بقدرة انتاجية قدرها 5 ميغا واط؛

ثالثا– الإطار المؤسساتي المشرف على تعزيز التحول نحو الطاقات المتجددة في الجزائر: حضي موضوع التحول الطاقوي في الجزائر باهتمام كبير منذ الثمانينات، وتجسد هذا الاهتمام من خلال المصادقة على ميلاد المحافظة السامية للطاقات المتجددة عام 1982، ومن مهام هذه الأخيرة القيام بأعمال البحث والتكوين والإعلام والمساهمة في تنمية الطاقات المتجددة، وبعد ثلاث سنوات من العمل (عام

[1] International Renewable Energy Agency (**IRENA**), **Renewable Energy in the Arab Region Overview of developments 2016**, p 12.

1985) قامت المحافظة بتركيب لوحة فوتوفولطية للمركب الالكتروني بسيدي بلعباس، وهو ما جعل الجزائر تحتل الصادرة إفريقيا في مجال تركيب الخلايا الشمسية، وتدخل مصاف الدول المتحكمة في التكنولوجيا العالية في مجال تصنيع الخلايا الشمسية[1].

كما تم إنشاء عدة هياكل مؤسساتية متخصصة في البحث والتطوير في هذا المجال، ومنها :

- المركز الوطني لتطوير الطاقات الجديدة والمتجددة (CDER)، وحدة تطوير المعدات الشمسية (UDES)
- وحدة تطوير تكنولوجيات السلسيوم (UDTS)
- وحدة البحث في الطاقات المتجددة (URAER)
- وحدة البحث في معدات الطاقة المتجددة بجامعة تلمسان (URMER)
- وحدة البحث في الطاقات المتجددة بالمنطقة الصحراوية (URERMS)
- مركز البحث في تكنولوجيا نصف النواقل الطاقوية الجزائر (CRTSE)
- مركز البحث و تطوير الكهرباء والغاز (CREDEG)

رابعا- الآليات التمويلية والإجراءات التحفيزية:

أ- آلية تمويل مشاريع التحول نحو الطاقة المتجددة: سعيا لتحقيق الأهداف الإستراتيجية المعتمدة لتعزيز التحول نحول الطاقات المتجددة في الجزائر، تم إنشاء الصندوق الوطني للطاقات المتجددة والإنتاج المشترك (FNERC)- كما سبق وأشرنا- وفقا للمرسوم التنفيذي المرسوم التنفيذي رقم 11-423 المؤرخ في 08 ديسمبر 2011، يهدف الصندوق إلى تمويل النشاطات والمشاريع المدرجة في إطار ترقية مسار التحول الطاقوي، تتمثل هذه المشاريع في:

- مشاريع إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة أو أنظمة التوليد المشترك
- شراء تجهيزات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة أو انظمة التوليد المشترك
- النشاطات التكوينية ذات الصلة الطاقات المتجددة أو أنظمة الوليد المشترك

- **موارد الصندوق:** يستمد الصندوق موارده المالية من خلال[2]:
  - 1% من الجباية البترولية
  - موارد ومساهمات أخرى

ب- الإجراءات التحفيزية: قامت الحكومة الجزائرية باعتماد بعض الإجراءات التحفيزية، وذلك بهدف تشجيع المستثمرين المحليين والدوليين على الاستثمار في مشاريع الطاقة المتجددة، وتتمثل هذه الحوافز في:

---

[1] عمر الشريف (2007): **استخدام الطاقات المتجددة ودورها في التنمية المحلية المستدامة (دراسة حالة الطاقة الشمسية في الجزائر)**، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة الحاج لخضر: باتنة، الجزائر، ص 312، 313.

[2] الجريدة الرسمية، العدد 68، الصادرة بتاريخ 14 ديسمبر 2011، ص 22.

- **تبني نظام تسعيرة الشراء المضمونة** (Feed in Tariff): قامت الجزائر باعتماد نظام تعريفة الشراء المضمونة بموجب القانون رقم 01-02 المؤرخ في 05 فيفري 2002 المتعلق بالكهرباء والتوزيع العمومي للغاز الطبيعي عبر الأنابيب[1]، وبموجب هذا القانون منح منتجي الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة أو من نظم الإنتاج المزدوج ضمان شراء الكهرباء المنتجة بأسعار تفضيلية مرتفعة نسبيا، وذلك لمدة تصل إلى 20 سنة لصالح منشآت الطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح، و15 سنة لصالح منشآت التوليد المشترك.

- منح امتيازات مالية، جبائية وجمركية للأنشطة والمشاريع التي تساهم في ترقية الطاقات المتجددة، كالاستفادة من تخفيض جمركي عند إستراد المكونات والمواد الخام والمنتجات الشبه مصنعة المستخدمة في تصنيع معدات وتجهيزات الطاقات المتجددة.

2-3- تقييم مسار التحول الطاقوي الجزائر: الواقع والمعوقات

أولا- تقييم أداء مسار التحول الطاقوي نحو الطاقة المتجددة في الجزائر: وضعت الحكومة الجزائرية منذ عام 2011 – كما سبق وأشرنا- عددا من البرامج والخطط لتعزيز مسار التحول نحو الطاقات المتجددة، هدفت من خلالها إلى تأسيس قدرة وطنية مركبة من الطاقات المتجددة تصل إلى حوالي 4500 ميغا واط بحلول عام 2020، وإلى 22000 ميغا واط بحلول عام 2030، أي ما يقارب 37% من مجمل القدرات الوطنية المركبة، وبعد ما يقارب العشر سنوات من إطلاق البرنامج الوطني للطاقات المتجددة المحين، تم تقييم مستوى انجاز المشاريع المستهدفة منه، وتحديد ما إذا كانت الأنشطة والفعاليات التي تم تنفيذها في الواقع العملي تتماشى مع الأهداف الإستراتيجية المعلنة والخطط الموضوعة، والجدول رقم 4 الموضح أدناه يلخص ذلك.

[1] المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (2012): **الجزائر: نبذة عن الطاقات المتجددة**، مصر، ص 2.

الجدول رقم 4: مقارنة بين قدرات التوليد المستهدفة في الجزائر وقدرات التركيب التي تم تركيبها

	الهدف لعام 2020 (ميغاواط)	**ما تم تركيبه حتى 2020 (ميغاواط)**	**النسبة المئوية للانجاز (%)**
الخلايا الكهروضوئية	3000	400	13.33
الرياح	1010	50	5
مركزات شمسية	-	25	-
الكتلة الحيوية	360	0	0
الحرارة الجوفية	05	0	0
المجموع	4375	475	10.7

المصدر: محمد فرحات (ديسمبر 2023): **دور قطاع توليد الطاقة الكهربائية في تحقيق الاستدامة وأمن الطاقة**، مؤتمر الطاقة العربي الثاني عشر الطاقة والتعاون العربي، الدوحة، قطر، ص 32.

ومن خلال التركيز في أرقام الجدول السابق، يتضح أن مستوى انجاز مشاريع البرنامج الوطني لتطوير استخدام الطاقات المتجددة المستهدف تنفيذها حتى عام 2020 متواضعة للغاية وتعاني الكثير من التأخير، حيث أن قدرات التوليد المتجددة التي تم تركيبها فعلا لم تتعدى نسبة 10.8%من مجمل قدرات التوليد المتجددة المستهدفة، وهو ما يؤكد أن البرنامج الوطني المعتمد لتطوير الطاقات المتجددة لا يسير في الاتجاه الصحيح (خاصة وأن ما تم تنفيذه لا يحقق ما تم التخطيط له)، كما يؤكد أن هذا الأخير (البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة) تعوقه العديد من الحواجز والعقبات.

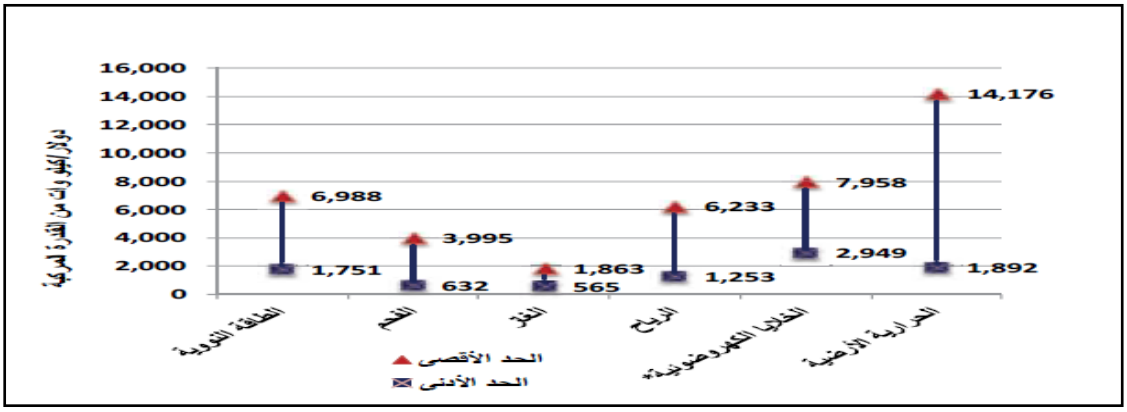
ثانيا– معوقات التحول الطاقوي في الجزائر: في ظل هيمنة مصادر الطاقة التقليدية على المشهد الطاقوي، يواجه استخدام الطاقة المتجددة في الجزائر –حالها الحال في العديد من الدول العربية– العديد من التحديات والمعوقات، وفيما يلي توضيح لبعض منها:

أ– **المعوقات التشريعية:** رغم تعدد النصوص التشريعية (القوانين والمراسيم) والتنفيذية (القرار والأمر) المعتمدة في مجال تعزيز التحول نحو الطاقة المتجددة في الجزائر، إلا أن هذه الأخيرة لازالت ضعيفة وغير مفعلة، بالمقارنة مع النصوص التونسية مثلا، حيث تتميز النصوص التشريعية والتنفيذية الجزائرية بقلة النصوص التنفيذية وغلبة النصوص التشريعية (14 نص تشريعي يقابلها نصين تنفيذيين فقط)، وهذا ما أدى إلى عدم تفعيل النصوص التشريعية (علما أن كل نص تشريعي يتألف من مجموعة من المواد، كل مادة تحتاج إلى نص تنفيذي على الأقل لتفعيلها من الجهة المعنية)، في حين تتميز النصوص التونسية بغلبة النصوص التنفيذية (خمس قوانين يتفرع عنها 35 نص تنفيذي)، الأمر الذي ساهم في تفعيل المراسيم والقوانين ووضعها موضع التطبيق، كما أن النصوص التشريعية والتنفيذية الجزائرية – التي تم عرضها سابقا – لم تتطرق إلى العديد من المحاور الأساسية التي ترتكز عليها برامج الطاقة المتجددة، وتفتقر للنصوص

التخصصية اللازمة لمتابعة وتنفيذ الخطط المقرر تنفيذها، وهو ما أدى إلى وجود خلل في تنفيذ المشاريع والبرامج المعتمدة في مجال الطاقة المتجددة.

ب- **معوقات الكلفة المرتفعة:** لا شك أن مزايا استخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في توليد الكهرباء تتلخص في انخفاض تكاليف التوليد مقارنة بالمحطات الحرارية العاملة بالنفط والغاز الطبيعي، كما أن استخدام هذه المصادر لا ينتج أي انبعاثات ملوثة للبيئة، لكن ارتفاع التكاليف الرأسمالية اللازمة لإنشاء محطات الطاقة المتجددة يمثل أحد أهم المعوقات التي تحول دون تنفيذ مشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر، وكما هو مبين في الشكل رقم 2 الموضح أدناه، فإن التكاليف الاستثمارية للمحطات العاملة بموارد الطاقة المتجددة هي الأعلى مقارنة بالمحطات الأخرى، حيث لا تقل التكلفة الاستثمارية عن 14.176 دولار لكل كيلو واط من القدرة المركبة للمحطات العاملة بالحرارة الأرضية، وعن 2949 دولار لكل كيلو واط من القدرة المركبة للمحطات العاملة بالخلايا الكهروضوئية، وعن 1253 دولار لكل كيلو واط من القدرة المركبة للمحطات الرياح، بينما لا يتعدى 3995 دولار لكل كيلو واط من القدرة المركبة للمحطات العاملة بالفحم، و 1863 دولار لكل كيلو واط من القدرة المركبة للمحطات الغازية[1].

الشكل رقم 2: نطاق التكاليف الاستثمارية لمختلف أنواع محطات الطاقة الكهربائية



المصدر: وائل حامد عبد المعطي (2015): **دور الغاز الطبيعي في تحقيق التنمية المستدامة في الدول العربية**، الجزء الثاني، مجلة النفط والتعاون العربي (العدد 155)، ص 93.

ج- المعوقات التمويلية: يعد قصور آليات التمويل المحلي أحد العوائق الرئيسية التي تواجه مشاريع المعتمدة في الجزائر في مجال التحول نحو الطاقة المتجددة، خاصة وأن هذه المشاريع تحتاج إلى رؤوس أموال كبيرة، يبحث الأفراد والمستثمرين عن توفير معظمها من صناديق التمويل المخصصة لتمويل هذه المشاريع أو من قروض بنكية، ومن أهم أسباب قصور آليات التمويل نذكر ما يلي:

- عدم وجود أصحاب رأس المال لتغطية التكاليف العالية المطلوبة للاستثمار خاصة في المشاريع الطاقة المتجددة؛

[1] وائل حامد عبد المعطي، **دور الغاز الطبيعي في تحقيق التنمية المستدامة في الدول العربية**، مرجع سبق ذكره، ص 92.

- إحجام البنوك المحلية عن تمويل هذه المشاريع، وذلك بسبب:

- انعدام المعرفة وتدني الثقة بمشاريع الطاقة المتجددة، والخوف من فشل هذه المشاريع وعدم قدرة المستثمرين علي الوفاء بالتزاماتهم البنكية؛
- قلة المشاريع المنفذة في هذا المجال بالمقارنة مع مشاريع الطاقة التقليدية (إنتاج الوقود الأحفوري والطاقة الكهربائية الأحفورية) والتشييد وغيرها؛
- عدم وجود خبرة لدي القطاع المصرفي بمجال الطاقة المتجددة

د – معوقات فنية وتقنية: تفتقر بلدان المغرب العربي، مثل الكثير من بلدان الوطن العربي، إلى إجراءات نقل معرفة تصنيع معدات وتكنولوجيات الطاقة الجديدة والمتجددة، ويتطلب ذلك خبرة فنية. يُعد غياب الجانب المعرفي والمعلوماتي ذو الصلة بتصنيع مكونات وأنظمة الطاقة المتجددة، من المعوقات الفنية التي تحول دون نشر تطبيقات الطاقة المتجددة.

هـ – معوقات أخرى: إضافة إلى المعوقات السابق ذكرها، التي تشكل عائقا أمام تطور تطبيقات تكنولوجيا الطاقة المتجددة، هناك العديد من العقبات الأخرى، ومنها:

- **قصور الوعي ونقص المعلومات**: إن غياب الوعي وعدم إحاطة الأطراف المعنية والمجتمع بأسره بالمعلومات المتعلقة بـ: قضايا الطاقة ومشاكلها، مختلف الحلول المطروحة لاستعمال مصادر الطاقة المتجددة، فرص التمويل المتاحة وبيانات الأداء الموثوقة للخيارات المتوفرة المتعلقة بالطاقات المتجددة، ومختلف المكاسب الاقتصادية، الاجتماعية والبيئة المحققة من استخدام هذه الخيارات، جعل المجتمع لا يولي أهمية كبيرة للمحافظة على الطاقة في جميع المجالات الممكنة، كما قوى الشعور العام لدى المؤسسات والأفراد بقلة جدوى المساعي الرامية إلى التحول نحو استخدام الطاقات المتجددة.
- ضعف الإرادة السياسية على مستوى الحكومات والشركات، نقص العمالة الماهرة ونقص مراكز التدريب المتخصصة.
- انخفاض أسعار البترول خلال السنوات الأخيرة، وبالتالي انخفاض العوائد النفطية، شكل عائقاً أمام استكمال إستراتيجية تطوير تكنولوجيا الطاقة المتجددة في الآجال المحددة، خاصة وأن الجزائر تعتمد بشكل رئيسي على العوائد النفطية في ذلك.

الخلاصة

تزايد الاهتمام بالتحول الطاقوي خلال العقود الخمس الأخيرة على كل المستويات المحلية، الإقليمية والعالمية، وانتشرت استراتيجياته على مستوى العالم ككل، وباتت تظهر فما لا يقل عن 165 بلد، ولا شك أن القيادة السياسية في الجزائر – وفي ظل التحديات المتعددة المتعلقة بقضايا الطاقة والبيئة التي تواجهها– أدركت أهمية تعزيز مسار التحول الطاقوي والتوجه نحو الطاقات المتجددة، وشرعت في تبني سياسات و برامج تهدف لتعزيز مسعى التحول نحو الطاقة المتجددة بما يكفل التطور الاقتصادي و الاجتماعي من جهة و يحافظ على البيئة من جهة أخرى. رغم تبني الجزائر لتشكيلة متنوعة من التدابير

والإجراءات التشريعية والتمويلية والتحفيزية التي من شأنها تعزيز تحقيق مسعى التحول الطاقوي، إلا أن الدلائل الواقعية تشير أن تحقيق هذا المسعى لازال متعثر، ويعاني الكثير من التأخير، حيث أن الأنشطة والفعاليات التي تم تنفيذها في الواقع العملي، لا تتماشى مع الأهداف الإستراتيجية المعلنة والخطط الموضوعة، ويعزى هذا للعديد من الحواجز والعقبات.

وتأسيسا على ما سبق، توصي الدراسة بـ:

– ضرورة متابعة النصوص التشريعية من حيث صلاحيتها وإدخال التعديلات المناسبة عليها، والعمل على تفعيل بنود مختلف القوانين والمراسيم المتعلقة بالتحول نحو الطاقات المتجددة عن طريق اعتماد النصوص التنفيذية.

– الاهتمام بمؤسسات ومراكز بحوث الجامعات العاملة في مجال تطوير تقنيات الطاقة خاصة المتجددة منها، مع توفير الدعم المادي والفني والمعنوي لها وتنمية روح التعاون فيما بينها.

– توجيه الدعم المالي من الحكومة والقطاع الخاص لمشاريع الطاقة المستدامة، والعمل على بناء شراكات دولية سواء مع الحكومات أو مع مستثمرين عالميين لإنشاء وتمويل مشاريع التحول الطاقوي.

– تشجيع التعاون وتنشيط التشاور والتبادل العلمي بين البلدان العربية في مجال التحول نحو الطاقات المتجددة، والعمل على توحيد الرؤى التخطيطية والتنفيذية التي تعزز قدرة قطاع الطاقة على تحقيق التحول الطاقوي.

قائمة المراجع

- **المراجع باللغة العربية**

1-ابراهيم عبد الجليل، محمد العشري ونجيب صعب (2013): **الطاقة المستدامة: التوقعات، التحديات والخيارات**، المنتدى العربي للبيئة والتنمية (AFED)، لبنان.

2- الجريدة الرسمية، العدد 68، الصادرة بتاريخ 14 ديسمبر 2011، ص 22.

3-المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (2012): **الجزائر: نبذة عن الطاقات المتجددة**، مصر

4– المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (2014): **المؤشر العربي لطاقة المستقبل –الطاقة المتجددة– AFEX 2013**، القاهرة، مصر.

5– بكدي فاطمة (2019): **الاقتصاد الأخضر: من النظري إلى التطبيق**، مركز الكتاب الأكاديمي، عمان، الأردن.

6- جامعة الدول العربية ، إدارة الطاقة (2011): **دليل إمكانات الدول العربية في مجالات الطاقة المتجددة ورفع كفاءة إنتاج واستهلاك الطاقة**، مصر.

7- سياري نوال (2023): **وسائل النقل الحديثة وتحدي الانتقال الطاقوي – دراسة حالة الجزائر–**، أطروحة دكتوراه، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة قسنطينة 2، الجزائر.

8- عمر الشريف (2007): **استخدام الطاقات المتجددة ودورها في التنمية المحلية المستدامة (دراسة حالة الطاقة الشمسية في الجزائر)**، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة الحاج لخضر: باتنة، الجزائر.

9- عميمر فضيلة (2021): **محاضرات في مقياس اقتصاديات الطاقة**، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة لونيسي علي، البليدة، الجزائر.

10- عنتر حساني (2025): التحول الطاقوي في الجزائر: **مكانة الغاز الطبيعي والطاقات المتجددة في المزيج الطاقوي المستقبلي للجزائر**، أطروحة دكتوراه، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة الجزائر 3، الجزائر.

11- لجنة ضبط الكهرباء والغاز(2008): **مجمع النصوص التشريعية والتنظيمية**، الجزائر.

12- محمد فرحات (ديسمبر 2023): **دور قطاع توليد الطاقة الكهربائية في تحقيق الاستدامة وأمن الطاقة**، مؤتمر الطاقة العربي الثاني عشر الطاقة والتعاون العربي، الدوحة، قطر.

13- وائل حامد عبد المعطي (2015): **دور الغاز الطبيعي في تحقيق التنمية المستدامة في الدول العربية**، الجزء الثاني، مجلة النفط والتعاون العربي (العدد 155).

14- وزارة الطاقة والمناجم (2016): **برنامج تطوير الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية**، الجزائر.

- **المراجع باللغة الأجنبية**

1- Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique, Bureau pour l'Afrique du Nord (2012) : **Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord: situation actuelle et perspectives**, Maroc.

2- Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz (2016): **Les énergies renouvelables en Algérie,** Alger, Algérie.

3- International Renewable Energy Agency (**2023**): **Renewable capacity statistics 2023 ,** Abu Dhabi, United Arab Emirates.

4- International Renewable Energy Agency (**IRENA**) (2016), **Renewable Energy in the Arab Region Overview of developments 2016,** Abu Dhabi, United Arab Emirates.

5- Ministère de l'énergie et des mines (2007): **Guide des énergies renouvelables**, Algérie.

6- Ministère de l'Energie et des Mines, **Potentiels National des Énergies Renouvelables**, http://www.mem-algeria.org/francais/index.php?page=potentiels-national-des-energies-renouvelables, le 10/09/2016.

7- Ministère de l'énergie et des mines (2016): **Programme des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique 2016**, Algérie

الأطر القانونية والمؤسساتية لدعم الطاقات المتجددة في الجزائر

Legal and institutional frameworks to support the renewable energies in Algeria

مولود أرزيوقات[1] ، عبد الحفيظ لقوي[2]،

[1] جامعة 20أوت 1955 (الجزائر)، m.arzioukat@univ-skikda.dz

[2] جامعة 20أوت 1955 (الجزائر)، a.lekoui@univ-skikda.dz

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على المفاهيم الأساسية للطاقات المتجددة والتطرق لمختلف أشكالها ومصادرها المتعددة، هذا من جهة، ومن جهة أخرى التطرق للأطر القانونية والهياكل المؤسساتية لدعم وتشجيع الطاقات المتجددة في الجزائر منذ بداية الألفية، باستخدام المنهج الوصفي التحليلي وقد توصلت الدراسة أن بلادنا لم تتأخر عن ركب التحول الطاقوي العالمي مستفيدة من مؤهلات طبيعية واعدة وسخرت لأجل ذلك مؤسسات راعية عبر ترسانة قانونية إلا أن النتائج المحققة حتى الآن لاتزال محتشمة.

الكلمات المفتاحية: طاقة متجددة، إطار قانوني، إطار مؤسساتي، الجزائر.

تصنيفات JEL : *O13*، *K62*، *D02*

Abstract :

This study aims to shed light on the basic concepts of renewable energies and discuss their various forms and multiple sources. On the other hand, addressing the legal frameworks and institutional structures to support and encourage renewable energies in Algeria since the beginning of the millennium, Using the descriptive analytical approach, the study concluded that our country has not fallen behind in the global energy transition, benefiting from promising natural qualifications and harnessing specialized institutions through a legal arsenal, However, the results achieved so far remain modest.

Keywords : Renewable energy ; Legal framework ; Institutions framework ; Algeria.

JEL Classification Cods : O13, K62, D02.

المؤلف المرسل: مولود أرزيوقات ، الإيميل: m.arzioukat@univ-skikda.dz

مقدمة:

يواجه العالم المعاصر تحديات كبيرة ومشاكل معقدة للحفاظ على البيئة وتحقيق التنمية المستدامة، وهذا لا يتأتى إلا من خلال الابتعاد عن الاستغلال المفرط للطاقات التقليدية وتقليل الاعتماد عليها نظر لمخلفاتها المضرة بالتنوع الإيكولوجي واعتبارها المتسبب الرئيسي في ظاهرة الاحتباس الحراري والتلوث البيئي، ولعل هذا ما جعل الكثير من الدول تتجه نحو الاستثمار في الطاقات المتجددة والنظيفة كتوجه استراتيجي هام، وذلك عبر وضع مجموعة من الأطر والقوانين والسياسات لترقية هذا النوع من الطاقة المستدامة التي لا تنضب والصديقة للبيئة في آن واحد.

وتعتبر الجزائر من بين الدول التي تمتلك مقومات هائلة من الموارد الطبيعية لإنتاج الطاقة المتجددة وفي مقدمتها الطاقة الشمسية، بالإضافة إلى موارد أخرى كالطاقة المائية وطاقة الرياح والطاقة الحيوية، وهو ما يؤهلها لأن تكون من بين الدول الرائدة في مجال توليد الطاقة المتجددة وتصدير الفائض منها إلى الدول الأخرى.

وقد عبرت الجزائر عن مدى اهتمامها بالطاقات المتجددة من خلال وضع الكثير من الأنظمة التشريعية والهياكل المؤسساتية المختلفة والمتنوعة بهدف تنميتها وتطوير منتجاتها تأمينا لهاجس تنويع مصادر الطاقة وتحقيق التحول الطاقوي في إطار التنمية المستدامة.

الإشكالية:

بناء على ما سبق نطرح الإشكالية الآتية: ما هو واقع الأطر التنظيمية والهياكل المؤسساتية لدعم الاستثمار في الطاقات المتجددة في الجزائر؟

فرضيات الدراسة:

وللإجابة على إشكالية الدراسة تمت صياغة الفرضية الآتية:

- توفر الجزائر منظومة تشريعية وهياكل مؤسساتية متنوعة لضمان دعم الطاقات المتجددة وتنويع مصادر الطاقة.

أهمية الدراسة:

تستمد هذه الدراسة أهميتها من حيوية موضوع الطاقة المتجددة والذي أصبح من المواضيع ذات الاهتمام الأكبر من وجهة النظر الأكاديمية بل والسياسات الحكومية، وهذا بسبب تعاظم التوجه العالمي نحو الاستثمار في هذا النوع من الطاقة النظيفة والصديقة للبيئة والمستمدة من الموارد المستدامة التي لا تنضب وتكون بديلا عن مصادر الطاقة التقليدية.

أهداف الدراسة:

- التعريف بالطاقات المتجددة، مصادرها وأهميتها.
- الوقوف على مقومات الطاقة المتجددة في الجزائر.
- إبراز مختلف الأطر القانونية والمؤسساتية التي توفرها الجزائر لدعم الطاقات المتجددة .

منهج الدراسة:

ولمعالجة هذا الموضوع تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي لاتساقه مع طبيعة الموضوع وأهداف الدراسة،

هيكل الدراسة:

لقد تم تقسيم الدراسة إلى ثلاثة محاور هي:

- مفهوم الطاقة المتجددة.
- مقومات الطاقة المتجددة في الجزائر
- الأطر القانونية والمؤسساتية للطاقات المتجددة في الجزائر.

1. مفهوم الطاقة المتجددة:

1.1.تعريف الطاقة المتجددة:

الطاقة المتجددة هي الطاقة الناتجة عن مصادر طبيعية تتجدد بمعدل يفوق مقدار ما يتم استهلاكه منها، مثل مصادر الشمس والرياح، وهي متوفرة في كل مكان (الأمم المتحدة، 2025).

أو هي: تلك الطاقات التي يتكرر وجودها في الطبيعة بشكل تلقائي ومستمر، أي أنها الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد ولا تنفذ (حدة، 2012).

2.1. أهمية الطاقة المتجددة:

تكمن أهمية الطاقة المتجددة في النقاط الآتية (اللبدي، 2015).

- وفرة مصادر الطاقة المتجددة في جميع أنحاء العالم.
- الطاقة المتجددة تقلل من الاستخدام المفرط للطاقات التقليدية الأحفورية، وبالتالي يمكن الاعتماد عليها كبديل طاقوي نظيف على المستوى المحلي على الأقل .
- تمثل الطاقة المتجددة مصدرا محليا يمكن الاعتماد عليه على المستوى المحلي دون شبكات توزيع كبيرة ووسائل نقل معقدة، وهو ما يتناسب مع ظروف المناطق الريفية والبعيدة ويوفر لها احتياجاتها.
- نظيفة لا يترتب عليها تلوث البيئة وتحافظ على الصحة العامة.
- اقتصادية في كثير من الاستعمالات، ولها عائد اقتصادي كبير .
- أن الطاقة المتجددة مصدر دائم لا ينضب ومتجدد باستمرار وبسعر مناسب.
- تستعمل تقنيات غير معقدة، يمكن تصنيعها محليا في الدول النامية.

3.1.مصادر الطاقة المتجددة:

تتمثل المصادر الأساسية للطاقة المتجددة فيما يلي:

1.3.1.الطاقة الشمسية:

وهي الطاقة المستمدة من أشعة الشمس في شكل حرارة وضوء، وهي الطاقة الأكثر وفرة من بين جميع مصادر الطاقة المتجددة، وهو ما يتيح لكافة الدول استخدامها كمصدر من مصادر الطاقة لديها، مع الاختلاف النسبي في حجم وقدرات هذا الاستخدام للطاقة الشمسية بين دول العالم، وهناك تطبيقات متعددة للطاقة الشمسية تطورت وتنوعت من زمن لآخر

وذلك اطرادا مع التقدم التقني، ففي القديم كان يستخدم" الطباخ الشمسي" وهو عبارة عن صندوق يتم فيه تجميع حرارة الشمس واستعماله في طهي الطعام وتسخين المياه وتعقيم الأدوات الطبية، كما يتم استخدام أشعة الشمس في المجالات الزراعية من أجل تسهيل عملية الزراعة ونمو النباتات في غير موسمها، وكذلك لتجفيف المحاصيل الزراعية. وفي العصر الحاضر ومع التطور التقني والتكنولوجي ظهرت تطبيقات حديثة لاستخدام الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء، منها تقنية الخلايا الشمسية، وتقنية تركيز الطاقة الشمسية (سليمان، 2024).

2.3.1.الطاقة الهوائية:

وهي الطاقة المستمدة من حركة الهواء والرياح، وهي من أقدم التقنيات المعروفة في قطاع الطاقات المتجددة، سواء في تسيير السفن الشراعية وإدارة طواحين الهواء لطحن الحبوب، أو لاسخراج المياه من الآبار ورفعها، ويرتبط استخدام وحدات الرياح حاليا في تحويل الطاقة الهوائية إلى طاقة ميكانيكية ثم تحويلها إلى طاقة كهربائية من خلال مولدات وتوربينات (روايقية، 2019).

3.3.2.الطاقة المائية:

تأتي الطاقة المائية من مساقط المياه، سواء كانت عبر محطات لتوليد الكهرباء الصغيرة التي تلبي حاجة عائلة واحدة، أو عبر محطات ضخمة لتوليد الكهرباء لحاجة ملايين الناس، وتساهم الطاقة الكهرومائية بنحو 1064 جيغاواط من إجمالي الطاقة الكهربائية التي تنتجها جميع أنواع الطاقة التقليدية والمتجددة الأخرى، وطبقا لتوقعات الوكالة الدولية للطاقة فإن إجمالي الطاقة الكهرومائية المركبة في العالم ستبلغ حوالي 1373 جيغاواط سنة 2030 مقابل 851 جيغاواط سنة 2004 ، وتتركز الطاقة الكهرومائية في البلدان العربية التي تتوفر على مصادر مائية كمصر وسوريا والجزائر والمغرب (علي و كافي، 2019).

4.3.2.طاقة الكتلة الحيوية:

وهي الطاقة المتحصل عليها من المواد العضوية مثل المخلفات الحيوانية والخشب والمحاصيل الزراعية والمخلفات والنفايات الصلبة الصناعية والبشرية في المدن (ونوغي و بن عزوق ، 2020)، ويعود ظهور الاهتمام بهذا النوع من الطاقة كبديل للطاقة الأحفورية إلى السبعينات من القرن الماضي خلال الحرب العربية الإسرائيلية والتي أدت إلى ارتفاع أسعار البترول (الأخضر و بوغزالة أحمد، 2017).

5.3.2.طاقة الحرارة الجوفية :

يقصد بهذه الطاقة استخراج موارد الطاقة الحرارية من خزانات المياه الساخنة الموجودة في باطن الأرض، ويتم ذلك عبر حفر آبار عميقة تحت سطح الأرض لاستخراج البخار والماء الساخن وتحويله إلى طاقة كهربائية (سليمان، 2024).

6.3.2.الطاقة النووية:

تنشأ الطاقة النووية عن طريق انفجار وانشطار الروابط بين مكونات النواة، وهو ما يتولد عنه طاقة حرارية هائلة، وفي العصر الحاضر تستخدم مفاعلات الطاقة النووية لأغراض سلمية، منها إنتاج الطاقة الكهربائية (سمير و مستوي، 2015).

2.مقومات الطاقة المتجددة في الجزائر:

تتوفر الجزائر على مقومات هائلة ومتنوعة لإنتاج الطاقة المتجددة وهو ما يؤهلها لأن تكون من الدول الرائدة في هذا المجال على مستوى الشمال الإفريقي والمتوسطي، ويمكن أن نسرد هذه الموارد على النحو الآتي:

1.2.الطاقة الشمسية:

تمتلك الجزائر إمكانيات هائلة من الطاقة الشمسيبة تفوق 5 مليار جيغاواط/سا في السنة مع معدل سنوي لفترة الإشعاع الشمسي يتراوح بين 2550ساعة في الشمال و3600ساعة في الصحراء، ومعدل طاقوي يبلغ على التوالي1007 و2650كيلواط/سا في السنة، وتشكل المنطقة الصحراوية الجزء الأكبر من الأراضي المتوفرة لرفع قيمة الإمكانية الشمسية لما يقارب 2مليون كلم^2، وبحسب خبراء في مجال الطاقة المتجددة فإن الجزائر يمكنها وبمفردها من خلال الحقل الشمسي إنتاج ما يعادل 60 مرة حاجة الدول في أوروبا و04 مرات ما يعادل حاجة الطاقة الكهربائية في كل دول العالم و 500 مرة إشباع الحاجات العامة من الكهرباء على المستوى الوطني (موساوي و مبيروك، 2017).

2.2.طاقة الرياح:

تتوفر الجزائر على بعض الحقول الغنية بسرعة الرياح تبلغ أكثر من 5م/ثا، وذلك كمنطقة تيندوف وتيارت ووهران، في حين ترتفع سرعة الرياح في منطقة أدرار وتيميمون وعين صالح لتبلغ أكثر من 6م/ثا، وتعتبر حقول الرياح هذه مناسبة لإنتاج الطاقة الكهربائية، وتعتزم الجزائر من خلال تجربة أولية إنجاز أول محطة لطاقة الرياح بولاية أدرار بتكلفة 30مليون أورو، ويتوقع أن تتوفر هذه المحطة على طاقة 10ميغاواط وبمساحة تزيد على 30هكتارا (سلمى، 2021).

3.2.الطاقة الكهرومائية:

تتمتع الجزائر بمقدرات معتبرة في مجال توليد الطاقة الكهربائية، وذلك نظرا لتوفر السدود وارتفاع المعدل السنوي لهطول الأمطار في بعض المناطق لا سيما الساحلية والوسطى، حيث يقدر متوسط كميات الأمطار المتساقطة في الجزائر بحوالي 65مليار متر مكعب سنويا، مع وجود 103 من السدود و 13 محطة لتوليد الطاقة الكهرومائية بطاقة تبلغ 269.2ميغاواط، إلا أن حصة إنتاج الطاقة الكهربائية من هذه المحطات لا زالت ضعيفة حيث لا تتجاوز 3%، من مجموع الاسغلال الكلي للسدود، وهذا راجع إلى تخصيص الحكومة الجزائرية لكثير من السدود لتغطية احتياجات المزارعين من الري والسقي (سعدي، و بوقابة، 2024).

4.2.الطاقة الحيوية:

يوجد في الجزائر إمكانيات جيدة من المصادر لإنتاج الطاقة الحيوية، مثل النفايات البلدية، ونفايات المحاصيل ومخلفات الغابات، والكتلة الحيوية لنخيل التمر الصلبة، وتعتبر النفايات الصلبة المصدر الأمثل لإنتاج الطاقة الحيوية في البلاد، ووفقا للسجل الوطني لإنتاج النفايات الصلبة في الجزائر فإن الإنتاج السنوي من النفايات البلدية يتجاوز 10 مليون طن والتي عادة ما ترمي في مكبات أو تحرق عشوائيا أو يعاد تدويرها (ظفر، 2025)، وهذه الإمكانيات من النفايات يمكن أن تنتج ما يقارب 33.1مليون طن مكافئ نفط في السنة من الطاقة (سنوسي و جابة، 2016).

5.2.طاقة الحرارة الجوفية:

تتوفر الجزائر على ما يزيد عن 200 منبع ساخن في المناطق الشمالية، ويمثل 33% من مجموع هذه المصادر ذات حرارة تقدر ب 45درجة، لتبلغ 98 درجة مئوية في حمام المسخوطين بولاية قالمة، و119درجة مئوية في ولاية بسكرة، وقد حددت دراسات التدرج الحراري ثلاث مجالات مع التدرج يتجاوز 5درجة مئوية لكل 100متر، وهي منطقة غيليزان ومعسكر ومنطقة عين بوسيف وسيدي عيسى، ومنطقة قالمة وجبل العنك (موساوي و مبيروك، 2017).

6.2.الطاقة النووية:

تستخدم الجزائر تكنولوجيا الطاقة النووية في مجالات الرعاية الصحية والزراعة، وتقوم بتطوير برنماج مع وكالة الطاقة الذرية لتوليد الكهرباء من الطاقة النووية، ويوجد في الجزائر مفاعلين نوويين هما "نور" و "سلام" في كل من دراية بالعاصمة وعين وسارة بضواحي الجلفة، وبمراقبة الوكالة الدولية للطاقة الذرية، كما استغلت الجزائر حوالي 30 ألف طن من مادة اليورانيوم سنة 2012 بقيمة 150 مليون دولار، وتعتزم السلطات المعنية الاعتماد على اليورانيوم لمضاعفة توليد الطاقة الكهربائية من خلال الشراكة بين المؤسسات الوطنية والمستثمرين الأجانب لا سيما في منطقتي تيندوف وتمنراست (زواوية، 2018).

3.الأطر القانونية والهياكل المؤسساتية للطاقات المتجددة في الجزائر:

1.3. الأطر القانونية:

في إطار اهتمام الجزائر بدعم الطاقات المتجددة عمل المشرع الجزائري منذ التسعينات على وضع مجموعة من القوانين والأوامر والمراسيم من أجل ترقيتها والتشجيع على الاستثمار فيها وتكريس سياسة التحول الطاقوي المنشود، ويمكن أن نوضح هذا كما يلي:

أ.القوانين:

ونذكر منها ما يلي (خضار، 2023):

- القانون رقم 98 – 11 المتضمن القانون التوجيهي والبرنامج الخماسي حول البحث العلمي والتطور التكنولوجي، ويعتبر أول قانون تشريعي يجسد سعي الجزائر إلى تنويع مصادر الطاقة وذلك من خلال الاهتمام بالطاقات المتجددة.

- القانون رقم 99 – 09 المتعلق بالتحكم في الطاقة، وتسعى الجزائر من خلال هذا القانون إلى ترسيخ الفعالية الطاقوية وترقية استخدام الطاقات المتجددة في ظل حماية البيئة، وذلك عن طريق اتباع جملة من الإجراءات التي تهدف إلى ترشيد استهلاك الطاقة وتطوير الطاقات المتجددة والتقليل من نسبة انبعاث الغازات. وهذا ما تنص عليه المادة 02 من ذات القانون والتي جاء فيها ما يلي:" يشمل التحكم في الطاقة مجمل الإجراءات والنشاطات التطبيقية بغية ترشيد استخدام الطاقة المتجددة والحد من تأثير النظام الطاقوي على البيئة" .

- الأمر رقم 02 – 01 المتعلق بالكهرباء وتوزيع الغاز بواسطة القنوات، ويعتبر هذا أول إطار تشريعي تناول تسويق الطاقة الكهربائية الناتجة عن الطاقة المتجددة.

- القانون رقم 04 – 09 المتعلق بترقية الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة، وقد تطرق هذا القانون من خلال نص المادة 03 إلى تعريف الطاقات المتجددة وحدد أشكالها ومصادرها المتمثلة في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والحرارة الجوفية والطاقة المائية وطاقة الكتلة الحيوية .

- قانون المالية التكميلي لسنة 2009 المتضمن إنشاء الصندوق الوطني للطاقات المتجددة والذي يمول بنسبة 0.5% من الجباية البترولية (خير الدين، كعواش، و عمراوي، 2018).

- قانون المالية التكميلي لسنة 2011 تحت رقم 11 – 11 الصادر في 28 جويلية المتضمن رفع الإتاوة البترولية الموجهة لتموين الصندوق الوطني للطاقات المتجددة والتوليد المشترك من 0.5% إلى 10% (مغازي و صابة، 2019).

ب. المراسيم والقرارات:

ونذكر بعضها كالآتي (سلمى، 2021):

المرسوم المؤرخ في 12/28/ 1988 المتعلق بربط وحدات تطوير التجهيزات الشمسية بمركز الطاقات المتجددة .

- المرسوم التنفيذي رقم 04- 149 الصادر في 19 ماي 2004 يحدد كيفيات إعداد البرنامج الوطني للتحكم في الطاقة .

- المرسوم الرئاسي رقم 12- 416 المؤرخ في 11 ديسمبر2012 يتضمن التصديق على مذكرة التفاهم بين حكومة الجمهورية وحكومة الجمهورية التونسية في ميادين التحكم في الطاقة والطاقات المتجددة.

- القرار الوزاري المؤرخ في 15/ 01/ 2013 الذي ينص على التنظيم الداخلي لمركز تطوير الطاقات المتجددة.

- القرار الوزاري المشترك المؤرخ في 16 ماي 2019 الذي يحدد تنظيم الإدارة المركزية لوزارة البيئة والطاقات المتجددة .

- المرسوم التنفيذي رقم 20 – 322 المؤرخ في 22نوفمبر2020 يحدد صلاحيات وزير الانتقال الطاقوي والطاقات المتجددة.

- المرسوم التنفيذي رقم 20- 323 المؤرخ في 22نوفمبر2020يتضمن تنظيم الإدارة المركزية لوزارة الانتقال الطاقوي والطاقات المتجددة.

2.3. الهياكل المؤسساتية:

1.2.3.وحدة تطوير التجهيزات الشمسية:

أنشأت هذه الوحدة في 09 جانفي سنة 1988 ببلدية بوسماعيل ولاية تيبازة، وتعمل على تطوير التجهيزات الشمسية والقيام بدراسات تقنية اقتصادية وهندسية، وإنجاز نماذج أولية محدودة، إضافة إلى القيام بإنتاج تجريبي نموذجي متعلق بالتجهيزات الشمسية ذات المفعول الحراري، أو بفعل الإنارة الفولتية ذات الاستعمال المنزلي والصناعي والفلاحي، كما تنتج أيضا التجهيزات والأنظمة الكهربائية الحرارية والميكانيكية التي تدخل في تطوير التجهيزات الشمسية واستعمال الطاقة الشمسية (فرور، محيريق، و مخزومي، 2017).

2.2.3.مركز تنمية الطاقات المتجددة:

أنشأ هذا المركز في 28 مارس 1988 ببوزريعة بالجزائر العاصمة من طرف المفوض السامي للبحوث، ويؤدي مهامه تحت وصاية وإشراف وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، وترتكز جهوده على تنفيذ برامج البحث حول الطاقات المتجددة، خاصة الطاقة الشمسية، إضافة إلى تطوير الأدوات والوسائل اللازمة لاستغلال هذه الطاقات (غانية، 2016).

3.2.3.الوكالة الوطنية لترقية وترشيد استخدام الطاقة:

أنشأت هذه الوكالة بتاريخ 25 أوت 1988، وتهتم بتنفيذ سياسة الدولة التي تهدف إلى التحكم في استهلاك الطاقة وترقية الطاقات المتجددة، وتنفيذ البرامج القطاعية ذات الصلة باستعمالات الطاقة لاسيما الصناعة والفلاحة والنقل (مخلوفي، 2020).

4.2.3.المحافظة السامية للطاقات المتجددة:

أنشأت سنة 1985 وهذا في سياق الاهتمام الحكومي بتنمية الطاقات المتجددة، وهي الهيئة الأولى في الجزائر التي عملت على جمع البيانات الاقتصادية التي يتم من خلالها تقديم الخدمات الطاقوية للمناطق الريفية والمعزولة، وكان من ضمن

أولوياتها إنتاج اللوحات الشمسية بواسطة المواد الأولية المحلية، والعمل على التحكم في التكنولوجيا الخاصة بها، وقد توجت بإنتاج أول لوحة فوتوفولتية في المركز الإلكتروني بولاية سيدي بلعباس سنة 1985 (جحموم، 2012).

5.2.3.وحدة تطوير تكنولوجيا السيليسيوم:

أنشأت هذه الوحدة سنة 1988، وتعمل تحت وصاية وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، تهتم بإجراء أعمال البحث العلمي والإبداع والتقييم والتكوين لما بعد التدرج في ميادين العلوم وتكنولوجيات المواد والأجهزة نصف الموصلة للتطبيقات في عدة مجالات، كما تساهم من خلال التعاون مع الجامعات في تطوير المعرفة وتحويلها إلى مهارة تكنولوجية ومنتجات ضرورية للانتعاش الاقتصادي والاجتماعي (بوزرورة و قطاف ، 2019).

6.2.3.وحدة البحث التطبيقي في الطاقات المتجددة:

تم تدشين هذه الوحدة سنة 1999بولاية غرداية، وهي تابعة لمركز تنمية الطاقات المتجددة، ومن مهامها تحقيق التعاون مع الجامعات والمراكز البحثية الأخرى من خلال البحث والتدريب والتكوين في مجال الطاقات المتجددة (وحدة البحث التطبيقي في الطاقات المتجددة، 2025).

7.2.3.الشركة الجزائرية للطاقات المتجددة:

تم إنشاء هذه الشركة سنة 2002 قصد ضمان تنويع مصادر الطاقة بالمساهمة الفعلية للطاقات المتجددة ضمن الحصيلة الطاقوية، حيث تعمل ترقية الطاقات المتجددة لاسيما في مجال إنجاز المشاريع، كالبحث عن الشركاء بهدف الاستثمار وتطوير إنجاز مشاريع إنتاج الطاقة المتجددة (عزالدين، 2016).

8.2.3.محافظة الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية:

أنشأت في مارس 2021 وتهدف إلى المساهمة في الترقية الوطنية والقطاعية للطاقات المتجددة وتحقيق الفعالية الطاقوية، والعمل على تقييم السياسات الوطنية في هذا المجال (دعاس و عبدات، 2021).

9.2.3.المجلس الأعلى للطاقة:

تم إنشاء هذا المجلس بموجب المرسوم الرئاسي 22-112 المؤرخ في 15مارس 2022 كهيئة تابعة لرئاسة الجمهورية، مكلفة بتحديد التوجهات العامة في مجال السياسة الطاقوية الوطنية وضمان متابعتها، من خلال اتخاذ القرارات المتعلقة بالاستراتيجيات التي يجب اتباعها في مجالات الطاقة، ومنها استحداث الطاقة المتجددة وتنويعها (فوزية، 2023).

10.2.3.وزارة الطاقة والمناجم والطاقات المتجددة:

ويترأس هذه الوزارة حاليا السيد محمد عرقاب، وتجدر الإشارة إلى أن قطاع الطاقات المتجددة كان تحت وصاية وزارة البيئة والطاقات المتجددة، والتي تترأسها السيدة فايزة دحلب، إلا أنه بعد التعديل الحكومي الذي قام به رئيس الجمهورية في 18 نوفمبر 2024 أدى إلى توسيع مهام وزارة الطاقة والمناجم ليشمل قطاع الطاقات المتجددة تحت اسم جديد وهو "وزارة الطاقة والمناجم والطاقات المتجددة"، وقد أكد السيد الوزير على الالتزام بمواصلة تنفيذ الاستراتيجية الوطنية التي رسمها رئيس الجمهورية والتي تتضمن العمل على تطوير الطاقات المتجددة والهيدروجين الأخضر وتنفيذ برنامج إنتاج 15000 ميغاواط من الطاقات المتجددة بحلول عام 2035 مع التركيز على مشاريع الهيدروجين الأخضر لتعزيز مكانة الجزائر كفاعل إقليمي رئيسي في هذا المجال (وزارة الطاقة والمناجم والطاقات المتجددة، 2025).

الخاتمة:

من خلال عرض مختلف المضامين النظرية والأبعاد الفكرية المرتبطة بقطاع الطاقات المتجددة والآليات القانونية والمؤسساتية التي توفرها الجزائر لدعم هذا القطاع تم التوصل إلى النتائج والتوصيات التالية:

أ. النتائج:

- الطاقات المتجددة هي الطاقة الناتجة عن مصادر طبيعية كالشمس والرياح والمياه والمواد العضوية.
- تتميز الطاقات المتجددة بالاستدامة وعدم النضوب، إضافة إلى كونها نظيفة وصديقة للبيئة بخلاف الطاقات التقليدية.
- تتوفر الجزائر على إمكانيات هائلة من الموارد الطبيعية لإنتاج الطاقة المتجددة وفي مقدمتها الطاقة الشمسية عبر الحقول الصحراوية .
- تعتبر الجزائر من الدول المتأخرة جدا في مجال الاستثمار في قطاع الطاقات المتجددة.
- يوجد في الجزائر العديد من القوانين التشريعية والهياكل المؤسساتية لدعم وتشجيع الاستثمار في قطاع الطاقات المتجددة، وهذا يعكس صدق الإرادة السياسية للتوجه نحو هذا القطاع كبديل عن الطاقة التقليدية.

ب.التوصيات:

- يجب على الحكومة الجزائرية بذل الجهود أكثر لاستغلال موارد الطاقة المتجددة.
- العمل على تفعيل المنظومة القانونية والهياكل المؤسساتية المتوفرة على نطاق واسع لدعم قطاع الطاقة المتجددة، مع العمل على تطويرها وتجديدها من حين لآخر بما يتماشى والتطورات التقنية ويتوافق مع الأهداف المنشودة.
- العمل على تشجيع البحث العلمي وتنمية الابتكار في مجال الطاقات المتجددة من خلال رصد الجوائز والمكافئات للباحثين والعلماء في هذا المجال.
- تفعيل الشراكة مع المستثمر الأجنبي في مجال النهوض بقطاع الطاقة المتجددة في الجزائر .
- تعزيز التوعية بين المواطنين بأهمية الطاقات المتجددة، وتشجيعهم على استخدامها خاصة الطاقة الشمسية المنزلية من خلال تزويدهم بالألواح الشمسية بأسعار منخفضة ومدعمة.

قائمة المراجع.

أحمد سليمان. (2024). *الطاقات المتجددة*. أبو ظبي: صندوق النقد العربي.

الأمم المتحدة. (15 07, 2025). *www.un.org* . تم الاسترداد من https://www.un.org/ar/climatechange: https://www.un.org/ar/climatechange/what-is-renewable-energy

بن عمر الأخضر، و عبد الكريم بوغزالة أحمد. (2017). إنتاج الوقود الحيوي، الفرص والمخاطر مع الإشارة إلى حالة الجزائر. *مجلة الدراسات الاقتصادية الكمية، جامعة ورقلة*، 151-163.

بوجلطي عز الدين. (2016). *النظام القانوني للاستثمار في الطاقة في "الجزائر" والمتغيرات الدولية*. الجزائر: كلية الحقوق جامعة الجزائر 1.

بوجلطي عزالدين. (2016). *النظام القانوني للاستثمار في الطاقة في "الجزائر" والمتغيرات الدولية، أطروحة دكتوراه*. الجزائر: كلية الحقوق، جامعة الجزائر1.

بوزرورة ليندة، و سهيلة قطاف . (2019). برنامج تطوير الطاقات المتجددة والفاعلية الطاقوية في الجزائر في الفترة بين 2015-2030. *مجلة دفاتر اقتصادية، جامعة الجلفة*، 148-158.

جمال بن سعدي،، و وردية بوقابة. (2024). الطاقات المتجددة: توجه استراتيجي لتنويع الاقتصاد الجزائري بين الأهداف الطموحة وتحديات التنفيذ. *مجلة طبنة للدراسات العلمية الأكاديمية، المركز الجامعي، بريكة*، 1049-1071.

جمعة خير الدين، محمد كعواش، و سمية عمراوي. (2018). توجه الجزائر نحو الاقتصاد الأخضر من خلال الطاقات المتجددة – نماذج لمؤسسات خضراء –. *مجلة نماء للاقتصاد والتجارة، جامعة جيجل*، 01-10.

خليل دعاس، و عبدالوهاب عبدات. (2021). التحول الطاقوي في الجزائر: واقع ورهانات. *مجلة اقتصاد المال والأعمال، جامعة الوادي*، 491-506.

خليل دعاس،، و عبد الوهاب عبدات. (المجلد6، العدد2، 2021). التحول الطاقوي في الجزائر: واقع ورهانات، ،، ص491 - 506. *مجلة اقتصاد المال والأعمال، جامعة الوادي*، 491-506.

رحيمة جحموم. (2012). *آفاق إحلال الطاقات المتجددة في الوطن العربي(دراسة حالة الجزائر)، رسالة ماجيستير*. الجزائر: قسم العلوم الاقتصادية جامعة الجزائر3.

زعباط فوزية. (2023). دور السياسة التشريعية في تجسيد الرؤية المستقبلية للطاقات المتجدد في الجزائر. *مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية، المركز الجامعي بريكة*، 465-499.

زهرة روايقية. (2019). تحسين استخدام كفاءة الطاقة من أجل تحقيق التنمية المستدامة في الاقتصاديات العربية.*أطروحة دكتوراه*، 112. قسم العلوم التجارية، الجزائر: جامعة قالمة.

زواوية أحلام. (2018). ، دوافع وفرص الاستثمار الأجنبي المباشر في الطاقات المتجددة: تقييم حصيلة استغلالات الطاقات المتجددة بالجزائر خلال الفترة 1980 - 2016 . *مجلة دفاتر، جامعة مستغانم*، 49-81.

سلمان ظفر. (25 07, 2025). *www.ecomena.org*. تم الاسترداد من الطاقة المتجددة في الجزائر، صدى الاستدامة والحفاظ على البيئة(إيكومينا): https://www.ecomena.org.org/renewables-algeria

سنوسي سعيدة، و احمد جابة. (2016). ، برنامج الطاقة المتجددة والفعالية الطاقوية: آلية لتجسيد الاستدامة(دراسة حالة الجزائر). *مجلة التواصل في الاقتصاد والإدارة والقانون، جامعة عنابة*، 259-278.

صالحي سلمى. (2021). واقع الطاقات المتجددة في مصر والجزائر وإطارها القانوني والتشريعي والمؤسسي. *مجلة الأستاذ الباحث للدراسات القانونية والسياسية، جامعة المسيلة*، 1050-1077.

طارق مخلوفي،. (2020). النظام القانوني لترقية الطاقات المتجذذة في التشريع الجزائري. *المجلة الجزائرية للأمن والتنمية، جامعة الحاج لخضر، باتنة 1*، 152-161.

طالم علي، و فريدة كافي. (2019). الطاقات المتجددة... السبيل لتجسيد أبعاد الاستدامة وتحقيق مستقبل طاقوي مستدام،. *مجلة البحوث العلمية والتشريعات البيئية، جامعة تيارت*، 172-199.

عادل مخلوفي. (2020). النظام القانوني لترقية الطاقات المتجذذة في التشريع الجزائري. *المجلة الجزائرية للأمن والتنمية، جامعة الحاج لخضر، باتنة 1*، 152-161.

عبد الرحمان مغازي، و مختار صابة. (2019). ، استراتيجية النهوض بالطاقات الجديدة والمتجددة كسبيل لتحقيق التحول الطاقوي بالجزائر. *المجلة الدولية للأداء الاقتصادي، جامعة بومرداس*، 162-193.

فايزة خضار. (2023). *النظام القانوني للاستثمار في الاقتصاد الأخضر" الطاقات المتجددة أنموذجا"، أطروحة دكتوراه* . أم البواقي: كلية الحقوق والعلوم السياسية، جامعةأم البواقي.

فروحات حدة. (2012). الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر، دراسة لواقع تطبيق مشروع تطبيق الطاقة الشمسية في الجنوب الكبير بالجزائر. *مجلة الباحث، جامعة ورقلة*، 149-156.

فرور عبد المنعم،، فوزي محيريق،، و لطفي مخزومي. (2017). الطاقات المتجددة كمدخل لضمان الأمن الطاقوي والأمن البيئي في الجزائر. *مجلة العلوم الإنسانية، جامعة بسكرة*، 455-467.

كسيرة سمير، و عادل مستوي. (2015). الاتجاهات الحالية لإنتاج واستهلاك الطاقة الناضبة ومشروع الطاقة المتجددة في الجزائر – رؤية تحليلية آنية ومستقبلية-. *مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية، جامعة المسيلة*، 146-167.

موساوي أحمد، و محمد البشير مبيروك. (2017). الاستثمار في الطاقات المتجددة كمدخل استراتيجي وحديث لتفعيل أبعاد المسؤولية المجتمعية للمؤسسة الطاقوي، عرض وتقييم تجربة الشركة الوطنية للكهرباء والغاز . *مجلة دراسات اقتصادية، جامعة الجلفة*، 166-182.

نبيل ونوغي، و منير بن عزوق . (2020). ، ، الإطار التنظيمي للطاقات المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة. *مجلة الدراسات التجارية والاقتصادية المعاصرة، جامعة تيارت*، 172-184.

نذير غانية. (2016). *استراتيجية التسيير الأمثل للطاقة لأجل التنمية المستدامة – دراسة حالة بعض الاقتصاديات –أطروحة دكتوراه* . ورقلة: قسم علوم التسيير، جامعة ورقلة.

نزار عزني اللبدي. (2015). *التنمية المستدامة استغلال الموارد الطبيعية والطاقة المتجددة*. عمان، الأردن: دار دجلة للطباعة والنشر.

وحدة البحث التطبيقي في الطاقات المتجددة. (28 07, 2025). *مركز تنمية الطاقات المتجددة*. تم الاسترداد من www.cder.dz: https://www.cder.dz/spip.php?article1394

وحدة البحث التطبيقي في الطاقات المتجددة، مركز تنمية الطاقات المتجددة. (28 07, 2025). *www.cder.dz*. تم الاسترداد من https://www.cder.dz: https://www.cder.dz/spip.php?article1394

وزارة الطاقة والمناجم والطاقات المتجددة. (15 08, 2025). *www.energy.gov.dz*. تم الاسترداد من السيد محمد عرقاب يباشر مهامه كوزير دولة، وزير للطاقة والمناجم والطاقات المتجددة : https://www.energy.gov.dz/?article=-523

التحول الطاقوي تجارب عالمية- ألمانيا والصين نموذجا

Energy Transition: Global Experiences - Germany and China as Models

بوغازي فريدة[1] ، حبيبة بلحاج[2]،

[1] جامعة سكيكدة (الجزائر) ، مخبر ايكوفيما، f.boughazi@univ-skikda.dz

[2] جامعة سكيكدة (الجزائر)، مخبر ايكوفيما، h.belhadj@univ-skikda.dz

ملخص:

تسعى هذه الدراسة إلى دراسة موضوع التحول الطاقوي في ظل التلوث البيئي لاستخدامات الطاقة الأحفورية خاصة، مما سارع بالدول نحو التوجه الطاقة المتجددة والنظيفة هدفا الى تعزيز النمو الاقتصادي وتأثيره العميق على الأنظمة الاقتصادية وفتح أفاق جديدة للفرص نحو التنويعوألمانيا من الدول التي سارعت نحو تبني استراتيجيات لتنويع مصادر الطاقة النظيفة وأثبتت تجربتها نجاحا باهرا استفادت من بعض الدول الأخرى، كما نجد الصين أيضا من الدول الرائدة في المجال رغم كبر مساحتها، وتنوع مصادر الطاقة فيها، واعتمادها الكبير تاريخيا على الفحم.

من نتائج الدراسة أن التجربة الألمانية كانت نموذجا عالميا، لكنها تُظهر أن الانتقال إلى الطاقة المتجددة عملية معقدة تتطلب رؤية واضحة، استثمارا كبيرا، وتعاونا بين الحكومة، القطاع الخاص، والمجتمع ككل. وبدورها الصين نجاحا في تجربتها نحو التحول الطاقوي شمل التنويع، الكفاءة، وتقليل الانبعاث، مما يجعل الكثير من الدول الاستفادة من تجاربها.

كلمات مفتاحية: تحول طاقوي؛ تنمية مستدامة؛ تجربة المانية؛ تجربة صينية.

تصنيفات JEL : p180،p281

Abstract :

This study aimed to examine the issue of energy transition in light of environnemental pollution due to the use of fossil energy in particular, which has accelerated countries towards the direction of renewable and clean energy with the aim of enhancing economic growth and its profound impact on economic Systems and opening new horizons of opportunists towards diversification. Germany is one of the countries that has rushed to adopt strategies to diversify clean energy sources and its experience has proven to be a resounding success that has benefited some other countries. We also find China is one of the leading countries in the field despite its large area, the diversity of its energy sources, and its historical heavy reliance on coal.

The study concluded that the German experience was a global model, but it also demonstrates that the transition to renewable energy is a complex process that requires a clear vision, significant investment, and cooperation between the government, the private sector, and society as a whole. For its part, China has been successful in its energy transition, which included diversification, efficiency and emissions reduction, and many countries can benefit from its experience.

Keywords: Energy transition; sustainable development; German experience; Chinese experience

JEL Classification Cods : p180, p281.

المؤلف المرسل: بوغازي فريدة، **الإيميل**: f.boughazi@univ-skikdi.dz

المقدمة:

تعتبر الطاقة من الموارد الأساسية لنمو وتطور اقتصاديات الدول في العصر الحديث، فهي تتيح إمكانية القيام بالاستثمارات وإطلاق الابتكارات والصناعات الجديدة لخلق فرص العمل والنمو الشامل في كل المجالات. ومن سواء تلك المتعلقة بالطاقة الاحفورية أو الطاقات المتجددة. والجزائر كغيرها من الدول تسعى الى توسيع نطاق كفاءة استخدام الطاقة والعمل على زيادة الاستثمارات في مشروعات الطاقة المتجددة التي تسمح بالخفض التدريجي في استخدام الوقود الأحفوري. ويعد زيادة استخدام الطاقة المتجددة وكفاءة استخدامها، والاستثمار فيها، مع الخفض التدريجي للوقود الأحفوري، غاية في الأهمية لتوفير الطاقة النظيفة.

مشكلة الدراسة

فرضت الطاقات المتجددة نفسها في السنوات الأخيرة كحل بديل للمحروقات التي دق المراقبون بخصوصها ناقوس الخطر، بعدما اثبتوا قرب نضوبها وانتهاء الخزانات العالمية منها، مؤكدين على ضرورة دراسة كل الخيارات المحتملة نحو طاقات بديلة أطول عمرا وأقل ضررا بالبيئة، والطاقة الشمسية إحدى هذه المصادر خاصة وأن العالم بحاجة إلى استخدام أكثر للطاقة الطبيعية والمتجددة واعتمادها. ومن خلال ما تقدم، تأتي إشكالية دراستنا في ما يلي:

ماهي استراتيجيات التحول لكل من دولة ألمانيا والصين؟

ويتفرع من التساؤل الرئيسي مجموعة من الأسئلة الفرعية التالية:

- ماذا يقصد التحول الطاقوي؟
- ما هي ميكانيزمات التحول؟
- ما هي الدروس المستفادة من تجربتي ألمانيا والصين في عملية التحول؟

فرضية الدراسة

ومن أجل الإجابة على إشكالية الدراسة والأسئلة الفرعية لها، تم صياغة الفرضية التالية:

يعتبر التحول الطاقوي من الخيارات الإستراتيجية للطاقة الاحفورية، بما يساهم في تحقيق تنمية مستدامة.

أهمية الدراسة

تبرز الأهمية العلمية والعملية للدراسة في تحديد واقع التحول الطاقوي في كل من ألمانيا والصين ومدى الاستفادة منها، والعمل على إيجاد سبل أكثر فعالية لتحقيق استثمار أوسع في هذا القطاع حفاظا على البيئة وتحقيق كلا من البعد الاقتصادي والاجتماعي للتنمية المستدامة بالجزائر، خاصة وأن الجزائر تتوفر على الميكانيزمات والخصائص البيئية والمناخية لتفعيل سياسة الاستثمار في هذا القطاع.

أهداف الدراسة

نهدف من خلال هذه الدراسة إلى:

- التعرف على المفاهيم الأساسية للتحول الطاقوي والتنمية المستدامة؛
- تحديد واقع التحول في دولة المانيا والصين؛
- الخروج بنتائج للدراسة وتقديم بعض الاقتراحات تساهم في تفعيل الاستثمار في القطاع تحقيقا لتنمية مستدامة.

منهج الدراسة

تم الاعتماد في دراستنا هذه على المنهج الوصفي والتحليلي، مستعينين بالمسح المكتبي من خلال الإطلاع على بعض المراجع ذات الصلة بالموضوع.

تقسيمات الدراسة

من أجل الإلمام بجوانب الموضوع، تم هيكلة الدراسة في أربعة أقسام رئيسية كما يلي:

1) مفاهيم حول التحول الطاقوي.
2) التنمية المستدامة.
3) تجربتي المانيا والصين في مجال التحول.
4) الدروس المستفادة من ذلك.

1- مفاهيم مفاهيم حول التحول الطاقوي

يعد التحول الطاقوي من اهم المفاهيم التي لها اهتمام من قبل الباحثين أخدا قسطا كبيرا من الدراسة والتحليل سواء ضمن الأوساط العلمية الأكاديمية أو من قبل المنظمات العالمية وذلك يرتبط بالتطورات الاقتصادية والطاقوية والجيوسياسية والبيئية.

1-1- تعريف التحول الطاقوي:

عرف بأنه مصطلح "يستخدم لوصف التغيرات الكبرى في طرق إنتاج واستهلاك الطاقة، بهدف الانتقال من مصادر طاقة تقليدية وخاصة الأحفورية مثل الفحم، النفط، والغاز الطبيعي إلى مصادر طاقة مستدامة ومتجددة . مثل الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، الطاقة المائية، والكتلة الحيوية. (دعاس وعبيدات ، 2021، صفحة 490)

من خلال التعريف نستنتج أن التحول الطاقوي هو الانتقال من نظام الاستهلاك والإنتاج الطاقوي القائم على الطاقة الاحفورية غير المتجددة الى مزيج طاقوي بكثافة كربونية اقل من تطوير مصادر الطاقات المتجددة من خصائص هذا التحول أنه يكون وفق خصوصيات كل دولة وحسب الإمكانيات المتاحة وكذا السياسات الطاقوية وسياسات الدولة

1-2- **أهداف التحول الطاقوي**: من بين أهداف التحول الطاقوي مايلي (دعاس وعبيدات، 2021، صفحة 493)

- مكافحة التغير المناخي :من خلال تقليل انبعاث غازات الدفيئة.
- الحد من التلوث :تحسين جودة الهواء والمياه.
- ضمان الأمن الطاقوي :تقليل الاعتماد على واردات الطاقة الخارجية.
- تنمية اقتصادية مستدامة :خلق فرص عمل في القطاعات الجديدة للطاقة.
- عدالة اجتماعية وطاقوية :ضمان وصول الجميع إلى طاقة نظيفة وبأسعار معقولة.

1-3- عناصره. من أهم عناصره نجد (شباط، 2024، الصفحات 237-255)

- تحسين كفاءة الطاقة :تقنيات لتقليل استهلاك الطاقة في الصناعة، النقل، والبناء.
- التحول نحو الطاقات المتجددة :مثل تركيب الألواح الشمسية، مزارع الرياح، ومحطات الطاقة الكهرومائية.
- التخلص التدريجي من الوقود الأحفوري :مثل إغلاق مناجم الفحم أو تقليل استخدام السيارات العاملة بالبنزين.
- تطوير الشبكات الذكية وتخزين الطاقة :مثل بطاريات الليثيوم وشبكات الكهرباء الذكية لتوزيع أفضل للطاقة.
- البحث والابتكار :في مجالات مثل الهيدروجين الأخضر والطاقة النووية الجديدة.
- كلفة التحول الطاقوي في البداية مرتفعة.

1-4- معوقاته. هناك مجموعة من الأسباب التي تحول دون تحقيق التحول الطاقوي أهمها (شباط، 2024، الصفحات 237-255)

- الحاجة إلى تكييف البنى التحتية القديمة.
- مقاومة بعض القطاعات المرتبطة بالوقود الأحفوري
- مشكلات اجتماعية (مثل فقدان الوظائف في القطاعات التقليدية.

1-5- استراتيجيات التحول الطاقوي.

هناك مجموعة من الاستراتيجيات الهادفة نحو التحول الطاقوي (حنيش، 2001، صفحة 41)

1-5-1- الاستهلاك الأمثل للطاقة وذلك يكون من خلال:

- العمل على تخفيض مستويات الطاقة الخاصة بالاستهلاك كثل التدفئة معتمدين على انتهاج تقنيات عزل المباني وتطوير أنظمة التدفئة.
- تطوير وسائل النقل باختيار المركبات المطابقة لمتطلبات الاستدامة واعتماد تقنيات جديدة تسمح بتشغيل المركبات والآليات بواسطة الطاقة البديلة للتقليل من استهلالك الطاقة الاحفورية.
- تحقيق وفرات في الكهرباء المستخدمة في مختلف العمليات الصناعية والمعدات الكهربائية.

1-5-2- اعتبار التحول الطاقوى المحرك الأساسي للتنمية وذلك من خلال تشجيع كبريات الشركات ومؤسسات منتجة للموارد الطاقوية على التوجه للاستثمار والاستغلال الأمثل لمصادر الطاقة المتجددة كبديل للموارد التقليدية لما يضمن في نفس الوقت خلق مناصب شغل.

1-5-3-التخطيط للتحول الطاقوي: تتم هذه العملية لإدماج جميع المتعاملين من مجال الطاقة وفق خطط وبرامج هدفها توفير الاحتياجات الطاقوية للآجال الحالية والمستقبلية دون التأثير على سلامة البيئة.

2- التنمية المستدامة.

يعد موضوع التنمية المستدامة من المواضيع الحديثة المهتمة بالبيئة. ليحتل الصدارة لدى الباحثين و المهتمين بها وبالتنمية.

2-1- تعريفها.

حددت اللجنة العالمية للبيئة والتنمية المستدامة في تقرير برونتلاند Brundtland عام 1987 ولأول مرة تعريف للتنمية لمستدامة حيث عرفتها بأنها: " تلك التنمية التي تلبي احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال المقبلة في تلبية حاجياتهم" (thiombiano، 2010، صفحة 43).

عرف MERN ورشة العمل الدولية للبحوث التعاونية ,MERN International Collaborative Research Workshop) 2000للتنمية المستدامة هو: "عملية التنمية داخل الأجيال وفيما بين الأجيال التي تحددها التحسينات المستمرة في الصحة والرفاهي (كربالي بغداد و حمداني محمد، 2010، الصفحات 2-18)"

ويمكن أن نستخلص تعريفا للتنمية المستدامة على أنها التنمية التي تلبي حاجات جميع الشعوب الحالية دون التأثير على حاجات الأجيال اللاحقة مع مراعاة شروط حماية البيئة.

2-2- أهداف التنمية المستدامة

تسعى التنمية المستدامة من خلال آلياتها ومحتواها إلى تحقيق مجموعة من الأهداف والتي يمكن تلخيصها فيما يلي: (قاسي محمد و بوشنقير إيمان، 3-4 ديسمبر 2012، صفحة 12)

تحقيق نوعية حياة أفضل للسكان حيث تسعى التنمية من خلال عمليات التخطيط وتنفيذ السياسات التنموية لتحسين نوعية حياة أفراد المجتمع اقتصاديا واجتماعيا ونفسيا، عن طريق التركيز على الجوانب النوعية للنمو وبشكل عادل ومضمون وديمقراطي؛

- احترام البيئة الطبيعية: حيث تركز التنمية المستدامة على نشاطات السكان وتتعامل مع النظم الطبيعية ومحتواها على أنها أساس حياة الإنسان؛

- تعزيز وعي السكان بالمشكلات البيئية القائمة:حيث تنمي إحساسهم بالمسؤولية اتجاهها وحثهم على المشاركة الفاعلة في إيجاد حلول مناسبة لها، من خلال مشاركتهم في إعداد وتنفيذ ومتابعة تقييم برامج ومشاريع التنمية المستدامة؛

- تحقيق استغلال واستخدام عقلاني للموارد: حيث تتعامل هذه التنمية مع الموارد الطبيعية على أنها موارد غير متجددة، لذلك تحول دون استنزافها أو تدميرها وتعمل على استخدامها وتوظيفها بشكل عقلاني بالإضافة إلى البحث عن بدائل لهذه الموارد، بحيث لا يتجاوز هذا الاستخدام معدلات تحددها الطبيعية حتى تبقى لفترة زمنية طويلة، ولا تخلف نفايات بكميات تعجز البيئة عن امتصاصها؛

- ربط التكنولوجيا الحديثة بأهداف المجتمع: تحاول التنمية المستدامة توظيف التكنولوجيات الحديثة بما تخدم أهداف المجتمع وذلك من خلال توعية السكان بأهمية التقنيات المختلفة في المجال التنموي، وكيفية استخدام المناخ والجديد منها في تحسين نوعية حياة المجتمع وتحقيق أهدافه المنشودة، دون أن يؤدي ذلك إلى مخاطر وأثار سلبية، أو على الأقل أن تكون هذه الآثار مسيطر عليها بمعنى وجود حلول مناسبة لها؛

- إحداث تغير مستمر ومناسب في حاجات وأولويات المجتمع، وذلك بإتباع طريقة تلاءم إمكانياته وتسمح بتحقيق التوازن الذي بواسطته يمكن تفعيل التنمية الاقتصادية والسيطرة على جميع المشكلات البيئية؛

- تحقيق نمو اقتصادي تقني بحيث يحافظ على الرأسمال الطبيعي الذي يشمل الموارد الطبيعية والبيئية، وهذا بدوره يتطلب تطوير مؤسسات وبنى تحتية وإدارة ملائمة للمخاطر والتقلبات لتؤكد المساواة وتقاسم الثروات بين الأجيال المتعاقبة وفي الجيل نفسه.

2-3- مبادئ التنمية المستدامة

مع بداية القرن الواحد والعشرين بدأت تتبلور عقيدة بيئية جديدة تبناها البنك العالمي للإنشاء والتعمير تقوم على عشر مبادئ أساسية (شلابي عمار وطيار أحسن.، 21-22 أكتوبر 2008، صفحة 87):

- **المبدأ الأول:** تحديد الأولويات بعناية: اقتضت خطورة مشكلات البيئة وندرة الموارد المالية التشدد في وضع الأولويات، وتنفيذ إجراءات العلاج على مراحل وهذه الخطة قائمة على التحليل التقني للآثار الصحية والإنتاجية والإيكولوجية لمشكلات البيئة وتحديد المشكلات الواجب التصدي إليها بفعالية؛
- **المبدأ الثاني:** الاستفادة من كل دولار: كانت معظم السياسات البيئية، بما فيها السياسات الناجحة مكلفة بدون مبرر، وبدأ التأكيد على فعالية التكلفة، إن هذا التأكيد يسمح بتحقيق إنجازات كثيرة بموارد محدودة وهو ما يتطلب نهجا متعدد الفروع، ويناشد المختصين والاقتصاديين في مجال البيئة العمل معا على تحديد السبل المثلى للتصدي للمشكلات البيئية الرئيسية؛

- **المبدأ الثالث:** اغتنام فرص تحقيق الربح لكل الأطراف: إن بعض المكاسب في مجال البيئة سوف تتضمن تكاليف ومفاضلات، والبعض الآخر يمكن تحقيقه كمنتجات فرعية لسياسات صممت لتحسين الكفاءة والحد من الفقر ونظرا لخفض الموارد التي ترسها لحل المشكلات البيئية، منها خفض الدعم على استخدام الموارد الطبيعية؛
- **المبدأ الرابع:** استخدام أدوات السوق حيثما يكون ممكنا: إن الحوافز القائمة على السوق والتي تهدف إلى خفض الأضرار الضريبية هي الأفضل من حيث المبدأ والتطبيق فعلى سبيل المثال تقوم بعض الدول النامية بفرض رسوم الإنبعاثات وتدفق النفايات رسوم قائمة على قواعد السوق بالنسبة لعمليات الاستخراج؛
- **المبدأ الخامس:** الاقتصاد في استخدام القدرات الإدارية والتنظيمية، ضرورة العمل على تنفيذ سياسات أكثر تنظيم وقدرة مثل: فرض ضرائب على الوقود أو قيود الاستيراد لأنواع معينة من المبيدات الحشرية، وإدخال مبدأ الحوافز على المؤسسات الصناعية التي تسعى إلى التقليل من الأخطار البيئية؛
- **المبدأ السادس:** العمل مع القطاع الخاص: يجب على الدول التعامل بجدية وموضوعية مع القطاع الخاص باعتباره عنصرا أساسيا في العملة الاستثمارية، وذلك من خلال تشجيع التحسينات البيئية للمؤسسات وإنشاء نظام الإيزو والذي يشهد بأن الشركات لديها أنظمة سليمة لإدارة البيئة، كما يجب توجيه التمويل الخاص لأنشطة تحسين البيئة وحمايتها مثل: مرافق معالجة النفايات وتحسين كفاءة الطاقة؛
- **المبدأ السابع:** الاشتراك الكامل للمواطنين: عند التصدي للمشكلات البيئية لبلد ما تكون فرص النجاح قوية بدرجة كبيرة، إذ شارك المواطنون المحليون لأن مثل هذه المشاركة ضرورية نظرا لقدرة المواطنين في المستوى المحلي على تحديد الأولويات ومعرفة الحلول الممكنة والمناسبة لمواجهة المشكلات المحلية، كما أن أعضاء المجتمعات المحلية يعملون غالبا على مشاريع البيئة، ومشاركتهم سوف تساعد على بناء قواعد جماهيرية تؤيد التغير؛
- **المبدأ الثامن:** توظيف الشراكة التي تحقق نجاحا: يجب على الحكومات الاعتماد على الارتباطات الثلاثية التي تشمل الحكومة، القطاع الخاص، مؤسسات المجتمع المدني وتنفيذ تدابير متضافرة للتصدي لبعض قضايا البيئة.
- **المبدأ التاسع:** تحسين الأداء المبني على الكفاءة والفعالية يوسع المديرين البارعين على إنجاز تحسينات في البيئة بأدنى التكاليف فمثلا أصحاب المصانع يستطيعون خفض نسبة التلوث للهواء والغبار من 60% إلى 80% بفضل تحسين التنظيم من الداخل.
- **المبدأ العاشر:** إدماج البيئة من البداية عندما يتعلق الأمر بحماية البيئة: فالوقاية تكون أرخص بكثير وأكثر فعالية من العلاج، وتسعى معظم البلدان الآن إلى تقييم تخفيض الضرر المحتمل من الاستثمارات الجديدة في البيئة التحتية، وباتت تضع في الحسبان التكاليف والمنافع النسبية عند تصميم إستراتيجيتها المتعلقة بالطاقة، أي أنها تجعل من البيئة عنصرا فعالا في إطار السياسات الاقتصادية والمالية والاجتماعية والتجارية والبيئية[7].

2-4- أبعاد التنمية المستدامة

إن مفهوم التنمية المستدامة يتعدى مجرد التوفيق بين التنمية والبيئة وبالمعنى الواسع تمثل أبعاد مترابطة ومتعددة وهي الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، فلكي تستديم التنمية يتعين أن يكون هناك توازن وتفاعل متبادل وترابط متناغم ومتوازن بين هذه الأبعاد فإن لم يتوفر بعد واحد لن يتحقق شرط الاستدامة (قاسيمي أسيا، 26-27 أفريل 2012).

2-4-1- الأبعاد الاقتصادية

- حصة الاستهلاك الفردي من الموارد الطبيعية: إن سكان الدول المتقدمة يستغلون قياسيا على مستوى نصيب الفرد من الموارد الطبيعية في العالم أضعاف ما يستخدمه سكان البلدان النامية، فمثلا نجد أن المعدل الفردي لاستهلاك الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية أعلى منه في الهند بثلاثة وثلاثون مرة، وهو في بلدان منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية أعلى بعشر مرات في المتوسط منه في البلدان النامية مجتمعة.

- إيقاف تبديد الموارد الطبيعية: فالتنمية المستدامة بالنسبة للبلدان الغنية تتلخص في إجراء تخفيضات متواصلة في مستويات الاستهلاك المبددة للطاقة والموارد الطبيعية، وذلك عبر تحسين مستوى الكفاءة وإحداث تغيير جذري في أسلوب الحياة. إلا أنه يجب التأكد من عدم تصدير الضغوط البيئية إلى البلدان النامية، وتعني التنمية المستدامة أيضا تغيير أنماط الاستهلاك التي تهدد التنوع البيولوجي في البلدان الأخرى دون ضرورة لاستهلاك الدول المتقدمة للمنتجات الحيوانية المهددة بالانقراض؛

- مسؤولية الدول المتقدمة عن التلوث وعن معالجته: تقع على البلدان الصناعية مسؤولية خاصة في قيادة التنمية المستدامة، لأن استهلاكها المتراكم في الماضي من الموارد الطبيعية مثل المحروقات وبالتالي إسهامها في مشكلات التلوث العالمي كان كبيرا. يضاف إلى هذا أن الدول المتقدمة تملك الموارد المالية، التقنية والبشرية الكفيلة بأن تضطلع الصدارة في استخدام تكنولوجيات أنظف وتستخدم الموارد بكثافة أقل في القيام بتحويل اقتصادياتها نحو حماية النظم الطبيعية والعمل معها؛

- تقليص تبعية البلدان النامية: في ظل الروابط التجارية بين البلدان الغنية والفقيرة فإن أي انخفاض في استهلاك الموارد الطبيعية في البلدان الصناعية سوف يؤدي حتما إلى انخفاض صادرات الدول الفقيرة من هذه المنتجات وتخفيض أسعارها بدرجة أكبر مما يحرم البلدان النامية من إيرادات هي في أمس الحاجة إليها، ومما يساعد على تعويض هذه الخسائر الانطلاق في استراتيجية تنموية تقوم على الذات لتنمية القدرات الذاتية وتأمين الاكتفاء الذاتي وبالتالي التوسع في التعاون الإقليمي وفي التجارة فيما بين البلدان النامية، وتحقيق استثمارات ضخمة في رأس المال البشري والتوسع في الأخذ بالتكنولوجيا المحسنة.

-التنمية المستدامة لدى البلدان الفقيرة: تعني التنمية المستدامة في البلدان الفقيرة تكريس الموارد الطبيعية لأغراض التحسين المستمر في مستويات المعيشة، ويعتبر التحسين كقضية أخلاقية أمرا حاسما بالنسبة لأكثر من 20%من سكان العالم المعدومين في الوقت الحالي ويحقق التخفيف من عبء الفقر المطلق نتائج عملية هامة بالنسبة للتنمية المستدامة، لأن هناك روابط وثيقة بين الفقر وتدهور البيئة والنمو السريع للسكان.

-المساواة في توزيع الموارد: إن الوسيلة الناجحة للتخفيف من عبء الفقر وتحسين مستويات المعيشة أصبحت مسؤولية كل من البلدان الغنية والفقيرة على حد سواء، وتعتبر هذه الوسيلة غاية في حد ذاتها وتتمثل في جعل فرص الحصول على الموارد والمنتجات والخدمات فيما بين أفراد المجتمع أقرب إلى المساواة فالفرص غير المتساوية في الحصول على التعليم والخدمات الاجتماعية وعلى الأراضي والموارد الطبيعية الأخرى، وعلى حرية الاختيار وغير ذلك من الحقوق السياسية تشكل حاجزا أمام التنمية، فهذه المساواة تساعد على تنشيط التنمية والنمو الاقتصادي لتحسين مستويات المعيشة؛

-الحد من التفاوت في المداخيل: فالتنمية المستدامة تعني الحد من التفاوت في المداخيل، وفي فرص الحصول على الرعاية الصحية في البلدان الصناعية مثل الولايات المتحدة الأمريكية، وإتاحة حيازات الأراضي الواسعة وغير المنتجة للفقراء، الذين لا يملكون أرضا أو المهندسين الفلاحين العاطلين وتقديم القروض إلى القطاعات الاقتصادية وتحسين فرص التعليم والرعاية الصحية بالنسبة للمرأة.

2-4-2- الأبعاد الاجتماعية

- تثبيت النمو السكاني: تعني العمل على تحقيق تقدم كبير في سبيل تثبيت نمو السكان لأن النمو المستمر للسكان لفترة طويلة وبمعدلات شبيهة بالمعدلات الحالية أصبح مكلفا فهو يحدث ضغوطا على الموارد الطبيعية وعلى قدرة الحكومات على توفير الخدمات ويحد من التنمية ويقلص من قاعدة الموارد الطبيعية المتاحة لإعالة السكان.

- مكانة الحجم النهائي للسكان: إن للحجم النهائي للسكان في الكرة الأرضية أهميته، لأن حدود الأرض على إعالة الحياة البشرية غير معروفة بدقة ويعتبر ضغط السكان وحتى بالمستويات الحالية عامل من عوامل تدمير المساحات الخضراء،

وتدهور التربة، و الإفراط في استغلال الحياة البرية والموارد الطبيعية الأخرى، لأنه كلما زاد عدد السكان كلما زاد استخدام الموارد الطبيعية.

- أهمية توزيع السكان: تعني التنمية المستدامة التقليل من عدم التوزيع الأمثل للسكان عن طريق التقليل من توسع المناطق الحضارية، حيث أن هذه المدن تقوم بتركيز النفايات والمواد الملوثة والتي تتسبب في الخطورة المستقبلية على الصحة وتدمير النظم الطبيعية. ومن ناحية أخرى لابد من النهوض بالتنمية الريفية النشيطة المساعدة على إبطاء حركة الهجرة للمدن واعتماد تكنولوجيا تؤدي إلى التقليص من الحد الأدنى للآثار الطبيعية.

-الاستخدام الكامل للموارد البشرية: تنطوي التنمية المستدامة على الاستخدام الكفء للموارد البشرية وذلك بتحسين التعليم والخدمات الصحية بمعنى آخر إعادة توجيهها أو إعادة تخصيصها لضمان الوفاء بالاحتياجات الأساسية.

-الصحة و التعليم: إن التنمية البشرية تتفاعل تفاعلا قويا مع الأبعاد الأخرى للتنمية المستدامة، فمثلا هناك ارتباط كبير بين الصحة والتنمية المستدامة فالحصول على مياه شرب نقية و غداء صحي ورعاية صحية جيدة تعتبر من أهم مبادئ التنمية المستدامة، وقد وضعت أجندة 21 بعض الأهداف الخاصة بالصحة وأهمها تحقيق احتياجات الرعاية الصحية الأولية في المناطق الريفية والأمراض المعدية وحماية المجموعات الهشة مثل (الأطفال وكبار السن) وتقليص الآثار الصحية الناجمة عن التلوث البيئي، كما أن التعليم يعتبر من أهم المتطلبات الرئيسية لتحقيق التنمية المستدامة، فالتعليم من أهم الموارد التي يمكن أن يحصل عليها الناس لتحقيق النجاح في الحياة.

2-4-3- الأبعاد البيئية

- إتلاف التربة واستعمال المبيدات وتدمير الغطاء النباتي والمصائد: بالنسبة للأبعاد البيئية إن إتلاف التربة وفقدان إنتاجيتها يؤديان إلى التقليص من غلتها، كما أن الإفراط في استخدام الأسمدة أو المبيدات يؤدي إلى تلويث المياه السطحية والجوفية، أما الضغوط البشرية والحيوانية فإنها تضر بالغطاء النباتي، وهناك مصائد كثيرة للأسماك يجري استغلالها بمستويات غير مستدامة والتنمية المستدامة تعمل على المحافظة على التربة والتقليل من استخدام المبيدات والمحافظة على الغطاء النباتي والتنوع السمكي.

- حماية الموارد الطبيعية: وذلك من خلال حماية وصيانة الموارد الطبيعية اللازمة لإنتاج مختلف المواد التي يحتاجها الإنتاج ابتدءا من حماية التربة إلى حماية الأراضي المخصصة للأشجار وإلى حماية مصائد الأسماك مع التوسع في الإنتاج لتلبية احتياجات السكان الآخذين في التزايد، وإن أي فشل في صيانة الموارد الطبيعية التي تعتمد عليها الزراعة، كفيل بحدوث نقص في الأغذية في المستقبل، وتعني هنا التنمية المستدامة استخدام الأراضي القابلة للزراعة وإمدادات المياه استخداما أكثر كفاءة؛

- الحفاظ على الموارد المائية: التنمية المستدامة تعني صيانة المياه بوضع حد للاستخدامات المبددة وتحسين كفاءة شبكات المياه، وتحسين نوعية المياه واستخدام المياه السطحية بمعدل لا يحدث اضطرابا في النظم الإيكولوجية التي تعتمد على المياه؛

-حماية المناخ من الاحتباس الحراري: التنمية المستدامة تعني الكف عن إجراء تغييرات كبيرة في البيئة العالمية، فالتصنيع والتكنولوجيا لها آثار سلبية على البيئة لأن انطلاق الأبخرة والغازات يؤدي إلى إحداث تغيير في أنماط سقوط الأمطار أو زيادة الأشعة فوق البنفسجية، وهذا ما يؤدي إلى إحداث تغييرات في الفرص المتاحة للأجيال المقبلة، ويعني ذلك أيضا عدم استقرار المناخ أو النظم الجغرافية الفيزيائية والبيولوجية أو تدمير طبقة الأوزون التي تحمي الأرض، ولذا يجب على التنمية المستدامة تجنب هذه الأخطار التي تؤدي إلى تغييرات كثيرة تضر بالكائنات الحية بدون استثناء.

3- التجارب الرائدة في مجال التحول الطاقوي

3-1- تجربة ألمانيا التحول الطاقوي(Energiewende)

تجربة ألمانيا في التحول الطاقوي تعد واحدة من أبرز النماذج العالمية في السعي نحو الطاقة المستدامة، وتعرف هذه التجربة باسم "التحول في الطاقة". وهي سياسة طويلة الأمد تهدف إلى التحول من مصادر الطاقة التقليدية (الفحم والطاقة النووية) إلى مصادر الطاقة المتجددة كالرياح، الشمس، الكتلة الحيوية، وغيرها مع تقليل استهلاك الطاقة وتحسين الكفاءة (زهرة عباس ونجوى بن عويدة، 2019، الصفحات 369-391).

3-1-1-أبرز الملامح: بدأت ألمانيا في تنفيذ "Energiewende" منذ أوائل الألفينات.

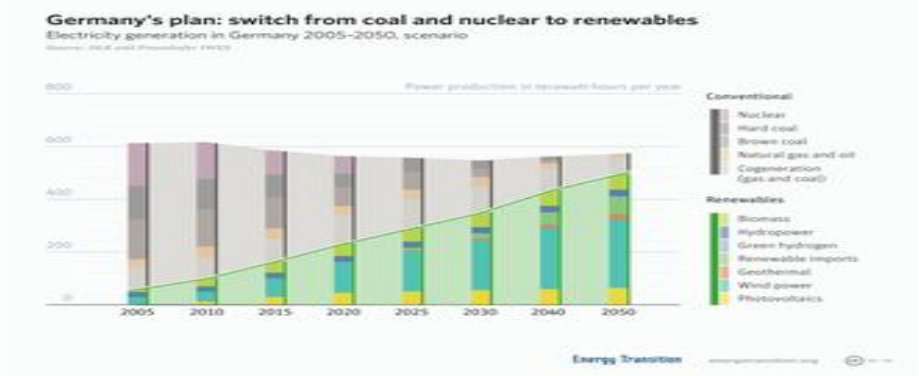
- هدفها الأساسي: تقليل انبعاثات الكربون، والتخلص من الطاقة النووية والفحم تدريجيا.
- بحلول 2025، كان أكثر من 45% من الكهرباء يُولد من مصادر متجددة.
- استثمرت الحكومة في دعم الطاقة الشمسية والرياح، بالإضافة إلى تحسين كفاءة الطاقة.
- بدأت ألمانيا منذ التسعينيات في تطوير سياسات الطاقة المتجددة، لكنها سرعت جهودها بعد كارثة فوكوشيما النووية في اليابان عام **2011**، حيث قررت الخروج التدريجي من الطاقة النووية.

الجدول (1): أهداف سياسة التحول في الطاقة وحالتها اعتبارًا من عام 2016

الهدف	2016	2020	2030	2040	2050
انبعاثات غازات الاحتباس الحراري					
انبعاثات غازات الاحتباس الحراري . سنة الأساس 1990	-27.3%	-40%	-55%	-70%	-80 to -95%
الطاقة المتجددة					
الحصة من إجمالي استهلاك الطاقة النهائي	14.8%	18%	30%	45%	60%
الحصة من إجمالي استهلاك الكهرباء	31.6%	35%	50%	65%	80%
الحصة استهلاك الحرارة	13.2%	14%			
الحصة في قطاع النقل	6.9%	10%	14%		
الكفاءة والاستهلاك					
استهلاك الطاقة الأولية.. سنة الأساس 2008	-6.5%	-20%			-50%
إنتاجية الطاقة النهائية (2008-2050)	1.1%سنويًا (2008-2016)				2.1%سنويًا (2008–2050)
إجمالي استهلاك الكهرباء (سنة الأساس 2008)	-3.6%	-10%			-25%
استهلاك الطاقة الأولية في المباني (سنة الأساس 2008)	-18.3%				-80%
استهلاك الحرارة في المباني (سنة الأساس 2008)	-6.3%	-20%			
الاستهلاك النهائي للطاقة في النقل (سنة الأساس 2005)	4.2%	-10%			-40%

المصدر من إعداد الباحثتين اعتمادا على موقع البنك العالمي

الشكل (1): التحول في الطاقة في ألمانيا



المصدر: من إعداد الباحثتين معتمدة على موقع البنك العالمي

3-1-2- أهداف التحول الطاقوي في ألمانيا:

- خروج كامل من الطاقة النووية بحلول عام 2022 ، وقد تحقق
- خفض انبعاثات غازات الدفيئة بنسبة 80-95% بحلول عام 2050 مقارنة بمستوى 1990.
- زيادة حصة الطاقة المتجددة لتشكل أكثر من 80% من توليد الكهرباء بحلول 2050.
- تحسين كفاءة الطاقة وتقليل استهلاكها بنسبة 50% مقارنة بعام 2008.
- تعزيز الاستقلال الطاقوي وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري المستورد.

3-1-3- النتائج:من أهم النتائج

- خفض كبير في الانبعاثات. نجازات التحول الطاقوي
- تم إغلاق جميع المفاعلات النووية)آخرها في 2023، حيث شكلت الطاقة المتجددة أكثر من 50% من إنتاج الكهرباء في ألمانيا.
- ألمانيا تُعد من الدول الرائدة عالميًا في تركيب أنظمة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.
- استثمارات ضخمة في البنية التحتية الذكية، والشبكات الكهربائية الحديثة، وتخزين الطاقة.
- تطور كبير في قطاع الطاقة المتجددة والتكنولوجيا الخضراء.
- زيادة التوعية العامة بأهمية الاستدامة.

3-1-4- التحديات التي تواجه ألمانيا: رغم النجاحات، تواجه ألمانيا عدة تحديات:

- الاعتماد المؤقت على الفحم والغاز لسد الفجوة بعد إغلاق النووي.
- ارتفاع أسعار الطاقة، خاصة في فترات الأزمات مثل الحرب في أوكرانيا.
- البنية التحتية الكهربائية تحتاج إلى تحديث واسع لتوزيع الطاقة المتجددة.
- المعارضة المجتمعية لبعض مشاريع الطاقة مثل توربينات الرياح قرب المناطق السكنية.
- الحاجة إلى تقنيات تخزين متقدمة لضمان استقرار الشبكة عند تقطع إمدادات الشمس والرياح.

3-2- الصين – أكبر مستثمر في الطاقة المتجددة

تعد من أكثر التجارب الطموحة والمعقدة في العالم، نظرًا لحجم الدولة، وتنوع مصادر الطاقة فيها، واعتمادها الكبير تاريخيًا على الفحم. لكن منذ العقدين الأخيرين، بدأت الصين تتجه بجدية نحو تحول طاقوي يشمل التنويع، الكفاءة، وتقليل الانبعاثات. إليك نظرة شاملة على التجربة الصينية (غزازي عماد وتواكشد عماد، 2020، الصفحات 82-97):

3-2-1- أبرز الملامح:

- بالرغم من كونها أكبر دولة باعثة للانبعاث، إلا أن الصين تقود التحول العالمي في الطاقة المتجددة.
- استثمارات ضخمة في الطاقة الشمسية والرياح. الاعتماد الكبير على الفحم :الصين كانت، ولا تزال، أكبر منتج ومستهلك للفحم في العالم.
- تحديات بيئية :النمو الصناعي السريع أدى إلى مستويات خطيرة من التلوث الهوائي والمائي.
- حاجة متزايدة للطاقة : النمو الاقتصادي السريع تطلب توسعًا هائلًا في إنتاج الطاقة

3-2-2- مجالات التحول الطاقوي في الصين

- **التوسع في الطاقات المتجددة**

- **الطاقة الشمسية** :الصين هي المنتج الأول عالميًا للألواح الشمسية، وأكبر سوق لتركيبها.
- **الطاقة الريحية** :الصين تمتلك أكبر قدرة مركّبة من طاقة الرياح عالميًا.
- **الطاقة المائية** :تملك سد "الممرات الثلاثة" وهو من أكبر مشاريع الطاقة المائية في العالم.

- **التقليل التدريجي من الاعتماد على الفحم**

- بدأت الصين تخفيض استهلاك الفحم في عدة مناطق.
- تم إغلاق آلاف المناجم والمصانع الملوِّثة.
- تطوير تقنيات **الفحم النظيف**، وتحسين كفاءة الاحتراق.

- **الاستثمار في الطاقة النووية**

- الصين تُعد من الدول الرائدة في بناء وتشغيل محطات نووية جديدة، في إطار مزيج طاقوي أقل كربونًا.

- **الكفاءة الطاقوية والابتكار التكنولوجي**

- فرض معايير جديدة لكفاءة استهلاك الطاقة في الصناعات والمباني.
- دعم تقنيات **تخزين الطاقة، الشبكات الذكية، والهيدروجين الأخضر**.

- **التحول إلى المركبات الكهربائية(EVs)**

- أكبر سوق عالمي للمركبات الكهربائية.
- دعم حكومي واسع النطاق يشمل الإعفاءات الضريبية، البنية التحتية للشحن، وتحفيز الإنتاج المحلي.

- **أهداف مناخية واضحة**

- الصين التزمت بالوصول إلى ذروة الانبعاثات الكربونية بحلول 2030.
- وبلوغ الحياد الكربوني بحلول 2060.

3-2-3- التحديات التي تواجه الصين في تحولها الطاقوي

- الطلب المتزايد على الطاقة يفرض صعوبة في التخلي السريع عن الفحم.
- التفاوت الإقليمي في التنمية يعقّد من تطبيق السياسات البيئية.
- الانتقال العادل للعاملين في الصناعات التقليدية.
- **الحاجة لاستقرار الإمدادات** خلال فترات الذروة أو الطقس القاسي.

3-2-4- النتائج المحققة:

- خفض تدريجي في كثافة الكربون.
- ريادة عالمية في تصنيع تقنيات الطاقة النظيفة.

3-2-5- التحديات التي تواجه الصين في تحولها الطاقوي

- الطلب المتزايد على الطاقة يفرض صعوبة في التخلي السريع عن الفحم.
- التفاوت الإقليمي في التنمية يعقّد من تطبيق السياسات البيئية.
- الانتقال العادل للعاملين في الصناعات التقليدية.
- الحاجة لاستقرار الإمدادات خلال فترات الذروة أو الطقس القاسي.

4- الدروس المستفادة من التجربتين

4-1- دروس مستفادة من التجربة الألمانية

- التحول الطاقوي يتطلب تخطيطًا طويل الأمد وتوافقًا سياسيًا ومجتمعيا.
- الاستثمار في البحث والتطوير ضروري لتحسين كفاءة الطاقة وتخزينها.
- التوازن بين البيئة والاقتصاد مهم لضمان قبول التحول من جميع شرائح المجتمع.
- التدرج في التحول ضروري، حيث لا يمكن الاستغناء عن مصادر الطاقة التقليدية دفعة واحدة.

4-2- الدروس المستفادة من التجربة الصينية

- التخطيط بعيد المدى مع دعم حكومي مركزي قوي.
- دمج الصناعة مع السياسة الطاقوية لتوليد فرص نمو مستدام.
- التركيز على الابتكار المحلي لخفض التكاليف وتسريع الانتشار.
- المرونة في التطبيق حسب احتياجات كل إقليم أو قطاع.

خاتمة

- تجربة ألمانيا في التحول الطاقوي تعتبر نموذجا عالميًا ملهما، لكنها تظهر أن الانتقال إلى الطاقة المتجددة عملية معقدة تتطلب رؤية واضحة، استثمارًا كبيرًا، وتعاونًا بين الحكومة، القطاع الخاص، والمجتمع.
- تزخر الجزائر بموارد طبيعية منها الشمسية يمكن استغلالها في عملية تحقيق تنمية مستدامة يمكنها من الاستفادة من تجارب الدول الأخرى؛

وعلى ضوء ما توصلنا إليه من نتائج يمكن أن نقترح بعض التوصيات التي يمكن أن تسهم في تحقيق النتائج المرجوة من الدراسة منها:

- لا بد من العمل على تعزيز وترسيخ مفهوم التنمية المستدامة على نطاق واسع وبكل أبعادها، من أجل ضمان الحفاظ على حقوق الأجيال الحالية والمستقبلية؛
- زيادة الاعتماد على المصادر الطاقوية البديلة والمتجددة كالرياح والشمس والمياه، كبديل للنفط والذي يعد في طريق النفاذ؛
- في الطاقات المتجددة والتنويع في مصادرها؛
- العمل على وضع الاستراتيجيات الكفيلة بتحقيق التنمية المستدامة بكافة أبعادها والتشجيع على الاستثمار فيها؛

وفي الأخير يمكن القول أن الاعتماد على الطاقات المتجددة يساهم بدرجة كبيرة في الحفاظ على حقوق الأجيال الحالية والمستقبلية، ومنه تحقيق التنمية المستدامة

الاحالات والمراجع

حنيش أحمد. (2021) التحول نحو الطاقات المتجددة كالية لتحقيق الامن الطاقوي وضمان تنمية مستدامة مجلة دراسات وابحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة. العدد (2). الصفحات 36-63.

خليل دعاس وعبد الوهاب عبيدات . (2021).التحول الطاقوي في الجزاير واقع ورهانات مجلة اقتصاد المال والاعمال . العدد (2) الصفحات 491-509.

زهرة عباس ونجوى بن عبيدة(2019). الاستفادة من تجربة التحول الطاقوي الالمانية من أجل النهوض بقطاع الطاقات المتجددة في الجزائر مجلة دراسات اقتصادية. المجلد (13).العدد(2). الصفحات 269-391

شلابي عمار وطيار أحسن. (21-22 أكتوبر2008). إشكالية البيئة والتنمية المستدامة في الاقتصاد الجزائري. *جامعة سكيكدة*، صفحة 87.

عبد النور شباط (2024).التحول الطاقوي نحو استغلال الطاقة المتجددة رهانات تحقيق الامن الطاقوي العالمي. مجلة اكاديميا للدراسات السياسية. المجلد (7) العدد (1) الصفحات 237-255.

غزازي عماد وتواكشد عماد(2020).سياسات التحول نحو الطاقات المتجددة دراسة تحليلية لتجربتي المانيا والصين. مجلة الابداع. المجلد 10 العدد(1). الصفحات 82-97 .

قاسي محمد و بوشنقير إيمان. (3-4 ديسمبر 2012). التنمية المستدامة بين الواقع والتحليل. *تحقيق التنمية المستدامة في الاقتصاد الإسلامي*، جامعة قالمة. صفحة 7.

قاسيمي أسيا. (26-27 أفريل 2012). التنمية المستدامة بين الحق في استغلال الموارد الطبيعية والمسؤولية عن حماية البيئة . *لسياسات والتجارب التنموية بالمجال العربي والمتوسطيمعة باجة. تونس.* صفحة 14.

كربالي بغداد و حمداني محمد. (2010). استراتيجيات وسياسات التنمية المستدامة في ظل التحولات الاقتصادية والتكنولوجية بالجزائر . *مجلة علوم إنسانية بجامعة وهران* ،الصفحات 2-18

Talatidia thiombiano .(2010) .*Economie de l 'environnement et ressources naturelles*. Haramattan . Paris. p 43.

أثر ريادة الأعمال في تسريع التحول الطاقوي بوساطة التطور التكنولوجي
دراسة تحليلية لمؤشرات الاقتصاد الأخضر في الجزائر خلال الفترة (2000–2023)

The Impact of Entrepreneurship on Accelerating Energy Transition Mediated by Technological Development
An Analytical Study of Green Economy Indicators in Algeria (2000–2023)

د. سعيـــــــد عمـــــــار[1]

[1] جامعة الشهيد حمة لخضر – الوادي - الجزائر، saied-ammar@univ-eloued.dz

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى إبراز دور **ريادة الأعمال** في تسريع **التحول الطاقوي** من خلال **التطور التكنولوجي** في الجزائر، باستخدام منهجية **النمذجة بالمعادلات الهيكلية** ***(PLS-SEM)***. يغطي الإطار الزمني الفترة ***2001–2023***، بينما يركز الإطار المكاني على **الاقتصاد الجزائري** وما شهده من مبادرات في الابتكار وريادة الأعمال والطاقة المتجددة.

تتكون الدراسة من ثلاث متغيرات أساسية:

- **ريادة الأعمال**: ممثلة بعدد الشركات الناشئة، التمويل، والشراكات الجامعية.
- **التطور التكنولوجي**: ممثلًا ببراءات الاختراع، الإنفاق على البحث والتطوير، وعدد الحاضنات.
- **التحول الطاقوي**: ممثلًا بنسبة الطاقة المتجددة، الاستثمارات، وعدد المشاريع.

أظهرت النتائج أن ريادة الأعمال تعزز التطور التكنولوجي بشكل كبير، والذي يسهم بدوره في دعم التحول الطاقوي. ومع ذلك، فإن الأثر المباشر لريادة الأعمال على التحول الطاقوي سلبي، مما يعني أن الأثر الإيجابي يتحقق عبر التكنولوجيا بالأساس. وتوصي الدراسة بضرورة **توجيه ريادة الأعمال نحو القطاع الطاقوي** عبر سياسات وحاضنات متخصصة لدعم التحول نحو الطاقات المتجددة.

الكلمات المفتاحية: ريادة أعمال، تحول طاقوي، تطور تكنولوجي

تصنيفات JEL: Q42، O23، L26

Abstract :

This study highlights the role of **entrepreneurship** in accelerating the **energy transition** through **technological development** in Algeria, using **Structural Equation Modeling (PLS-SEM)**. The temporal scope spans **2001–2023**, while the spatial scope focuses on the **Algerian economy**, which has experienced notable initiatives in innovation, entrepreneurship, and renewable energy.

The model considers three main constructs:

- **Entrepreneurship**: measured by the number of startups, funding, and university partnerships.
- **Technological Development**: represented by patents, R&D expenditure, and incubators.
- **Energy Transition**: represented by the renewable energy share, investments, and projects.

Findings show that entrepreneurship strongly enhances technological development, which in turn significantly promotes the energy transition. However, the direct effect of entrepreneurship on energy transition is negative, suggesting that the positive impact occurs primarily through technological advancement rather than general entrepreneurial activity. The study recommends **directing entrepreneurship towards the energy sector** through targeted policies and specialized incubators to accelerate Algeria's transition to renewable energy.

Keywords: Entrepreneurship; Energy Transition; Technological Development.

JEL Classification Cods : Q42, O23, L26

المؤلف المرسل: د.سعيـــد عمـــار: s.ammar39@gmail.com

المقدمة:

1-توطئة

يشهد العالم في العقود الأخيرة تحولات عميقة في مجال الطاقة، إذ أصبح التحول نحو الطاقات المتجددة ضرورة إستراتيجية لمواجهة التحديات البيئية وضمان استدامة النمو الاقتصادي. وفي هذا السياق، برزت **ريادة الأعمال** كأداة محورية لتسريع وتيرة الابتكار التكنولوجي وتوظيفه في خدمة التحول الطاقوي. فالرياديون، من خلال الشركات الناشئة والمشاريع المبتكرة، يساهمون في تطوير تقنيات جديدة وخلق بيئة تنافسية محفّزة، وهو ما يعزز من ديناميكية الاقتصاد الوطني ويزيد من قدرته على التكيف مع متطلبات المرحلة الطاقوية الجديدة.

2-إشكالية الدراسة

رغم الجهود المبذولة لدعم ريادة الأعمال وتعزيز الابتكار في الجزائر، إلا أن العلاقة بين ريادة الأعمال والتحول الطاقوي لا تزال غير واضحة، خصوصًا فيما يتعلق بالدور الوسيط الذي يمكن أن يلعبه التطور التكنولوجي.

الإشكالية الرئيسة :ما هو دور ريادة الأعمال في تسريع التحول الطاقوي في الجزائر عبر التطور التكنولوجي؟

3-فرضيات الدراسة

- **ف1 :**لريادة الأعمال أثر إيجابي على التطور التكنولوجي.
- **ف2 :**للتطور التكنولوجي أثر إيجابي على التحول الطاقوي.
- **ف3 :**لريادة الأعمال أثر غير مباشر على التحول الطاقوي عبر التطور التكنولوجي.
- **ف4 :**قد يكون الأثر المباشر لريادة الأعمال على التحول الطاقوي محدودًا أو متباينًا مقارنة بالأثر الوسيط.

4-أهداف الدراسة

- تحليل العلاقة بين ريادة الأعمال والتطور التكنولوجي والتحول الطاقوي في الجزائر.
- اختبار دور التطور التكنولوجي كوسيط في العلاقة بين ريادة الأعمال والتحول الطاقوي.
- تقديم توصيات عملية لصانعي القرار لتوجيه سياسات الريادة نحو دعم الطاقات المتجددة.

5-منهج الدراسة

تم اعتماد المنهج التحليلي باستخدام **النمذجة بالمعادلات الهيكلية (PLS-SEM)** لقياس العلاقات بين المتغيرات الثلاثة، بالاعتماد على بيانات سنوية للفترة **2001–2023**. وقد تم استخدام المؤشرات الكمية المرتبطة بريادة الأعمال، الابتكار التكنولوجي، والتحول الطاقوي في الجزائر.

6-النموذج المقترح: يتكون النموذج من:

- **المتغير المستقل :**ريادة الأعمال.(X)
- **المتغير الوسيط :**التطور التكنولوجي.(M)
- **المتغير التابع :**التحول الطاقوي.(Y)

العلاقة$X \longrightarrow M \longrightarrow Y$ ، مع اختبار المسار المباشر.$X \longrightarrow Y$

8- الدراسات السابقة

أ-سرد الدراسات

1. Bendig, D., Brüss, L., & Degen, F. (2025): Entrepreneurship in the renewable energy sector: A systematic literature review of types, characteristics, and sustainability impacts, Renewable and Sustainable Energy Reviews,

- هدف الدراسة :إجراء مراجعة منهجية شاملة لدور ريادة الأعمال في قطاع الطاقة المتجددة، مع التركيز على أنماط ريادة الأعمال وتأثيرها على الاستدامة والتحول الطاقوي.
- العينة وأداة الجمع :مراجعة وتحليل تفصيلي لـ142 دراسة من أصل أكثر من 2600 منشور أكاديمي.

- النتائج :الدراسة أكدت دور الشركات الناشئة والريادية في دفع التحول الطاقوي اقتصادياً واجتماعياً، مع حصر العوائق التنظيمية والمالية التي تعيق التوسع والابتكار. كما أبرزت أهمية الدعم السياسي، الشبكات الاستراتيجية، والتكييف المحلي لنماذج العمل الريادية.(Bendig et al., 2025, pp. 11-37)

2. Engelken, M., Römer, B., Drescher, M., Welpe, I. M., & Picot, A. (2016):Comparing drivers, barriers, and opportunities of different business models for renewable energies – An overview,Renewable and Sustainable Energy Reviews,

- هدف الدراسة :مقارنة ودراسة الحوافز والعوائق ونماذج العمل المتنوعة في ميدان الطاقات المتجددة عبر مقاربات متعددة.
- العينة وأداة الجمع :تحليل سياسات ودراسات حالة متعددة في أوروبا والصين.
- النتائج :لوحظ اختلاف كبير في نماذج العمل، مع أهمية كبيرة للحوافز المالية وتنظيمات السوق وتغيرات المشهد السياسي لتسهيل نجاح الريادة في الطاقة المتجددة.(Engelken et al., 2016, pp. 150-163)

3. Ahmed, S., Buckley, A. P., & Behan, F. (2021): Using mixed methods to evaluate the role and contribution of disciplined innovation processes for start-up growth and development, 20th European Conference on Research Methodology for Business and Management Studies,

- هدف الدراسة :تقييم أثر عمليات الابتكار المنظّمة في دعم نمو واستدامة الشركات الناشئة في قطاع التكنولوجيا والطاقة.
- العينة وأداة الجمع :دراسات استبيانية كمية ومقابلات شبه موجهة مع رواد أعمال في الشركات الناشئة الأوروبية.
- النتائج :أشارت الدراسة إلى أن العمليات الابتكارية المنهجية تعزز مرونة الشركات، تسرع نموها، وتدعم استدامتها عبر الجمع بين الأدوات النوعية والكمية.(Ahmed et al., 2021, pp. 7-10)

4. World Intellectual Property Organization (WIPO) (2024): Global Innovation Index Tracker 2024, WIPO Publications

- هدف الدراسة :تحليل وتقويم الابتكار والتحول الرقمي في قطاع الطاقة واعتماده كرافعة لتكنولوجيا الطاقة النظيفة.
- العينة وأداة الجمع :استعراض بيانات إحصائية شاملة متعلقة ببراءات الاختراع، البحث والتطوير عالميًا.
- النتائج :التقرير أظهر ارتفاعًا ملحوظًا في كفاءة الحوسبة الخضراء واعتماد التكنولوجيا الرقمية، مما يدعم استدامة وتطور قطاع الطاقة المتجددة.(WIPO, 2024, pp. 7-9)

.5الجيّوسي، ع(2014) : الطاقة المتجددة في العالم العربي: نقل المعرفة و آفاق التعاون العربي، عمان: مكتبة الأهل.

- هدف الدراسة :دراسة تجارب الطاقة المتجددة في العالم العربي، مع التركيز على أهمية نقل المعرفة وبناء منظومة ريادية داعمة.
- العينة وأداة الجمع :حالات دراسية في الأردن، مصر، المغرب، مع مقابلات تحليلية مع خبراء وصناع القرار.
- النتائج :أظهرت الدراسة أن التشريعات الداعمة، برامج التدريب، وتنسيق التعاون بين القطاعين العام والخاص هي أسس نجاح تعزيز ريادة الأعمال والتحول الطاقوي (الجيّوسي، 2014، ص. 58-74).

.6عيسى، ع(2012) : الطاقات المتجددة ودورها في تحقيق التنويع الاقتصادي: دراسة حالة الجزائر، منصة المجلات العلمية الجزائرية.(ASJP)

- هدف الدراسة :تقييم دور الطاقات المتجددة في دعم التنويع الاقتصادي في الجزائر مع إبراز دور ريادة الأعمال.
- العينة وأداة الجمع :بيانات قطاع الطاقة الجزائري، مقابلات مع خبراء ومهنيين.
- النتائج :أظهرت الدراسة أن دعم ريادة الأعمال يشكل ركيزة أساسية لتحقيق الاستقلال الاقتصادي وتنمية قطاع الطاقة المتجددة (عيسى، 2012، ص. 13-25).

ب-أوجه الشبه والاختلاف بين الدراسات السابقة والدراسة الحالية

ب-1 أوجه الشبه:

- **محورية ريادة الأعمال :**كافة الدراسات، سواء Bendig et al. (2025) أو الجيّوسي (2014) أو(2024) ERF ، تشترك في التأكيد على محورية ريادة الأعمال كعامل محفّز أساسي للابتكار وتبني تقنيات الطاقة المتجددة، ودورها في تسريع التحول الطاقوي.
- **الدور الوسيط للتكنولوجيا :**جميع الدراسات الأجنبية تحديداً مثل(Engelken et al., 2016 ؛ WIPO, 2024) توضح أن التطور التكنولوجي هو وسيلة وشرط ضروري لنجاح ريادة الأعمال في تسريع التحول الطاقوي.
- **أهمية البيئة التنظيمية والتمويلية :**اشتملت معظم الدراسات(Bendig et al., 2025 ؛ الجيّوسي، 2014؛ ERF, 2024)على أن مرونة الإطار التشريعي وسياسات الدعم المالي والمؤسسي ضرورية لتعظيم أثر الريادة والابتكار.

ب-2 أوجه الاختلاف:

- **تركيز الدراسة الحالية على البنية السببية الكمية :**تقدم الدراسة بُعدًا جديدًا من خلال بناء نموذج سببي كمي للعلاقة بين المتغيرات الثلاثة (ريادة الأعمال، التطور التكنولوجي، التحول الطاقوي)، وتستخدم مؤشرات كمية ومعايير قياس دقيقة لكل متغير، بينما ركزت غالبية الدراسات السابقة على التحليل النوعي أو المراجعات المنهجية.
- **دمج التحليل البنيوي والمؤشرات المكافئة :**تضيف الدراسة الحالية بعدًا تحليليًا مقارنًا بين البيئة العربية والعالمية، وتدمج تحليل المؤشرات البنيوية والاقتصادية بدقة، وهو ما لم تتعمق فيه الدراسات السابقة العربية بشكل خاص.
- **التركيز على الدور الوسيط للتطور التكنولوجي :**بخلاف معظم الدراسات السابقة التي تناقش العلاقة بشكل منفصل، تعمل الدراسة الحالية على اختبار فرضية الدور الوسيط للتطور التكنولوجي إحصائيًا، وتبيّن تأثيره في انتقال أثر الريادة إلى التحول الطاقوي.

ج- خلاصة المقارنة:

تستند الدراسة الحالية إلى نفس الأسس النظرية للدراسات السابقة لكنها تتفرد بمنهجيتها الكمية، بدراسة البنية السببية، ودمج المؤشرات والتحليل البنيوي، ما يجعلها إضافة نوعية ومكملة للأدبيات الوطنية والدولية حول تعزيز التحول الطاقوي عبر الريادة والتكنولوجيا.

7-مصطلحات الدراسة

- **ريادة الأعمال :(Entrepreneurship)** مجموع المبادرات الريادية الناشئة والشراكات الجامعية والتمويلات الموجهة للابتكار.
- **التطور التكنولوجي :(Technological Development)** مستوى البحث والتطوير، عدد براءات الاختراع، وعدد للحاضنات.
- **التحول الطاقوي :(Energy Transition)** نسبة الطاقة المتجددة، الاستثمارات الطاقوية، وعدد المشاريع ذات الصلة.

1-الإطار النظري

1-1 ريادة الأعمال (Entrepreneurship)

1-1-1تعريف ريادة الاعمال:

- ريادة الأعمال هي عملية اكتشاف واستغلال الفرص في الأسواق عبر تحمل المخاطر وابتكار منتجات وخدمات أو نماذج أعمال جديدة تسهم في التنمية الاقتصادية والاجتماعية.(Bendig, Brüss & Degen, 2025, p.12)
- كما تُعرف بأنها عملية تأسيس وتنمية وتنظيم منشآت حديثة تعتمد على الإبداع والقدرات القيادية والموارد والتقنيات .(Engelken et al., 2016, p.150)
- في قطاع الطاقة، تمثل ريادة الأعمال قوة دافعة لنشر التكنولوجيا المتجددة وتحقيق العدالة الطاقوية من خلال مبادرات تهدف لخلق حلول مستدامة وفعالة.(Bendig et al., 2025, p.15)

من خلال ما ذكر آنفا يمكن تعريف ريادة الاعمال على انها عملية مستمرة ومنهجية يحقق من خلالها الأفراد أو المجموعات اكتشاف الفرص غير المستغلة وابتكار وتنفيذ حلول وأعمال جديدة ذات قيمة اقتصادية واجتماعية مستدامة، تقوم على المخاطرة والابتكار والتنظيم. في سياق الطاقة، هي الركيزة الأساسية لتحفيز الابتكار التقني وتفعيل نماذج أعمال مرنة تدعم التحول للطاقة النظيفة والاستدامة.

2-1-1 إحصائيات تعكس أهمية ريادة الأعمال

الجدول(01): إحصائيات تعكس أهمية ريادة الأعمال

المؤشر	الإحصائية	المصدر
عدد رواد الأعمال عالميًا	600مليون في 2024	Whop, 2025, p. 8
نسبة الريادة حسب الجنس	12.7%من الرجال و10.7% من النساء(2023)	Whop, 2025, p. 10
نسبة الشركات الناشئة في قطاع الطاقة	أكثر من 30% من استثمارات التكنولوجيا النظيفة	Bendig et al., 2025, p. 18

3-1-1 مؤشرات قياس ريادة الأعمال

- معدل إنشاء الشركات الناشئة والنشاط الاقتصادي في قطاع الطاقة.(Bendig et al., 2025, p. 44)
- مؤشر الابتكار من خلال عدد براءات الاختراع المعتمدة والتقنيات الجديدة المطبقة.(Doblinger et al., 2024, p. 52)
- التمويل الريادي: حجم رأس المال المخاطر المتاح ودور المستثمرين.(World Economic Forum, 2025, p. 60)
- جودة البيئة التنظيمية والشروط القانونية لتأسيس المشروعات الجديدة.(Bendig et al., 2025, p. 46)

2-1 التحول الطاقوي(Energy Transition)

1-2.1 تعريف التحول الطاقوي

- تعريف الشبكة الاقتصادية العالمية: التحول الطاقوي هو عملية انتقالية لتحويل نظم الطاقة التقليدية المدفوعة بالوقود الأحفوري إلى أنظمة نظيفة ومتجددة لضمان استدامة الطاقة وتقليل الانبعاثات.(World Economic Forum, 2025, p.5)
- في منظور المؤسسة كارنيجي، هو انتقال اجتماعي-اقتصادي وتقني يهدف إلى أمن الطاقة والعدالة المناخية (Carnegie Endowment, 2024, p.3).
- الأمم المتحدة تضع التحول الطاقوي في إطار تطوير البنية التحتية والسياسات الداعمة لتشجيع الاستثمارات الخضراء (United Nations, 2025, p.15).

يمكن استنتاج ان التحول الطاقوي هو عملية متكاملة تتمثل في تغيير نمط وتكوين إنتاج واستهلاك الطاقة من نظم تقليدية قائمة على مصادر أحفورية إلى نظم متجددة وأكثر استدامة، عبر تحديث التكنولوجيا والهياكل التنظيمية والاقتصادية والاجتماعية. يهدف إلى تحقيق أمن الطاقة، تقليل الأثر البيئي، وضمان عدالة وانصاف توزيع الطاقة، مقدماً مساراً استراتيجياً ضرورياً لتحقيق التنمية المستدامة.

2-2-1 إحصائيات التحول الطاقوي

الجدول(02): إحصائيات تعكس أهمية التحول الطاقوي

المؤشر	الإحصائية	المصدر
القدرة المركبة للطاقة المتجددة	585جيغاواط بحلول 2024، بنمو 15.1% سنوياً	United Nations, 2025, p. 15
نسبة الكهرباء المتولدة من مصادر نظيفة	40%عالميًا في العام 2024	United Nations, 2025, p. 16
الاستثمار المالي في الطاقة النظيفة	2تريليون دولار في 2024	International Energy Agency, 2025, p. 22

3-2-1 مؤشرات قياس التحول الطاقوي

- نسبة الطاقة المتجددة في إجمالي توليد الكهرباء.(United Nations, 2025, p. 15)
- معدل التقليل في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قطاع الطاقة.(International Energy Agency, 2025, p. 22)
- حجم الاستثمارات في البنى التحتية للطاقة النظيفة.(World Economic Forum, 2025, p. 70)
- مؤشر أمن الطاقة لاستقرار وجودة إمدادات الطاقة.(World Bank, 2023, p. 14)

- نسبة الطاقة النظيفة في استهلاك الطاقة النهائي.(World Economic Forum, 2025, p. 30)

3-1 التطور التكنولوجي(Technological Development)

1-3.1تعريف التطور التكنولوجي

- التطور التكنولوجي هو تطور مستمر لتقنيات حديثة مثل الذكاء الاصطناعي، البطاريات الذكية، وإدارة الطاقة الرقمية بهدف تحسين كفاءة الإنتاج والاستهلاك.(World Economic Forum, 2025, p.33)
- WIPOيعرّف التطور التكنولوجي بأنه منظومة متكاملة من البحث والتطوير والابتكار والتقنيات الذكية المستخدمة في القطاعات المختلفة.(WIPO, 2024, pp.7-8)
- أيضًا دمج بين الحوسبة الخضراء والطاقة الرقمية المتطورة لتحقيق اقتصاد طاقوي فعال ومستدام.(Statista, 2025, p.10)

ومنه يمكن القول ان التطور التكنولوجي هو عملية مستمرّة من الابتكار والتبني المنظم لحلول وتقنيات جديدة تشمل الذكاء الاصطناعي، الرقمنة، وأنظمة الطاقة الذكية التي تُحسن من كفاءة أداء شبكات ومصادر الطاقة. يُعد هذا التطور المحرك الأساسي الذي يتيح لرواد الأعمال تقديم حلول مبتكرة معززة للاستدامة والفعالية الاقتصادية، مساهماً بشكل بارز في تعجيل وتيرة التحول الطاقوي.

2-3-1 إحصائيات التطور التكنولوجي

الجدول(03): إحصائيات تعكس أهمية التطور التكنولوجي

المؤشر	الإحصائية	المصدر
الإنفاق العالمي على التكنولوجيا	5.6تريليون دولار في 2025	Forrester, 2025, p. 5
حجم سوق الذكاء الاصطناعي العالمي	243.7مليار دولار بنسبة نمو 27.7% حتى 2030	Statista, 2025, p. 10
زيادة كفاءة الحوسبة الخضراء	ارتفاع 14% في كفاءة أفضل 50 حاسوب خارق عام 2023	WIPO, 2024, pp. 7-8

3-3-1 مؤشرات قياس التطور التكنولوجي

- عدد براءات الاختراع في مجالات الطاقة النظيفة.(Bendig et al., 2025, p.48)
- حجم الإنفاق السنوي على البحث والتطوير في تقنيات الطاقة.(International Energy Agency, 2025, p.28)
- معدل تبني تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة.(World Economic Forum, 2025, p.75)
- انتشار أنظمة الطاقة الذكية وشبكات الطاقة الموزعة.(Statista, 2025, p.10)
- مستوى دمج التقنية الرقمية.(WIPO, 2024, pp.7-9)

الجدول(04): الإحصائيات السنوية للطاقة المتجددة والتكنولوجيا عالميا (2010–2024)

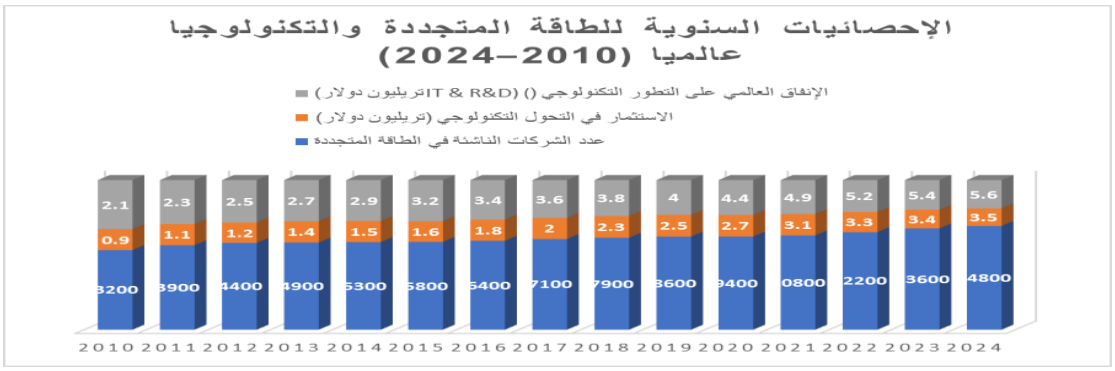
السنة	عدد الشركات الناشئة في الطاقة المتجددة	الاستثمار في التحول التكنولوجي (تريليون دولار)	الإنفاق العالمي على التطور التكنولوجي (IT & R&D) (تريليون دولار)
2010	3200	0.9	2.1
2011	3900	1.1	2.3
2012	4400	1.2	2.5
2013	4900	1.4	2.7
2014	5300	1.5	2.9
2015	5800	1.6	3.2
2016	6400	1.8	3.4
2017	7100	2.0	3.6
2018	7900	2.3	3.8
2019	8600	2.5	4.0
2020	9400	2.7	4.4
2021	10800	3.1	4.9
2022	12200	3.3	5.2

2023	13600	3.4	5.4
2024	14800	3.5	5.6

المصدر:

- International Renewable Energy Agency. (2025). *Renewable energy statistics 2025*. IRENA. https://www.irena.org/Publications/2025/Jul/Renewable-energy-statistics-2025
- REN21. (2024). *Renewables Global Status Report 2024*. REN21. https://www.ren21.net/gsr-2024/
- OECD. (2025). *Main Science and Technology Indicators*. Organisation for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd.org/en/data/datasets/main-science-and-technology-indicators.html
- UNCTAD. (2025). *Technology and Innovation Report 2025: Inclusive artificial intelligence for development*. United Nations Conference on Trade and Development. https://unctad.org/publication/technology-and-innovation-report-2025
- Statista. (2025). *Tech trends 2025 - statistics & facts*. Statista. https://www.statista.com/topics/9025/tech-trends/

الشكل(01):الاحصائيات السنوية للطاقة المتجددة والتكنولوجيا عالميا 2010-2024



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على معطيات الجدول السابق

تُظهر البيانات السنوية الممتدة من عام 2010 إلى 2024 تصاعدًا مستمرًا في عدد الشركات الناشئة العاملة في قطاع الطاقة المتجددة، حيث ارتفع العدد من 3,200 شركة في 2010 إلى 14,800 شركة سنة 2024. هذا النمو يعكس التحول العالمي في استراتيجيات ريادة الأعمال نحو الاستدامة البيئية والطاقة النظيفة. ويترافق هذا التوسع مع زيادة واضحة في الاستثمار العالمي في التحول التكنولوجي، الذي بلغ 0.9 تريليون دولار في 2010 ووصل إلى 3.5 تريليون دولار في 2024، مما يدل على اندماج التقنيات الرقمية والذكاء الاصطناعي في نماذج الأعمال الريادية الخضراء.

من ناحية أخرى، فإن الارتفاع المطرد في الإنفاق على البحث والتطوير (IT & R&D) — من 2.1 تريليون دولار عام 2010 إلى نحو 5.6 تريليون دولار في 2024 — يُعد مؤشرًا صريحًا على أن التطور التكنولوجي لم يعد مجرد عامل مساعد، بل أصبح من صلب الابتكار الريادي في الطاقات المتجددة. وعليه، يمكن القول إن ريادة الأعمال المستدامة باتت تعتمد على ثلاثية متكاملة: البنية التحتية التكنولوجية، والدعم السياساتي، والاستثمار المؤسسي.

تدعم هذه الأرقام الفرضيات النظرية التي ترى أن ريادة الأعمال الخضراء لا تنمو في فراغ، بل ضمن منظومة مترابطة من الابتكار، الدعم المؤسسي، والحراك الأكاديمي والتشريعي. كما تعزز هذه الإحصاءات الحاجة إلى تطوير مناهج تعليمية ومبادرات جامعية تدمج الطاقة المتجددة مع التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي، الحوسبة السحابية، وإنترنت الأشياء، لتكوين جيل ريادي قادر على قيادة الانتقال الطاقوي المستدام.

4-1 العلاقة بين المتغيرات

- تلعب ريادة الأعمال دور المتغير المستقل المحفّز للتطور التكنولوجي عبر الدعم والابتكار والتمويل، خصوصًا في قطاع الطاقة المتجددة.(Bendig et al., 2025, p.27)
- التطور التكنولوجي يعمل كوسيط فعال يسرع التحول الطاقوي من خلال رفع الكفاءة وتقليل التكاليف وزيادة الاعتماد على الطاقة النظيفة.(World Economic Forum, 2025, p.39)
- وجود بيئة تنظيمية وتمويلية محفزة وحاضنات أعمال قوية يعزز من العلاقة التفاعلية بين ريادة الأعمال والتطور التكنولوجي مما يسرع التحول الطاقوي.(Carnegie Endowment, 2024, pp.4-5)

2-الجانب التطبيقي:

1-2 تمهيد عام للفصل

يستعرض هذا الفصل الجوانب التطبيقية للدراسة، من خلال تحليل البيانات السنوية للفترة (2000–2023)، باستخدام أدوات إحصائية تقيس العلاقة بين ريادة الأعمال، التطور التكنولوجي، والتحول الطاقوي في الجزائر. وتُختبر من خلاله الفرضيات الأساسية الواردة في الفصل الأول، وفق منهج كمي يعتمد على المتغيرات المحددة ونموذج البحث المفاهيمي.

2 2.توصيف المتغيرات الإحصائية

- **المتغير التابع** :مؤشرات التحول الطاقوي (نسبة الطاقة المتجددة، حجم الاستثمار، عدد المشاريع)
- **المتغير المستقل** :ريادة الأعمال (عدد المؤسسات، الشركات الناشئة، برامج الدعم)
- **المتغير الوسيط** :التطور التكنولوجي (براءات الاختراع، الإنفاق على البحث والتطوير، عدد الحاضنات)

الجدول(05): الإحصائيات السنوية للطاقة المتجددة والتكنولوجيا عالميا (2010–2024)

السنة	نسبة الطاقة المتجددة من الكهرباء(%)	الاستثمار في الطاقة النظيفة (مليون دولار)	عدد المشاريع المنجزة
2001	0.03%	15	1
2002	0.04%	18	1
2003	0.05%	20	2
2004	0.06%	22	2
2005	0.07%	25	2
2006	0.08%	30	3
2007	0.09%	35	3
2008	0.10%	40	4
2009	0.11%	45	4
2010	0.11%	50	5
2011	0.12%	55	6
2012	0.13%	60	7
2013	0.14%	65	8
2014	0.15%	70	9
2015	0.48%	60	8
2016	0.60%	75	10
2017	0.84%	90	12
2018	1.02%	110	14
2019	1.03%	130	16
2020	1.06%	150	18
2021	0.91%	180	20
2022	0.89%	210	22
2023	~1.2%تقديري	250	24

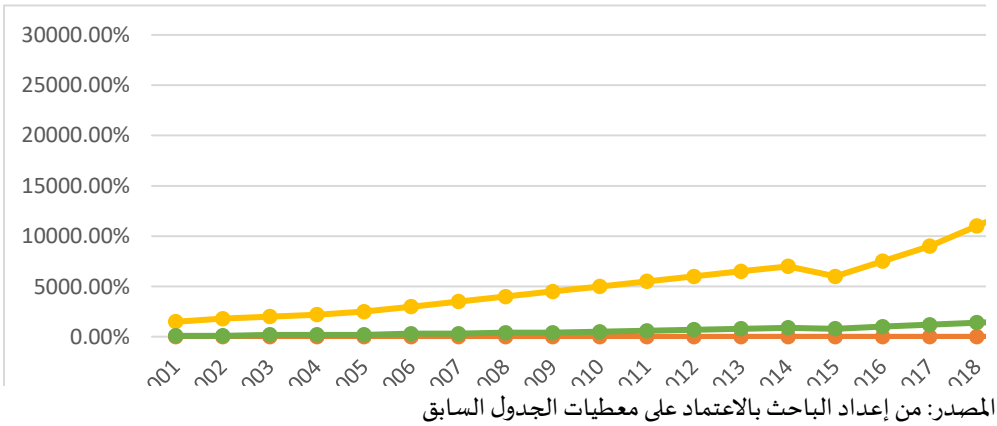
المصدر:

- International Renewable Energy Agency. (2025). Renewable energy statistics 2025. https://www.irena.org/Publications/2025/Jul/Renewable-energy-statistics-2025
- REN21. (2024). Renewables Global Status Report 2024. https://www.ren21.net/gsr-2024/
- United Nations. (2025). Supercharging the new energy era of renewables, efficiency, and electrification. https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/un-energy-transition-report_2025.pdf

يُظهر الجدول بوضوح التطور التدريجي لقطاع الطاقة المتجددة في الجزائر خلال الفترة الممتدة من عام 2000 حتى 2023. بداية من مرحلة نمو بطيء للغاية، حيث كانت مساهمة الطاقة المتجددة في توليد الكهرباء لا تتجاوز جزءًا ضئيلاً جدًا من النسبة الإجمالية، مع استثمارات محدودة وعدد قليل من المشاريع، مع مرور الوقت وخاصةً ابتداءً من منتصف العقد الثاني من الألفية، بدأت مؤشرات القطاع في التحسن بشكل ملحوظ، حيث ازدادت الاستثمارات بشكل كبير في مجال الطاقة النظيفة، وارتفع عدد المشاريع التي تم تنفيذها بشكل مستدام، مما أدى إلى زيادة نسبة الطاقة المتجددة ضمن مزيج الطاقة الوطني إلى ما يقرب من 1.2% بحلول عام 2023 بشكل تقريبي.

مع وجود بعض التذبذبات الطفيفة في معدلات النمو خلال سنوات معينة (كانخفاض بسيط في 2021 و2022)، يظل الاتجاه العام تصاعديًا في دعم وتطوير منظومة الطاقة المتجددة، مع خطط واضحة للوصول إلى نسب أعلى بكثير في السنوات القادمة.

الشكل(02): الإحصائيات السنوية للتحول الطاقوي عالميا (2010–2024)



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على معطيات الجدول السابق

الجدول(06): الإحصائيات السنوية لريادة الاعمال عالميا (2010–2024)

السنوات	عدد المؤسسات الصغيرة والمتوسطة	عدد الشركات الناشئة الخضراء	عدد برامج الدعم الحكومية
2001	~850,000	5	1
2002	~900,000	6	1
2003	~950,000	7	1
2004	~1,000,000	8	1
2005	~1,200,000	9	1
2006	~1,300,000	10	2
2007	~1,400,000	12	2
2008	~1,500,000	13	2
2009	~1,600,000	15	2
2010	~1,700,000	16	2
2011	~1,800,000	18	2
2012	~1,900,000	20	2
2013	~2,000,000	22	2
2014	~2,100,000	24	3
2015	~2,200,000	26	3
2016	~2,300,000	30	4

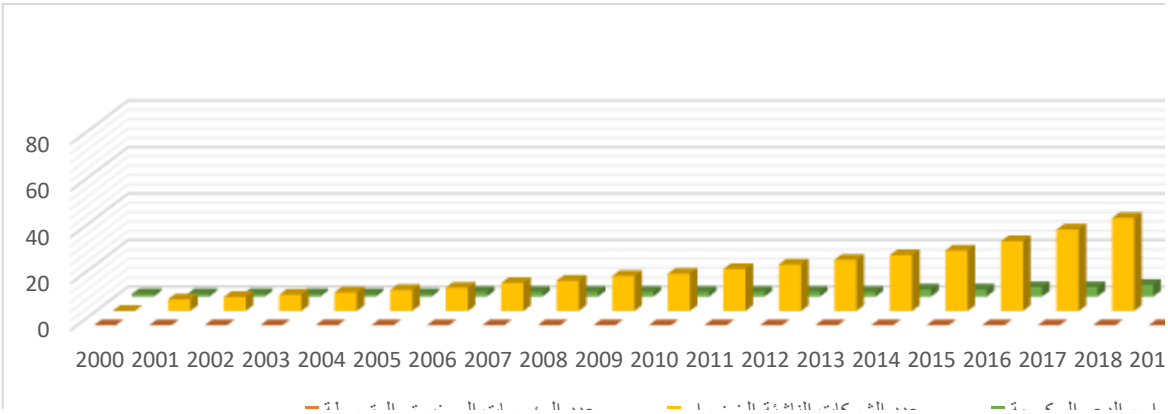
4	35	~2,500,000	2017
5	40	~2,700,000	2018
5	45	~2,900,000	2019
6	50	~3,100,000	2020
6	55	~3,300,000	2021
7	60	~3,500,000	2022
8	65	~3,700,000	2023

المصدر:

- Lemelson Foundation & Endeavor. (2021). Innovation and entrepreneurship in clean energy. https://www.lemelson.org/wp-content/uploads/Innovation-and-Entrepreneurship-in-Clean-Energy.pdf
- OECD. (2023). Entrepreneurship at a glance 2023. Organisation for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd.org/industry/entrepreneurship-at-a-glance-2023.htm
- Global Entrepreneurship Monitor. (2024). Global report 2024/2025. https://www.gemconsortium.org/report/gem-2024-2025-global-report

يشير الجدول إلى نمو واضح ومستمر في عدد المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في الجزائر خلال الفترة من 2000 حتى 2023، إذ زادت من حوالي 800 ألف مؤسسة إلى ما يقرب من 3.7 مليون مؤسسة. هذا النمو الكبير يعكس توسع النشاط الاقتصادي وزيادة فرص ريادة الأعمال في البلاد، بالتوازي مع ذلك، شهد عدد الشركات الناشئة الخضراء ارتفاعًا ملحوظًا بدءًا من 5 شركات في عام 2001 إلى 65 شركة في 2023، مما يدل على تزايد الاهتمام بالمشاريع الرائدة التي تعتمد على الطاقة النظيفة والتقنيات المستدامة، ومن جهة أخرى، ارتفع عدد برامج الدعم الحكومية تدريجيًا أيضًا، ما بين عام 2000 وعام 2023 من برنامج واحد إلى 8 برامج، وهذا يعكس الاهتمام المتزايد من قبل الجهات الرسمية بتوفير بيئة ملائمة لاحتضان المشاريع الريادية ودعم التحول نحو اقتصاد أكثر استدامة.

الشكل(03): الإحصائيات السنوية لريادة الاعمال عالميا (2010–2024)



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على معطيات الجدول السابق

الجدول(07): الإحصائيات السنوية للتطور التكنولوجي عالميا (2010–2024)

السنة	عدد براءات الاختراع في الطاقة المتجددة	الإنفاق على البحث والتطوير (% من الناتج المحلي)	عدد الحاضنات والمراكز الابتكارية
2001	6	0.07%	1
2002	7	0.07%	1
2003	8	0.07%	2
2004	9	0.07%	2
2005	11	0.08%	2
2006	12	0.08%	2

3	0.08%	13	2007
3	0.09%	15	2008
3	0.09%	18	2009
3	0.10%	20	2010
3	0.11%	22	2011
3	0.11%	25	2012
4	0.12%	28	2013
4	0.12%	30	2014
4	0.13%	33	2015
5	0.13%	36	2016
5	0.13%	40	2017
5	0.14%	45	2018
5	0.14%	50	2019
6	0.14%	60	2020
6	0.15%	70	2021
7	0.16%	80	2022
8	0.17%	95	2023

المصدر:

- UNCTAD. (2025). *Technology and Innovation Report 2025: Inclusive artificial intelligence for development*. United Nations Conference on Trade and Development. https://unctad.org/publication/technology-and-innovation-report-2025
- World Bank. (2024). *World development indicators: Research and development expenditure*. https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS
- Statista. (2025). *Tech trends 2025 - statistics & facts*. https://www.statista.com/topics/9025/tech-trends/

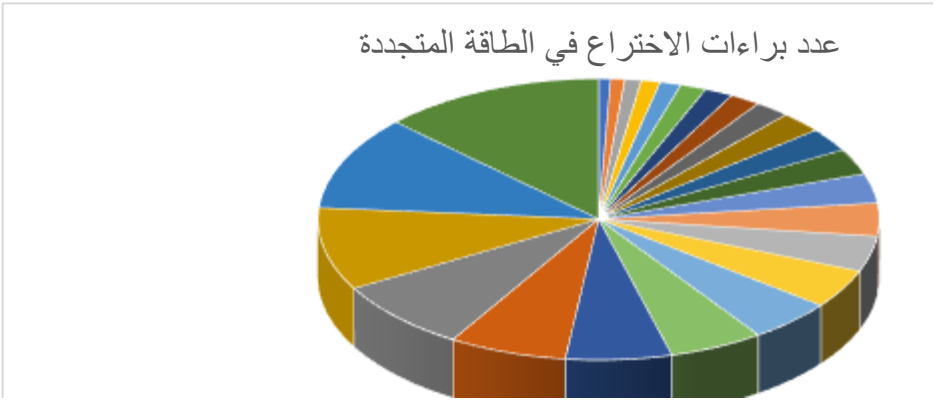
الجدول يعكس تطورًا ملحوظًا في مشهد الابتكار والتطوير التكنولوجي في مجال الطاقة المتجددة في الجزائر من عام 2000 إلى 2023. نلاحظ زيادة مستمرة في عدد براءات الاختراع المتعلقة بالطاقة المتجددة من 5 براءات فقط في 2000 إلى 95 براءة في 2023، مما يدل على تصاعد الاهتمام بالابتكار المحلي في هذا القطاع الحيوي.

بالإضافة إلى ذلك، يُظهر الإنفاق على البحث والتطوير نسبة تصاعدية من 0.06% من الناتج المحلي الإجمالي عام 2000 إلى 0.17% في 2023، وهو مؤشر إيجابي يعكس تنامي الجهود الحكومية والخاصة لدعم تطوير تقنيات الطاقة النظيفة.

أيضًا، تزداد أعداد الحاضنات والمراكز الابتكارية من واحدة في بداية الألفية إلى 8 بحلول عام 2023، ما يوضح تنامي البنية التحتية الداعمة للابتكار وحاضنات الأعمال، والتي تشكل بيئة محفزة لنمو الشركات الناشئة في مجال الطاقات المتجددة.

هذه المقومات مجتمعة تعكس تحسناً مستدامًا ومتصاعدًا في منظومة الابتكار الطاقوي بالجزائر، مما يمهد الطريق لتعزيز مكانة البلاد في التحول الطاقوي العالمي المبني على المعرفة والتقنيات الحديثة.

الشكل(04): الإحصائيات السنوية للتطور التكنولوجي عالميا (2010–2024)



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على معطيات الجدول السابق

بناءً على صيغة النموذج المفاهيمي الذي يضم متغيرًا وسيطًا، ووفقًا لما استُخدم في الدراسات الدولية مثل دراسة *"Endeavor Insight"* و*"IEA Report"* فإن الخيار الأنسب هو تحليل المسار (Path Analysis) أو نماذج المعادلات الهيكلية(SEM)، وذلك لأنه:

- يسمح باختبار العلاقة المباشرة بين ريادة الأعمال (X) والتحول الطاقوي.(Y)
- يقيس أثر التطور التكنولوجي (M) كوسيط مؤثر على العلاقة.
- يعزز فهم تأثير كل مؤشر فرعي ضمن المتغيرات الثلاثة.
- يدعم تفسير تأثير الزمن باستخدام البيانات السنوية المتسلسلة.

2-2 تمثيل النموذج التحليلي بصيغة رياضية في حال استخدام (SEM)

النموذج المقترح:

- $Y = \beta_1 \cdot X + \beta_2 \cdot M + \varepsilon$
- $M = \alpha \cdot X + \mu$

حيث:

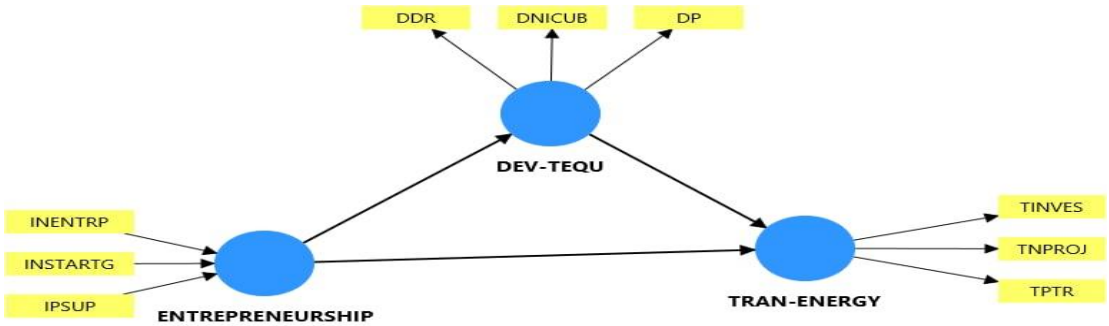
- Y: التحول الطاقوي
- X: ريادة الأعمال
- M: التطور التكنولوجي (وسيط)
- β، α: معاملات التأثير
- ε، μ: هامش الخطأ

2-2-1: بناء نموذج التحليل عبرPLS-SEM

لقد تم الاعتماد على النمذجة بالمعادلات الهيكلية في هذا الجانب نظرا لان الدراسة تشتمل على متغير وسيط كما هو موضح في نموذج الدراسة كالآتي: ريادة الأعمال ⟶ (X) التطور التكنولوجي ⟶ (M) التحول الطاقوي(Y)

1-نموذج الدراسة:

الشكل(05): نموذج الدراسة المقترح



المصدر: من إعداد الباحث من برنامج SMART-PLS4

- المتغير المستقل :(X) ريادة الأعمال – (Entrepreneurship) مؤشرات:
  - INENTRP عدد للمؤسسات
  - INSTARTG عدد الشركات الناشئة الخضراء
  - IPSUP عدد مشاريع الدعم
- المتغير الوسيط :(M) التطور التكنولوجي – (Technological Development) مؤشرات:
  - DPعدد البراءات/المنتجات التكنولوجية
  - DDR الإنفاق على البحث والتطوير
  - DNICUB عدد الحاضنات
- المتغير التابع :(Y) التحول الطاقوي – (Energy Transition) مؤشرات:
  - TPTR نسبة الطاقة المتجددة
  - Investments الاستثمارات في الطاقة
  - Projects عدد المشاريع الطاقوية

2 - جودة نموذج القياس(Measurement Model)

البنية الكامنة	كرونباخ ألفا	الموثوقية المركبة(CR)	AVE
ريادة الأعمال(Entrepreneurship)	0.9941	0.9961	0.9883
التطور التكنولوجي(TechDev)	0.9850	0.9901	0.9708
التحول الطاقوي(EnergyTrans)	0.9762	0.9850	0.9549

❖ جميع القيم مرتفعة جدًا: 0.7 <الفا كرونباخ، CR > 0.7، AVE > 0.5 ، ما يدل على موثوقية عالية واتساق داخلي جيد.

3 - قوة التفسير(R^2)

البنية التابعة	R^2
التطور التكنولوجي(D)	0.9798
التحول الطاقوي(T)	0.9053

❖ النموذج يفسر تقريبًا 98%من التباين في M و 90%من التباين في Y قوة تفسيرية عالية جدًا.

4- معاملات المسارات(Structural Model – Bootstrap 5000)

المسار	المتوسط(β)	CI 2.5%	CI 97.5%	الدلالة
X ⟵ Mريادة الأعمال ⟶ التطور التكنولوجي	+0.981	0.920	1.040	دال
M ⟵ Yالتطور التكنولوجي ⟶ التحول الطاقوي	+0.624	0.122	1.137	دال
X ⟵ Y ريادة الأعمال ⟶ التحول الطاقوي	−1.163	−1.682	−0.637	دال (سلبي)

5 - التأثيرات غير المباشرة والمجمل

النوع	المتوسط	CI 2.5%	CI 97.5%	التفسير
غير المباشر(X⟶ M ⟶ Y)	+0.611	0.122	1.113	دال موجب
المباشر(X ⟶ Y)	−1.163	−1.682	−0.637	دال سالب
الكلي (مباشر + غير مباشر)	−0.552	−0.659	−0.475	سلبي إجمالاً

❖ إذن لدينا حالة وساطة غير متسقة(inconsistent mediation) :

- ريادة الأعمال تزيد التطور التكنولوجي (موجب).
- التطور التكنولوجي يزيد التحول الطاقوي (موجب).
- لكن الأثر المباشر لريادة الأعمال على التحول الطاقوي سلبي ⇒ المجموع النهائي سلبي.

6- التفسير العلمي

1) المسار الإيجابي :(X ⟶ M ⟶ Y) يؤكد أن الاستثمار في ريادة الأعمال يعزز التكنولوجيا، والتي بدورها تدعم التحول الطاقوي.
2) الأثر المباشر السلبي :(X ⟶ Y) قد يرجع إلى:
   - تركّز النشاط الريادي في قطاعات غير مرتبطة بالطاقة (مثل الخدمات أو التكنولوجيا الرقمية).
   - ظاهرة قمع (suppression effect) بسبب التداخل العالي بين X وM
   - قياس Y عبر مؤشرات كمية قد يُظهر تأخرًا زمنيًا بين النشاط الريادي والنتائج الطاقية.
3) الاستنتاج الكلي :لا يكفي وجود ريادة أعمال عامة، بل يجب توجيهها بوضوح نحو قطاع الطاقة المتجددة.

7- التوصيات

- برامج متخصصة لريادة الأعمال الطاقية :حاضنات ومسرّعات لستارت-آب الطاقة المتجددة.
- ربط الدعم الريادي بأهداف طاقية :مثل عدد المشاريع الطاقية المنجزة أو MW مركبة.
- تحفيز الاستثمارات الموجهة :سياسات مالية لتوجيه رأس المال المخاطر نحو الطاقة النظيفة.
- متابعة الأثر الزمني :مراقبة الزمن بين إطلاق المبادرات الريادية وظهور مشاريع متجددة فعلية.

الخاتمة

أسفرت هذه الدراسة عن جملة من النتائج المهمة، حيث أظهرت التحليلات الإحصائية وفق منهجية **النمذجة بالمعادلات الهيكلية (PLS-SEM)** أن **ريادة الأعمال** تؤثر إيجابًا وبشكل قوي على **التطور التكنولوجي**، والذي بدوره يلعب دورًا حاسمًا في تعزيز **التحول الطاقوي** في الجزائر. غير أن العلاقة المباشرة بين ريادة الأعمال والتحول الطاقوي جاءت سلبية، مما يشير إلى أن التأثير الإيجابي لا يتحقق إلا من خلال قناة التطور التكنولوجي. وهذا يعكس واقعًا يتمثل في أن النشاط الريادي في الجزائر، رغم توسعه، لا يزال يتركز في قطاعات غير مرتبطة مباشرة بالطاقة المتجددة.

استنادًا إلى هذه النتائج، توصي الدراسة بما يلي:

1. **توجيه ريادة الأعمال نحو القطاع الطاقوي** عبر حوافز مالية وضريبية وتشجيع الشركات الناشئة المتخصصة في الطاقات المتجددة.
2. **تعزيز دور الحاضنات ومراكز البحث** لضمان تحويل الابتكارات التكنولوجية إلى مشاريع عملية ذات مردود طاقوي.
3. **تصميم سياسات تكاملية** تربط بين استراتيجيات الريادة، خطط التحول الطاقوي، وبرامج التنمية المستدامة.

أما بخصوص آفاق البحث، فيمكن توسيع الدراسة مستقبلاً من خلال:

- إدراج **عوامل مؤسسية وتشريعية** كمتغيرات وسيطة أو معدلة.
- اعتماد **بيانات قطاعية أو جهوية** لفهم تباين أثر الريادة حسب المناطق والقطاعات.
- إجراء **مقارنات دولية** مع بلدان أخرى في المنطقة لمعرفة موقع الجزائر في مسار التحول الطاقوي المبني على الابتكار.

المراجع

- Ahmed, S., Buckley, A. P., & Behan, F. (2021). Using mixed methods to evaluate the role and contribution of disciplined innovation processes for start-up growth and development. 20th European Conference on Research Methodology for Business and Management Studies.
- Bendig, D., Brüss, L., & Degen, F. (2025). Entrepreneurship in the renewable energy sector: A systematic literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews,. https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.115337
- Carnegie Endowment. (2024). Just energy transitions? Lessons from Oman and Morocco. https://carnegieendowment.org/research/2024/05/morocco-oman-energy-transition-oil-exporting-renewable?lang=en
- Engelken, M., Römer, B., Drescher, M., Welpe, I. M., & Picot, A. (2016). Comparing drivers, barriers, and opportunities of different business models for renewable energies — An overview. Renewable and Sustainable Energy Reviews,
- Economic Research Forum (ERF). (2024). In the context of the renewable energy transition in MENA: The role of MSMEs in fostering inclusive, equitable, and sustainable economic growth. https://erf.org.eg/publications/in-the-context-of-the-renewable-energy-transition-in-mena-the-role-of-msmes-in-fostering-inclusive-equitable-and-sustainable-economic-growth-jordan-case-study/
- Forrester. (2025, February 12). Global technology spending in 2025 forecast for 5.6% growth. https://www.forrester.com/blogs/global-technology-spending-in-2025-will-reach-4-9-trillion-with-robust-5-6-growth/
- International Energy Agency (IEA). (2025). World energy investment 2025 [PDF]. https://iea.blob.core.windows.net/assets/904392c0-caa0-45c1-a53a-90a6eacd2bfe/WorldEnergyInvestment2025.pdf

- Statista. (2025). 100+ technology statistics 2025. https://www.aiprm.com/technology-statistics/
- United Nations, Climate Action Team. (2025). Seizing the moment of opportunity: Supercharging the new energy era of renewables, efficiency, and electrification [PDF]. https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/un-energy-transition-report_2025.pdf
- Whop. (2025). 100+ entrepreneurship statistics for 2025. https://whop.com/blog/entrepreneurship-statistics/
- World Intellectual Property Organization (WIPO). (2024). Global innovation index tracker 2024. https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2024/en/global-innovation-tracker.html
- World Bank. (2023). Global entrepreneurship trends in 5 charts. https://blogs.worldbank.org/en/psd/global-entrepreneurship-trends-in-5-charts
- World Economic Forum (WEF). (2025). Accelerating the energy transition: Unpacking the business and economic cases [PDF]. https://reports.weforum.org/docs/WEF_Accelerating_the_Energy_Transition_2025.pdf
- عيسى، ع. (2012). الطاقات المتجددة ودورها في تحقيق التنويع الاقتصادي: دراسة حالة الجزائر .منصة المجلات العلمية الجزائرية(ASJP). https://asjp.cerist.dz/en/article/244085
- الجيّوسي، ع .(2014) .الطاقة المتجددة في العالم العربي: نقل المعرفة وآفاق التعاون العربي .عمّان: مكتبة الأهل.

دور التكنولوجيات القائمة على الطاقة المتجددة في دعم عملية التحول الطاقوي عبر العالم -دراسة تحليلية-

The role of renewable energy technologies in supporting the global energy transition – an analytical study –

بلكوش عبد الرؤوف[1] ، معيوف كمال [2]

[1] جامعة الجيلالي بونعامة خميس مليانة (الجزائر)، abderaouf.belkouche@univ-dbkm.dz

[2] جامعة الجيلالي بونعامة خميس مليانة (الجزائر)، k.maiouf@univ-dbkm.dz

ملخص:

تهدف هذه الورقة البحثية إلى تسليط الضوء على موضوع التحول الطاقوي عبر العالم، وذلك من خلال الاستثمار في الميزات التي تتيحها التكنولوجيات القائمة على الطاقة المتجددة، وهي بالتحديد أنظمة الطاقة الشمسية المستقلة، وأدوات الطهي النظيفة. من خلال هذه الدراسة تم تحليل واقع الطاقة المتجددة من عدة جوانب، وإبراز كيف يمكن لهذه الأنظمة أن تساهم في عملية التحول الطاقوي في الدول النامية والأقل نموا. تم اتباع المنهج الوصفي التحليلي المناسب لمثل هذه الدراسات. قد توصلنا لعديد النتائج، أبرزها أن عملية التحول الطاقوي من خلال الطاقة المتجددة، لا تزال بعيدة عن النسب المطلوبة والمرغوب فيها، وأن الأنظمة القائمة على الطاقة المتجددة بإمكانها المساهمة الفعالة في عملية تسريع التحول الطاقوي الآمن.

كلمات مفتاحية: الطاقة المتجددة؛ أنظمة الطاقة؛ استثمارات الطاقة.

تصنيفات JEL : Q4، E2.

Abstract :

This research paper aims to highlight the issue of energy transition across the world by investing in the advantages offered by renewable energy technologies, specifically off-grid solar energy systems and clean cooking appliances. This study analyses the reality of renewable energy from several angles and highlights how these systems can contribute to the energy transition in developing and least developed countries. A descriptive analytical approach appropriate for such studies was followed. We reached several conclusions, most notably that the energy transition through renewable energy is still far from the required and desired rates, and that renewable energy systems can effectively contribute to accelerating the safe energy transition.

Keywords: Renewable energy; energy systems; energy investments.

JEL Classification Cods : Q4, E2.

المؤلف المرسل: بلكوش عبد الرؤوف، **الإيميل**: abderaouf.belkouche@univ-dbkm.dz

المقدمة:

تعتبر الطاقة عصب الحياة الحديثة، إذ شهدت بداية القرن الحالي تزايدا متسارعا في حجم الطلب على مختلف مصادرها، وذلك يعزو إلى التطور في مجالات الصناعة والتقنيات الزراعية والتكنولوجيات الحديثة والنقل، بالإضافة إلى الطلب على خدمات الكهرباء والتدفئة والتبريد الذي مصدره قطاعات المنازل والخدمات، وبالتالي فإن الاستمرار في تلبية هذا الحجم من الطلب المتزايد مرهون بمدى استطاعة مختلف دول العالم ضمان الإمدادات الطاقوية بشكل موثوق وآمن وبالشكل الذي يحافظ على البيئة ويحقق العديد من المنافق الاقتصادية والاجتماعية، ويصل إلى مستوى مقبول من الرفاه الاجتماعي، وهذا ما لا يمكن تحقيقه من خلال مصادر الطاقة الأحفورية الناضبة والملوثة للبيئة، والمتسببة أحيانا بانخفاض مستويات جودة الحياة، إما بمخلفاتها الملوثة، وإما بصعوباتها التقنية المطروحة على الميدان، إذ في كثير من الأحيان، لا تستطيع الدول القيام بواجباتها بإيصال الكهرباء مثلا إلى جميع المناطق، وخاصة منها النائية، مما يؤدي إلى تدهور في ظروف الحياة اليومية، وانعدام لأبسط ظروف التعليم والصحة العامة، وكذا ظروف الطهي، وبالتالي لا بد من التوجه إلى مصادر طاقوية أخرى، وهي مصادر الطاقة المتجددة بمختلف أنواعها كالطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وطاقة المياه، وطاقة الكتلة الحيوية، والتي أثبتت التجارب مدى مرونتها وفعاليتها في تسهيل الحياة اليومية لسكان المناطق النائية والريفية، خاصة في الدول النامية والأقل نموا، وذلك من خلال بعض الأنظمة التكنولوجية المبتكرة، في مجالات الحصول على الكهرباء، وتحسين ظروف الطهي لتصبح ظروفا صحية ونظيفة على صحة الناس، وتخفف الكثير من العناء الذي يتكبدونه يوميا.

ومن هنا يمكن طرح إشكالية هذه الدراسة كالتالي:

كيف يمكن للأنظمة القائمة على الطاقة المتجددة أن تساهم في تسريع الانتقال الطاقوي عبر العالم؟

أهداف الدراسة: تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على موضوع التحول الطاقوي عبر العالم، وكيف يمكن واقعيا لتكنولوجيات الطاقة المتجددة أن تساهم بشكل آمن وموثوق وبالكفاءة الاقتصادية المطلوبة في هذه العملية الاستراتيجية.

أهمية الدراسة: تكتسي هذه الدراسة أهمية بالغة في إبراز الدور الفعال لتكنولوجيات الطاقة المتجددة في عملية تأمين خدمات الطاقة الحديثة والموثوقة للأسر والمجتمعات الفقيرة، خاصة في الدول النامية والأقل نموا.

منهج الدراسة: تم اتباع المنهج الوصفي، وذلك لوصف المفاهيم المرتبطة بالطاقة المتجددة، كما تم استخدام المنهج التحليلي لدراسة وتحليل مختلف الأرقام والإحصائيات التي تم تسجيلها في مجال الطاقة المتجددة، مع التركيز على تحليل واقع تكنولوجيات الطاقة المتجددة ومساهمتها في الحصول على خدمات الطاقة الموثوقة للمحتاجين لها عبر دول العالم النامي والأقل نموا خاصة.

وللإجابة عن الإشكالية المطروحة تم تقسيم البحث إلى ثلاثة محاور:

المحور الأول: مفهوم الطاقة المتجددة، مصادرها، وأهميتها

المحور الثاني: تحليل واقع الطاقة المتجددة ومكانتها ضمن المزيج الطاقوي العالمي

المحور الثالث: تسريع التحول الطاقوي عبر دول العالم من خلال تكنولوجيات الطاقة المتجددة

1- مفهوم الطاقة المتجددة، مصادرها، وأهميتها

نتطرق من خلال هذا المحور إلى مختلف المفاهيم المرتبطة بالطاقة المتجددة.

1-1- تعريف الطاقة المتجددة وخصائصها

1-1-1- تعريف الطاقة المتجددة

يمكن تعريف الطاقة المتجددة كما يلي:

- الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من المصادر المتجددة التي لا تنضب وتتجدد يوما بعد يوم فهي طاقة مستديمة وهي تشمل الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، طاقة المياه، طاقة باطن الأرض، وطاقة الكتلة الحيوية (جابة و كعوان، 2012، ص. 129).

- كما أنها: تلك الطاقات التي يمكن الحصول عليها من خلال تيارات الطاقة التي يتكرر وجودها في الطبيعة على نحو تلقائي ودوري، وهي بذلك على عكس الطاقات الغير متجددة الموجودة غالبا في مخزون جامد في الأرض لا يمكن الاستفادة منها إلا بعد تدخل الإنسان لإخراجها (قدي وآخرون، 2010، ص. 133)، حيث تتميز الطاقة المتجددة بالاستمرارية وعدم النفاذ على عكس الطاقة الغير متجددة الزائلة.
- قدمت الهيئة الحكومية الدولية لتغير المناخ (IPCC) تعريفا للطاقة المتجددة على أنها أي شكل من أشكال الطاقة من المصادر الشمسية والجيوفيزيائية والإحيائية التي تتجدد تلقائيا بفعل الطبيعة بوتيرة تساوي أو تفوق وتيرة نضوبها، وتتولد الطاقة المتجددة من تيارات الطاقة المستمرة والمتكررة الموجودة في البيئة الطبيعية، وتضم التكنولوجيات ذات الحمولة القليلة من الكربون كالطاقة الشمسية، والطاقة المائية، والرياح، والمد والجزر والطاقة الحرارية الأرضية فضلا عن الوقود المتجدد كالكتلة الحيوية (IPCC, 2011, p. 179).

1-1-2- خصائص الطاقة المتجددة

من أبرز هذه الخصائص ما يلي (جابة و كعوان، 2012، ص. 129):

- الطاقة المتجددة لا تنضب، وتعطي طاقة خالية من النفايات.
- تمثل أنسب بديل للطاقة الأحفورية غير المتجددة التي خلفت العديد من المشاكل الاقتصادية والبيئية والاجتماعية.
- تؤدي إلى تحسين معيشة الإنسان والحد من الفقر وتؤمن فرص عمل جديدة.
- تساهم في الحد من التغيرات المناخية وظاهرة الاحتباس الحراري، وحماية كافة الكائنات الحية والمياه الجوفية والخفض من معدلات التلوث.

1-1-3- دوافع التوجه نحو الطاقة المتجددة

هناك عدة دوافع تحفز البلدان للتوجه نحو الطاقة المتجددة منها (حمود حسن و فرحان الجوارين، 2013، ص. 56):

- أمن الطاقة: حيث تشير أغلبية التوقعات إلى تضاؤل احتياطات الطاقة الأحفورية (البترول والغاز)، بالإضافة إلى ارتفاع الاستهلاك العالمي الحالي للطاقة، مما يؤدي إلى زوال هذا المصدر من الطاقة وبالتالي لا بد من إيجاد مصدر آخر بديل يلبي الاحتياجات الطاقوية.
- القلق من تغير المناخ: بإمكان الطاقة المتجددة تلبية الاحتياجات الطاقوية بنسبة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ضئيلة بالمقارنة مع الطاقة الأحفورية، باعتبار أن هذه الغازات تزيد من درجة حرارة الأرض مما ينذر بحصول نتائج سلبية كارثية محتملة.
- انخفاض تكلفة الطاقة المتجددة: تشهد أنواع معينة من الطاقة المتجددة انخفاضا من سنة إلى أخرى بسبب تحسن تكنولوجيات إنتاجها.

1-2- أهمية الطاقة المتجددة

للطاقة المتجددة أهمية بالغة يمكن إبراز بعضها كالتالي (مداحي، 2016، ص. 95):

- المساهمة في حماية البيئة من خلال خفض الانبعاثات الغازية السامة التي تسبب التلوث، وتفاقم من ظاهرة الاحتباس الحراري.
- المساهمة في تلبية الطلب المتزايد على الطاقة.
- احتياطات الطاقة المتجددة والتي يمكن الوصول إليها عالميا من الناحية الفنية كبيرة بما يكفي لتوفير نحو ستة أمثال الطاقة التي يستهلكها العالم اليوم وإلى الأبد.
- تسمح عملية استغلالها وإحلالها محل الطاقة الأحفورية بتوفير مردودية اقتصادية هامة.

- تحسين فرص وصول خدمات الطاقة إلى المناطق النائية ذات الاستهلاك الضعيف، وذلك لاستخدامها في مجال الطبخ وتسخين المياه والإنارة.
- يسمح استغلالها بزيادة اعتماد الدول على مصادرها المحلية ومنه تخفيض الضغط على الأسواق العالمية للطاقة التقليدية وبالتالي خلق فرص عمل ومن ثمة زيادة الدخل السنوي لها.

1-3- مصادر الطاقة المتجددة

هناك عدة مصادر للطاقة المتجددة، حيث يمكن التعرف عليها من خلال ذكر أهمها كالتالي:

- **الطاقة الشمسية:** هي الطاقة المستمدة من الشمس والتي يتم استقطابها كحرارة أو ضوء ويتم تحويلها إلى طاقة كيميائية بفضل التمثيل الضوئي الطبيعي أو الاصطناعي، وإلى طاقة كهربائية باستخدام تقنيتين: الأولى تسمى الطاقة الكهروضوئية، والثانية تسمى الطاقة الحرارية المركزة(IPCC, 2011, p. 173) .
- **طاقة الرياح:** تعتبر طاقة الرياح الأكثر نموا على المستوى العالمي من بين المصادر المتجددة الأخرى، وهي تتولد من تحريك ألواح كبيرة مثبتة بأماكن مرتفعة بفعل الهواء، حيث يتم إنتاج الطاقة الكهربائية من الرياح بواسطة محركات (توربينات) ذات أذرع دوارة تحمل على عمود، فعندما تمر الرياح على الأذرع تخلق دفعة هواء ديناميكية تتسبب في دورانها، والذي يشغل بدوره التوربينات فتنتج الطاقة الكهربائية بقدرات مختلفة وذلك حسب درجة سرعة الرياح وقطر الذراع، ولذا من الأحسن وضعها في أماكن مرتفعة من سطح الأرض (جحموم ، 2012، ص. 21).
- **الطاقة الكهرومائية:** هي استخدام الماء الجاري ومساقط المياه لإنتاج الطاقة، وتعتبر من أنظف الطاقات المتجددة والأكثر كفاءة لإنتاج الكهرباء، نظرا لتوفرها في مناطق كثيرة من العالم وخصوصا في المناطق ذات النمو السكاني العالي في آسيا وأمريكا اللاتينية، وتأتي الطاقة الكهرومائية من طاقة تدفق المياه أو سقوطها في حالة الشلالات وكذلك من المصادر البحرية وتتمثل في حركة كل من الأمواج وحركة المد والجزر (جحموم ، 2012، ص. 22).
- **طاقة الكتلة الحيوية:** هي مجموع المواد العضوية ذات الأصل النباتي أو الحيواني من وسط طبيعي، والتي تشمل الخشب ومواده الثانوية وكذلك المواد الفرعية من الصناعة (لا سيما الأوراق والصناعة الغذائية) والمواد الفرعية الناتجة عن الفلاحة، والمواد الفرعية الحيوانية، وكذا النفايات الحضرية (النفايات المنزلية، مجمع النفايات...الخ) (وزارة الطاقة والمناجم، 2011، ص. 31).

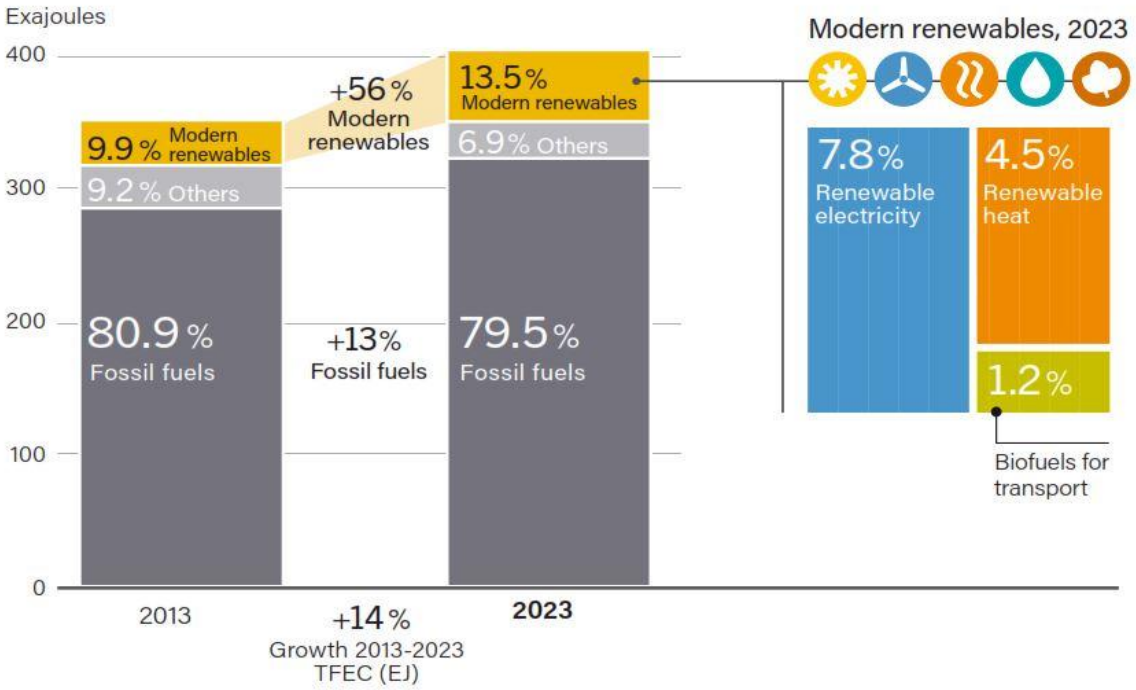
2- تحليل واقع الطاقة المتجددة ومكانتها ضمن المزيج الطاقوي العالمي

من خلال هذا العنصر سيتم التطرق إلى مكانة مصادر الطاقة المتجددة في إمدادات الطاقة العالمية، وكذا حجم الاستثمارات العالمية الخاصة بها.

2-1- مساهمة مصادر الطاقة المتجددة في المزيج الطاقوي العالمي

شهدت سنة 2023 وصول مصادر الطاقة المتجددة الحديثة (Modern Renewables) إلى حوالي 13.52% من إجمالي استهلاك الطاقة النهائي، بعدما كانت هذه النسبة في سنة 2013 حوالي 9.9%، وهذا بالرغم من ارتفاع الطلب العالمي على الطاقة بحوالي 14% بين سنتي 2013 و2023، وهذا ما يوضحه الشكل التالي:

الشكل (1): تطور حصة الطاقة المتجددة من إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة بين سنتي 2013 و2023



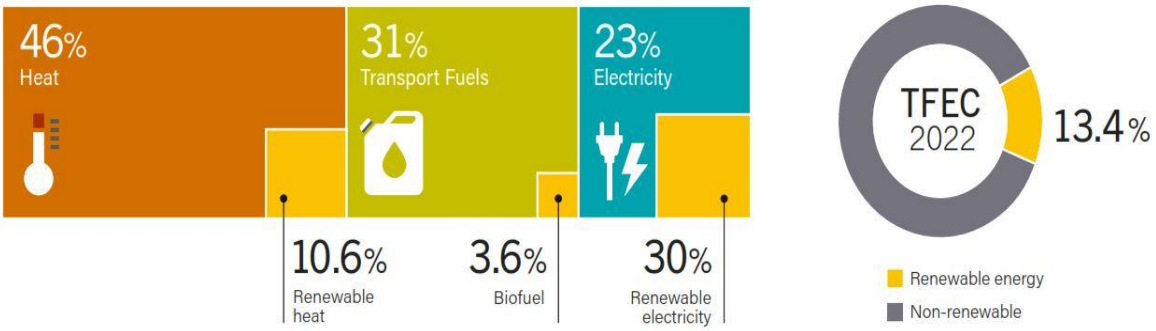
المصدر:(Century, 2025, p. 15)

نلاحظ من خلال الشكل أعلاه، أن نسبة الطاقة المتجددة المقدرة بـ 13.52%، قد ساهمت فيها كل من الطاقة الكهرومائية، طاقة الرياح، الطاقة الكهروضوئية، بالإضافة إلى طاقة الكتلة الحيوية، وطاقة الحرارة الأرضية، والطاقة الشمسية المركزة...الخ، وهي نسبة تبقى ضئيلة بالمقارنة مع حجم الأهداف المسطرة المراد الوصول إليها مستقبلا في هذا الصدد، ويشير هذا أيضا أن عملية التحول الطاقوي على أوسع نطاق لا تزال بعيدة عن النسب المطلوبة والمرغوب فيها، حيث لا زال الوقود الأحفوري الناضب يمثل النسبة الأكبر في تلبية احتياجات العالم من الطاقة بحوالي 79.5% سنة 2023.

وحسب تقرير الوضع العالمي للطاقة المتجددة 2025 (RENEWABLES 2025 GLOBAL STATUS REPORT) (Century, 2025, p. 15) فإن قطاع الصناعة يظل أكبر قطاع للاستخدام النهائي للطاقة، حيث استحوذ على نسبة 34% من إجمالي الاستهلاك، يليها قطاع المباني بـ 31%، ثم قطاع النقل بـ 31%، ثم الزراعة بـ 2.5%، لتبقى استخدامات الطاقة الأخرى بنسبة 1.5%.

هذا وشمل إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة عالميا ثلاث مجالات، يمثل مجال التدفئة والتبريد نسبة 46%، ومجال النقل نسبة 31%، ومجال الكهرباء نسبة 23%، وهذا ما يوضحه الشكل التالي:

الشكل (2): إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة وحصة الطاقة المتجددة الحديثة حسب القطاعات لسنة 2022



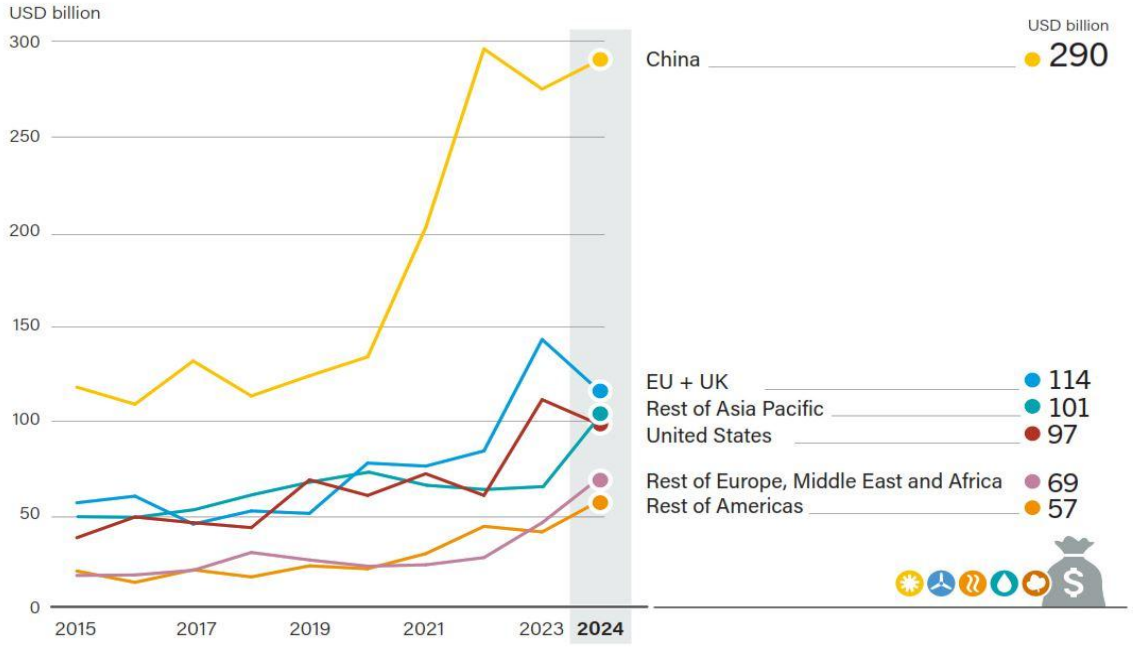
المصدر: (Century, 2025, p. 36)

حسب الشكل أعلاه، نلاحظ أن مساهمة مصادر الطاقة المتجددة في إمدادات الطاقة حسب القطاعات لسنة 2022 كانت بنسب ضئيلة ومتأخرة، أي بحوالي 10.6% في قطاع التدفئة والتبريد، وبحوالي 3.6% في قطاع النقل عن طريق الوقود الحيوي، وبحوالي 30% في توليد الكهرباء العالمية.

2-2- حجم الاستثمارات الموجهة لمصادر الطاقة المتجددة

بلغ حجم الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة 728 بليون دولار أمريكي سنة 2024، بزيادة قدرها 8% بالمقارنة مع السنة الماضية، ولكنه أقل من معدلات النمو المسجلة في سنة 2023 بـ 19%، وسنة 2022 بـ 23%، والشكل التالي يوضح ذلك:

الشكل (3): حجم التدفقات الاستثمارية في مجال الطاقة المتجددة حسب البلد والمنطقة 2015-2024



المصدر: (Century, 2025, p. 30)

وحسب الشكل أعلاه، يتضح أن هناك تفاوتات كبيرة في الاستثمار في الطاقة المتجددة حسب مناطق العالم، حيث أنه بين عامي 2015-2024، تصدرت الصين باستمرار المشهد العالمي في حجم الاستثمارات المخصصة لقطاع الطاقة المتجددة، حيث بلغت ذروتها مسجلة أكثر من 290 بليون دولار سنة 2024، مستحوذة على الحصة الأكبر سنويا، أما بالنسبة للاتحاد الأوروبي وبريطانيا، فإن الاستثمار في الطاقة المتجددة شهد ارتفاعا كبيرا في سنة 2023، لكنه انخفض بشكل ملحوظ سنة 2024، أي من 142 بليون دولار، إلى 114 بليون دولار.

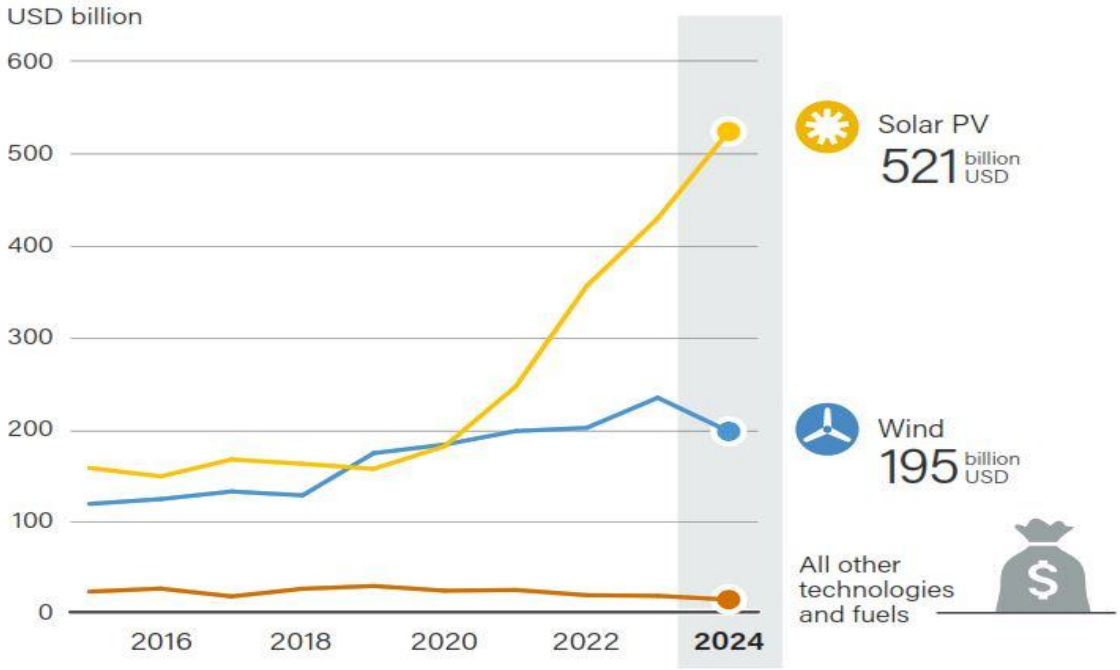
أما الولايات المتحدة الأمريكية، فقد بلغ حجم استثماراتها ذروته عند 110 بليون دولار سنة 2023، قبل أن ينخفض إلى حوالي 97 بليون دولار سنة 2024، بينما استمر النمو في التسارع عند بقية الدول ومناطق العالم، كدول آسيا وإفريقيا والشرق الأوسط.

تجدر الإشارة إلى أن جزء كبيرا من إجمالي الاستثمارات كانت موجهة نحو الطاقة الشمسية والمركبات الكهربائية، مما يبرز اختلالا في توجيه التمويل بشكل متوازن نحو العديد من التقنيات والمصادر الخاصة بالطاقة المتجددة، كما لا يزال الاستثمار العالمي في مصادر الطاقة المتجددة أقل بكثير مما هو مطلوب، فبنسبة 48% فقط من مستوى الاستثمار السنوي المطلوب حتى عام 2030، لا يزال العالم بعيدا عن المسار الصحيح لتحقيق الأهداف البيئية العالمية المسطرة في إطار التنمية المستدامة، والوصول إلى صافي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بحلول سنة 2050 (Century, 2025, p. 29).

وبالنسبة للاستثمارات الموجهة حسب مصادر الطاقة المتجددة، نجد أن الاستثمار السنوي في الطاقة الشمسية الكهروضوئية قد ارتفع بنسبة 22% سنة 2024 ليصل إلى 521 بليون دولار، متجاوزا بذلك النمو المسجل بنسبة 20% في

عام 2023، ومؤكدا على استمرار هيمنة الطاقة الشمسية في عملية التحول الطاقوي في مجال الطاقة، وهذا ما يوضحه الشكل التالي:

الشكل (4): الاستثمار العالمي في الطاقة المتجددة والوقود، حسب نوع التكنولوجيا خلال 2015-2024



المصدر: (Century, 2025, p. 32)

كان التحول الرئيسي سنة 2024 هو التوسع في أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية المستقلة صغيرة الحجم، والتي شكلت أكثر من نصف إجمالي استثمارات الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

هذا وقد انخفض حجم الاستثمار الموجه لطاقة الرياح بنحو 15% سنة 2024 (195 بليون دولار) إلى أدنى مستوى له منذ سنة 2021، فخلال سنتي 2023 و2024، تعثرت العديد من مشاريع طاقة الرياح البحرية في الولايات المتحدة وأوروبا بسبب التكاليف غير المحمية، وخطط دعم الإيرادات التي لم تتكيف بسرعة مع ظروف السوق الخارجية، كما تم تسجيل ارتفاع في تكلفة الأدوات الخاصة بتركيب طاقة الرياح، وكذا العمالة والخدمات اللوجستية، وكذا تكاليف التصنيع والصيانة للمكونات اللازمة لإنتاج التوربينات (Century, 2025, p. 31).

3- تسريع التحول الطاقوي عبر دول العالم من خلال تكنولوجيات الطاقة المتجددة

3-1- واقع الوصول إلى خدمات الطاقة الموثوقة في الدول النامية والأقل نموا

3-1-1- واقع القدرة على الوصول إلى خدمة الكهرباء في الدول النامية والأقل نموا

وصل عدد الأشخاص الذي يعيشون بدون كهرباء* سنة 2016 إلى حوالي 1.06 بليون شخص (حوالي 14 بالمائة من سكان العالم)، أغلبهم من الدول التي تقع في منطقة جنوب الصحراء الكبرى لإفريقيا (55 بالمائة)، والدول النامية الآسيوية (41 بالمائة)، ويعيش معظمهم في المناطق الريفية(Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p. 126) .

ويفتقر 588 مليون شخص (حوالي 48 بالمائة من سكان إفريقيا أغلبهم من منطقة جنوب الصحراء الكبرى) إلى الكهرباء، وهذا عكس سكان منطقة شمال إفريقيا التي تصل نسبة وصول الكهرباء فيها إلى 100 بالمائة تقريبا، وبالمقابل هناك دول تصل هذه النسبة فيها إلى أقل من 15 بالمائة مثل جنوب السودان (1 بالمائة) وجمهورية إفريقيا الوسطى (3 بالمائة) وتشاد (9

* قد يختلف مفهوم الوصول إلى الكهرباء من دولة إلى أخرى، بالرغم من استمرار الجهود لتطوير ومواءمة المنهجيات الإحصائية لحساب معدلات الوصول للكهرباء، على سبيل المثال، في جنوب إفريقيا، تعتبر أسرة تحصل على خدمة الكهرباء إذا تم تزويدها بـ 50 كيلوواط ساعي في الشهر، في حين تعتبر قرية في الهند مزودة بالكهرباء إذا تم توفير الكهرباء للمؤسسات الاجتماعية مثل المدارس والمراكز الصحية و10 بالمائة من الأسر.

بالمائة) وسيراليون (9 بالمائة) والنيجر (11 بالمائة)، وبالرغم من حصول نحو 26 مليون شخص في منطقة جنوب الصحراء الكبرى على الكهرباء سنويا بين سنتي 2012-2016، إلا أن هذا التقدم يعتبر بطيئا وليس كافيا مقارنة بالمناطق الأخرى (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p.127) ، حيث يصل عدد الأشخاص الذي يفتقرون إلى كهرباء في الدول النامية الآسيوية سنة 2016 إلى 439 مليون شخص أي حوالي 11 بالمائة من إجمالي سكان هذه الدول (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p 213)، بعدما كان عددهم سنة 2000 يصل إلى أكثر من مليار شخص بدون كهرباء، وهذا بسبب التقدم الكبير الذي أحرزته كل من بنغلاديش والصين والهند وإندونيسيا، ففي الهند، ارتفع معدل وصول الكهرباء من 43 بالمائة في سنة 2000 إلى 82 بالمائة سنة 2016، ولكن لا تزال أعداد كبيرة من الناس في الهند دون الوصول إلى كهرباء (239 مليون شخص أي 18 بالمائة من السكان)، حيث تعتبر الهند أكبر موطن لعدد الناس الذين يعانون من الوصول الموثوق إلى الكهرباء، كما يبلغ عدد الأشخاص الذين لا يحصلون على الكهرباء في بنغلاديش حوالي 41 مليون شخص (25 بالمائة من السكان)، وباكستان 51 مليون شخص (26 بالمائة) واندونيسيا 23 مليون شخص (9 بالمائة) (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p. 127).

وعلى الرغم من أن 93 بالمائة من سكان منطقة الشرق الأوسط يحصلون على الكهرباء، إلا أن نسبة عالية من السكان في بعض الدول لا تزال تفتقر إلى الكهرباء، مثل اليمن (48 بالمائة من السكان أي 14 مليون شخص) لا يحصلون على الكهرباء، أما في أمريكا الجنوبية ومنطقة البحر الكاريبي ككل، هناك نحو 97 بالمائة من السكان يحصلون على الكهرباء، ولكن بعض الدول عكس ذلك، بما في ذلك هايتي (67 بالمائة من السكان لا يحصلون على الكهرباء أي 7 ملايين شخص)، وهندوراس (24 بالمائة أي 2 مليون شخص)، ونيكاراغوا (11 بالمائة أي 0.7 مليون) (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p. 128).

3-1-2- واقع القدرة على الوصول إلى أدوات الطهي النظيفة في الدول النامية والأقل نموا

وصل عدد الأشخاص الذين يعيشون بدون الوصول إلى أدوات طهي نظيفة سنة 2015 إلى حوالي 2.8 بليون شخص (38 بالمائة من سكان العالم، وحوالي 50 بالمائة من سكان الدول النامية)، أغلبهم من الدول التي تقع في منطقة جنوب الصحراء الكبرى لإفريقيا (30 بالمائة)، والدول النامية الآسيوية (67 بالمائة)، ويعيش معظمهم في المناطق الريفية (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p. 126).

ووصل عدد الأشخاص الذين يفتقرون إلى أدوات طهي نظيفة في إفريقيا حوالي 848 مليون شخص (72 بالمائة من السكان)، أغلبهم (846 مليون شخص) من منطقة جنوب الصحراء الكبرى، حيث يوجد حوالي 24 دولة في المنطقة لا يزال أكثر من 90 بالمائة من سكانها يعتمدون على الكتلة الحيوية التقليدية أو الفحم أو الكيروسين لأغراض الطهي، بما في ذلك في نيجيريا (171 مليون شخص أي 94 بالمائة من السكان)، وإثيوبيا (94 مليون شخص أي 95 بالمائة من السكان) وجمهورية الكونغو الديمقراطية (75 مليون شخص أي أكثر من 95 بالمائة من السكان) (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p.127)، بالإضافة إلى ذلك، وفي نهاية سنة 2015، كان حوالي 1.9 بليون شخص (49 بالمائة من السكان) الذين يعيشون في الدول النامية الآسيوية يفتقرون إلى أدوات طهي نظيفة، حيث يزيد عدد الأشخاص الذين يعتمدون على الكتلة الحيوية التقليدية لتلبية احتياجاتهم من الطهي المنزلي عن 780 مليون شخص (59 بالمائة) في الهند، و307 مليون شخص في الصين، و133 مليون شخص (83 بالمائة) في بنغلاديش، و95 مليون شخص (50 بالمائة) في باكستان، و67 مليون شخص في إندونيسيا، كما نجد في اليمن (39 بالمائة من السكان أي 11 مليون شخص) يفتقرون إلى أدوت طهي نظيفة، ويوجد حوالي 59 مليون شخص في أمريكا الجنوبية ومنطقة البحر الكاريبي (12 بالمائة من السكان) يفتقرون إلى أدوت طهي نظيفة، ففي هايتي، يعتمد 93 بالمائة من السكان على أنواع وأدوات الطهي التقليدية، بينما في هندوراس ونيكاراغوا يحصل أقل من 50 بالمائة من السكان على أدوات الطهي النظيفة (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p. 128).

3-2- الحلول التكنولوجية والأنظمة القائمة على الطاقة المتجددة

إن من بين الحلول الفعالة التي تعتمد عليها الدول للقضاء على مشكل عدم وصول الكهرباء إلى الأماكن التي لا تغطيها شبكة الكهرباء المركزية أو عدم الوصول إلى خدمات الطاقة الحديثة بصفة عامة، هي الاعتماد على أنظمة قائمة على الطاقة المتجددة (أنظمة قائمة بذاتها وغير متصلة بالشبكة) تولد الطاقة وتوزعها بشكل مستقل عن شبكة الكهرباء المركزية، كما بإمكانها توفير خيارات فعالة من حيث التكلفة لتوليد الطاقة الكهربائية والميكانيكية، وتسخين المياه والتدفئة، والطهي وإعداد الخبز، وغيرها من الاستخدامات المختلفة، بالإضافة إلى ذلك، يمكن لهذه الأنظمة أن توفر مجموعة واسعة من الخدمات بما في ذلك الإضاءة وتشغيل الأجهزة والطهي والتدفئة والتبريد في المناطق الحضرية والريفية في الدول النامية، وبالتالي تحسين المستوى المعيشي لملايين الأشخاص الذين يعيشون في المناطق الريفية والنائية من العالم (مثلت هذه الأنظمة حوالي 6 بالمائة من توصيلات الكهرباء الجديدة في جميع أنحاء العالم بين عامي 2012-2016، خاصة في المناطق الريفية) (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p. 125).

تتميز هذه الأنظمة القائمة على الطاقة المتجددة بزيادة الموثوقية، وقصر وقت التثبيت، وتحسين نسبة التكلفة إلى المنفعة، مما أدى إلى اعتبارها بشكل متزايد إما مكملة، أو في بعض الحالات بديلا عن التوليد المركزي للطاقة، مع ميزة إضافية تتمثل في تقليل الاعتماد على واردات الوقود الأحفوري، حيث وفي المناطق النائية ذات الكثافة السكانية المنخفضة، يمكن أن تكون هذه الأنظمة هي الأسرع والأكثر فعالية من حيث التكلفة لتزويد الناس بالكهرباء، مما يمنح فرصة لتسريع التحول والانتقال إلى خدمات الطاقة الحديثة في المناطق النائية والريفية، ومثال ذلك كينيا وأوغندا، حيث فاق عدد الأنظمة خارج الشبكة التي تم نشرها سنة 2016 اتصالات الشبكة التي حققتها وكالات كهربة الريف.

هذا وتقدم الأنظمة القائمة على الطاقة المتجددة منافع اجتماعية وبيئية واقتصادية مشتركة مثل: تقليل الآثار الصحية المزمنة والحادة التي يسببها الطبخ التقليدي، وتحسين جودة الإضاءة للأسر، ورفع المستوى التعليمي في المدارس وتحسين ظروف التدريس للمتعلمين، وزيادة أرباح للشركات الصغيرة والمتوسطة، وتقليل الآثار السلبية على الغابات (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p. 126).

سيتم التفصيل أكثر من خلال التطرق إلى بعض هذه الحلول التكنولوجية وفق التقسيم التالي:

3-2-1- دعم الوصول إلى الكهرباء من خلال تكنولوجيا الطاقة الشمسية المستقلة

شهدت أنظمة الطاقة الشمسية خارج الشبكة* نموا كبيرا بين سنتي 2010-2017، حيث تم بيع حوالي 130 مليون من الأنظمة الشمسية خارج الشبكة مضمونة الجودة بشكل تراكمي بحلول نهاية سنة 2017، وتم من خلالها إيصال الكهرباء إلى حوالي 360 مليون شخص في جميع أنحاء العالم، ففي سنة 2017، تم بيع حوالي 25.8 مليون من أنظمة الطاقة الشمسية خارج الشبكة، أي بانخفاض قدره 14 بالمائة عن مبيعات سنة 2016، وهذا بسبب انخفاض مبيعات أنظمة الطاقة الشمسية بيكو، والتي لا تزال تمثل حوالي 87 بالمائة من السوق بالرغم من ارتفاع مبيعات أنظمة (SHS)، حيث شهدت أنظمة بيكو الشمسية انخفاضا بنسبة 15 بالمائة في المبيعات في 2017 (تم بيع 22.3 مليون جهاز خلال السنة)، وهو انخفاض في الأسواق الرئيسية (الهند وكينيا ونيجيريا وتنزانيا)، وفي المقابل، نمت سوق (SHS) بحوالي 28 بالمائة في 2017 مع مبيعات تقدر بـ 1.02 مليون جهاز، (زيادة بنسبة 110 بالمائة في جنوب آسيا، وزيادة بنسبة 170 بالمائة في غرب إفريقيا) (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, pp. 128-129).

* نقصد بالطاقة الشمسية: الطاقة الكهروضوئية، وهذه الأنظمة مثل: **أجهزة بيكو الشمسية:** وهي أنظمة صغيرة للطاقة الشمسية، مصممة لتوفير كمية محدودة فقط من خدمات الكهرباء، مثل الإضاءة وفي بعض الحالات شحن الهاتف المحمول، حيث يتم نشر هذه الأنظمة بشكل أساسي في المناطق التي لا تتوفر فيها أو لا تصلها الكهرباء، وهناك أيضا **أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية (SHS)**: وهي أنظمة قائمة بذاتها، تتكون من لوحة كهروضوئية منخفضة القدرة نسبيا وبطارية وأحيانا وحدة تحكم في شحن، يمكنها تشغيل الأجهزة الكهربائية صغيرة الحجم وتوفير كميات ضئيلة من الكهرباء للمنازل (للإضاءة والاتصالات)، وتنشر هذه الأنظمة عادة في المناطق الريفية أو النائية غير المتصلة بشبكة الكهرباء.

وقد انخفضت مبيعات أنظمة الطاقة الشمسية خارج الشبكة بنسبة 16 بالمائة تقريبا بين سنتي 2016-2017 في كل من شرق إفريقيا وجنوب آسيا، وهما السوقان الإقليميان الرئيسيان اللذان يمثلان 66 بالمائة من المبيعات العالمية، وفي المقابل، توسع السوق في وسط إفريقيا بحوالي 173 بالمائة سنة 2017، بينما نمت الأسواق في شرق آسيا ودول منطقة المحيط الهادئ بنسبة 41 بالمائة، حيث انخفضت المبيعات في كل من إثيوبيا والهند وكينيا (كينيا أكبر سوق في إفريقيا شهدت انخفاضا بـ 24 بالمائة عن 2016)، في حين زادت المبيعات في جمهورية الكونغو الديمقراطية (تضاعفت 3 مرات بين 2016-2017) وأوغندا، وكمبادرات اجتماعية، تم تنفيذ مشاريع لنشر أنظمة الطاقة الشمسية في العديد من المستشفيات والعيادات في كل غانا وملاوي وناميبيا وباكستان وأوغندا وزيمبابوي، وكذا المدارس في زامبيا (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p. 129).

هذا وفي سنة 2017 سجلت العديد من الجهود الإنسانية كجزء من مبادرات إعادة الإعمار وتحقيق الاستقرار في بورتوريكو وفلسطين وجنوب السودان وسوريا، حيث تم بموجب مبادرة من مفوضية الأمم المتحدة لشؤون اللاجئين تجهيز مخيمات اللاجئين في الأردن وكينيا ولبنان ورواندا بأنظمة الطاقة الشمسية لتحسين إمدادات الطاقة في المخيمات، وتوفير الإضاءة في المدارس وتحسين مستوى معيشة الأفراد فيها.

تشير التقديرات لسنة 2017 أن عدد مشاريع الأنظمة القائمة على الطاقة المتجددة وصلت إلى 13 مشروعا (نصفها تم خصيصا لتوفير الكهرباء) في إفريقيا وجنوب شرق آسيا، كما تم الإعلان عن حوالي 35 مشروع مماثل في نفس السنة (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p. 130).

كما أصبحت أنظمة الطاقة الشمسية تستحوذ على حصص أكبر في السوق، فمثلا في إندونيسيا وميانمار، والتي تعتمد بشكل كبير على المئات من شبكات الطاقة الكهرومائية الصغيرة لخدمة سكان الأرياف لسنوات عديدة، بدأت فيها أنظمة الطاقة الشمسية في الحصول على حصتها في السوق بسرعة.

بخلاف أنظمة الطاقة الشمسية، يوجد أيضا أجهزة أو أنظمة لتحويل الكتلة الحيوية إلى غاز للحصول على الطاقة، حيث زاد الاهتمام من طرف المصنعين في الهند لنشر هذه الأنظمة في منطقة جنوب الصحراء الكبرى لإفريقيا، حيث تم في تنزانيا توفير خمس من هذه الأنظمة لـ 000 1 شخص، كما تعتبر المحطات الصغيرة القائمة على الطاقة الكهرومائية تقنية مهمة لتوفير الكهرباء للمجتمعات التي تعيش في المناطق الجبلية، حيث تكون تكاليف توسيع الشبكة الكهربائية مرتفعة للغاية، وقد استفادت كل من أفغانستان ومدغشقر وطاجيكستان من هذه الأنظمة.

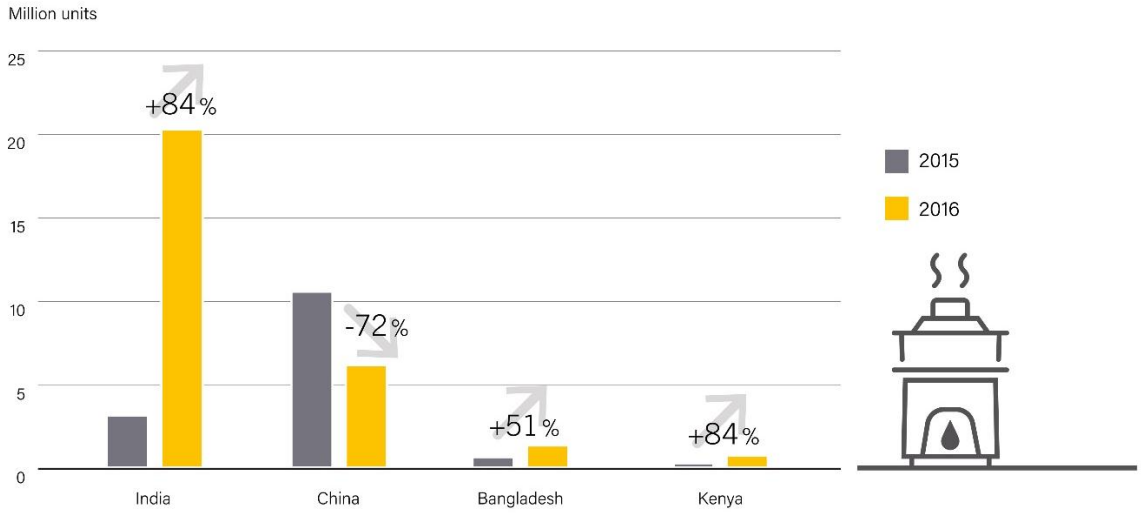
هذا وتعبر العديد من الأمور الأساسية مساهمة في تسهيل النمو السريع لكل هذه التقنيات والأنظمة، ومنها انخفاض تكلفة البطاريات وأجهزة التحكم والعدادات وما تتميز به من كفاءة عالية، وظهور وانتشار حلول للمراقبة عن بعد، وتحليل البيانات، وإدارة العملاء والمدفوعات، وفي هذا الصدد بدأت العديد من الشركات للتسويق لأجهزة ذات جهد منخفض (تلفزيون*، ثلاجة، مراوح) لتتماشى مع هذه الأنظمة، وهناك أمر آخر مهم كذلك وهو استخدام منتجات عالية الكفاءة التي تلبي رغبة المستهلك بأقل استهلاك طاقوي ممكن، وبالتالي يحصل المستهلكون على نفس مستوى أو أعلى من خدمة الطاقة بتكلفة أقل، فمثلا، يمكن أن يؤدي تشغيل الأجهزة عالية الكفاءة من شبكة صغيرة للطاقة إلى تقليل نفقات الكهرباء السنوية بنسبة 60 بالمائة مقارنة باستخدام الأجهزة التقليدية (ضئيلة الكفاءة) (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, pp. 130-131).

3-2-2- دعم الوصول إلى أدوات الطهي النظيفة التي تعمل بالطاقة المتجددة

* بحلول نهاية سنة 2017، أعلنت شركة M-KOPA الكينية أنها قامت بتوصيل حوالي 000 100 منزل بأجهزة التلفاز الشمسية من إنتاجها في شرق إفريقيا منذ إطلاقه سنة 2016، وهذه مبادرة من القطاع الخاص.

ارتفع عدد مواقد الطهي النظيفة* التي تم توزيعها بأكثر من ثلاثة أضعاف سنة 2016 مقارنة بسنة 2015، مما يبرز النمو التصاعدي في هذا القطاع، حيث تم توزيع (أي بيعها بأسعار مدعمة) حوالي 30.8 مليون وحدة منها (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p. 131)، وهذا ما يوضحه الشكل التالي:

الشكل (5): عدد مواقد الطهي النظيفة الموزعة في دول مختارة، 2015 و2016

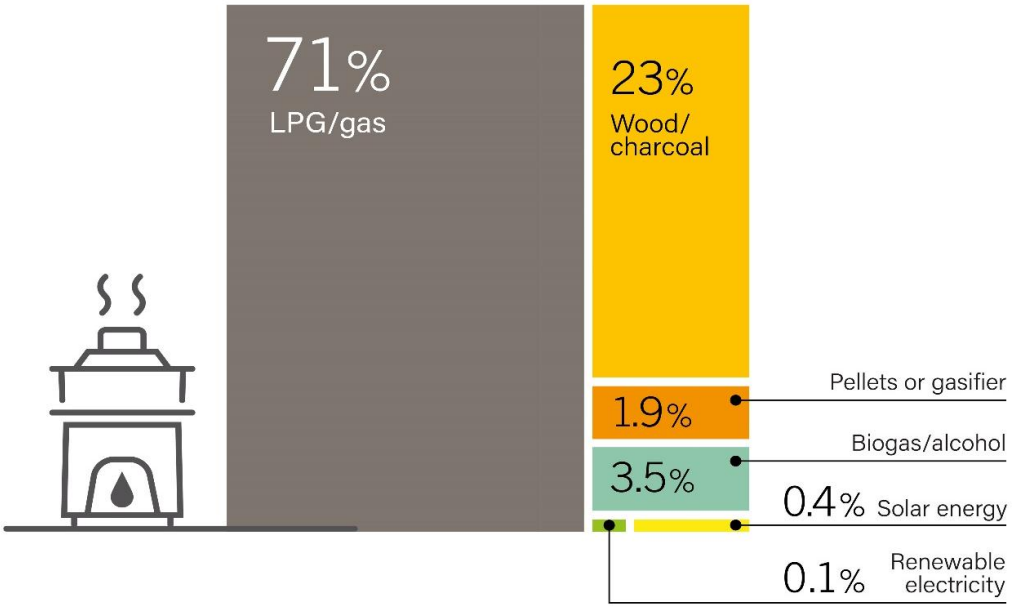


المصدر: (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p. 131)

نلاحظ من خلال الشكل أعلاه، أن عدد مواقد الطهي النظيفة الموزعة عالميا كان أغلبها في الهند بتوزيع حوالي 20.3 مليون وحدة، تليها الصين بتوزيع 6.2 مليون وحدة، ثم تأتي كل من بنغلاديش وغانا وكينيا.

هذا وقد اعتمدت حوالي 29 بالمائة من مواقد الطهي النظيفة الموزعة من ضمن 30.8 مليون وحدة، على وقود مصدره طاقة متجددة سنة 2016، وهذا ما يوضحه الشكل التالي:

الشكل (6): نسب توزيع مواقد الطهي النظيفة حسب مصدر الطاقة التي تعمل بها لسنة 2016



المصدر: (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p. 132)

* يشير مصطلح (نظيفة) إلى مواقد الطهي النظيفة و/أو الفعالة وفقا لمنهجية التحالف العالمي لمواقد الطهي النظيفة، حيث أن المواقد التي تلبي المستوى 2 من الكفاءة تعتبر فعالة، وتلك التي تستوفي المستوى 3 للانبعاثات الداخلية تعتبر نظيفة للصحة، وهذا وفقا لإرشادات الأداء المؤقتة في اتفاقية ورشة العمل الدولية للمنظمة الدولية لتوحيد المقاييس.

نلاحظ من خلال الشكل أعلاه أن مصادر الطاقة المستخدمة لعمل مواقد الطهي النظيفة كانت بنسب متفاوتة، حيث تم استخدام الخشب (الحبيبات الخشبية) أو الفحم النباتي بنسبة 25 بالمائة، والغاز الحيوي بـ 3.5 بالمائة، أما غالبية مواقد الطهي النظيفة (71 بالمائة) تستخدم غاز البترول المسال (GPL).

أما على الصعيد العالمي، تم تركيب إجمالي تراكمي لأكثر من 50 مليون من مواقد طهي تستخدم الغاز الحيوي بحلول نهاية سنة 2016، مع حوالي 126 مليون شخص يستخدمون الغاز الحيوي في الطهي، وخاصة في الصين (112 مليون شخص) والهند (10 ملايين شخص)، حيث وصلت الصين إلى إنتاج 13 مليون م^3 من الغاز الحيوي المنتج من تقنية الهضم لأغراض الطهي، ووصلت الهند إلى 2 مليون م^3، كما استمر استخدام الغاز الحيوي في الطهي في بلدان جنوب وسط وجنوب شرق آسيا مثل بنغلاديش وكمبوديا وإندونيسيا ونيبال، وكذلك في إفريقيا (منطقة جنوب الصحراء الكبرى)، وتحديدا في إثيوبيا وكينيا وتنزانيا، ومن خلال برنامج شراكة في مجال الغاز الحيوي في إفريقيا، يقدر أن أكثر من 000 58 وحدة من مواقد طهي تستخدم الغاز الحيوي تم تركيبها في بوركينا فاسو وإثيوبيا وكينيا وتنزانيا وأوغندا منذ سنة 2009، واعتبارا من نهاية سنة 2017، تم توزيع أكثر من 3.1 مليون جهاز طهي شمسي في جميع أنحاء العالم، مع نشر 000 115 طباخ شمسي سنة 2016 لتوفير أدوات طهي نظيفة للأسر (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, pp. 131-132).

3-3- حجم استثمارات تمكين الوصول إلى الكهرباء وأدوات الطهي النظيفة

استقطبت الأنظمة القائمة على الطاقة المتجددة حوالي 922 مليون دولار من الاستثمارات بين سنتي 2012-2017، أغلبها في مجال الطاقة الشمسية (الكهروضوئية)، حيث وصلت استثمارات شركات الطاقة الشمسية خارج الشبكة* سنة 2017 إلى 284 مليون دولار، وسنة 2016 إلى 317 مليون دولار، وكان مصدر تمويل هذه الشركات مؤسسات التمويل الدولية وصناديق الاستثمار ومؤسسات تمويل التنمية...الخ، وأغلب هذه التمويلات كانت وجهتها إفريقيا، حيث حصلت شركة الطاقة الشمسية الكينية M-KOPA على 80 مليون دولار سنة 2017، وجمعت الشركة الألمانية Mobisol 25 مليون دولار لتوسيع عملياتها شرق إفريقيا، وبالتالي شكلت مشاريع الطاقة الشمسية خارج الشبكة 5 من أكبر 11 استثمارا للطاقة الشمسية في إفريقيا، وكذلك الحال في آسيا، حيث جمعت شركة Mera Gao Power في الهند 2.5 مليون دولار، وجمعت شركات الطاقة الشمسية خارج الشبكة في أمريكا الجنوبية ومنطقة البحر الكاريبي حوالي 12.5 مليون دولار (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, p. 133).

كما حصلت الكاميرون سنة 2017 على قرض بقيمة 123 مليون دولار من بنك الصين لتمديد برنامج كهربة الريف الخاص بها من خلال محطات الطاقة الكهروضوئية ذات القدرات الصغيرة (محطات قائمة بذاتها تولد الكهرباء بقدرات مركبة صغيرة)، وأطلقت دولة موزمبيق برنامج لإنتاج الكهرباء بقيمة 500 مليون دولار عن طريق كل من محطات الطاقة الكهروضوئية والطاقة الكهرومائية ذات القدرات الصغيرة.

هذا وأعلنت شركة OMC Power الهندية المتخصصة في تطوير محطات الكهرباء ذات القدرات الصغيرة عن استثمار أسهم بقيمة 9.3 مليون دولار في شركة Mitsui اليابانية للقيام بمشروع مشترك لتركيب محطات صغيرة هجينة تعمل بالطاقة الشمسية في إفريقيا، كما سجلت سنة 2017 مبادرة من شركتي Facebook وMicrosoft لتعبئة حوالي 50 مليون دولار بين سنتي 2018-2020 لتوسيع الوصول إلى الطاقة في شرق إفريقيا والهند وإندونيسيا.

أما فيما يخص مجال أدوات الطهي النظيفة، سجلت هذه الأخيرة متوسط سنوي يبلغ حوالي 24 مليون دولار من الاستثمارات في الفترة بين 2012-2016، كما سجلت شركات الطهي النظيفة تدفقات تمويلية بلغت 18.1 مليون دولار فقط سنة 2017، مما يبرز التحديات التي تعوق نمو هذا القطاع، فمثلا، حصلت شركة Inyenyeri في رواندا على قرض بقيمة

* هذه الشركات معظمها يعمل بصيغة أو نموذج يمنح العملاء (لا سيما في المناطق غير الموصولة بشبكة الكهرباء) إمكانية شراء أنظمة صغيرة منتجة للطاقة، مثل أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية، عن طريق دفع قيمتها أو ثمنها على أقساط منخفضة خلال فترة زمنية معينة.

9.6 مليون دولار من صندوق Athelia للمناخ وبنك التنمية الهولندي (FMO)، بالإضافة إلى منحة قدرها حوالي 5.5 مليون دولار لدعم برنامج لتوفير مواقد الطهي النظيفة مع الحبيبات الخشبية.

مع ذلك، وعلى الرغم من زيادة الاستثمارات والأموال الموجهة لقطاع الأنظمة القائمة على الطاقة المتجددة، فإنها تبقى بعيدة عن الاستثمار السنوي المقدر بحوالي 45 إلى 56 بليون دولار المطلوبة لتحقيق هدف الوصول الشامل إلى الطاقة بحلول عام 2030 (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, pp. 134-135).

تعتبر إقامة عقود شراكة بين الشركات متعددة الجنسيات والشركات المحلية وشركات الطاقة الشمسية خارج الشبكة إحدى الاتجاهات التي تشهد نموا في قطاع الأنظمة القائمة على الطاقة المتجددة، حيث شهدت سنة 2017 العديد منها، فمثلا وسعت شركة MTN Group وهي أكبر شركة اتصالات في إفريقيا شراكاتها مع Mobisol وFenix International، كما أبرمت شركة Mobisol عقد شراكة مع موزعي الطاقة الشمسية Baobab + وSunTransfer لتقديم حلول الطاقة الشمسية خارج الشبكة في كوت ديفوار وإثيوبيا على التوالي، وبعد نجاح المبادرة والشراكة بين Africa's Ignite Power وحكومة رواندا في سنة 2016، وقعت شركة BBOXX ومقرها المملكة المتحدة مع حكومة توغو اتفاقية لتركيب حوالي 000 300 من أنظمة (SHS) بحلول عام 2022، كما قامت شركة ENGIE العملاقة للطاقة بامتلاك وضم شركة Fenix International إليها، وهي شركة تعمل في مجال (SHS)، وفي سنة 2016، دخلت الشركة الوطنية الفرنسية EDF في شراكة مع شركة مقرها في ميانمار تهدف إلى تطوير محطات شمسية ذات القدرات الصغيرة، وأبرمت Envirofit وهي شركة رائدة في مجال مواقد الطهي النظيفة، عقد شراكة مع شركة Infosys الرائدة في الهند في مجال التكنولوجيا، لتوزيع 200 37 من مواقد الطهي في ولاية Maharashtra.

كما أن للبنك الدولي دور هام في تلبية الطلبات من الدول لدعم مشاريع الوصول إلى الطاقة في المناطق الريفية والنامية المحرومة منها، حيث وافق على تقديم 150 مليون دولار لمشروع في كينيا للتوصيل الكهرباء بالطاقة الشمسية في مناطق نائية، والذي يهدف إلى توفير الطاقة الحديثة لحوالي 1.3 مليون شخص، كما تلقت النيجر 50 مليون دولار لنفس الغرض.

هذا وكشف بنك التنمية الإفريقي (AfDB) عن خطة بقيمة 12 بليون دولار في إطار برنامج الكهرباء الجديد الذي يهدف إلى توفير تكنولوجيات الطاقة الشمسية اللامركزية لـ 75 مليون أسرة، وكذلك لصالح عدة شركات، وذلك بين 2017-2022، كما أطلق بنك التنمية الآسيوي مع حكومة اليابان أيضا، مبادرة الطاقة بين اليابان وإفريقيا، والتي ستدعم الوصول إلى الطاقة في المنطقة من خلال صيغة تمويل بقيمة 6 بلايين دولار، كما منح صندوق أوبك للتنمية الدولية (OFID) 000 800 دولار لطاجيكستان وجمهورية قيرغيزستان لتسهيل الوصول إلى الطاقة الحديثة للأسر الريفية من خلال الطاقة الكهروضوئية، ووافق الصندوق على تقديم مليون دولار لشركة Energy 4 Impact لدعم برنامج الري الشمسي على نطاق صغير في رواندا.

أما في مجال الطهي النظيف، قدمت المنظمة العالمية لمواقد الطهي النظيفة دعما يصل إلى 000 150 دولار أمريكي إلى 6 شركات في سنة 2017، وذلك لزيادة الاستثمارات في هذا القطاع.

إجمالا، تتمثل السياسات التي من شأنها دعم نمو أنظمة القائمة على الطاقة المتجددة تجسيدا للتحول الطاقوي فيما يلي (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, pp. 136-137):

- خفض رسوم الاستيراد والرسوم الجمركية على تكنولوجيات الطاقة المتجددة.
- زيادة سبل إمكانية الحصول على التمويل المحلي من خلال القروض والمنح ...الخ.
- وضع خطط أو برامج كهربة الريف التي تتضمن أنظمة القائمة على الطاقة المتجددة.

هذا وفيما يلي عرض للأهداف المستقبلية التي حددتها بعض الدول التي يفتقر نسبة من سكانها إلى الكهرباء، وهذا رغبة منها لتقليص حدة هذا المشكل والوصول إلى أكبر نسبة تغطية للكهرباء محليا:

الجدول (1): أهداف مستقبلية للوصول إلى الكهرباء لبعض الدول المفتقرة لها

الدولة	نسبة وصول السكان إلى الكهرباء 2016 (بالنسبة إلى إجمالي السكان)	الأهداف المستقبلية للوصول إلى الكهرباء (%)
ج. إفريقيا الوسطى	%3	%50 بحلول سنة 2030
سيراليون	%9	%100 بحلول سنة 2025
النيجر	%11	%65 بحلول سنة 2030
ليبيريا	%12	%100 بحلول سنة 2030
الكنغو .د	%15	%60 بحلول سنة 2025

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, pp. 213-214)

يتضح من خلال هذا الجدول حرص الدول في قارة إفريقيا التي تشهد نقصا فادحا في وصول السكان إلى الكهرباء على وضع أهداف طموحة من أجل تمكين أكبر نسبة ممكنة من السكان من الحصول على الكهرباء، نظرا لما لها من دور كبير في تحسين مستوى معيشة هؤلاء السكان، أما بقية دول العالم (آسيا مثلا) أغلب دولها تملك نسبة وصول إلى الكهرباء لا تقل عن 59 بالمائة (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, pp. 214-216).

في نفس السياق، كان الحال نفسه فيما يخص الأهداف المستقبلية التي حددتها بعض الدول التي يفتقر نسبة من سكانها إلى أدوات طهي نظيفة، وهي موضحة في الجدول التالي:

الجدول (2): أهداف مستقبلية للوصول إلى أدوات طهي نظيفة لبعض الدول المفتقرة لها

الدولة	نسبة وصول السكان إلى أدوات الطهي النظيفة 2015 (بالنسبة إلى إجمالي السكان)	الأهداف المستقبلية للوصول إلى أدوات الطهي النظيفة (%)
إثيوبيا	%5	%100 بحلول سنة 2025
غامبيا	%10	%100 بحلول سنة 2030
غينيا	%2	%50 بحلول سنة 2025
رواندا	%2	%100 بحلول سنة 2030

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على (Century, Renewables 2018 Global Status Report, 2018, pp. 217-218)

الخاتمة:

من خلال دراستنا وتحليلنا لموضوع دور التكنولوجيات القائمة على الطاقة المتجددة في دعم عملية التحول الطاقوي في العالم، توصلنا إلى جملة من النتائج والمقترحات وهي كالتالي:

النتائج:

- إن السعي الكبير لاستغلال الطاقات المتجددة على أوسع نطاق لتجسيد عملية التحول الطاقوي لا تزال بعيدة عن النسب المطلوبة والمرغوب فيها على المدى المتوسط على الأقل، حيث لا زال الوقود الأحفوري الناضب يمثل النسبة الأكبر في تلبية احتياجات العالم من الطاقة.

- يشهد تدفق الاستثمارات العالمية الموجهة لمشاريع الطاقات المتجددة تطورا ملحوظا، حيث أصبحت تسجل أرقاما قياسية في السنوات الأخيرة، مما يعكس الاهتمام المتزايد بهذه الموارد الطاقوية المهمة وغير الناضبة، والوعي اتجاه قضايا ارتفاع العائد الاقتصادي، وتحقيق الرفاه الاجتماعي، وكذا جانب المحافظة على البيئة، إلا أن الملاحظ أنه أقل بكثير من المستوى المطلوب.

- يتضح من خلال هذه الدراسة أن هناك تفاوتات كبيرة في حجم الاستثمار في الطاقة المتجددة حسب مناطق العالم، بحيث تهيمن الصين على المشهد العالمي بالمقارنة مع باقي دول ومناطق العالم، كما أن هناك تفاوتات في حجم الاستثمارات الموجهة حسب نوع المصادر، حيث أن جزء كبيرا من إجمالي الاستثمارات كانت موجهة نحو الطاقة الشمسية والمركبات الكهربائية، مما يبرز اختلالا في توجيه التمويل بشكل متوازن نحو العديد من التقنيات والمصادر الخاصة بالطاقة المتجددة.

- لا تزال أعداد كبيرة من الأشخاص في العالم في الدول النامية والأقل نموا تعاني من نقص خدمات الطاقة الموثوقة، من كهرباء وأدوات الطهي النظيفة، مما يبرز حجم التحديات القائمة في هذا الصدد، وضرورة العمل على إيجاد الحلول الفعالة لتقليص هذا النوع من المشاكل، والتي تتيحها التكنولوجيا والأنظمة القائمة على الطاقة المتجددة.

- تساهم تكنولوجيات الطاقة الشمسية المستقلة وأدوات الطهي النظيفة التي تعمل بالطاقة المتجددة، في دعم التنمية المحلية، والتخفيف من حدة الفقر، وتحسين التعليم والصحة العامة وسبل العيش لملايين الأشخاص الذين يعانون من عدم القدرة إلى الوصول إلى خدمات الطاقة الموثوقة عبر العالم، وبالتالي المساهمة الفعالة في عملية تسريع التحول الطاقوي الآمن.

التوصيات:

- يجب على دول العالم حشد المزيد من التمويلات اللازمة لضمان الوصول الشامل للطاقة وتسريع التحول الطاقوي نحو طاقة موثوقة وآمنة وغير ناضبة، تحقق الأهداف الاقتصادية والاجتماعية وتحمي البيئة، وتدعم مسار تحقيق التنمية المستدامة.

- لابد على الدول المتقدمة أن تساهم بشكل كبير في دعم استغلال الطاقات المتجددة، خاصة في الدول النامية والأقل نموا، وذلك من خلال توفير التمويلات اللازمة للبرامج التي تسعى إلى توفير الطاقة من مصادرها المتجددة في المناطق الريفية المحرومة منها، وكذا دعم الابتكارات والمشاريع التي تسعى إلى تطوير الأنظمة المستقلة للطاقة الشمسية وأدوات الطهي النظيفة التي تعمل بالطاقة المتجددة.

- لابد على الدول النامية والأقل نموا جعل المشاريع التي تهدف إلى توفير الكهرباء وأدوات الطهي النظيفة التي تعتمد على الطاقة المتجددة ضمن أولوياتها القصوى في إطار البرامج التنموية المسطرة، وتشجيع القطاع الخاص على الانخراط في ذلك، نظرا لما تتميز به هذه الأنظمة من زيادة الموثوقية، وقصر وقت التثبيت، وتحسين نسبة التكلفة إلى المنفعة، مما يجعل اعتبارها بشكل متزايد إما مكملة، أو في بعض الحالات بديلا عن التوليد المركزي للطاقة، خاصة في المناطق النائية ذات الكثافة السكانية المنخفضة.

المصادر والمراجع:

Century, R. E. (2018). *Renewables 2018 Global Status Report.* Paris.

Century, R. E. (2025). *Renewables 2025 Global Status Report Global Overview.* Paris.

IPCC. (2011). *Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation.* Cambridge University Press, USA.

أحمد جابة، و سليمان كعوان. (2012). تجربة الجزائر في استغلال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. *مجلة اقتصاديات شمال افريقيا*(10).

رحيمة جحموم . (2012). آفاق إحلال الطاقة المتجددة في الوطن العربي –دراسة حالة الجزائر- (مذكرة ماجستير). كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، الجزائر: جامعة الجزائر 3.

عبد المجيد قدي، منور أوسرير، و محمد حمو. (2010). *الاقتصاد البيئي*. الجزائر: دار الخلدونية للنشر والتوزيع.

محمد مداحي. (2016). فعالية الاستثمار في الطاقات المتجددة في ظل التوجه الحديث للاقتصاد الأخضر –التوجه الجزائري على ضوء بعض التجارب الدولية- (أطروحة دكتوراه). كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، المدية: جامعة يحي فارس.

وزارة الطاقة والمناجم. (2011). *برنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية*. الجزائر.

يحي حمود حسن، و عدنان فرحان الجوارين. (2013). الطاقة المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة في دولة الإمارات العربية المتحدة. *مقدمة ضمن المؤتمر السنوي الحادي والعشرين –الطاقة بين القانون والاقتصاد-*. الإمارات العربية المتحدة: كلية الحقوق جامعة الإمارات العربية المتحدة.

التحول الطاقوي في الجزائر بين البدائل المتجددة وغير المتجددة

كعوان سليمان[1]، بوالكور نورالدين[2]،

[1] جامعة 20 أوت 1955 (الجزائر)، s.kaouane@univ-skikda.dz

[2] جامعة 20 أوت 1955 (الجزائر)، n.boulkour@univ-skikda.dz

1

ملخص:

هدفت الدراسة إلى محاولة تبيان أهمية التحول الطاقوي في الجزائر، وذلك بضرورة التوجه نحو استغلال إمكانياتها من الطاقات البديلة، في صورة الطاقة الشمسية والغاز الصخري، قصد تخفيف الطلب على المصادر التقليدية، وتأمين إمدادات الطاقة، كما تم إبراز إمكانيات الجزائر من الطاقة الشمسية والغاز الصخري، وحوافز استغلال هذين المصدرين، وقد خلصت الدراسة إلى أن التحول الطاقوي في الجزائر ضرورة حتمية، ويستوجب على الحكومة الجزائرية إدراج هذا المسعى عند إعداد الاستراتيجيات الطاقوية، وتبني أهداف طاقوية تتماشى مع الظروف الراهنة إقليميا وعالميا، كما توصلت الدراسة أيضا إلى أن الجزائر بالفعل أولت اهتماما كبيرا للاستثمار في هذه المصادر.

الكلمات المفتاحية: التحول الطاقوي، الطاقة الشمسية، الغاز الصخري.

تصنيف JEL: Q3 ; Q4

Abstract :

This paper aims to show out the importance of energy transition in Algeria through the compalsory of exploying its alternative energy potentials as far as solar energy and shale gas are concerned that may lighten demande on traditional resources and ensure affording energy. Moreover, it aims also to expose the algerian potentials in solar energy and shale gas resources and, hence, motivating their exploitation. The achievements of study focus on the compalsory of energy transition in Algeria which has to be taken among energy strategies oft he government, and energy mesures must be adopted in accordance with nowadays circumstances in Algeria and in the world. It could also explain the actual orientation towards investments in these resources in Algeria

Keywords: Energy transition, Solar energy, shale gaza.

JEL Classification Cods : Q3, Q4

المؤلف المرسل: كعوان سليمان، **الإيميل**: s.kaouane@univ-skikda.dz

المقدمة:

لقد أصبح من المؤكد أن مصادر الطاقة الأحفورية معرضة للنضوب عاجلا أم آجلا، ناهيك عن ما تسببه من مشكلات بيئية، نظرا للاستغلال المفرط لهذه المصادر، وهو ما عجل بالبحث عن مصادر طاقوية بديلة، سواء كانت مصادر متجددة أو مصادر غير متجددة، بإمكانها أن تساهم في تخفيف الطلب على المصادر الأحفورية، وتكون كفيلة بتأمين إمدادات الطاقة سواء على المستوى العالمي أو المحلي، والجزائر واحدة من بين الدول التي أولت اهتماما كبيرا لاستغلال المصادر الطاقوية البديلة، وبذلت مجهودات كبيرة لتطويرها وتنميتها، نظرا لإمكانياتها الكبيرة من هذه المصادر، خاصة الطاقة الشمسية وغاز البترول المميع. وبدأت بالفعل تخطط لاستبدال تدريجي لهذا الطاقات، وأصبحت الطاقة البديلة، وتطويرها واحد من بين أهم اهتمامات السياسات الطاقوية والبيئية في الجزائر، ومن بين الأهداف التي وضعتها الحكومة الجزائرية.

إشكالية الدراسة

من خلال هذه الورقة البحثية سوف نحاول إبراز أهمية التحول الطاقوي في الجزائر، وعرض واقع وآفاق الطاقة الشمسية وغاز البترول المميع في الجزائر، وسنحاول دراسة الإشكالية التالية:

ما مدى توجه الجزائر نحو استغلال الطاقة الشمسية وغاز البترول المميع كآلية لتحقيق التحول الطاقوي؟

أهمية الدراسة

تكمن أهمية هذه الدراسة في محاولة الإجابة على الإشكالية المطروحة، وتسليط الضوء على المزايا التي تتحصل عليها الجزائر، جراء استغلال مواردها من الطاقة الشمسية وغاز البترول المميع ، بما يكفل تحقيق التحول الطاقوي، خاصة وأن الجزائر لديها إمكانيات كبيرة فيما يتعلق بالطاقة الشمسية وغاز البترول المميع ، كما تكمن أهمية الدراسة في توضيح مدى توجه الجزائر نحو الاستثمار في الطاقات الجديدة والمتجددة.

هدف الدراسة

يتمثل هدف الدراسة في:

- استخلاص واقع وآفاق تطوير وتنمية الطاقة الشمسية و وغاز البترول المميع، من أجل الحفاظ على مصادر الطاقة التقليدية، وتخفيف الطلب عليها؛
- الوقوف عند إمكانيات الجزائر من الطاقة الشمسية وغاز البترول المميع وضرورة استغلال هذين المصدرين؛
- توضيح دور وأهمية الطاقة الشمسية وغاز البترول المميع كمصدرين من مصادر الطاقة البديلة ؛
- إبراز أهمية التحول الطاقوي في تأمين إمدادات الطاقة، وتلبية الطلب المستمر والمتزايد على الطاقة.

1- ماهية التحول الطاقوي

قبل التطرق إلى مفهوم التحول الطاقوي، وأسبابه وأهم المجالات التي يجب التركيز عليها، ارتأينا أن نقف عند مفهوم الطاقة، وضرورة ترشيد استهلاكها، كشرط أساسي لتحقيق التحول الطاقوي.

1-1- الطاقة وترشيد استهلاكها

1-1-1- الطاقة

إن كلمة طاقة هي الترجمة الحرفية لكلمة Energy أو Energie أو Energia باللغات الأوربية الحديثة، وهي مشتقة من الكلمة اليونانية القديمة Energos أو Energeia، المركبة من مقطعين،En وتعني في أو داخل وErgos وتعني نشاط، وبهذا فإن الكلمة تعني في داخله نشاط، أو أن الشيء يحتوي على جهد أو شغل، أما موارد الطاقة فهي المصادر التي تمتلك نظاما قادرا على إنتاج الشغل (رهبان، 2011، صفحة 367).

1-1-2- ترشيد استهلاك الطاقة

يعتبر ترشيد الطاقة مجموعة من الإجراءات والتقنيات التي تؤدي إلى خفض استهلاك الطاقة دون المساس براحة الأفراد أو إنتاجيتهم واستخدام الطاقة عند الحاجة الحقيقية لها (طيب، 2018، صفحة 36).

كما يقصد بترشيد استهلاك الطاقة استخدامها استخداما عقلانيا مدروسا وتقليل الهدر في استهلاك الطاقة بأصنافها المختلفة، على أن ترشيد استهلاك الطاقة عمليا هو جملة الإجراءات الواجب إتباعها للحد من الهدر في منظومات الطاقة في مختلف مراحلها بدءا من محطات تحويل الطاقة وانتهاء بالأجهزة المستهلكة للطاقة (www.marefa.org, 2014).

وقد أصبح استهلاك الطاقة ضرورة حتمية، لما له من فوائد عديدة أهمها (الخطيب، 1989، صفحة 263):

- حفظ وترشيد مصدر هام وقيم، حيث تشير الدراسات والبحوث وكذلك الإجراءات العملية التي اتخذت في عديد البلدان، إلى أنه بالإمكان توفير كميات من الطاقة بتطبيق برامج ترشيد الاستهلاك دون التأثير على مستوى المعيشة لأفراد المجتمع.
- كسب المزيد من الوقت وإتاحة الفرصة لتطوير مصادر بديلة للطاقة، إذ تشير دراسات الخبراء إلى أن الإنسان بحاجة إلى فترة زمنية تتراوح مابين 10-25 سنة لتطوير مصادر بديلة وفعالة للطاقة خصوصا في مجال الانشطار النووي.
- تقليل تلوث البيئة، حيث أن هذا الأخير يعتبر واحد من المشاكل الرئيسية التي تواجه المصادر الطاقوية، ولا شك بأن استغلال المصادر البديلة والمتجددة وتطويرها والتقليل من استغلال مصادر الطاقة الأحفورية، يساهم في التقليل من حجم مشكلة التلوث.
- التقليل من اعتماد البلدان المستوردة للطاقة على وارداتها من الدول الأخرى المصدرة لها، فترشيد استهلاك الطاقة يساهم في توفير مبالغ طائلة تدفعها الدول المستوردة للطاقة ثمنا لمستورداتها.

كما يساهم ترشيد استهلاك الطاقة في (طيب، 2018، صفحة 37):

- المسار الأمثل للتنمية الاقتصادية بما يترتب عليه من توفير الموارد الطبيعية المطلوبة للاستثمار لزيادة القدرة الإنتاجية للاقتصاد.
- تدعيم القدرة التنافسية لاقتصاد الدولة، حيث أن تحسين كفاءة استخدام الطاقة في الأنشطة الاقتصادية تعني خفضا لتكلفة إنتاج السلع والخدمات.
- التنمية المستدامة لمصادر الثروة القومية بالاستخدام الرشيد بما يتضمن استمرارية إمدادها للأجيال الحاضرة والمستقبلية.
- الحفاظ على البيئة عن طريق خفض الانبعاثات الملوثة للهواء والغازات المسببة للاحتباس الحراري.

وبالإضافة إلى ما ذكر من مزايا، فالتحول في نظام الطاقة العالمي ينطوي على فوائد اقتصادية مهمة، أهمها (IRENA، 2018، صفحة 7):

– رغم أن التكاليف الإضافية للتحول قد تفوق 1,7 تريليون دولار أمريكي سنويا، في عام 2050، إلا أن الوفورات المحققة من خلال تراجع وتدني مستويات التلوث، وتحسين الأداء البيئي ستتجاوز تلك التكاليف.

– تشير "خارطة طريق الطاقة المتجددة" إلى أن تلك الوفورات، ستصل إلى 6 تريليون دولار أمريكي في تلك السنة.

– يساهم الانتقال الطاقوي في تحسين الأداء الاقتصادي والاجتماعي للطاقة على مستوى العالم، مقارنة مع نظام الطاقة الحالي، بالإضافة إلى الرفع من مستوى المعيشة.

– يؤدي التحول الطاقوي إلى زيادة الناتج المحلي الإجمالي عام 2050، حيث أن التحول في وضع الطاقة يشجع الأنشطة الاقتصادية، كما أن من الممكن ارتفاع النمو في إطار النظام المعتمد حاليا، وسيفوق الربح التراكمي الناتج عن زيادة الناتج المحلي الإجمالي، بحلول عام 2050 ال50 تريليون دولار أمريكي.

1-2- التحول الطاقوي وأسبابه ومجالاته

1-2-1- التحول الطاقوي

يعتبر التحول الطاقوي الانتقال من نظام طاقوي يركز على الطاقة التقليدية، إلى مزيج طاقوي بأقل ضرر بيئي، مع تركيز التوجه نحو الاعتماد على استغلال الطاقات المتجددة (لعجال، 2020، صفحة 163).

كما أن التحول الطاقوي يعتبر أمرا مهما من جانب حماية البيئة، حيث يعني الانتقال من نظام طاقوي يعتمد على استغلال الموارد الناضبة، إلى نظام طاقوي يركز أساسا على الموارد غير الناضبة، وهو ما يعني أساسا ضرورة البحث عن بدائل للموارد الناضبة (طيب، 2018، صفحة 32).

فالتحول الطاقوي هو مجموعة الإجراءات والأساليب التي تمكن من التحول من الاعتماد على مجموعة من المصادر الطاقوية، إلى مصادر طاقوية أخرى تكون كفيلة بتحقيق الأهداف والخطط المرسومة في المجال الطاقوي، وتكون لها ميزة الوفرة وتحقيق أكبر المنافع بأقل التكاليف.

1-2-2- أسباب التحول الطاقوي

لقد أصبح التحول الطاقوي ضرورة لازمة، يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند إعداد السياسات الطاقوية، نظرا لدوره الفعال في تأمين إمدادات الطاقة، ومن بين الأسباب الرئيسية التي فرضت حتمية الانتقال نلخصها في الآتي (الوهاب، صفحة 494):

- تغير المناخ: لقد ساهم التطور الذي عرفه الاقتصاد العالمي في تنامي الطلب على الطاقات الأحفورية، لتلبية احتياجات الصناعة، حيث نتج عن حرق الوقود الاحفوري انبعاث الغازات الدفيئة، والتي أدت إلى ارتفاع درجات الحرارة، في بروز ظاهرة الاحتباس الحراري، والذي ساهم بدوره في اختلال النظام البيئي، والتأثير على المناخ العالمي.

- تزايد النمو الاقتصادي: شهد الاقتصاد العالمي نموا كبيرا خلال العقود الماضية، مما ساهم في الزيادة المستمرة في الطلب على مصادر الطاقة، وهو ما انجر عنه استنزاف للموارد الطاقوية الناضبة.

- تذبذب أسعار النفط: يعتبر التغير المفاجئ في أسعار النفط و عدم استقرارها واحدا من الأسباب التي أدت إلى البحث عن مصادر طاقوية بديلة ومنافسة من حيث الأسعار.

- تنامي الوعي البيئي: لم تعد المسائل البيئية قضايا وطنية شغل بال الجهات الرسمية فحسب، بل أصبحت قضية مجتمعية مرتبطة بالإنسان، وذلك من زيادة الاحتجاجات والمطالب بإعادة النظر في الاستراتيجيات الطاقوية، وترشي استهلاك الطاقات الأحفورية والتوجه نحو مصادر صديقة للبيئة.

- تلبية الطلب العالمي على الطاقة وتخفيف الضغط على الطاقات التقليدية

1-2-3- مجالات التحول الطاقوي

حسب تقرير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة هناك ستة مجالات يجب التركيز عليها وهي (IRENA، 2018، صفحة 10):

- الاستفادة من أوجه التظافر بين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، إذ ينبغي أن يتصدر هذا الجانب قائمة الأولويات عند إعداد البرامج الخاصة بالطاقة، لأن التأثير المشترك لهذين العاملين كفيل بتلبية احتياجات التخلص من انبعاثات الكربون المرتبطة بالطاقة بحلول عام 2050 وعلى نحو يتسم بكفاءة التكلفة.

- التخطيط لقطاع كهرباء تستأثر فيه المصادر المتجددة بحصة كبيرة من إنتاج الطاقة، حيث أن تحول نظام الطاقة يتطلب إحداث نقلة أساسية في طريقة فهم أنظمة الطاقة وتشغيلها، وهذا يتطلب بدوره وضع خطط طويلة الأجل لنظام الطاقة.

- زيادة استخدام الكهرباء في قطاعات النقل والبناء والصناعة، إذ يجب أن تتكامل اللوائح التنظيمية الخاصة بالتخطيط والبناء الحضري وغيرها من السياسات.

- رعاية الابتكار على نطاق المنظومة، فمثلما لعب تطوير التقنيات الجديدة دورا أساسيا في تقدم الطاقة المتجددة في الماضي، فلا بد من مواصلة الابتكار التقني مستقبلا لإنجاز التحول المنشود في نظام الطاقة.

- مواءمة البنى الاقتصادية والاجتماعية والاستثمارات مع عملية التحول، حيث هناك حاجة ملحة إلى نهج متكامل وشامل من خلال مواءمة المنظومة الاقتصادية والاجتماعية مع متطلبات عملية التحول، ويتطلب إنجاز التحول في نظام الطاقة استثمارات كبيرة.

- ضمان التوزيع المنصف لتكاليف التحول ومنافعه، حيث أن التحول المطلوب لا يمكن تحقيقه إلا من خلال عملية تعاونية تشمل المجتمع برمته، ولتوليد مثل هذه المشاركة الفعالة، لا بد من تقاسم تكاليف ومنافع تحول نظام الطاقة.

2- مصادر الطاقة البديلة (الطاقة الشمسية وغاز البترول المميع)

هناك مصادر كثيرة ومتنوعة للطاقة البديلة، التي بإمكانها أن تحل محل الطاقات الأحفورية، أو على الأقل تأمين إمدادات الطاقة، وتنقسم هذه المصادر من حيث معيار التجدد إلى مصادر بديلة متجددة، ومصادر بديلة غير متجددة، وتماشيا مع دراستنا سوف نركز على الطاقة الشمسية باعتبارها طاقة بديلة متجددة، وغاز البترول المميع باعتباره طاقة بديلة غير متجددة.

2-1- الطاقة الشمسية

قبل التطرق لمفهوم الطاقة الشمسية يمكن الإشارة إلى مفهوم الطاقة المتجددة وهي الطاقة المستمدة من مصادر دائمة على نحو تلقائي ودوري، والتي لا تنفذ باستعمالها المتكرر، فهي طاقة دائمة مصدرها الطبيعة (حوالف، 2015، صفحة 302).

2-1- 1- مفهوم الطاقة الشمسية

هي الضوء المنبعث والحرارة الناتجة عن الشمس اللذان قام الإنسان بتسخيرهما لمصلحته منذ العصور القديمة باستخدام مجموعة من وسائل التكنولوجيا التي تتطور باستمرار، وترجع تواجد معظم مصادر الطاقة المتجددة، إلى الأشعة الشمسية، من الأهمية هنا أن نذكر أنه لم يتم استخدام سوى جزء صغير من الطاقة الشمسية المتوافرة في حياتنا (العرادي، 2012، صفحة 23)، كما يمكن تعريف الطاقة الشمسية بأنها طاقة يتم الحصول عليها من ضوء الشمس، والضوء من الشمس قد يستعمل لتوليد الطاقة الكهربائية، وتزويد البنايات بالتدفئة والتبريد ولتسخين الماء، وقد استعملت الطاقة الشمسية لآلاف السنين (سلمان، 2011، صفحة 135).

2-1-2- أهمية الطاقة الشمسية

تتمثل أهميتها أساسا في أنها سلعة مجانية، بإمكان أي كان استغلالها مجانا، كما أنها غير ناضبة، بالإضافة إلى انتشارها وامتدادها إلى أي مكان، وتعتبر من المصادر الطاقوية النظيف بيئيا (خضير، 2007، صفحة 120).

كما أن كافة المصادر المتجددة للطاقة تستمد قوتها تقريبا من الشمس، وتتميز أيضا بالوفرة في كل مكان تقريبا على اختلاف ساعات السطوع الشمسي في مناطق مختلفة من العالم، كما تعتبر الطاقة الشمسية مطلب ضروري للتطوير الاقتصادي والاجتماعي المستدام، حيث تساهم في توفير وتأمين إمدادات الطاقة، وتعتبر الطاقة الشمسية أهم مصادر

الطاقة التي يمكن أن تلعب دورا مهما في الحد من انبعاث الغازات الضارة بالبيئة، إذا ما قورنت بمصادر الطاقة الأخرى، وذلك بكونها طاقة نظيفة لا ينتج عنها أي تلوث في كافة صور استخدامها،سواء في صورتها الأولى أو عند تحويلها إلى صورة كهربائية أو ميكانيكية، كم يجب التأكيد على أن أهمية لا تكمن فقط في حماية البيئة، والتي هي ضرورة لتحقيق التنمية المستدامة، بل إن استخدامها لتوليد الكهرباء وتحلية مياه من الأمور التي لا غنى عنها (الرؤوف، 2013، صفحة 1151).

2-1- 3- مزايا استغلال الطاقة الشمسية

هناك العديد من المزايا التي تصاحب استغلال الطاقة الشمسية ومن أهمها (خضير، 2007، صفحة 120):

- عدم مساهمتها في تلويت البيئة، هذه المشكلة التي تواجه الإنسان المعاصر، وتبدو كأنها خارج سيطرته وتهدد حياته وحضارته.
- تعتبر مصدرا متجددا غير قابل للنضوب وبلا أي ثمن، مما يسهل إمكانية إنشاء المشاريع المستدامة التي تعتمد على الطاقة الشمسية.
- عدم خضوعها لسيطرة النظم السياسية والدولية أو المحلية التي تحد من مدى التوسع في استغلال أي كمية منها.
- توفرها وانتشارها في جميع الأماكن تقريبا بحيث يمكن إقامة المشاريع في أي مكان قرب التجمعات السكانية أو المناطق الصناعية أو أي مكان آخر بما فيها المناطق المعزولة، وذلك لا يتطلب وسائل نقل أو توصيل.
- لا يعتمد تحويل الطاقة الشمسية إلى أشكال الطاقة الأخرى على قوة الإشعاع الشمسي المنبعث إلى سطح الأرض، إذ يمكن استخدام الطاقة الشمسية بغض النظر عن تركيزها، كما يمكن الاستفادة منها بصورة مباشرة من الشمس أو غير مباشرة.
- لا يتطلب تحويل الطاقة الشمسية واستغلالها في إنتاج أشكال أخرى من الطاقة إلى استعمال تكنولوجيا عالية، وليس لها أي أثر سلبي على العاملين في هذا المجال.

2-1- 4- صعوبات استغلال الطاقة الشمسية

هناك مجموعة من الصعوبات والمعوقات تقف أمام استغلال الطاقة الشمسية أهمها (الرؤوف، 2013، صفحة 1160):

- غياب أو ضعف التشريعات المحلية، إذ يتطلب وجود تشريعات لتشجيع النظم المستدامة للطاقة.
- التلوث، وهو من أكبر المشكلات التي تقابل العاملين في مجال استغلال الطاقة الشمسية، والتي تتمثل هنا في وجود الغبار ومحاولة صيانة أجهزة المستعملة منه، وقد أكدت العديد من الدراسات أن ما يفوق 50% من فعالية الطاقة الشمسية تهدر في حالة عدم صيانة الأجهزة المستقبلة لأشعة الشمس لمدة شهر.
- معوقات فنية وبيئية، والتي تتمثل بصفة أساسية في نقص الإنتاجية للتكنولوجيات الجديدة، وعدم توفر الشركات المتخصصة في التشغيل والصيانة والتحكم في جودة المنتج في كثير من البلدان.
- سياسة تسعير الطاقة، حيث أن سياسة تسعير الطاقة المتبعة في كثير من البلدان تمثل عائقا أمام تطوير الطاقة المتجددة وعلى رأسها الطاقة الشمسية، وذلك للدعم الممنوح لمصادر الطاقة لاعتبارات اجتماعية واقتصادية متعددة.
- غياب أو ضعف نظم الحوافز الاقتصادية والمواصفات القياسية
- الصعوبات التي تتعلق بالتمويل، حيث تعتبر مسألة تمويل محطات الطاقة الشمسية أمر هام، وتعاني الكثير من الدول النامية من مشكل التمويل.

2-2- ماهية غاز البترول المميع GPL /C

2-1-2- تعريف غاز البترول المميع GPL/C

غاز البترول المميع أو المسال gaz de pétrole liquéfie/carburant ، ويعرف اختصارا بـ GPL/C وهو في الواقع وقود سائل يمزج بين الهيدروكربونات الخفيفة، مثل البروبان والبوتان، ويأتي من معالجة الغاز الطبيعي وتكرير البترول ,ecologix-gpl) 2018) ، كما يعتبر غاز البترول المميع عبارة عن غاز بترولي يستخدم كوقود للسيارات، ويتكون من خليط بنسبة 50% من البروبان والبوتان(almrsal, 2021) ، ويعتبر GPL أرخص من البنزين والديزل، وأقل ضريبة بكثير، وأصبح حلا جيدا لمشاكل البيئة وأيضا لحافظة النقود.

2-2-2-مجالات استخدام غاز البترول المميع GPL

للغاز البترولي المسال ثلاثة مجالات استخدام، غاز الأسطوانات المستعمل في المنازل، والغاز المستخدم كوقود في السيارات، كما يستخدم الغاز البترولي المسال أيضا في الصناعات التحويلية، ونظرا لسهولة نقله من مكان إلى آخر، وبسبب قيمته الحرارية العالية، فإنه يلبي الكثير من الاحتياجات ويستخدم في الكثير من المجالات، بدءا من الصناعة التحويلية إلى الاستخدام المنزلي، وعند احتراق الغاز البترولي، فإن الحرارة الناتجة والطاقة المستحدثة منه توازي خواص الغاز الطبيعي، وبجانب هذا فإن قلة الحاجة إلى صيانة الأجهزة المستخدمة له والدرجة العالية من السلامة التي توفره تجعل استخدام الغاز البترولي المسال جذابا جدا للمستهلك، كما أن الغاز البترولي المسال والمعروف اختصارا بالـ GPL، ينتج كناتج عرضي عند معالجة البترول الخام في المصافي لإنتاج المشتقات النفطية، كالبنزين والمازوت، وكذلك يستخرج من الطبيعة مباشرة في بعض المناطق، وهو الاسم الدال لخليط البروبان والبيتان (ويستخدم في تركيا بنسبة 30% بروبان و70% بيتان للأغراض الصناعية وللتدفئة والطبخ والإنارة في المنازل)(santekcng, 2022) .

2-2-3- أنواع الغازات الأخرى المستخدمة كوقود لتشغيل المركبات

هناك عدة أنواع أخرى للغاز المستخدمة كوقود لتشغيل المركبات، أهمها:

- الغاز الطبيعي المضغوط

يتم تعبئة الغاز في السيارة بعبوات، ويبقى هذا الغاز في الحالة الغازية، ويشكل الميتان النسبة العظمى من خليط الغازات المكّونة له، والاستهلاك العالمي المتوقع للغاز كوقود للمركبات العاملة بالغاز الطبيعي سيكون بحدود 400 مليار متر مكعب سنويا في عام 2020، أي نحو 16% من إجمالي الطلب العالمي على الغاز اليوم(albahethon, 2012) .

- الغاز الطبيعي المميع

الغاز الطبيعي المسال هو غاز طبيعي تم تحويله من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة عن طريق تبريده إلى حرارة ناقص مئة واثنان وستون (-**162**) في ظروف الضغط الجوي العادي، ليسهل نقله، م محطات إنتاجه باستخدام ناقلات ضخمة حتى يصل إلى مرفأ الاستقبال في السوق المستورد، حيث ينتج عن عملية التبريد انخفاض هائل في الحجم (أوابك، 2017).

3- استغلال الطاقة الشمسية وغاز البترول المميع في الجزائر كآلية لتحقيق التحول الطاقوي

يعد استغلال المصادر البديلة للطاقة، سواء على المستوى العالمي أو المحلي من أكبر التحديات التي تواجه استراتجيات الطاقة، والجزائر واحدة من بين الدول التي أولت أهمية كبيرة لاستغلال مواردها من الطاقة البديلة خاصة الطاقة الشمسية وغاز البترول المميع.

3-1- استغلال الطاقة الشمسية في الجزائر

نتناول في هذا العنصر إمكانيات الطاقة الشمسية في الجزائر، واقع استغلال الطاقة الشمسية في الجزائر.

3-1-1- إمكانيات الطاقة الشمسية في الجزائر

تمتلك الجزائر واحدة من أهم القدرات الشمسية في العالم، إذ تتعدى مدة الإشراق الشمسي 2000 ساعة سنويا على كامل التراب الوطني، وتصل 3900 ساعة بالهضاب العليا والصحراء، ويبلغ متوسط الطاقة المتحصل عليها يوميا على مساحة أفقية عتبة 5 كيلوواط ساعة لكل1 م^2، ما يعادل 1700 كيلوواط ساعة/م^2 في السنة بالشمال، و 2263 كيلوواط ساعة/م^2 في السنة بالجنوب (TAEC، 2014، صفحة 16).

ولعل أهم مقومات الطاقة الشمسية في الجزائر ما يلي (تكواشت، 2012، صفحة 146):

- تتوفر الجزائر على مساحة صحراوية شاسعة معرضة للشمس خلال معظم أيام السنة، كما أن الشمس تمتد لأكثر من 2000ساعة في السنة.

- تعتبر الصحراء الجزائرية واحدة من بين الأكبر في العالم، وتتميز بالحرارة الشديدة خاصة في فصل الصيف.
- الطاقة الشمسية التي تمتلكها الجزائر تتيح لها حتى فرصة تصدير هذا النوع من الطاقة لدول أخرى، وذلك لاتساع مساحات الجزائر واستمرار تعرضها لكميات عالية من موجات الإشعاع الضوئي والكهرومغناطيسي الصادر من الشمس.
- توجد بالجزائر مجمعات قروية صغيرة متفرقة ومتباعدة، حيث يقدر عدد سكان الريف 40% من إجمالي السكان وأنه قد يتعذر لأسباب عملية أو اقتصادية ربط هذه القرى والأرياف في بعض الأحيان بالشبكة الرئيسية للكهرباء، لذا فإن الحل المنطقي في هذه الحالة هو استغلال الطاقة الشمسية في هذه المجمعات النائية.
- كثرة الطرق التي يمكن بها استغلال الطاقة الشمسية بفعالية في الجزائر، ويمكن تصنيفها في ثلاث فئات رئيسية هي التطبيقات الحرارية وإنتاج الكهرباء والعمليات الكيميائية.
- أثبتت العديد من دراسات الجدوى في عدة دول من بينها الجزائر أنه يمكن استعادة رأس المال المستثمر في الطاقة الشمسية خلال فترة تتراوح بين ثلاث وخمس سنوات تتمكن بعدها الجهة المنفذة لمشاريع الطاقة الشمسية من الحصول على طاقة نظيفة منخفضة التكلفة.

والجدول الموالي يبين إمكانيات الطاقة الشمسية:

الجدول (1): الطاقة الشمسية الكامنة في الجزائر

الأقاليم	الساحل	الهضاب العليا	الصحراء
المساحة %	4	10	6
المدة المتوسطة للتعرض للشمس (ساعة في	2650	3000	3500
الطاقة المتوسطة الممكنة (كيلوواط ساعي/م^3	1700	1900	2650

Source : Nations Unies, Commission économique pour l'Afrique, Bureau pour l'Afrique du Nord, Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord, 2012

حيث تمثل الإمكانيات الشمسية في الجزائر، الأهم في منطقة حوض البحر المتوسط(mines, 2017, p. 13) :

- 169440 تيراواط ساعي في السنة؛
- 500 مرة الاستهلاك الجزائري من الكهرباء؛
- 60 مرة استهلاك أوروبا الخمسة عشر (المقدرة 3000 تيراواط ساعي في السنة).

3-1-2- واقع استغلال الطاقة الشمسية في الجزائر

ما يميز الميزان الطاقوي في الجزائر الاعتماد الطاقات الأحفورية، حيث تتوفر إمكانيات كبيرة من البترول والغاز الطبيعي، وتعد الجزائر من أكثر الدول المنتجة للبترول والغاز الطبيعي، ومع ذلك، تملك الجزائر أيضا بإمكانيات شمسية كبيرة، حيث أنها تستفيد من أكثر من 3000 ساعة من أشعة الشمس في السنة، لذلك تمتلك الجزائر القدرة على أن تصبح لاعبا رئيسيا في قطاع الطاقة المتجددة، إلا أنه في الوقت الحاضر، بالكاد تستغل البلاد هذه الإمكانات وهي على مفترق طرق لتطوير نظام طاقة شمسي مستقبلي.

وقد التزمت الجزائر بموجب اتفاقية باريس، بخفض انبعاثات غازات الدفيئة بنسبة 7% بحلول عام 2030، مقارنة بسيناريو العمل المعتاد، من خلال الدعم الدولي، ويمكن للجزائر أن تخفض انبعاثاتها من غازات الدفيئة بنسبة 22% بحلول عام 2030، ومع ذلك، على الرغم من قيام الجزائر بصياغة أهداف طموحة للطاقة المتجددة، وإنشاء إطار تنظيمي لنشر تقنيات الطاقة المتجددة، فإن الحصة الحالية من مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة الإجمالي لا تزال ضئيلة، وسلطت جائحة كورونا الضوء على خطر تأثر الجزائر بأسعار سوق النفط والغاز العالمية، كما أدى الوباء إلى إبطاء وتيرة خطط التحول الطاقوي في الجزائر، لكن يمكن أن تكون هذه الأزمة هي الدافع اللازم لإحداث تغيير جوهري وإعطاء الأولوية في النهاية لاستثمارات الطاقة النظيفة في الجزائر، على الرغم من أن هذا سيعتمد على جهود واستعداد صانعي القرار الرئيسيين في الدولة (بفاف، 2021، صفحة 16).

وقد قامت الجزائر في2009 بتطوير محطة طاقة شمسية لمنافسة الطاقة المنتجة في باقي أنحاء العالم، حيث كان من المتوقع أن يحقق الهجين 5 بالمائة من قدرة التوليد الوطنية في نهاية العام 2015، وهو ما لم يتحقق في الواقع، ورغم ذلك تمتلك الجزائر فرصة مناسبة لتصدير الطاقة إلى إيطاليا وبقية البلدان الأوروبية، وفقا لوزارة الطاقة والمناجم، وتمتلك الجزائر منطقة مشمسة هائلة مع إمكانياتٍ ضخمة لاستغلالها، كما أن لديها الموارد البشرية والمالية اللازمة، وهي لا تفتقر إلى شيء، بل إنها قادرة على منافسة بلدان أخرى (هينتر، 2009، صفحة 55).

وتجدر الإشارة إلى أن مجوعة من القرى تجمع حوالي ألف مسكن هي مزودة بالكهرباء عن طريق الطاقة الشمسية في ولايات الجنوب الكبير قبل سنة 2004، حسب وزير الطاقة والمناجم السابق شكيب خليل آنذاك، وحسب وزارة الطاقة والمناجم فقد كان هناك برنامجا تم تنفيذه في سنة 2004، حيث تم تزويد 16 قرية أخرى تجمع حوالي 600 مسكن، كما أن الدراسات جارية لتعميم استعمال الطاقات المتجددة في كل المواقع المنعزلة والبعيدة عن الشبكة الكهربائية (الحوادث، 2004).

كما تم تجسيد بعض المشاريع المشاريع الأخرى مثل (محمد، صفحة 148):

- كهربة 16 قرية بالطاقة الشمسية في الجنوب (2006-2009)
- إنشاء محطة كهروشمسية لإنتاج الكهرباء بحاسي الرمل.
- تزويد محطة خدمات نفطال في سطاوالي بالطاقة الشمسية.
- مشاريع المحافظة السامية لتنمية السهوب.

وبصفة عامة شكلت المصادر المتجددة 1% (أغلبها مصادر شمسية)، من مزيج توليد الكهرباء في البلاد، في عام 2018، واستحوذت الطاقة الشمسية على 84% من إجمالي الكهرباء المولدة من مصادر متجددة، بينما شكلت الطاقة الكهرومائية 15، وطاقة الرياح 1% (بفاف، 2021، صفحة 19).

3-2- واقع وآفاق استخدام غاز البترول المميع GPL في الجزائر

3-2-1- استخدام غاز GPL في المركبات في الجزائر

كشفت المديرية العامة للوكالة الوطنية لتطوير وترشيد استخدام الطاقة، أن الإستراتيجية الجزائرية ترتكز على حماية البيئة، من خلال استعمال الغاز الطبيعي المميع، وكذا الطاقات المتجددة، وقد سطر برنامج تحويل حوالي مليون سيارة و11 ألف حافلة إلى استعمال الغاز المميع GPL في آفاق 2030، مع العلم أن هذا البرنامج الطموح سيخلق مناصب شغل (radioalgerie, 2015).

وكنتيجة لسلسلة التخفيضات التي اعتمدتها شبكة محطات "نفطال"، والحملات التحسيسية لاستخدام الغاز، فقد سجل إقبالا متزايدا على عمليات تركيب صهاريج GPL، كما سجلت الشركة الوطنية لتوزيع الوقود والمشتقات النفطية "نفطال" أرقاما مشجعة، حيث تضاعف الإقبال على استخدام الصهاريج المدمجة GPL، والذي كان محل حملات تحسيسية بالنظر إلى إيجابياته، سواء من الناحية الاقتصادية أو من الناحية الإيكولوجية، لأنه يقلل وبنسبة كبيرة من الانبعاث الكربوني المضر بالبيئة والمحيط الإيكولوجي بشكل عام.

ومعلوم أن أسعار الصهاريج GPL تتراوح ما بين 28 ألف دينار جزائري و45 ألف دينار جزائري، بحسب الخصائص التقنية لكل نظام، وقد سارع العديد من الوكلاء الحصريين لتوزيع السيارات والعربات الصناعية في البلاد إلى تنصيب مراكز ووحدات فرعية لتزويد السيارات بأنظمة التشغيل بالغاز المميع وقد اعتمدتها بعض شركات توزيع السيارات كهدية لتشجيع عمليات التسويق علاوة على العديد من المحفزات التجارية الأخرى، وحسب العديد من مستخدمي السيارات والعربات الصناعية، فإن عمليات تركيب ودمج الصهاريج GPL مفيدة وناجعة على أكثر من صعيد، خصوصا اقتصاديا فهي أولا تقلص من فواتير تسديد الوقود بنسبة تصل إلى 60% و70% مقارنة بالوقود الممتاز، وأيضا من حيث حجم استهلاك المحرك مقارنة الوقود الكلاسيكي العادي أو الممتاز وأيضا لأنه وقود لا يشكل أي خطر على المحيط والبيئة (الأمة العربية، 2010).

2-2-3- إمكانية توجه الجزائر نحو إدخال نظام تشغيل GPL في سيارات "ديازل"

قام مجموعة من الخبراء التابعين للوكالة الوطنية لترقية وترشيد استخدام الطاقة " أبرو"، ومسؤولي أقسام البحث في الوقود النظيف على مستوى وزارة الطاقة والمناجم، بدراسة المشروع الذي طرحه خبراء من مجمع "بولسكي اندستوري آل تي دي كوربوريشن"، على هامش معرض تجهيزات السيارات وقطع الغيار، وصيانة العربات الصناعية "إكيب أوتو–الجزائر 2013"، وفحواه إدخال نظام تشغيل بالغاز المميع GPL في محركات سيارات من صنف "ديازل"، وهو المشروع المطبق على نطاق واسع في بولونيا وعدد من دول شرق أوروبا مثل أوكرانيا وروسيا وتشيكيا، وقال مصدر مسؤول في المجمع البولوني "بولسكي اندستوري آل تي دي كوربوريشن"، الذي يشارك للمرة الخامسة في فعاليات هذا الصالون، بتشكيلة واسعة من المنتجات الصناعية "الصديقة للبيئة"، أن مشروع استخدام عاز البترول المميع GPL في تشغيل محركات "الديازل"، سبق وأن عرض على وزارة الطاقة والمناجم خلال معرض الجزائر الدولي الماضي 2012، ومن وقتها ما يزال محل مفاوضات مع الجانب الجزائري، المهتم كثيرا بهذا المشروع، وكان من ضمن المحاور الرئيسية في المحادثات التي جمعت وزير الطاقة أنداك يوسف يوسفي مع نظيره البولوني، خلال زيارته الأخيرة إلى فرصوفيا، وأيضا استأثر بحصة الأسد في لقاءات أشغال اللجنة المختلطة الجزائرية البولونية للشراكة والتعاون خلال دوراتها الثلاث الماضية، من جانبها ثمنت الوكالة الوطنية لترقية وترشيد استخدام الطاقة " أبرو" هذا المشروع مؤكدة أنه سيقلص من حجم استيراد "الديازل" من الخارج بنسبة 60%، فضلا عن مزاياه الايكولوجية، حيث سيقلص من حجم انبعاث الغازات المحترقة، وعلى رأسها غاز ثاني أكسيد الكربون بشكل ملفت، لما نعلم أن أكثر من 40% من تعداد الحظيرة الوطنية للسيارات البالغة حتى أواخر سنة 2012 قرابة 6 ملايين عربة، هي من صنف السيارات ذات نظام تشغيل "ديازل"، ومعلوم أن نظام تشغيل بغاز البترول المميع GPL، شرع في تطبيقه بالجزائر سنة 1998 بالنسبة لسيارات البنزين "العادي والممتاز"، وقد أقرت الدولة محفزات عديدة لتشجيع استخدام هذا الوقود النظيف(portail, 2015) .

4- إستراتيجية التحول الطاقوي في الجزائر

نظرا لعامل نضوب الموارد الطاقوية الأحفورية، قررت الجزائر وضع إستراتيجية وطنية للفعالية الطاقوية من أجل ضمان توازن العرض والطلب والحفاظ على الاحتياط الوطني للمحروقات، ولهذا، يعتبر التخطيط على المدى البعيد أمرا ضروريا لوضع خطة عمل في هذا المجال، وعليه قامت الوكالة الوطنية لترقية استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها (APRUE) بدراسة مستقبلية حول الطلب النهائي للطاقة في الجزائر التي أفرزت عن وجود قدرة اقتصادية طاقوية تزيد عن 10 مليون طن مكافئ نفط في آفاق 2030، مستندة على منهج السيناريوهات لاستغلالها وإعداد إستراتيجية في هذا المجال، إضافة إلى ذلك، فإن مجموع الاقتصاد الطاقوي يزيد عن 90 مليون طن مكافئ نفط في آفاق 2030، متجاوزا إجمالي الإنتاج الوطني للمواد الغازية لسنة 2011 (غاز طبيعي وغاز البروبان المسال)، وهذا ما يعكس الأهمية البالغة لتنفيذ البرنامج الوطني للفعالية الطاقوية (TAEC، 2014، صفحة 28).

والآن سوف نقف عند البرنامج الوطني للتحكم في الطاقة (2007 - 2030)، ومضمون هذا البرنامج، وذلك كالتالي:

1-4- البرنامج الوطني للتحكم في الطاقة (2007 - 2030)

يحدد القانون 09-99 المؤرخ بتاريخ 28 يوليو 1999 المتعلق بالتحكم في الطاقة شروط ووسائل تأطير تنفيذ السياسة الوطنية لترشيد استهلاك الطاقة، ولتحقيق هذه السياسة تم الاعتماد على (TAEC، 2014، صفحة 28):

- الوكالة الوطنية من أجل تطوير و ترشيد استهلاك الطاقة APRUE
- الصندوق الوطني للتحكم في الطاقة FNME
- البرنامج الوطني لترشيد الطاقة PNME
- اللجنة المشتركة بين القطاعات لترشيد استهلاك الطاقة CIME

تم تحديد البرنامج الوطني لترشيد استهلاك الطاقة PNME، بموجب المرسوم التنفيذي المؤرخ في2004 ، والمصادق عليه من قبل الحكومة، حيث تسهر وكالة APRUE على تنفيذ هذا البرنامج، تحت رعاية وزارة الطاقة والمناجم، والذي يتم من خلاله (كعوان، 2016، صفحة 223):

- تحديد إطار و آفاق ترشيد الطاقة.
- تقييم إمكانيات التحكم في الطاقة.
- الانجازات المحتمل تحقيقها على المدى القصير، المتوسط وكذا الطويل.

وبشكل عام، فإن تمويل الفعالية الطاقوية يعتمد على الصندوق الوطني للتحكم في الطاقة FNME من خلال مختلف الآليات التمويلية المناسبة خاصة:

- الإعانات.
- القرض المدعم.
- القرض الضريبي.
- المنح المشجعة

وتم تحديد البرنامج الوطني لترشيد الطاقة PNME حسب نوعية المواد الطاقوية (مواد بترولية، كهرباء)، ومجالات الاستعمال (إنارة ، تدفئة) ، وكذا ميادين الاستخدام المختلفة (صناعة، زراعة...).

وجهت الدولة أعمالها وإستراتيجيتها من خلال تكليف القطاعات الناشطة، القطاع السكني، الخدمات، الجماعات المحلية، قطاع الصناعة ،وكذا النقل إلى تحقيق ما يلي (TAEC، 2014، صفحة 29):

- إعلام و توعية المستهلك بأهمية التحكم في الطاقة؛
- تكوين وتدريب مهندسي المؤسسات الصناعية في مجالات إدارة الطاقة وإجراء تدقيقات طاقوية؛
- إجراء الدراسات الشاملة والقطاعية لتقييم إمكانية الاقتصاد في الطاقة؛
- إجراء دراسات ميدانية وتطوير أشكال جديدة للطاقة والتكنولوجيات الفعالة؛
- إجراء فحوص طاقوية في الوحدات الصناعية ذات الاستهلاك المرتفع من الطاقة (خاصة فيما يتعلق بالوحدات المصنعة لمواد البناء)؛
- دراسة مجالات توزيع استهلاك الطاقة ومختلف استخداماتها؛
- إدراج معايير طاقوية ناجعة في البنايات الجديدة والآلات والأجهزة التي تعمل بالطاقة؛
- تعليم و تكوين المستعملين في ميدان الاقتصاد الطاقوي؛
- إقامة الإستراتجية الوطنية للفعالية الطاقوية على برنامج وطني من اجل التحكم في الطاقة؛
- منح امتيازات مالية، جبائية وفي مجال حقوق الجمركة لفائدة الأعمال والمشاريع التي تساهم في التنمية والفعالية الطاقوية؛
- تطوير بنك للمعطيات الإحصائية حول الطاقة قصد إتمام معرفة النظام الوطني للاستهلاك الطاقوي؛
- تنظيم، تنشيط وتنسيق تنفيذ برامج وأنشطة التحكم الطاقوي.

4-2- مضمون البرنامج الوطني لترشيد استهلاك الطاقة

يمكن تلخيص مضمون البرنامج الوطني لترشيد استهلاك الطاقة في (كعوان، 2016، صفحة 225):

- في سنة 2030، وانطلاقا من سيناريو "أتركه يفعل" (سيناريو العمل كالمعتاد)، فإن استهلاك الطاقة في هذه القطاعات الخمس(الصناعة، السكن، الخدمات، النقل والزراعة)، سيصل إلى حوالي 66.42 مليون طن مكافئ نفط (أي ما يعادل نسبة نمو سنوي متوسط 4,7% بين سنتي 2011 و2030).

- وبالمقابل، إذا كانت هناك إرادة سياسية للتحكم في الطاقة (سيناريو إيرادي/سيناريو الأساس)، فان استهلاك هذه الأخيرة لن يتجاوز 56,4% مليون طن مكافئ نفط، أي انخفاض النمو بنسبة 15% مقارنة مع سيناريو "أتركه يفعل" (سيناريو العمل كالمعتاد) ، أي ما يعادل نسبة نمو سنوي متوسط 3,8% ما بين 2011 و2030.

كما سمحت الأعمال الإستشرافية بإنشاء سياسة التحكم في الطاقة ووضع إجراءات على المدى البعيد (2030) المعبر عنها في برامج ذات المدى المتوسط والقصير، والمتمحورة حول البرنامج الوطني للتحكم في الطاقة، كالتالي (TAEC، 2014، صفحة 32):

4-2-1- على المدى القريب (2011- 2013)

تم إطلاق مشاريع واقعية وطموحة في المرحلة الأولى للبرنامج الوطني للفعالية الطاقوية، وكان من المتوقع أن ترتفع في المراحل القادمة، وقد مكنت تلك المدة (2011 -2013) من خلال مختلف الإجراءات الحكومية المعتمد عليها من وضع إطار لتطبيق الفعالية الطاقوية ورفع قدرة التحكم في الطاقة وتحديد أهدافها ومختلف المشاريع الواجب الأخذ بها في هذا الإطار، من تحقيق ما يلي:

- العزل الحراري لحوالي 11000 مسكن.
- تركيب 4000 متر مكعب من سخان الماء الشمسي .
- توزيع 750 ألف مصباح اقتصادي و50 ألف مصباح الصوديوم.
- تحويل حوالي 12 ألف سيارة تسير بغاز البترول المسال.

4-2-2- المخطط على المدى المتوسط (2020)

- المباني (المنازل و الخدمات)

- العزل الحراري لحوالي 11000 مسكن جديد و20000 للبنايات القائمة.
- تركيب 150000 متر مكعب من سخان الماء الشمسي.
- توزيع 10 مليون مصباح اقتصادي ومنع تسويق المصابيح ذات التوهج سنة 2020.
- تعويض كافة المصابيح الزئبقية الموجودة المخصصة للإنارة العمومية بمصابيح الصوديوم الفائقة الضغط.

- الصناعة:

- إلزامية تنفيذ توصيات التدقيق.
- إدراج التكنولوجيا الفعالة ذات المستوى العالي.

النقل:

- تحويل % 20 من حظيرة السيارات إلى الغاز البترول المسال كوقود.
- استعمال الحافلات التي تسير بالغاز الطبيعي المضغوط في المدن الكبرى.

4-2-3- المخطط على المدى البعيد (2030)

امتدت الدراسة الإستشرافية لطلبات الطاقة النهائية في آفاق 2030 (حسب سيناريو أتركه يفعل "سيناريو العمل كالمعتاد" والسيناريو الإيرادي"سيناريو الأساس") على المدى البعيد، وذلك للتأكيد على أهمية اتخاذ الإجراءات على المستوى العالمي، من خلال:

- تعزيز الأنظمة القانونية حول التحكم في الطاقة؛
- ترقية الإنتاج المحلي للصناعات التي تنشط في مجال الفعالية الطاقوية (المصباح الاقتصادي، سخان الماء الشمسي، مواد العزل الحراري)؛
- وضع تدابير الرقابة حول الفعالية الطاقوية؛
- منع التكنولوجيات المستهلكة للطاقة مثل:
- مصابيح ذات الاستهلاك العالي للطاقة ابتداء من 2020؛
- الأجهزة الكهرومنزلية حسب نظام التأشير الاستهلاكي الطاقوي.

5. الخاتمة.

بالرغم من وجود احتياطيات كبيرة مؤكدة من الطاقة الشمسية وغاز البترول المميع في الجزائر، إلا أن هناك مشكلات فنية، خاصة في مجال استغلال غاز البترول المميع، تجعل استغلال تلك الاحتياطات أمرا مكلفا، ما لم تستفد من التجارب الدولية في مجال الاستغلال والإنتاج، كما إن إدراك نتائج استغلال وإنتاج الطاقة الشمسية وغاز البترول المميع في الجزائر، وتأثيراتها على إنتاج الغاز الطبيعي والبترول، يتطلب وقتا طويلا، ضف إلى ذلك ارتفاع تكاليف إنتاج الطاقة الشمسية، مقارنة بإنتاج الغاز الطبيعي، وستواجه الجزائر حتما تحديات كبيرة في مجال التكاليف الناتجة عن التحول نحو استغلال الطاقة الشمسية وغاز البترول المميع، نظرا لأن العائدات الاقتصادية ستكون ضعيفة في البداية، وبذلك ينبغي على الجزائر على غرار البلدان الرائدة في مجال التحول الطاقوي، منح الوقت والتريث للتحكم في التكنولوجيات واكتساب التقنيات والخبرات اللازمة التي من شأنها تساهم في الوصول إلى المرحلة التجارية.

ومن خلال دراستنا توصلنا إلى النتائج التالية :

- بالنظر إلى إمكانيات الجزائر في مجال الطاقة البديلة، فإنها تملك إمكانيات كبيرة، خاصة في مجال الطاقة الشمسية وغاز البترول المميع.
- رغم وجود احتياطات كبيرة من الطاقة الشمسية، وإمكانية استغلالها، فإنه لن يخفض بشكل ملحوظ اعتمادها على استغلال الغاز الطبيعي والبترول.
- استغلال الطاقة الشمسية في الجزائر، لم يتطور بشكل سريع، ومن المرجح استمراره بنفس الوتيرة خلال السنوات القادمة.
- يدعم إنتاج واستغلال غاز البترول المميع في الجزائر مع البنية الأساسية الموجودة للغاز الطبيعي إمكانية زيادة تصدير الغاز الطبيعي.
- استغلال غاز البترول المميع في المركبات في الجزائر، لم يتطور بشكل سريع، ومن المرجح قيام الدولة الجزائرية بتدعيم وتشجيع المواطنين للتوجه نحو تركيب صهاريج الغاز في مركباتهم.
- لم يتم تحقيق نتائج مرضية في مجال إنتاج الطاقة الشمسية و وغاز البترول المميع في الجزائر، خاصة من الناحية التجارية.
- رغم وجود احتياطات كبيرة من الغاز في الجزائر، وإمكانية استغلالها، فإنه لن يخفض بشكل ملحوظ اعتمادها على استغلال البنزين والغاز.

ومن أهم التوصيات والاقتراحات التي خرجنا بها من دراستنا هذه ما يلي:

- لعل الخطوة الأولى في أي تطلع وتوجه نحو المستقبل في مجال الطاقة، تكمن في الاستخدام الرشيد لمصادر الطاقة، بما يشمل البحث عن مصادر طاقوية بديلة في صورة الطاقة الشمسية وغاز البترول المميع.
- يتعين على الحكومة الجزائرية زيادة الإنفاق على البحث والتطوير وتقديم المعلومات في مجال الطاقة، ودعم الإنفاق من خلال علاقات شراكة، على المستويين المحلي والدولي.
- ضرورة البدء في عمليات البحث والاستغلال، باستعمال أحدث التقنيات والوسائل المستعملة، والتي من شأنها أن تكون أكثر كفاءة من الناحية الاقتصادية والإيكولوجية (ضرورة الاستفادة من التجارب الناجحة).
- تشجيع التبادل العلمي والمشورة العلمية بين الجزائر والدول الرائدة في مجال الانتقال الطاقوي، عن طريق عقد الندوات واللقاءات الدورية، وتحديث الدراسات في مجال استغلال الطاقة الشمسية وغاز البترول المميع في الجزائر.

قائمة المراجع:

- عبد الرؤوف رهبان، الأهمية النسبية النوعية لموارد الطاقة، (دراسة في جغرافية الطاقة)، مجلة جامعة دمشق–المجلد- 27 العدد الأول والثاني، سوريا، 2011،
- سنوسي بن عبو، سعيدة طيب، إستراتيجية التحول الطاقوي وفق برنامج الطاقات المتجددة 2030، مجلة مدارات سياسية، المجلد2، العدد 7، ديسمبر 2018،
- اقتصاد الطاقة، المعرفة، على الموقع: www.marefa.org ، تاريخ الاطلاع: 2018/07/20.
- عاهد الخطيب، مبادئ تحويل الطاقة. دار الشروق للنشر والتوزيع، ط1، بيروت، لبنان، 1989،
- سنوسي بن عبو، سعيدة طيب، إستراتيجية التحول الطاقوي وفق برنامج الطاقات المتجددة 2030، مجلة مدارات سياسية، المجلد2، العدد 7، ديسمبر 2018،
- الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، التحول في نظام الطاقة العالمي، خارطة طريق لعام 2018،2050،
- ليلى لعجال، الانتقال نحو الطاقة المتجددة كمقاربة لتحقيق الأمن الطاقوي بالجزائر، المجلة الجزائرية للأمن والتنمية، الجلد 09، العدد16، جانفي 2020،
- سنوسي بن عبو، سعيدة طيب، إستراتيجية التحول الطاقوي وفق برنامج الطاقات المتجددة 2030، مجلة مدارات سياسية، المجلد2، العدد 7، ديسمبر 2018،
- دعاس خليل، عبدات عبد الوهاب، التحول الطاقوي في الجزائر(واقع ورهانات)، مجلة اقتصاد المال والأعمال، المجلد6، العدد2،
- الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، التحول في نظام الطاقة العالمي، خارطة طريق لعام2050، 2018،

- حليمة حوالف، أهمية الطاقة المتجددة في حماية البيئة وانعكاساتها على الاقتصاد. المجلة الجزائرية للقانون المقارن، المجلد 1، العدد2،

- علي عبد الله العرادي، ملف حول التنمية المستدامة (المتجددة)، دراسات وقوانين، مجلس الشورى، 30 جانفي (يناير) 2012،

- سمير سعدون مصطفى، بلال عبد الله ناصر، محمود خضر سلمان. الطاقة البديلة مصادرها واستخداماتها. دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، ط1، عمان، الأردن، 2011،

- عبد علي الخفاف، ثعبان كاظم خضير، الطاقة وتلويث البيئة. دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، ط1، عمان، الأردن، 2007،

- إبراهيم عبد الله عبد الرؤوف محمد، الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة حالة الطاقة الشمسية، مجلة البحوث القانونية والاقتصادية، العدد54، أكتوبر 2013،

- عبد علي الخفاف، ثعبان كاظم خضير، الطاقة وتلويث البيئة. دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، ط1، عمان، الأردن، 2007،

- إبراهيم عبد الله عبد الرؤوف محمد، الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة حالة الطاقة الشمسية، مجلة البحوث القانونية والاقتصادية، العدد54، أكتوبر 2013،

- مؤتمر الطاقة العربي العاشر(TAEC)، الطاقة والتعاون العربي، أبوظبي، الورقة القطرية الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية،

- تكواشت عماد، واقع وآفاق الطاقة المتجددة ودورها في التنمية المستدامة في الجزائر، رسالة ماجستير في العلوم الاقتصادية، 2012، جامعة الحاج لخضر، باتنة، الجزائر،

- ministre de l'énergie et des mines, guide des énergies renouvelables, édition 2007, p13.24

- سيبل راكيل إرسوي، جوليا تيرابون بفاف، التحول المستدام لنظام الطاقة الجزائري، دراسة 2021.

- بيتر ميسين ليزلي هنتر، الشرق الأوسط واستراتيجيات الطاقة المتجددة بدائل الطاقة النووية، المركز العربي للدراسات الإستراتيجية.

- حوار مع شكيب خليل، وزير الطاقة والمناجم، مجلة الحوادث، 2004.

- راتول محمد، مداحي محمد. صناعة الطاقات المتجددة بألمانيا وتوجه الجزائر لمشاريع الطاقة المتجددة كمرحلة لتأمين إمدادات الطاقة الأحفورية وحماية البيئة، حالة مشروع ديزرتاك."

- سيبل راكيل إرسوي، جوليا تيرابون بفاف، التحول المستدام لنظام الطاقة الجزائري، دراسة 2021.

- فهد التركي، بيير لاروج، مستقبل إنتاج النفط والغاز من المصادر غير التقليدية، جدوى الاستثمار، المملكة العربية السعودية، 2013.

- سليمان كعوان، دور الطاقات البديلة في تحقيق التنمية المستدامة في الجزائر، رسالة دكتوراه في العلوم الاقتصادية، جامعة باجي مختار- عنابة، 2016.

- محمد الكوخي، مستقبل الصراع على أسواق الطاقة بين النفط الخام والصخري، تقارير، مركز الجزيرة للدراسات، 2017.

- مؤتمر الطاقة العربي العاشر(TAEC)، الطاقة والتعاون العربي، أبوظبي، الورقة القطرية الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية.

37- مؤتمر الطاقة العربي العاشر(TAEC)، الطاقة والتعاون العربي، أبوظبي، الورقة القطرية الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، ص28.

- مؤتمر الطاقة العربي العاشر(TAEC)، الطاقة والتعاون العربي، أبوظبي، الورقة القطرية الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية.
- اهو سير غاز /ecologix-gpl.dz/ar
- ما المقصود بالغاز المميع ونوع التحول. almrsal.com/post/1056931 . أفريل 2021 .
- على الرابط: www.santekcng.com/index.php/ar/bilgi-makale-ve-yazilar/lpg.html
- خلدون كراز، السيارات العاملة على الغاز، مزايا تحويل السيارات للعمل على الغاز، وزارة النقل، سوريا، ص1. على الرابط: www.albahethon.com/?page=show_det&select_page=49&id=1566، تاريخ النشر: أوت 2012،تاريخ الاطلاع: 2016/05/28.
46- الغاز الطبيعي المسال ودوره في مواجهة الطلب العالمي على الطاقة، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)، الكويت، ديسمبر 2017.
- الإذاعة الوطنية الجزائرية، www.radioalgerie.dz/news/ar/article/20150608/43205.html، تاريخ النشر: 2015/06/08، تاريخ الاطلاع: 2016/02/24.
- ع. داود، نشر في الأمة العربية، 2010/06/12، www.djazairess.com/eloumma/12186، تاريخ الاطلاع: 2016/03/22.
- http://www.autobip.com/ar/je-roule-en-gpl-actualite-auto-algerie-d1393#.Vt26R33hAsY، نشر يوم : 23 مارس 2015، تاريخ الاطلاع: 2016/03/20.
- العيد غربي، عادل رضوان، محمد البشير بن عمر. التوجه الحكومي نحو الطاقة النظيفة لتحقيق التنمية المستدامة في
- مجلة التنمية الاقتصادية، جامعة الوادي، الجزائر، المجلد 6، العدد 2، GPLالجزائر –دراسة حالة غاز البترول المميع 2021. ص 263
- حماش وليد، طالبي رياض، التوجه نحو الطاقات النظيفة كخيار استراتيجي لتحقيق الاستدامة –دراسة حالة غاز البترول المميع في الجزائر، مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية، المجلد 12 العدد1، 2019.
- البوابة الجزائرية للطاقة المتجددة، توجه الجزائر نحو إدخال نظام تشغيل بالغاز المميع GPL في سيارات "ديازل، https://portail.cder.dz/ar/spip.php?article1699، تاريخ الاطلاع: 2016/03/22.

دور التحول الطاقوي في تحقيق التنمية الاقتصادية في الجزائر وآفاقه المستقبلية

The role of energy transition in achieving economic development in Algeria and its future prospects

ركي أحسن

عماري سمير

بوجعادة الياس

جامعة 20 اوت سكيكدة 1955

الملخص:

تتطرق هذه الورقة البحثية إلى دور التحول الطاقوي في تحقيق التنمية الاقتصادية في الجزائر وآفاقه المستقبلية، حيث يساهم التحول الطاقوي في الجزائر في تحقيق التنمية المستدامة من خلال تقليل الاعتماد على المحروقات، وتعزيز الأمن الطاقوي، وتنويع الاقتصاد، وخلق فرص عمل، واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي والمنهج التحليلي للوصول الى نتائج تعبر عن الظاهرو محل الدراسة ،وخلصت الدراسة الى أن الطاقة الشمسية، محركًا رئيسيًا لهذه الاستراتيجية التي تتطلب استثمارًا في التكنولوجيا والكوادر، وتنفيذ برنامج طموح لزيادة قدرات إنتاج الطاقة النظيفة .

الكلمات المفتاحية: الطاقة، التنمية المستدامة، التحول الطاقوي، الطاقات المتجددة،

Abstract:

This research paper examines the role of energy transition in achieving economic development in Algeria and its future prospects. Energy transition in Algeria contributes to achieving sustainable development by reducing dependence on hydrocarbons, enhancing energy security, diversifying the economy, and creating job opportunities. The study relied on descriptive and analytical approaches to arrive at results that reflect the phenomenon under study. The study concluded that solar energy is a key driver of this strategy, which requires investment in technology and human resources, and the implementation of an ambitious program to increase clean energy production capacity.

Keywords: Energy, Sustainable Development, Energy Transition, Renewable Energies,

المحور: المحور الثاني

دور التحول الطاقوي في تحقيق التنمية الاقتصادية في الجزائر وآفاقه المستقبلية

The role of energy transition in achieving economic development in Algeria and its future prospects

مقـــــــدمة:

ارتفع نمو استهلاك الطاقة الطاقة العالمي بنسبة 2 %في عام 2024، وهو معدل أسرع من المتوسط للفترة 210-2019، و لا يزال الوقود الأحفوري يمثل ركيزة أساسية حيث شكل 86%من مزيج الطاقة العالمي، لكن حصته بدأت في الانخفاض تدريجيًا وتواصل المصادر المتجددة النمو بوتيرة قياسية، مع مساهمات كبيرة من الطاقة الكهرومائية، والطاقة الشمسية، والرياح. وتجاوزت الكهرباء النظيفة 40%من إجمالي توليد الكهرباء العالمي في عام 2024، مدفوعًا بالنمو الاقتصادي القوي في دول البريكس (+43% من الاستهلاك العالمي)، ساهمت هذه الدول بشكل كبير في الزيادة الإجمالية في استهلاك الطاقة العالمي (Global Energy Review 2025, 2024).

ولعبت الطاقة المتجددة دورًا حيويًا في التنمية المستدامة في الجزائر من خلال توفير بديل نظيف للطاقة التقليدية، وتقليل الانبعاثات الكربونية، وتوفير فرص عمل، ودعم القطاعات الاقتصادية مثل الزراعة، والمساهمة في تحقيق الاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية .ورغم الجهود المبذولة في هذا المجال، إلا أن التحديات المتعلقة بالتكنولوجيا والاعتماد على الطاقة التقليدية تحد من تحقيق الإمكانيات الكاملة لها .ورغم الجهود المبذولة، إلا أن هناك فجوة بين الإمكانيات الهائلة للجزائر في مجال التحول الطاقوي وبين ما يتم تحقيقه فعليًا.

1: إشكالية الدراسة

تواجه الجزائر العديد من التحديات بخصوص الطاقة وكيفية تلبيتها على المستوى الداخلي والدولي لدى الزبائن التقليديين للمحروقات الجزائرية خاصة مع نمو سريع في الطلب الداخلي على الطاقة يقابله نمو غير مكافئ في زيادة الاحتياطيات من النفط والغاز. يضاف الى ذلك الالتزامات البيئية الدولية والتحولات الحاصلة في المزيج الطاقوي العالمي. مع الاعتماد التاريخي الكبير للجزائر على مصادر الطاقة التقليدية لتوفير الطاقة ومع توفر الجزائر على إمكانيات طاقوية كبيرة أخرى غير مستغلة يمكنها تنويع مصادر الطاقة من خلال رفع حصة الموارد المتجددة مثل الطاقة الشمسية والرياح في تحقيق التنمية المستدام .

على ضوء ما سبق نطرح الإشكالية التالية:

ما هو دور التحول الطاقوي في تحقيق التنمية الاقتصادية في الجزائر وآفاقه المستقبلية؟

2: الأسئـلة الفـرعية

يتفرع عن السؤال الرئيسي الأسئلة الفرعية التالية:

- هل توجد علاقة بين التحول في الطاقة الشمية والتنمية المستدامة في الجزائر؟
- هل توجد علاقة بين التحول في طاقة الرياح والتنمية المستدامة في الجزائر؟
- هل توجد علاقة بين.

3: فـرضيات الـدراسة: للإجابة على إشكالية الدراسة والتساؤلات الفرعية يمكن طرح الفرضيات التالية:

الفـرضية الـرئيسية:

توجد علاقة ايجابية بين دور التحول الطاقوي وتحقيق التنمية الاقتصادية في الجزائر حاليا ومستقبليا؟

الفـرضيات الفـرعـية:

الفـرضية الفرعـية الأولـى: توجد علاقة إيجابية بين التحول في الطاقة الشمية والتنمية المستدامة في الجزائر.

الفـرضية الفـرعـية الثـانية: توجد علاقة إيجابية بين التحول في طاقة الرياح والتنمية المستدامة في الجزائر.

4: أهـداف البحث:

- التعرف على اهم الطاقات المتجددة في الجزائر ودورها في تحقيق التنمية الاقتصادية
- تحديد دور التحول الطاقوي في تحقيق التنمية المستدامة في الجزائر والحفاظ على الطاقة الاحفورية.
- اقتراح بعض الحلول للتغلب على الصعوبات والعراقيل الموجودة في التحول الطاقوي في الجزائر.

5: أهمية الدراسة

من بين أهم المواضيع التي تحظى بالاهتمام في الوقت الحالي فهي تشكل محور هام في الأدبيات النظرية الاقتصادية، وذلك نظراً للمكانة التي تحتلها الطاقة المتجددة في عصرنا الحالي، فهي تعتبر مورداً استراتيجيا. بالإضافة إلى تحديد ومعرفة دورها في دعم الاقتصاد وتحقيق التنمية المستدامة، قصد تطوير وزيادة مساهمة القطاعات الانتاجية في زيادة العرض الكلي ما يقلل الاعتماد على الواردات الخارجية في ظل الارتفاع المتزايد للأسعار والسلع والخدمات المستوردة بفعل الأزمات المتتالية على الاقتصاد العالمي.

6: منهج الدراسة

اعتمد في هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي من خلال جمع البيانات والمعلومات محل الدراسة، ومن ثم تحليلها، للوصول الى معلومات وحقائق مرتبطة بواقع التحول الطاقوي ومدى مساهمتها في تحقيق التنمية المستدامة بالجزائر.

7: هيكل الدراسة: تم تقسيم الدراسة إلى المحاور الآتية:

- خلفية نظرية عن التحول الطاقوي .
- دور التحول الطاقوي في التنمية المستدامة بالجزائر
- الحلول المقترحة للتغلب على الصعوبات والعراقيل للتحول الطاقوي

1- خلفية نظرية عن التحول الطاقوي:

1-1- تعريف التحول الطاقوي:

هو عملية انتقال جوهرية في نظام إنتاج الطاقة واستهلاكها، تهدف إلى تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري والانتقال إلى مصادر طاقة نظيفة ومتجددة مثل الطاقة الشمسية والرياح والطاقة المائية .يُعد هذا التحول ضروريًا لمواجهة تغير المناخ الناتج عن انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتحقيق الأمن الطاقوي والتنمية المستدامة .

كذلك يعرّفه سميل سنة SMIL 2010 ، بأنه " تغيير في تركيبة عرض الطاقة الأولية، بالانتقال التدريجي من نموذج معين للإمدادات إلى حالة جديد للنظام الطاقوي. وتعرف الوكالة الدولية للطاقات المتجددة IRENAالانتقال الطاقوي على أنه " تحول لقطاع الطاقة العالمي القائم على الطاقة الأحفورية إلى قطاع طاقة خالٍ من الكربون بحلول عام 2050 ، مع الحرص على تعزيز التنمية الاجتماعية والاقتصادية الشاملة."

1-2- أهداف التحول الطاقوي:

- **نقل التكنولوجيا الحديثة :**تطوير تقنيات جديدة مثل تخزين الطاقة، والمركبات الكهربائية، والهيدروجين الأخضر
- تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري عبر الانتقال إلى مصادر طاقة أنظف مثل الشمس والرياح والمياه.
- توفير الطاقة: تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في مختلف القطاعات (الصناعة، والنقل، والمباني) لتقليل الضغط على الموارد المتاحة.

- تعزيز الأمن الطاقوي: تقليل الاعتماد على استيراد الوقود الأحفوري وتنويع مصادر الطاقة، مما يزيد من استقرار إمدادات الطاقة ويقلل من تقلبات الأسعار.
- تحقيق التنمية المستدامة: ضمان توفر الطاقة بتكاليف معقولة للأجيال الحالية والمستقبلية، مع الحفاظ على الموارد الطبيعية والبيئة.
- تنمية اقتصادية: خلق فرص عمل جديدة في قطاع الطاقة المتجددة، وتحسين القدرة التنافسية للاقتصاد من خلال خفض تكاليف الإنتاج المرتبطة بالطاقة.
- تحسين الصحة العامة: تقليل التلوث الناتج عن الوقود الأحفوري، مما ينعكس إيجاباً على صحة الإنسان. .

3-1- دور التحول الطاقوي في تحقيق التنمية المستدامة:

يتمثل أهم دور للتحول الطاقوي فيما يلي:

- **تقليل التبعية للمحروقات :**يهدف الانتقال الطاقوي إلى تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، وهو ما يوفر استقرارًا اقتصاديًا على المدى الطويل .
- **تعزيز الأمن الطاقوي :**من خلال تنويع مصادر الطاقة، تضمن الجزائر إمداداتها وتستعد لمرحلة ما بعد النفط .
- **تنويع الاقتصاد :**يوفر التحول الطاقوي فرصة لتنويع مصادر الدخل بعيدًا عن صادرات النفط والغاز التقليدية .
- **حماية البيئة :**يقلل الاعتماد على الطاقة المتجددة من الانبعاثات الكربونية، مما يساهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة والحفاظ على البيئة .
- **خلق فرص عمل :**يمكن أن يخلق قطاع الطاقة المتجددة فرص عمل جديدة في مجالات التصنيع والتركيب والصيانة .

2- دور التحول الطاقوي في التنمية المستدامة بالجزائر

أظهر تقرير الطاقة العالمي لعام 2025 نمو استهلاك الطاقة بمعدل متسارع في عام 2024، يرجع بشكل أساسي بالطلب على الكهرباء .كما شهدت المصادر المتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، نموًا كبيرًا في توليد الكهرباء، حيث تجاوزت الكهرباء النظيفة 40% من إجمالي توليد الكهرباء في عام 2024، لكن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قطاع الطاقة سجلت مستوى قياسياً جديداً (Global Electricity Review, 2025) .

2-1- الطاقة الشمية والتنمية المستدامة في الجزائر.

تتمتع الجزائر بإمكانات هائلة في إنتاج الطاقة الشمسية، حيث تتجاوز ساعات سطوع الشمس 2000 ساعة سنويًا .وتستند استراتيجية البلاد إلى تحقيق هدف إنتاج 22,000 ميجاوات من الطاقة المتجددة بحلول عام 2030، مع التركيز على الطاقة الشمسية الكهروضوئية. بينما لا تتوفر أرقام دقيقة حديثة جدًا عن الاستهلاك المحلي، فإن معظم الإنتاج المخطط له يهدف إلى تغطية الاحتياجات المحلية، مع جزء مخصص للتصدير. (الحرة، 2024).والجدول التالي يوضح ذلك

بعض من المحطات الشمسية المنجزة لسنة2024

اسم المحطة	ولاية	السعة بالميجاوات	المساحة بالهكتار
محطة الجلفة	الجلفة	20+33	40+70
محطة الأغواط	الأغواط	20+40	40+80
محطة عين الملح	المسيلة	20	40
محطة الحجيرة	ورقلة	30	60
محطة البيض	البيض	20	40
محطة المغير	الواد	28	59
محطة عين البيضة	أم البواقي	27	54
محطة عين البل	الجلفة	26	52
محطة بشار	بشار	26	52
محطة تسمسيلت	تسمسيلت	26	52
محطة سعيدة	سعيدة	25	50
محطة النعامة	النعامة	25	50
محطة بسكرة	بسكرة	25	50
محطة تقرت	تقرت	23	46
محطة عين الملح	المسيلة	20	44
محطة تندوف	تندوف	20	40
محطة مشرية	النعامة	20	40
محطة تيارت	تيارت	20	40
محطة غرداية	غرداية	20	40
محطة الواد	لواد	18	36
محطة أفلو	الأغواط	16	32
محطة اولاد جلال	بسكرة	10	20
محطة العبادلة	بشار	9	18
محطة الايض سيد الشيخ	البيض	8	16
محطة عين الصفرة	النعامة	8	16
محطة حاسي الرمل	الأغواط	150	130

المصدر: الموسوعة الحرة، ويكيبديا، https://ar.wikipedia.org 25/10/ 2025

يهدف البرنامج الوطني للطاقات المتجددة إلى إضافة 12 جيجاوات من الطاقة المتجددة إلى الشبكة بحلول عام 2030.مع توجيه الاستهلاك المحلي وخصيص جزء للتصديرفالتطورات المستقبلية تتطلع لتطوير أنواع الوقود البديلة مثل «Dual Fuel» و«CNG»، وتطوير أنواع جديدة من المركبات الكهربائية لتشمل أسواقًا جديد. (قائمة محطات توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية في الجزائر، 2024)

وبخصوص صناعة الألواح يوجد حاليًا 3 مصانع لإنتاج الألواح الشمسية في الجزائر، بقدرة إنتاجية تبلغ 150 ميجاوات سنويًا. بينما واردات الألواح في عام 2024، سجلت الجزائر أعلى معدل شهري في وارداتها من الألواح الشمسية الصينية في شهر ديسمبر. (عمار، 2025)

فبيئيًا تُعد الطاقة الشمسية مصدر طاقة نظيفًا يساهم في مكافحة تغير المناخ عن طريق تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراريمع حماية البيئة من التلوث المرتبط بالطاقة التقليديةو**اقتصاديًا** ساهم في تنويع الاقتصاد الجزائري وتقليل الاعتماد على النفط والغاز كمصادر رئيسية للدخل. مع تُقليل من تكاليف استهلاك الطاقة على المدى الطويل وتوفر فرص عمل جديدة في مجالات التصنيع والتركيب والصيانة وتُعتبر استثمارًا استراتيجيًا لدعم التنمية الاقتصادية.

ومن الناحية الاجتماعية تُستخدم في تحسين حياة سكان المناطق الريفية من خلال توفير مصدر طاقة مستقر وموثوق به. مع تدعيم القطاع الزراعي من خلال توفير الطاقة اللازمة للري والعمليات الزراعية الأخرى، مما يساهم في تطويره. (أمينة، 2022)

التحديات التي تواجه استغلال الطاقة الشمسية:

تواجه الطاقة الشمسية في الجزائر تحديات رئيسية تشمل ارتفاع التكلفة الأولية، نقص البنية التحتية اللازمة لنقل الطاقة لمسافات طويلة، وتزايد الحاجة للصيانة والدعم الفني. بالإضافة إلى ذلك، تؤثر الظروف المناخية مثل الغبار والرمال وتحديات دمج الشبكات على كفاءة المشاريع وقابليتها للتنافس تجارياً، مما يجعل التكلفة أعلى من المتوسط العالمي.

- **التكلفة الأولية المرتفعة :**تظل تكلفة تركيب وتشغيل أنظمة الطاقة الشمسية مرتفعة، مما يجعل المنافسة التجارية صعبة مقارنة بالبدائل.
- **مشاكل البنية التحتية ونقل الطاقة :**تقع مراكز الطلب الرئيسية على الطاقة في الشمال الكثيف بالسكان، بينما تقع مصادر الإمداد الشمسية الوافرة في الصحراء الجنوبية الشاسعة، مما يتطلب بنية تحتية متطورة لنقل الطاقة لمسافات طويلة. (خيرجة، 2014)

- **الظروف المناخية وتأثيرها على الكفاءة :**تتطلب المناطق الصحراوية ظروفًا خاصة، حيث يؤثر الغبار والرمال ودرجات الحرارة العالية على كفاءة الألواح الشمسية ويتطلب صيانة متكررة.
- **نقص الدعم الفني والصيانة :**هناك حاجة لتعزيز خدمات الصيانة والدعم الفني المتخصصة لمواجهة التحديات التقنية وضمان استمرارية عمل الأنظمة.
- **تحديات دمج الشبكة :**دمج الطاقة الشمسية مع شبكة الكهرباء الحالية يواجه تحديات تقنية لضمان استقرار الشبكة واستمرار إمدادات الطاقة .(Selmi، 2022).

- الحاجة إلى التحكم الكامل في التكنولوجيا المتقدمة اللازمة لإنشاء وتطوير محطات الطاقة الشمسية .

2-2- دور طاقة الرياح في التنمية المستدامة في الجزائر

إن إنتاج الجزائر من طاقة الرياح منخفض جدًا 10ميغاواط مقارنة بالإمكانات الكبيرة، خاصة في المناطق الصحراوية والساحلية التي تتيح إمكانات تقنية لإنتاج 172 تيراواط/ساعة سنويًا. خاصة في الجنوب الغربي (أدرار) حيث تتجاوز سرعة الرياح 4م/ث. قابلة للاستغلال وهذا راجع لاعتماد الجزائر بشكل رئيسي على الغاز الطبيعي في توليد الكهرباء (حوالي في عام 98.5 % من عام2021 . (أبووردة، 2025)

تعتمد الجزائر على طاقة الرياح كركيزة أساسية في برنامجها للتحول الطاقوي، الذي يهدف إلى تحقيق التنمية المستدامة، وتخفيض الاعتماد على المحروقات، وخلق فرص عمل جديدة . تسعى إلى الاستفادة من الإمكانات الهائلة لطاقة الرياح في مختلف مناطق البلاد، بما في ذلك المناطق الساحلية والصحراوية، عبر استراتيجية تركز على الاستثمار في مشاريع طاقة الرياح لضمان أمن الطاقة وخلق اقتصاد أخضر ومستدام لما يلي:

- الإمكانات الهائلة حيث تمتلك الجزائر إمكانات كبيرة في طاقة الرياح، خاصة في المناطق الصحراوية مثل أدرار وتمنراست، بالإضافة إلى المناطق الساحلية.
- وضعت الجزائر برنامجًا طموحًا لتطوير الطاقات المتجددة، يتضمن بناء مزارع رياح في مناطق مختلفة لتلبية جزء كبير من احتياجات البلاد من الطاقة.

- تسعى الجزائر إلى عقد شراكات مع دول أخرى لتبادل الخبرات وتطوير مشاريع مشتركة في مجال الطاقة المتجددة، مما يساعدها على تسريع عملية التحول الطاقوي.
- تنويع مصادر الطاقة حيث تسعى لتقليل اعتمادها على مصادر الطاقة التقليدية مثل النفط والغاز، واستخدام طاقة الرياح كمصدر بديل مستدام لضمان أمن الطاقة على المدى الطويل.
- تحقيق التنمية الاقتصادية حيث يساهم الاستثمار في مشاريع طاقة الرياح في خلق فرص عمل جديدة في مجالات التصنيع، التركيب، الصيانة، والبحث العلمي، مما يدعم النمو الاقتصادي.
- حماية البيئة حيث تُعد طاقة الرياح طاقة نظيفة وصديقة للبيئة، وهي تساهم في خفض انبعاثات الغازات الدفيئة وتقليل التلوث، مما يساعد في تحقيق أهداف التنمية المستدامة ومكافحة التغير المناخي.
- توفير الطاقة للمناطق النائية حيث يمكن استخدام مزارع الرياح في المناطق النائية لتزويد السكان والمشاريع الاقتصادية بالكهرباء، مما يحسن من مستويات المعيشة ويساهم في الحد من الفقر .(قادة، 2024)

3- التحديات والآفاق المستقبلية وآليات التحول الطاقوي:

3-1- التحديات والعراقيل :

بالرغم من الإمكانيات الهائلة، تواجه الجزائر تحديات تتمثل فيما يلي:

- نقص الكفاءات والخبرات في مجال الطاقة المتجددة،
- غياب استراتيجية واضحة المعالم للتنفيذ والتقييم .
- ضعف معدلات التنفيذ مقارنة بالأهداف الموضوعة، وحاجة إلى تجاوز العقبات التي تحول دون التطبيق الفعال.

وتتمثل الاهداف الرئيسية فيما يلي:

- زيادة الطاقة المتجددة بتحقيق نسبة 37% من القدرة المركبة في إنتاج الكهرباء من مصادر متجددة بحلول عام 2030، مع التركيز على الطاقة الشمسية والرياح.

- تحسين كفاءة الطاقة في خفض استهلاك الطاقة بنسبة 10% بحلول عام 2021 في قطاعي النقل والسكن.
- تنويع الاقتصاد بالانتقال إلى اقتصاد أقل اعتمادًا على المحروقات من خلال استغلال الإمكانات الهائلة للطاقات المتجددة.
- تحقيق الأمن الطاقوي وذلك بتأمين مصادر طاقة مستدامة لضمان استمرارية تلبية الطلب المحلي المتزايد.
- الحفاظ على البيئة بتقليل الانبعاثات الضارة من الطاقة الأحفورية وتلبية الالتزامات الدولية المتعلقة بالمناخ .

2-3-آليات وآفاق التحول الطاقوي:

تتمثل آفاق التحول الطاقوي في الجزائر في زيادة استخدام الطاقات المتجددة لتنويع مزيج الطاقة وتقليل الاعتماد على المحروقات، مع التركيز على تحقيق أهداف مثل توليد 37% من قدرة الإنتاج الكهربائي من مصادر متجددة بحلول عام 2030. تشمل الاستراتيجيات الرئيسية تطوير الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وتحسين كفاءة الطاقة في المباني والنقل، بالإضافة إلى مواجهة التحديات المتعلقة بتطبيق الاستراتيجية والتوصل إلى تحقيق الأهداف المحددة .وتتمثل آليات التحول فيما يلي:

- بالنسبة الى الطاقة المتجددة تتمثل في إطلاق مشاريع لتوليد الكهرباء من الرياح، والحرارة الجوفية، والكتلة الحيوية، مع استغلال الإمكانات الكبيرة للطاقة الشمسية في البلاد.
- ترشيد الاستهلاك وذلك عن طريق نشر سخانات المياه بالطاقة الشمسية، وتحسين العزل الحراري للمباني، وتعميم استخدام مصابيح LED الموفرة للطاقة في المنازل.
- فيما يخص النقل والمواصلات يتمثل التحول التدريجي نحو استخدام الغاز الطبيعي المسال (GPL)في السيارات، وإدخال أنواع وقود بديلة أخرى مثل Dual Fuel وCNG ، وتطوير المركبات الكهربائية. (حساني، 2025)
- التدريب والبحث **:**إنشاء المدرسة الوطنية للطاقات المتجددة لتأهيل الكفاءات والموارد البشرية اللازمة لهذا القطاع .

- الآفاق الواعدة تتمثل في نشر التوجه نحو طاقة الرياح بمستقبل واعد للجزائر في مجال الطاقة، ويضعها في مصاف الدول الرائدة في مجال الطاقة المتجددة، مما يضمن لها أمنها الطاقوي ويساهم في تحقيق التنمية المستدامة. (حساني، 2025)

الخاتمة:

يُمثل التحول الطاقوي فرصة حتمية للجزائر لتحقيق التنمية المستدامة، ولكنه يتطلب تجاوز العقبات الموجودة من خلال تعزيز الإرادة السياسية، وتوفير التمويل اللازم، وتطوير الموارد البشرية، وتطبيق استراتيجية واضحة ومتابعة فعالة .

وتتمثل آفاق التحول في الفرصة لتجاوز التحديات وتحويلها إلى نقاط قوة، والاستفادة من الميزات الاقتصادية والظروف المواتية لتحقيق تحول سلس نحو مصادر الطاقة الجديدة، مما يساهم في تنمية مستدامة وتنويع مصادر الدخل.

النتائج:

تتمثل أهم النتائج فيما يلي:

- قدرة الجزائر الهائلة على استغلال الطاقة الشمسية (بسبب سطوع الشمس العالي) وامتلاكها لمشاريع كبيرة للطاقة المتجددة، مع التركيز على الطاقة الشمسية والرياح. وتتضمن التحديات الرئيسية درجة الحرارة المرتفعة والعواصف الرملية، وتستهدف الخطط المستقبلية زيادة الاعتماد على الطاقات المتجددة للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة .
- تحديات التكلفة فقد تواجه الجزائر تحديات تتعلق بالتكلفة الاستثمارية الأولية العالية لمشاريع طاقة الرياح.
- يظل الانتاج المحلي ضعيف للغاية مقارنة بالإمكانيات الهائلة المتوفرة من لطاقات المتجددة.
- نقص الخبرة وتطبيق عنصر التكنولوجيا في تحقيق تنوع طاقوي يضمن الاستدامة الفعلية للاجيال المقبلة وللمشاريع المنجزة.

التوصيات:

- تسعى الجزائر للتغلب على تحديات التكلفة للتحول الطاقوي من خلال الشراكات الدولية وتشجيع الاستثمارات المحلية. من خلال تركيز الجزائر على تطوير التكنولوجيا المستخدمة في طاقة الرياح، بما في ذلك تطوير مزارع رياح ذكية وصديقة للبيئة.
- مواجهة تغير المناخ بالحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري.

- تحقيق الأمن الطاقوي بتنويع مصادر الطاقة لتقليل الاعتماد على النفط والغاز وتأمين إمدادات طاقة مستقرة.
- تحقيق التنمية المستدامة لضمان رفاهية الأجيال الحالية والمستقبلية من خلال استخدام طاقة نظيفة ومستدامة.
- تعزيز الاقتصاد بخلق فرص عمل جديدة في قطاع الطاقة المتجددة وتطوير اقتصاد متنوع. بالانتقال إلى استخدام الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة المائية، والطاقة الحرارية الجوفية.
- تحسين كفاءة ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في القطاعات المختلفة.
- الاستثمار في التكنولوجيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة إنتاج وتوزيع الطاقة.

المراجع:

Bibliographie

2025, Global Electricity Review. (2025, apr 08). *https://ember-energy.org/latest-insights/global-electricity-review-2025/#:~:text=Share%20of%20global.*

Global Energy Review 2025. (2024). *Electricity demand growth surged in 2024.* Récupéré sur https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/electricity.

Selmi, O. (2022, 10 05). *تحدّيات الانتقال الطاقي في البلدان المُعتمدة على النفط* Récupéré sur https://www.tni.org/ar/article/the-challenges-of-the-energy-transition-in-fossil-fuel-exporting-countries.

أبووردة, س. (2025, 01 19). *أهم مشروعات الطاقة المتجددة في الجزائر!* Récupéré sur https://attaqa.net/2025/01/19/.

الحرة, و. ا. (2024, 29 يوليو). *قائمة محطات توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية في الجزائر* Récupéré sur https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%82%D8%A7%D8%A6%D9%85%D8%A9_%D9%85%D8%AD%D8%B7%D8%A7%D8%AA_%D8%AA%D9%88%D9%84%D9%8A%D8%AF_%D8%A7%D9%84%D9%83%D9%87%D8%B1%D8%A8%D8%A7%D8%A1_%D8%A8%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D8%B4%D9%85%D8%B3%D9%8A%D8%.

أمينة, ن. (2022, 04 01). *دور الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة في ظل تطبيق أسس الإقتصاد الأخضر في الجزائر* Récupéré sur https://asjp.cerist.dz/en/article/184422.

حساني, ع. (2025). *مكانة الغاز الطبيعي و الطاقات المتجددة في المزيج الطاقوي المستقبلي للجزائر* Récupéré sur https://dspace.univ-alger3.dz/jspui/handle/123456789/10269.

خيرجة, ب. ب. (2014, 09 30). *معوقات استخدام الطاقة المتجددة في الجزائر وسبل تطويرها (مقاربة تحليلية - استشرافية)*. Récupéré sur https://asjp.cerist.dz/en/article/16089.

عمار, أ. (2025, 02 04). *مشروعات الطاقة الشمسية في الجزائر ترفع وارداتها من الألواح الصينية* Récupéré sur https://attaqa.net/2025/02/04/.

قادة, ش. (2024, 07 06). *إمكانات الجزائر في مجال الطاقة الخضراء!* Récupéré sur https://asjp.cerist.dz/en/article/250389.

قائمة محطات توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية في الجزائر. (2024, 29 يونيو). Récupéré sur https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%82%D8%.

مواطنة الشركات كآلية لمواكبة التحول الطاقوي وتعزيز المسؤولية البيئية: دراسة حالة شركة مصدر الإماراتية

Corporate Citizenship as a Mechanism to Keep Pace with the Energy Transition and Enhance Environmental Responsibility: A Case Study of Masdar Company in the UAE

طويل ياسمينة [1]

[1] جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة، الإيميل y.touil@univ-skikda.dz

ملخص:

هدفت هذه الدراسة إلى إبراز دور مواطنة الشركات كآلية استراتيجية لمواكبة التحول الطاقوي وتعزيز المسؤولية البيئية، وتم التطرق إلى تجربة شركة مصدر الإماراتية باعتبارها شركة رائدة عالميا في تطوير حلول الطاقة النظيفة، والتي ساهمت بدور بارز في تحقيق رؤية دولة افمارات في مجال الحياد المناخي.

أظهرت النتائج أنّ تبني مبادئ المواطنة يسهم في تحقيق التوازن بين الأهداف الاقتصادية وحماية البيئة، ويعزز من قدرة المؤسسات على مواكبة التغيرات العالمية في مجال الطاقة. فالمواطنة تحقق مجموعة من الأهداف التي تعزز من المسؤولية البيئية وهذه الأهداف يساهم في تحقيقها كل من الأفراد والحكومات وجمعيات المجتمع المدني. كما بينت الدراسة أنّ نجاح شركة مصدر في الاستثمار في الطاقات المتجددة وتبنها لمبادئ المواطنة يمثل نموذجا يمكن تعميمه على مستوى العالم العربي لتحقيق الإلتزام بالمسؤولية البيئية .

كلمات مفتاحية: مواطنة الشركات؛ التحول الطاقوي؛ المسؤولية البيئية؛ الطاقات الكتجددة؛ شركة مصدر.

تصنيفات JEL : M14, Q42, Q56, O35

Abstract :

This study aimed to highlight the role of corporate citizenship as a strategic mechanism to keep pace with the energy transition and enhance environmental responsibility. It addressed the experience of Masdar Company in the UAE, considered a global leader in developing clean energy solutions, which has played a prominent role in achieving the UAE's vision in the field of climate neutrality.

The results showed that adopting the principles of citizenship contributes to achieving a balance between economic goals and environmental protection, and enhances the ability of institutions to keep up with global changes in the energy sector. Citizenship achieves a set of objectives that promote environmental responsibility, and these objectives are contributed to by individuals, governments, and civil society organizations. The study also indicated that Masdar Company's success in investing in renewable energies and adopting citizenship principles represents a model that can be generalized across the Arab world to achieve commitment to environmental responsibility.

Keywords: Corporate Citizenship; Energy Transition; Environmental Responsibility; Renewable Energies; Masdar Company.

JEL Classification Cods : M14, Q42, Q56, O35

المؤلف المرسل: طويل ياسمينة، **الإيميل**: y.touil@univ-skikda.dz

المقدمة:

يشهد العالم في العقود الأخيرة تحولات عميقة في مجال الطاقة، حيث برزت التحديات المرتبطة بالتغيرات المناخية، استنزاف الموارد الطبيعية، والضغوط الدولية الرامية إلى تقليص الانبعاثات الكربونية، مما جعل التحول الطاقوي نحو مصادر نظيفة ومستدامة خيارا لا مفر منه.

وأصبحت المؤسسات الاقتصادية مطالبة بتبني أدوار جديدة تتجاوز هدف تحقيق الربح، لتدمج في ممارساتها مبادئ مواطنة الشركات التي تجسد التزاما حقيقيا تجاه المجتمع والبيئة.

وتعد دولة الإمارات العربية المتحدة كنموذج رائد في الاستثمار في الطاقات المتجددة، حيث لعبت شركة مصدر دورا محوريا في قيادة المشاريع الطاقوية النظيفة وتعزيز المسؤولية البيئية. مما جعلها مرجعا في الجمع بين الأهداف الاقتصادية والتنموية من جهة، ومقتضيات التحول الطاقوي من جهة أخرى. ومن هنا تبرز أهمية دراسة التجربة الإماراتية في استيعاب مواطنة الشركات كآلية فاعلة لمواكبة هذه التحولات وتحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي وحماية البيئة.

الإشكالية: من خلال ماسبق يمكن طرح التساؤل الرئيسي التالي:

كيف يمكن لمواطنة الشركات أن تسهم في مواكبة التحول الطاقوي وتعزيز المسؤولية البيئية، وذلك من خلال تجربة شركة مصدر الإماراتية كنموذج تطبيقي؟

من خلال هذا التساؤل نطرح العديد من التساؤلات الفرعية:

- ما هو مفهوم مواطنة الشركات؟
- ما ذا يقصد بالتحول الطاقوي؟ وما هي أهم دوافع تعزيز التحول الطاقوي ؟
- ما هي أهم دوافع تبني المسؤولية البيئية؟ وما هي العلاقة بينها وبين مواطنة الشركات؟
- ما هو دور شركة مصدر في التحول الطاقوي؟ وما هو دورها في المسؤولية البيئية؟
- كيف تبرز مواطنة الشركات في نموذج مصدر؟

أهداف الدراسة: تهدف الدراسة إلى ما يلي:

- تحديد مفهوم مواطنة الشركات ودوره في تعزيز الالتزام بالمسؤولية البيئية داخل المؤسسات؛
- استعراض التحول الطاقوي كخيار استراتيجي لتحقيق التنمية المستدامة في ظل التحديات البيئية العالمية.
- تسليط الضوء على تجربة شركة مصدر الإماراتية كنموذج رائد في مجال الطاقات المتجددة وممارسات المسؤولية البيئية.
- توضيح العلاقة بين مواطنة الشركات والتحول الطاقوي من خلال دراسة الآليات والسياسات التي اعتمدتها "مصدر."
- اقتراح توصيات التي يمكن أن تستفيد منها المؤسسات العربية في تعزيز مواطنتها البيئية ومواكبة التحولات الطاقوية؛

المنهج المتبع: تم الاعتماد في هذه المداخلة على المنهج الوصفي التحليلي القائم على جمع المفاهيم والمعلومات والبيانات حول ظاهرة معينة وتحليلها، ونحن هنا بصدد تحليل مبادئ مواطنة الشركات ومدى مساهمتها في دعم التحول الطاقوي وتعزيز المسؤولية البيئية بغية التوصل إلى النتائج المرجوة.

محاور الدراسة: تم تقسيم هذه الدراسة إلى قسمين أساسين:

الجانب الأول المتعلق بمفهوم مواطنة الشركات وأهداف التحول الطاقوي، وأيضا التعرض لمفهوم المسؤولية البيئية وكيف يمكن لمواطنة الشركات المساهمة في تعزيزها.

أما الجانب الثاني فهو خاص بعرض واقع تجربة مصدر الإماراتية باعتبارها رائدة في النهوض بقطاع الطاقة النظيفة ودعم تحقيق رؤية دولة الإمارات وتكريس دورها الرائد في مجالي الاستدامة والعمل المناخي.

1- الجانب النظري

1-1- مفهوم مواطنة الشركات وتطوراته: مواطنة الشركات غالبا ما يرتبط بالمسئولية الإجتماعية للشركات، ووفقا لتعريف مركز مواطنة الشركات بجامعة بوسطن، فمواطنة الشركات هي:" استراتيجية الأعمال التي تمثل القيم التي تقوم عليها مهمة الشركة، وهناك ثلاث مبادئ أساسية تحدد جوهر مواطنة الشركات ويجب أن تطبقها كل شركة بالطريقة الملائمة لإحتياجاتها المتميزة: التقليل من الضرر، وتعظيم المنافع، والخضوع للمساءلة والتجاوب مع أصحاب المصلحة". (خضر، 2022، صفحة 11)

وقد اهتم بمصطلح المواطنة في أواخر عام 2002 وتعني أن:" كل منظمة بحاجة لاعطاء المزيد من الإنتباه والإهتمام بالنتائج الإجتماعية المترتبة على عملياتها" ويشير مفهوم مواطنة الشركات إلى : (الدوري، 2020، صفحة 468)

- العمل بموجب ممارسات العمل الأخلاقية؛
- المعاملة الحسنة للموظفين؛
- تحقيق الأرباح ودفع الضرائب وتوفير فرص العمل؛
- توفير المنتجات والخدمات الامنة والموثوقة؛
- الحفاظ على سجل بيئي جيد؛

العمل على تحسين ظروف الحياة في المجتمعات؛

1-2- التحول الطاقوي: هو يشير إلى تغيرات شاملة في نظام الطاقة تؤثر على موارد الطاقة المتعددة، ووسائطه، وقطاعاتها، وتطبيقات الاستخدام النهائي، وغالبا ما يكون مرتبطا بانتشار تكنولوجيات ذات استخدامات عامة (مثل المحركات البخارية أو الكهرباء). (Nemet, 2020, p. 3)

ويعتبر التحول الطاقوي من أهم المفاهيم التي أصبحت تتخذ مساحة شاسعة من النقاش سواء ضمن الأوساط المعرفية والأكاديمية أو من قبل صانعي ومنفذي السياسات العامة، ويرتبط ذلك بالتطورات الاقتصادية والطاقوية والجيوسياسية وحتى البيئية .

ويقصد بالتحول الطاقوي:" الانتقال من نظام الاستهلاك والإنتاج الطاقوي القائم على الطاقة الأحفورية غير المتجددة إلى مزيج طاقوي، بكثافة كربونية أقل مع تطوير مصادر الطاقات المتجددة". (شباط، التحول الطاقوي نحو استغلال الطاقة المتجددة: رهان تحقيق الأمن الطاقوي العالميص -237 255، 2024، صفحة 247)

يعود ظهور مصطلح الانتقال الطاقوي لأول مرة خلال مؤتمر برلين بألمانيا خلال سنة 1980 وهو المؤتمر الذي أقر بضرورة انتهاج إستراتيجية طاقوية قائمة على التحول التدريجي من الطاقات الأحفورية ذات الانبعاثات الكربونية العالية إلى تطوير واستغلال مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة في صورة الطاقة الشمسية، المائية، الحرارية الجوفية، وذلك من خلال الالتزام بتحقيق مجموعة من الأهداف أهمها:

- توحيد الجهود لمواجهة مظاهر الاحتباس الحراري والتقليل من انبعاثات ثاني أكسيد الكاربون؛
- تأمين أنظمة الطاقة مع التركيز على هدف التخلي عن الطاقة النووية على المدى الطويل؛
- التقليل من الاستهلاك المحلي لمصادر الطاقة والرفع من كفاءة الطاقة؛
- العمل على تحقيق الاستقلال الطاقوي في ظل تعزيز المساواة والعدل في استخدام الطاقة؛ (شباط، 2024، صفحة 248)

أهم دوافع تعزيز التحول الطاقوي : (انيسة، 2024، صفحة 175)

- **التلوث البيئي و تأثيراته المناخية:** إن الإحتباس الحراري و إقرار الهيئة العالمية المعنية بتغيير المناخ بتسجيل زيادة ارتفاع حرارة الأرض جراء انبعاثات الكربون الناجمة عن النشاط البشري، وحسب وكالة الطاقة الدولية فان التحول الطاقوي يمكن أن يساهم بصورة ملموسة في تخفيض درجات الحرارة العالمية دون عتبة الخطر (02٪)، كما يحفظ ثلثي الإحتياطيات المؤكدة حاليا من الفحم والغاز والنفط في باطن الأرض؛
- **نفاذ النفط:** قامت الصناعات الثقيلة المعاصرة في مجملها على الطاقة البترولية، مما أصبح يهدد بقرب نفاذ المخزون منها، بالإضافة إلى أزمة الطاقة التي شهدتها دول العالم و بالأخص المتقدمة في سبعينات القرن الماضي مما طرح مشكل إيجاد بديل النفط في بعض استخداماته لضمان استمرارية استعمال الطاقة ؛
- **التنمية الإقتصادية والإجتماعية:** إن أساس تحقيق التنمية الإجتماعية و الإقتصادية هو الأمن الطاقوي الذي يحقق الإمداد المستمر و المستقر بالطاقة اللازمة وهذا ما بات غير مضمون مع الطاقات التقليدية، فأصبح استغلال المصادر المحلية للطاقة المتجددة ذو تأثير اقتصادي ايجابي فتوسيع شبكة الكهرباء بمصادر مستقرة و تركيب وصيانة أنظمة التوليد ، أمر بالغ الأهمية لثقة المستثمرين المحليين والأجانب، وبالنسبة المناطق الريفية خارج شبكة الكهرباء الحالية، فإن توفير الكهرباء سيحفز التنمية الإقتصادية.

1-3- المسؤولية البيئية: يمكن تعريفها على أنها مهمة لتغطية الآثار البيئية للعمليات الإنتاجية، وتخفيض التلف والإنبعاثات، تعظيم كفاءة إنتاجية مواردها وتقليص الممارسات التي يمكن أن تكون لها آثار بيئية مستقبلا.

وتتمثل المسؤولية البيئية في:" عملية تطبيق المعارف الخاصة بحماية البيئة مع وجود وعي حقيقي بذلك لدى القائمين على اتخاذ القرارات". (فلاق، المسؤولية الإجتماعية لمنظمات الأعمال، 2019، صفحة 110)

المسؤولية البيئية تشكل جزءا من المسؤولية الإجتماعية ويمكن وصفها على أنها:" واجب الشركات في وضع قيود على الإنعكاسات البيئية لعملياتها ومنتجاتها ومصانعها وتجهيزاتها وتخفيف النفايات والإنبعاثات والحد من الممارسات التي قد تؤثر سلبا على حياة الأجيال القادمة". (تعالبي، 2015، صفحة 75)

أهم دوافع تبني المسؤولية البيئية: (فلاق، 2019، صفحة 112)

- تقليل كمية المخلفات الصناعية وبالتالي الحد من مظاهر التلوث البيئي الهادفة إلى حماية الإنسان؛
- حماية الأنظمة البيئية واستخدام أكفا للموارد الطبيعية من المياه والأرض والطاقة والمساهمة في عملية التنمية المستدامة عبر الأجيال القادمة؛
- يساهم في تقليل التكاليف من خلال عملية إعادة تدوير المخلفات بعد أن يتم معالجتها بطريقة سلمية بيئيا؛

1-4- العلاقة بين مواطنة الشركات والمسئولية البيئية: تكمن العلاقة فيما يعرف بالمواطنة البيئية والتي تعني أن يكون الفرد (المواطن) متمسكا وداعيا للقضايا البيئية والإهتمام بصحة كوكب الأرض وتعرف أيضا بالمسؤولية الأخلاقية نحو البيئة والمشاركة في التحرك نحو تحقيق التنمية المستدامة.

وتظهر العلاقة بين مواطنة الشركات والمسؤولية البيئية من خلال تحقيق المواطنة مجموعة من الأهداف التي تعزز من المسؤولية البيئية وهذه الأهداف يساهم في تحقيقها كل من الأفراد والحكومات وجمعيات المجتمع المدني، ففيما يتعلق بالأفراد تتمثل في:

- تعزيز مبادئ العدالة البيئية بمن يضمن التوزيع العادل للموارد الطبيعية؛
- تأمين الحقوق البيئية للإنسان؛
- تنمية المسؤولية البيئية للإنسان سواء المسئولية الشخصية أو الإجتماعية؛
- إتاحة الفرصة للمواطنين للمشاركة في اتخاذ القرار البيئي . (الهاشمي، المواطنة العالمية البيئية الرقمية، 2020، صفحة 101)

وللحكومات أدوار في تعزيز المواطنة البيئية من خلال:

- تطوير عمل المؤسسات الحكومية ذات العلاقة بالبيئة؛

- دعم الدراسات والبحاث الخاصة بقضايا البيئة؛
- المشاركة في صياغة التشريعات والقرارات البيئية وتحديثها وتبنيها بما يخدم أهداف التنمية المستدامة؛
- دعمها للعمل التطوعي البيئي وحملات التوعية للأفراد والمجموعات؛

ولجمعيات المجتمع المدني دور في تعزيز المواطنة البيئية من خلال:

- نشر الوعي بين الأفراد فيما يتعلق بالمحافظة على البيئة؛
- التعاون مع أجهزة الدولة أفراد المجتمع من خلال الرقابة على الأنشطة التنموية لضمان حماية اكبر للبيئة؛
- توجيه متخذي القرار نحو المشكلات البيئية ذات الأولوية وخيارات الحل؛

دورها التعليمي والإعلامي بقضايا البيئة ؛ (الهاشمي، 2020، الصفحات 117-118).

2- الجانب التطبيقي (دراسة حالة شركة مصدر الإماراتية)

2-1- التعريف بشركة مصدر وأهدافها الاستراتيجية: شركة رائدة عالميا في تطوير حلول الطاقة النظيفة، تسهم بدور بارز في تحقيق رؤية دولة الإمارات في مجال الحياد المناخي.

تعد "مصدر" إحدى شركات الطاقة المتجددة الأسرع نموا في العالم ورائدة في مجال الهيدروجين الأخضر، لتسهم في ترسيخ مكانة دولة الإمارات في طليعة الجهود الرامية لتحقيق التحول في قطاع الطاقة.

وانطلاقا من ريادتها في النهوض بقطاع الطاقة النظيفة ودعم تحقيق رؤية دولة الإمارات وتكريس دورها الرائد في مجالي الاستدامة والعمل المناخي، عملت "مصدر" على تطوير مشاريع تنتشر في أكثر من 40 دولة في ست قارات، وتبلغ القدرة الإجمالية لمشاريع الشركة 51 جيجاواط.

تشترك في ملكية مصدر، ثلاث شركات طاقة إماراتية بارزة هي "أدنوك" و"مبادلة" و"طاقة"، ما يتيح للشركة الاستفادة من خبرات هؤلاء الشركاء لترسيخ مكانتها كشركة عالمية رائدة في مجالات الطاقة المتجددة والهيدروجين الأخضر.

ومن خلال تشجيع الابتكار في مجالات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وتخزين الطاقة وتحويل النفايات إلى طاقة والطاقة الحرارية الأرضية، تتمتع "مصدر" بسجل حافل في تطوير مشاريع رائدة باستخدام تقنيات طاقة نظيفة متطورة ومجدية تجاريا وقابلة للتطوير على نطاق واسع. (مصدر، بلا تاريخ)

2-2- دور شركة مصدر الإماراتية في التحول الطاقوي:

يمكن تقسيم مساهمة مصدر فيما يتعلق بالتحول الطاقوي إلى ثلاث مستويات هي المستوى المحلي (الإمارات)، المستوى العربي، المستوى العالمي كما يلي:

2-2-1- المستوى المحلي (الإمارات): تتمثل في المشاريع التالية:

- **محطة طاقة شمسية في منطقة باب الشمس:** يقع المشروع في منطقة باب الشمس بدبي، وهو عبارة عن محطة كهروضوئية بقدرة 1.2 ميجاواط متصلة بشبكة هيئة كهرباء ومياه دبي. يوفر المشروع الكهرباء لمزرعة كبيرة تقوم بزراعة العلف الحيواني. وتقع المحطة في الصحراء وهي مجهزة بروبوتات التنظيف الأوتوماتيكية التي تعمل على إزالة الغبار عن الوحدات الكهروضوئية (مصدر، بلا تاريخ).

- **محطة الطاقة الشمسية الكهروضوئية في مدينة مصدر** تنتج محطة توليد الكهرباء باستخدام الألواح الكهروضوئية في "مدينة مصدر"، التي تعد الأضخم من نوعها في منطقة الشرق الأوسط، حوالي 17,500 ميجاواط ساعي من الطاقة النظيفة سنويا، فضلا عن مساهمتها في تفادي إطلاق 15 ألف طن من انبعاثات الكربون سنويا. وتتكون المحطة من 87,780 لوحا من الألواح الشمسية الرقيقة وخلايا السيلكون المتبلور من شركتي "صن تك" و"فيرست سولار." تعد محطة الألواح الكهروضوئية أحد المشاريع العديدة ضمن محفظة مصدر المحلية تقع في أبو ظبي. (مصدر، بلا تاريخ)

- **برنامج الإمارات لطاقة الرياح برنامج رائد لطاقة الرياح:** بقدرة 103.5 ميجاواط، سيوفر طاقة على مستوى المرافق وبتكلفة مناسبة مما يعزز مزيج الطاقة الوطني ويدعم جهود انتقال الطاقة. ويعتمد البرنامج على أحدث التقنيات المتطورة والمبتكرة التي تتناسب مع سرعة الرياح المنخفضة، وقد تم تطويره وفقا لأحدث الابتكارات في علوم المواد والتحريك الهوائي، ليمهد الطريق نحو تطوير المزيد من المشاريع المماثلة على مستوى المرافق. ومن المتوقع أن يوفر برنامج طاقة الرياح الكهرباء لأكثر من 23,000 منزل ويسهم في تفادي انبعاث 120,000 طن من غاز ثاني أكسيد الكربون، أي ما يعادل إزاحة 26 ألف سيارة من الطرقات سنويا. (مصدر، برنامج الإمارات لطاقة الرياح، بلا تاريخ)

- الهيدروجين الأخضر: تساهم "مصدر" بدور ريادي في استكشاف فرص إنتاج الهيدروجين منذ عام 2008. وتتطلع إدارة الهيدروجين الأخضر إلى أن تكون رائدة عالميا من خلال تطويرها واستثمارها في مشاريع استراتيجية، وتشكيل تحالفات بناءة لتطوير مشاريع عالمية المستوى في قطاع الهيدروجين. وتركز الشركة في نهج عملها على توظيف أفضل التقنيات لبناء سلسلة قيمة موثوقة للهيدروجين، مع الأخذ بالاعتبار متطلبات وعوامل النجاح لكل مشروع.

ويمكن استخدام الهيدروجين بشكل مباشر أو تحويله إلى ما يسمى بالمشتقات، مثل الأمونيا والميثانول والميثان الاصطناعي والوقود (مثل وقود الطيران المستدام). يشمل نطاق عمل "مصدر" مختلف أنواع الهيدروجين التي تخدم قطاعات مثل الطاقة أو الصناعة أو النقل، مما يدعم إزالة الكربون من القطاعات كثيفة الانبعاثات مثل الصناعات الثقيلة والشحن والطيران. هدف "مصدر" لأن تصبح منتجا رائدا للهيدروجين الأخضر بحلول عام 2030. (مصدر، بلا تاريخ)

2-2-2- المستوى العربي: وتتمثل في المشاريع التالية:

الطاقة الشمسية -مصر- :ضمن مجمع بنبان للطاقة الشمسية: انشأ عام 2019 تبلغ القدرة الإجمالية لمجمع بنبان للطاقة الشمسية في مصر 1.8 جيجاواط. وتعد الأكبر من نوعها في أفريقيا ورابع أكبر محطة على مستوى العالم.
توفر طاقة لأكثر من مليون منزل، ويساهم في تفادي إطلاق أكثر من مليوني طن من غاز ثاني أكسيد الكربون. (مصدر، بلا تاريخ)

محطة بينونة-الأردن: يقع مشروع بينونة للطاقة الشمسية، في شرق العاصمة الأردنية عمان، ويعد أكبر مشروع للطاقة الشمسية في الأردن. وقد دخلت المحطة حيز التشغيل التجاري في عام 2020، وتنتج طاقة سنوية لحوالي 160 ألف منزل، وتساهم في الحد من انبعاث 360 ألف طن من غاز ثاني أكسيد الكربون سنويا. وقامت شركة أبوظبي لطاقة المستقبل "مصدر" بتطوير المشروع بموجب اتفاقية مع وزارة الطاقة والثروة المعدنية في المملكة الأردنية الهاشمية، وسيساهم هذا المشروع الذي تبلغ كلفته 240 مليون دولار أمريكي، في توليد 563.3 جيجاواط/ساعي من الكهرباء سنويا، أي ما يعادل 3٪ من الاستهلاك السنوي للطاقة في الأردن. (مصدر، بلا تاريخ)

أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية المغرب: مشروع أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية هو مبادرة تقودها "مصدر" بالشراكة مع المكتب الوطني للكهرباء والماء الصالح للشرب في المملكة المغربية. وتضمن المشروع تركيب 19438 نظاما للطاقة الشمسية المنزلية في أكثر من 1000 قرية مغربية.
وإلى جانب مبادرات أخرى أوسع لنشر الطاقة الكهربائية، ستوفر أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية الكهرباء لـ 99% من المناطق الريفية في المغرب، مما سيحسن حياة أكثر من 95 ألف إنسان لم تصلهم الكهرباء سابقا.
يتألف كل نظام شمسي منزلي من لوحين شمسيين بطاقة إنتاجية إجمالية 290 واط قادرة على شحن بطاريتين بطاقة تكفي لمدة ثلاثة أيام، وهذا سيضمن للسكان إمدادات مستمرة من الطاقة. ويتضمن كل نظام 8 مصابيح LED ومفاتيح تحكم بالإنارة، وثلاثة مآخذ للكهرباء، مع ثلاجة سعة 165 ليتر. (مصدر، بلا تاريخ)

2-2-3- على المستوى العالمي: تتمثل في المشاريع التالية:

- **محطة "دادجون" لطاقة الرياح البحرية انجلترا:** تقع محطة دادجون لطاقة الرياح البحرية على مسافة 27 كيلومترا من ساحل مقاطعة "نورث نورفوك" الإنجليزية في منطقة "إيست أنجليا"، وتمتد توربينات المحطة على عمق يتراوح بين 18-25 مترا من مياه البحر، وتمثل المحطة إحدى استثمارات مصدر في قطاع الطاقة المتجددة بالمملكة المتحدة.

وجاء تطوير المشروع بالشراكة بين "مصدر"، وشركة النفط والغاز النرويجية "أوكينور"، وشركة "تشاينا ريسورس هولدينغز."وقد تم التشغيل الكامل للمشروع أواخر عام 2020. بلغت القدرة الإنتاجية: 402 ميجاواط. (مصدر، محطة "دادجون" لطاقة الرياح البحرية، بلا تاريخ)

- **محطة "إيغل بحر البلطيق" لطاقة الرياح ألمانيا:** تعتبر محطة "ايغل بحر البلطيق" لطاقة الرياح البحرية مشروعا مشتركا بين شركتي "مصدر" و"إبيردرولا" وتبلغ قدرة المحطة الإنتاجية 476 ميجاواط وتقع بالقرب من جزيرة "روغن" في بحر البلطيق. وتهدف المحطة إلى تزويد حوالي 475000 منزل بالطاقة المتجددة والمساهمة في دعم تحقيق التحول نحو مصادر الطاقة النظيفة في ألمانيا. (مصدر، محطة "إيغل بحر البلطيق" لطاقة الرياح، بلا تاريخ)

- **محطتا مافريك 1 و4 للطاقة الشمسية الكهروضوئية الولايات المتحدة الأمريكية:** يشمل المشروع محطتين للطاقة الشمسية الكهروضوئية بقدرة إنتاجية إجمالية تبلغ 311 ميجاواط، في مقاطعة "ريفرسايد" بولاية كاليفورنيا. يضم المشروعان ألواح 780 من ألواح الطاقة الشمسية الكندية ثنائية الوجه، مع مغير تردد للطاقة الشمسية وتقنية التعقب الأفقي أحادية المحور "نكس تراكر" والمزودة ببرنامج "ترو كابتشر" من أجل زيادة الكفاءة. (مصدر، محطتا مافريك 1 و4 للطاقة الشمسية الكهروضوئية، بلا تاريخ)

2-3- دور مصدر في المسؤولية البيئية: يظهر دورها من خلال ما يلي:

2-3-1- الإبتكار في المدن المستدامة (مدينة مصدر): تصدرت أبوظبي ودبي منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في مؤشر المدن الذكية للعام 2021. يصدر هذا التصنيف عن المعهد الدولي للتنمية الإدارية، بالشراكة مع جامعة سنغافورة للتكنولوجيا والتصميم، ويقيّم تصور المقيمين في كلّ مدينة حول الخدمات الذكية المتاحة والبنى التحتية، ويغطي المؤشر خمسة محاور رئيسية، وهي: الصحة والسلامة، والتنقل، والأنشطة، الفرص، والحوكمة.

ووفقا للاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) المدينة الذكية المستدامة هي مدينة مبتكرة تستخدم تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لتحسين نوعية الحياة، وكفاءة العمليات والخدمات الحضرية، والقدرة على المنافسة، وتلبي في الوقت ذاته احتياجات الأجيال الحالية والقادمة فيما يتعلق بالجوانب الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، والثقافية.

وبدأت إمارة أبوظبي في التخطيط لمدينة مصدر منذ العام 2006. تشمل الخطة الرئيسية لمدينة مصدر المكونات الرئيسية التالية:

- الاستغلال الأمثل للطاقة الشمسية من خلال تطوير مكاسب الكفاءة، والتوجيه الأمثل لشبكة الطاقة في المدينة؛
- تكامل أوجه الحياة في المدينة بطريقة تكون فيها الحياة سهلة وسعيدة ، ويتوفر السكن في مواقع منتسبة بما يؤدي إلى تقليل استخدام وسائل النقل؛
- إنشاءات ومبان محدودة الإرتفاع والحجم؛
- توفير وتطوير مرافق عامة لحياة اجتماعية وسعيدة مع الاهتمام بالمشاة ووسائل المواصلات المتوازنة؛

- توفير حياة ذات جودة عالية ضمن منظومة بيئية ذكية؛

وتعتبر مدينة مصدر من أوائل المدن المستدامة في الشرق الأوسط التي تبنت توفير بصمة خضراء يحتذى بها لمدن المستقبل، واستيعاب التوسع الحضري السريع، وخفض استهلاك الطاقة والمياه، والحد من التلوث والنفايات. (المستدامة ا.، 2024)

2-3-2- استراتيجية الإمارات للحياد المناخي 2050: تظهر مسؤولية مصدر البيئية أيضا من خلال توفير "استراتيجية الإمارات الحياد المناخي 2050" برنامجا ملموسا على مستوى الدولة لتحقيق أهدافها لخفض الانبعاثات. بنيت هذه الاستراتيجية على "المبادرة الاستراتيجية لتحقيق الحياد المناخي بحلول عام 2050، التي تم إطلاقها في عام 2021، والتي حددت الطموح المناخي لدولة الإمارات، تلاها إطلاق المسار الوطني للحياد المناخي عام 2022، والذي يحدد الجدول الزمني وآليات التنفيذ المرحلي للمبادرة.

تم وضع الاستراتيجية لتكون بمثابة محركا وطنيا للتقدم الاقتصادي والاجتماعي من خلال قيادة عملية الانتقال إلى خفض الانبعاثات، والإسهام في الجهود العالمية للتخفيف من أضرار المناخ. ويتوقع أن تساهم الاستراتيجية في خلق حوالي 200 ألف وظيفة جديدة، بما في ذلك الوظائف المستدامة ذات المهارات العالية عبر القطاعات الفرعية للطاقة الشمسية والبطاريات والهيدروجين .المساهمة في زيادة الناتج المحلي الإجمالي بنسبة 3% وتعزيز فرص التصدير.

ستركز المبادرات على تحسين الكفاءة وزيادة نشر مصادر الطاقة المتجددة في جميع القطاعات. كما سيتم التركيز على زيادة نسبة الطاقة النظيفة ورفع كفاءة الاستهلاك والتحول إلى أنظمة النقل المستدام، والمباني الخضراء. إضافة إلى استخدام الحلول القائمة على الطبيعة وتقنيات التقاط الكربون. (استراتيجية الإمارات للحياد المناخي 2050، 2023)

2-4- مواطنة الشركات في نمودج مصدر كآلية لمواكبة التحول الطاقوي وتعزيز المسؤولية البيئية:

يظهر تعزيز المسؤولية البيئية في نموذج مصدر من خلال ما يعرف بمواطنة الشركات التي تعتبر كآلية لمواكبة التحول الطاقوي، وتظهر من خلال ما يلي:

2-4-1-دعم البحث العلمي والشراكات الأكاديمية: وذلك من خلال:

أ. معهد مصدر للعلوم والتكنولوجيا، الذي تأسس بمدينة مصدر في أبوظبي سنة 2007 واستمر نشاطه إلى غاية 2017، مؤسسة أكاديمية خاصة للتعليم العالي والبحث العلمي. وفي إطار عملية إعادة هيكلة مؤسسات التعليم العالي في إمارة أبوظبي، تم دمج المعهد سنة 2017 مع كل من معهد البترول وجامعة خليفة للعلوم والتكنولوجيا، ليشكلوا معا مؤسسة جامعية موحدة تحت مسمى جامعة خليفة، حيث أعيد تعريف الهيكل السابق للمعهد ليعرف اليوم باسم حرم مدينة مصدر.

لقد شكّل معهد مصدر أحد الركائز الأساسية للجانب غير الربحي من مبادرة مصدر، وكان أول مؤسسة أكاديمية تشغل مدينة مصدر. كما أقام شراكة علمية مع برنامج التكنولوجيا والتنمية بمعهد ماساتش وستس للتكنولوجيا(MIT) ، الذي أسهم في تقديم الدعم الأكاديمي والتقييم العلمي لأنشطة المعهد.

جاء إنشاء معهد مصدر في إطار سياسة تنويع الموارد التي انتهجتها إمارة أبوظبي، حيث اعتبرت القيادة في الإمارة أن البحث والتعليم في مجال الطاقة البديلة يمثلان حجر الزاوية في مسيرة التنمية المستقبلية، وهو ما جسّدته من خلال تأسيس مبادرة مصدر ومدينة مصدر إلى جانب جائزة زايد لطاقة المستقبل. (Masdar Institute، 2021)

ب. تعاون مصدر مع المنظمات الحكومية الدولية مثل الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا) والشركات متعددة الجنسيات مثل (سيمنز)، والمؤسسات الأكاديمية: وذلك بهدف تطوير واعتماد حلول قابلة للتطبيق تجاريا في مجالي الطاقة المتجددة والعقارات المستدامة حول العالم. كما تلتزم "مصدر" بعقد الشراكات خلال أسبوع أبوظبي للاستدامة، وهو أكبر تجمع لمناقشة قضايا الاستدامة في منطقة الشرق الأوسط. وكمستضيف لأسبوع أبوظبي للاستدامة، الذي تدعمه شركة بترول أبوظبي الوطنية (أدنوك)، ودائرة الطاقة في أبوظبي، ودائرة النقل في

أبوظبي والعديد من المؤسسات الخاصة والحكومية الأخرى، تقوم "مصدر" بتوفير منصة لتبادل المعارف والخبرات وجذب الاستثمارات وتحفيز الشراكات التجارية في قطاع التكنولوجيا النظيفة. (والشركات، بلا تاريخ)

2-4-2- المشاركة في المحافل الدولية مثل (COP28): تماشيا مع أهداف مؤتمر الأطراف (COP28)، والذي يعد أبرز قمة عالمية للعمل المناخي، تساهم "مصدر" في قيادة الجهود العالمية سعيا لبناء مستقبل أكثر استدامة. (COP28، بلا تاريخ)

ويستضيف جناح مصدر في منطقة الطاقة الانتقالية بالمنطقة الخضراء لمؤتمر COP28 عروضا ومعلومات حول تاريخ الشركة وأهدافها المستقبلية. ومن خلاله، يتعرّف الزوار على الدور المحوري الذي تضطلع به مصدر في تحقيق أهداف الطاقة النظيفة لدولة الإمارات، لا سيما وأن الدولة تعد أكبر مزود للطاقة المتجددة في العالم وطموحة لأن تكون رائدة في مجال الهيدروجين الأخضر بحلول عام 2030، ما يضعها في مقدمة الدول القائدة لعملية التحول الطاقوي عالميا.

كما يتم عرض المبادرات الاستراتيجية لمصدر خلال المؤتمر، بما في ذلك:

أسبوع أبوظبي للاستدامة:(ADSW) مبادرة عالمية تقودها دولة الإمارات ومصدر لتسريع وتيرة التنمية المستدامة وتعزيز التقدم الاقتصادي والاجتماعي والبيئي.

منصة "النساء في الاستدامة والبيئة والطاقة المتجددة:(WiSER) "منصة عالمية تهدف إلى تمكين النساء ودعمهن كقائدات للتغيير المستدام.

مبادرة "شباب من أجل الاستدامة:(Y4S) "برنامج يركّز على تطوير قدرات الشباب لتمكينهم من أن يصبحوا قادة الاستدامة في المستقبل. (Technical review, Masdar to showcase UAE's renewables projects at COP28، 2023)

كما تظهر مواطنة الشركات في نموذج مصدر من خلال تأثيرها العالمي: فباعتبارها شركة عالمية رائدة في مجال الطاقة النظيفة، تحرص مصدر على تسخير مواردها وقدراتها في مجال الابتكار للمساهمة في دعم تحقيق أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة وذلك من خلال:

القضاء على الجوع: تمنح جائزة زايد للاستدامة سنويا جوائز تبلغ قيمتها الإجمالية 5.9 مليون دولار أمريكي للشركات الصغيرة والمتوسطة والمنظمات غير الربحية والمدارس الثانوية التي تقدم حلولا وتقنيات مبتكرة ضمن مجموعة من الفئات ومنها الغذاء.

تعليم عالي الجودة: تقدم مصدر تبرعات وتجهيزات للمدارس في المناطق التي تطور فيها مشاريع طاقة متجددة مثل محطة "شيبوك1" لطاقة الرياح في صربيا. كما قامت الشركة بإعادة تأهيل عدد من المدارس في المناطق القريبة من مشروع محطة شيراتا للطاقة الشمسية العائمة، حيث وفرت بيئة آمنة وعصرية للطلبة.

تساعد مشاريع مصدر على توفير الكهرباء بشكل متواصل لأول مرة في المناطق النائية، ما يسهم في تمكين الأطفال من تعزيز فرص التعليم لديهم. في بيليز على سبيل المثال، تتيح شبكة مصغرة تعمل بالطاقة الشمسية للأطفال إمكانية الاتصال بشبكة الإنترنت.

طاقة نظيفة بتكلفة مناسبة: لدى "مصدر" محفظة مشاريع تنتشر في أكثر من 40 دولة حول العالم وتتوزع على 6 قارات بقدرة إنتاجية إجمالية تفوق 51 جيجاواط. وتستهدف "مصدر" تعزيز القدرة الإنتاجية الإجمالية لمحفظة مشاريعها في مجال الطاقة المتجددة لتصل إلى 100 جيجاواط بحلول عام 2030، وأن تصبح منتجا رائدا للهيدروجين الأخضر بحلول العام نفسه.

شراكات لتحقيق الأهداف المنشودة: تتعاون مصدر مع منظمات حكومية دولية مثل الوكالة الدولية للطاقة المتجددة "آيرينا"، وشركات متعددة الجنسيات مثل "اي دي اف" و"سيمنز" بهدف دعم تطوير وتبني حلول مجدية تجارياً في مجال الطاقة المتجددة حول العالم.

تستضيف مصدر أسبوع أبوظبي للاستدامة: أحد أكبر التجمعات المعنية بقضايا الاستدامة في العالم. ويوفر الأسبوع منصة لتبادل المعرفة واستقطاب الاستثمارات وتحفيز الشراكات التجارية التي تسهم في دعم تحقيق أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة.

الرعاية الصحية الجيدة: في عام 2023، كرمت جائزة زايد للاستدامة ضمن فئة الصحة الجمعية الاستكشافية للصحة، وهي منظمة غير ربحية تقدم رعاية طبية وجراحية متخصصة لمجتمعات السكان الأصليين المعزولة جغرافياً ضمن منطقة الأمازون من خلال مجمع المستشفيات المتنقل التابع لها.

الموازنة بين الجنسين: تركز منصة "السيدات للاستدامة والبيئة والطاقة المتجددة"، إحدى منصات التوعية التابعة لشركة مصدر، على تمكين النساء من قيادة التغيير المستدام. ترتكز المنصة على ثلاثة محاور أساسية هي التعليم والتواصل والتمكين، وتسعى إلى تشجيع النساء والفتيات من جميع الجنسيات لريادة التغيير الإيجابي والابتكار.

تشكل النساء 38٪ من كوادر مصدر، وهي نسبة أعلى من متوسط القطاع. وتفخر مصدر باستحواذ العنصر النسائي على 23.3٪ من المناصب الإشرافية في عام 2022.

- تغير المناخ
- تلعب مشاريع مصدر دوراً مباشراً وملموساً في دعم الجهود العالمية لمكافحة التغير المناخي. فقد ساهمت مشاريع الشركة قيد التشغيل في تفادي إطلاق أكثر من 10 ملايين طن من الانبعاثات الكربونية في عام 2022. (مصدر، التأثير العالمي لشركة مصدر، بلا تاريخ)

الخاتمة:

أظهرت الدراسة أنّ مواطنة الشركات لم تعد مجرد التزام أخلاقي، بل تحولت إلى آلية استراتيجية لقيادة التحول الطاقوي ومواجهة التحديات البيئية. ومن خلال تجربة شركة مصدر الإماراتية، يتضح أنّ الاستثمار في الطاقات المتجددة وتبني سياسات مستدامة يعزز من مكانة المؤسسة دوليا، ويدعم قدرتها على التكيف مع التحولات الاقتصادية والبيئية المتسارعة.

النتائج:

1. مواطنة الشركات تسهم في تعزيز المسؤولية البيئية عبر مشاريع الطاقة النظيفة والابتكار في الحلول المستدامة.
2. تجربة شركة مصدر تعكس التقاء البعد الاقتصادي مع البعد البيئي، حيث تحقق عوائد مالية موازية لحماية البيئة.
3. التحول الطاقوي لا يمكن فصله عن دور المؤسسات الاقتصادية الكبرى التي تتبنى استراتيجيات استدامة طويلة المدى.
4. دولة الإمارات، عبر شركة مصدر، رسخت مكانتها كنموذج إقليمي ودولي في تبني ممارسات مسؤولة بيئيا..

التوصيات:

1. ضرورة تعميم تجربة "مصدر" كنموذج يحتذى به في العالم العربي من خلال دعم مشاريع الطاقات المتجددة.
2. تعزيز السياسات الوطنية والإقليمية التي تشجع المؤسسات على إدماج مواطنة الشركات في استراتيجياتها.
3. الاستثمار في البحث والتطوير لتقديم حلول طاقوية مبتكرة وصديقة للبيئة.
4. إشراك المجتمع المحلي في برامج المسؤولية البيئية بما يعزز الوعي والثقة بمشاريع التحول الطاقوي.
5. بناء شراكات دولية وإقليمية لتبادل الخبرات وتطوير مشاريع مشتركة في مجال الطاقة النظيفة.

المصادر والمراجع:

الكتب:

1. الهاشمي, ح. ه .(2020) .المواطنة العالمية البيئية الرقمية .القاهرة، مصر: مكتبة الدار العربية للكتاب.
2. أحمد علي صالح، زكريا الدوري. (2020). إدارة الأعمال الدولية. عمان، الأردن: دار اليازوري للنشر والتوزيع.
3. حسني هاشم محمد الهاشمي. (2020). المواطنة العالمية البيئية الرقمية. القاهرة، مصر: مكتبة الدار العربية للكتاب.
4. شيراز محمد خضر. (2022). إدارة الشركات. لندن: دار الأكاديمية للطباعة والنشر والتوزيع.
5. محمد فلاق. (2019). المسؤولية الإجتماعية لمنظمات الأعمال. عمان، الأردن: دار اليازوري للنشر والتوزيع.
6. نوال علي تعالبي. (2015). الحوكمة البيئية العالمية. عمان، الأردن: مركز الكتاب الأكاديمي

المجلات:

1. دراج عفيفة، بركان انيسة. (2024). التحول الطاقوي كخيار مستدام ألمن الطاقة - عرض حالة الجزائر-. مجلة أبحاث إقتصادية معاصرة(01)، 177.167.
2. عبد النور شباط. (جوان, 2024). التحول الطاقوي نحو استغلال الطاقة المتجددة: رهان تحقيق الأمن الطاقوي العالمي. مجلة أكاديميا للدراسات السياسية، 07(01)، 255.237.
3. Nemet, i. L. (2020). Evidence map: topics, trends, and policy in the energy transitions literature. Environmental Research Letters, 15.(12)

المواقع الإلكترونية:

1. استراتيجية الإمارات للحياد المناخي 2050. (28 11, 2023). تاريخ الاسترداد 28 08, 2025، من: https://u.ae/ar-ae/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/strategies-plans-and-visions/environment-and-energy/the-uae-net-zero-2050-strategy
2. المدن الذكية المستدامة. (29 02, 2024). تاريخ الاسترداد 28 08, 2025، من: https://u.ae/about-the-uae/digital-uae/digital-cities/smart-sustainable-cities
3. المدن والمناطق المستدامة. (29 02, 2024). تاريخ الاسترداد 28 08, 2025، من: https://u.ae/ar-ae/about-the-uae/leaving-no-one-behind/11sustainablecitiesandcommunities#environment
4. مصدر. (بلا تاريخ). تاريخ الاسترداد 28 08, 2025، من: https://masdar.ae/ar/our-company/history-and-legacy
5. مصدر. (بلا تاريخ). *التأثير العالمي لشركة مصدر*. تاريخ الاسترداد 28 08, 2025، من :https://masdar.ae/ar/global-footprint
6. مصدر. (بلا تاريخ). *الهيدروجين الأخضر*. تاريخ الاسترداد 27 08, 2025، من https://masdar.ae/ar/renewables/green-hydrogen
7. مصدر. (بلا تاريخ). *أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية المغرب*. تاريخ الاسترداد 28 08, 2025، من https://masdar.ae/ar/renewables/our-projects/morocco-solar-home-systems
8. مصدر. (بلا تاريخ). *برنامج الإمارات لطاقة الرياح*. تاريخ الاسترداد 27 08, 2025، من https://masdar.ae/ar/renewables/our-projects/uae-wind-program
9. مصدر. (بلا تاريخ). *بنبان*. تاريخ الاسترداد 28 08, 2025، من https://masdar.ae/ar/renewables/our-projects/benban
10. مصدر. (بلا تاريخ). *محطة "إيغل بحر البلطيق" لطاقة الرياح*. تاريخ الاسترداد 25 08, 2025، من https://masdar.ae/ar/renewables/our-projects/baltic-eagle-offshore-wind-farm.
11. مصدر. (بلا تاريخ). *محطة "دادجون" لطاقة الرياح البحرية*. تاريخ الاسترداد 27 08, 2025، من https://masdar.ae/ar/renewables/our-projects/dudgeon-extension
12. مصدر. (بلا تاريخ). محطة الطاقة الشمس ية الكهروضوئية في مدينة مصدر. تاريخ الاسترداد 27 08, 2025، من https://masdar.ae/ar/renewables/our-projects/masdar-city-solar-photovoltaic-plant
13. مصدر. (بلا تاريخ). محطة بينونة. تاريخ الاسترداد 28 08, 2025، من https://masdar.ae/ar/renewables/our-projects/baynouna
14. مصدر. (بلا تاريخ). محطة طاقة شمسية في منطقة باب الشمس. تاريخ الاسترداد 28 08, 2025، من https://masdar.ae/ar/renewables/our-projects/bab-al-shams-solar-pv-plant

15. مصدر. (بلا تاريخ). محطتا مافريك 1 و4 للطاقة الشمسية الكهروضوئية. تاريخ الاسترداد 25 08, 2025، من https://masdar.ae/ar/renewables/our-projects/maverick-1-and-maverick-4-pv-projects
16. مصدر" في مؤتمر الأطراف COP28. (بلا تاريخ). ريادة عالمية في مجال الطاقة المتجددة. تاريخ الاسترداد 30 08, 2025، من https://masdar.ae/ar/masdaratcop28?&utm_source=chatgpt.com
17. مصدر، بالتعاون مع الهيئات الحكومية والشركات. (بلا تاريخ). تساهم "مصدر" في إثبات الجدوى الاقتصادية طويلة الأجل لمشاريع الطاقة المتجددة في إطار تعزيز ريادة أبوظبي في هذا المجال على المدى البعيد. تاريخ الاسترداد 25 08, 2025، من https://masdar.ae/ar/our-company/partnerships?&utm_source=chatgpt.com
18. Masdar Institute. (11, 2021). تاريخ الاسترداد 28 08, 2025، من https://en.wikipedia.org/wiki/Masdar_Institute?utm_source=chatgpt.com
19. *Technical review, Masdar to showcase UAE's renewables projects at COP28*. (15 09, 2023). تاريخ الاسترداد 27 08, 2025، من https://technicalreviewmiddleeast.com/power-a-water/renewables/masdar-to-showcase-uaes-renewables-projects-at-cop28?utm_source=chatgpt.com

دور ريادة الأعمال في تحقيق التحول الطاقوي
(عرض نماذج مشاريع ريادية ناجحة)
Presentation Title in English (Times New Roman, size 13; interline 1.15cm)

خديجة عرقوب[1]، كنزة جمال[2]، إيمان هرموش[3]

[1]جامعة 20 أوت 1955 –سكيكدة- (الجزائر)، k.arkoub@univ-skikda.dz

[2] جامعة 20 أوت 1955-سكيكدة- (الجزائر)، k.djemel@univ-skikda.dz

[3] جامعة 20 أوت 1955-سكيكدة- (الجزائر)، i.hermouche@univ-skikda.dz

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى إبراز دور ريادة الأعمال في تحقيق التحول الطاقوي، من خلال التعريف بريادة الأعمال والتحول الطاقوي والعلاقة بينهما. حيث تعتبر ريادة الأعمال مصدرا لتأسيس مشاريع ريادية جديدة قائمة على الإبتكار وتطوير حلول جديدة. وفي مجال الطاقة، فإن انشاء مشاريع جديدة مبتكرة، من شأنه توفير بدائل مستدامة وصديقة للبيئة تساعد في التحول عن استخدام المصادر التقليدية كالوقود الأحفوري المسبب للتلوث البيئي، وبالتالي المساهمة في تعزيز الأمن الطاقوي وتحقيق استقلالية الطاقة بتخفيض معدلات استيراد الوقود ودعم النمو الإقتصادي وتوفير مناصب شغل جديدة وتشجيع المزيد من المستثمرين لدعم رواد الأعمال والإبتكارات في مجال الطاقة وخصوصا الطاقات المتجددة.

كلمات مفتاحية: ريادة الأعمال، تحول طاقوي، أهمية، ابتكار، وقود أحفوري

تصنيفات JEL: Q4،Q2 ، Q42، Q47، P18، P28، L26، M13

Abstract:

This study aims to highlight the role of entrepreneurship in achieving energy transformation, by defining entrepreneurship, energy transformation and the relationship between them. Entrepreneurship is considered a source for establishing new entrepreneurial projects based on innovation and the development of new solutions. In the field of energy, the establishment of new and innovative projects would provide sustainable and environmentally friendly alternatives that help in the shift away from the use of traditional sources such as fossil fuels that cause environmental pollution, and thus contribute to enhancing energy security and achieving energy independence by reducing fuel import rates, supporting economic growth, providing new jobs, and encouraging more investors to support entrepreneurs and innovations in the field of energy, especially renewable energies.

Keywords: Entrepreneurship, energy transition, importance, innovation, fossil fuels
JEL Classification Cods: Q2, Q4, Q42, Q47, P18, P28, L26, M13

المؤلف المرسل: عرقوب خديجة، **الإيميل**: k.arkoub@univ-skikda.dz

مقدمة:

تعد الطاقة عنصرا ضروريا لتحقيق التنمية الإقتصادية والإجتماعية، فهي عامل مهم لمختلف القطاعات الإقتصادية وخصوصا الصناعة، ويتوقع أن يزيد الطلب العالمي على الطاقة حسب تقرير وكالة الطاقة الدولية؛ بالتحديد ما يتعلق بالطلب على الكهرباء والغاز الطبيعي، لمواكبة التغيرات الصناعية وتحقيق التنمية الشاملة في الدول خصوصا النامية منها. وتجذر الإشارة إلى أن المزيج الطاقوي العالمي تسيطر عليه الطاقات التقليدية كالوقود الأحفوري، رغم السلبيات التي تحدثها على البيئة كارتفاع معدلات التلوث والإحتباس الحراري.

وقد سعت الدول إلى التقليل من الإعتماد على الطاقات التقليدية، والإتجاه نحو اعتماد نوع جديد من الطاقات النظيفة، تكون أكثر كفاءة وفعالية، وأقل تلوثا، صديقة للبيئة وتساهم في تحقيق التنمية الشاملة. وفي هذا الإطار اعتمدت الدول العديد من الإستراتيجيات في سبيل تحقيق هذا الهدف المنشود.

من الإستراتيجيات المعتمدة هو تشجيع رواد الأعمال على ابتكار واستحداث مشاريع ريادية ابتكارية في مجال الطاقات المتجددة والنظيفة، التي تخفض من معدلات استهلاك الطاقة، وتقلل من آثارها السلبية خصوصا على البيئة.

إن ريادة الأعمال خصوصا الخضراء منها هي السبيل نحو أنماط إنتاجية وإستهلاكية جديدة للطاقة، حيث تمكن من الإستثمار في مشاريع تحقق نقلة نوعية في قطاع الطاقة وتساهم في تحقيق التحول أو الإنتقال الطاقوي، وقد نجحت العديد من الشركات في تقديم آليات ومنتجات طاقوية جديدة تقلل من الإنبعاثات الدفيئة وتقتصد في استهلاك الطاقة، كشركة تسلا **(tesla)**، شركة **Google DeepMind** و**شركة مصدر**، وهي عبارة عن نماذج مشاريع ريادية ناجحة في ترشيد الطاقة وابتكار مصار جديدة للطاقة، تم الوقوف عندها في هذه المداخلة للإستفادة من تجاربها وإبراز دورها في تحقيق التحول الطاقوي في الدول، وعليه جاءت إشكالية هذه الدراسة كمايلي:

انطلاقا من نماذج مشاريع ريادية ناجحة في مجال الطاقة، ما دور ريادة الأعمال في تحقيق التحول الطاقوي ؟

ويتفرع هذا السؤال الرئيسي إلى الأسئلة الفرعية التالية:

- ما علاقة ريادة الأعمال بالتحول الطاقوي؟
- هل الإبتكار ضروري لتحقيق التحول الطاقوي؟
- ما هي أهم مشاريع الطاقة الضرورية لتحقيق التحول الطاقوي؟

أهداف الدراسة: تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق النقاط التالية:

- توضيح العلاقة بين ريادة الأعمال وتحقيق التحول الطاقوي.
- إبراز أهمية الإبتكار في مجال الطاقة لتحقيق التحول الطاقوي.
- عرض نماذج مشاريع ريادية ناجحة في مجال الطاقة والإستفادة من تجاربها في عملية تحقيق التحول الطاقوي.

منهجية الدراسة: اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، وذلك بوصف الظاهرة وتحليلها انطلاقا من الأدبيات النظرية، وفي الجانب التطبيقي تم اعتماد دراسة حالة لنماذج مشاريع ريادية ناجحة في تحقيق التحول الطاقوي، للإستفادة من هذه التجارب واستنباط النتائج وتقديم التوصيات.

تقسيمات الدراسة: لمعالجة الإشكالية المطروحة، تم تقسيم هذه الدراسة إلى المحاور التالية:

- **المحور الأول:** عموميات حول ريادة الأعمال
- **المحور الثاني:** التحول الطاقوي
- **المحور الثالث:** عرض نماذج مشاريع ريادية ناجحة في التحول الطاقوي

1. عموميات حول ريادة الأعمال:

1.1. مفهوم ريادة الأعمال وريادة الأعمال الخضراء:

الريادة هي مصطلح ذو معانٍ مختلفة، وغالبا ما يستخدم في سياق البداية أو الإنطلاقة **(Start-up)**. ويقصد بأصحاب المؤسسات والمشاريع الريادية؛ الأشخاص الذين يبادرون إلى إنشاء أعمال تجارية جديدة في بيئات تتسم بعدم اليقين والغموض. وقد عرّف مرصد الريادة العالمي **(GEM)** الريادة بأنها: "أي نشاط يهدف إلى إنشاء أعمال تجارية جديدة أو مشاريع مبتكرة، مثل العمل الحر **(Self-employment)** أو تأسيس مؤسسات جديدة، أو توسيع نشاط تجاري قائم، وذلك من قبل فرد أو مجموعة من الأفراد". **(صكوشي و مجدل، 2019، صفحة 43)**

كما يمكن تعريف ريادة الأعمال بأنها: "عملية القيام بشيء جديد ومبتكر بهدف تحقيق دخل للفرد وإضافة قيمة اقتصادية للمجتمع. ويعد رواد الأعمال أشخاصا يسعون إلى إنشاء وتوسيع النشاط الإقتصادي من خلال تطوير المنتجات القائمة وابتكار منتجات جديدة وتقديمها إلى الأسواق". **(لسبع و أدبوب، 2024، صفحة 47)**

إلى جانب ما سبق ظهر أيضا نوع جديد من ريادة الأعمال تسمى بريادة الأعمال الخضراء، هذا المفهوم الذي حظي باهتمام متزايد من قبل الباحثين وصانعي السياسات منذ التسعينيات، وقد تجلى هذا الإهتمام في تعدد المصطلحات المستخدمة للإشارة إلى هذا المفهوم، مما يجعل تحديد تعريف موحد له أمرا صعبا، ومن بين أكثر المصطلحات شيوعا في هذا السياق نجد: ريادة الأعمال البيئية، ريادة الأعمال الخضراء ، ريادة الأعمال المستدامة وريادة الأعمال الإيكولوجية. ويظهر هذا التنوع الإصطلاحي اتساع مجال ريادة الأعمال الخضراء وتشابكها مع مفاهيم التنمية المستدامة والإبتكار البيئي والمسؤولية الإجتماعية للمؤسسات.

إن ريادة الأعمال الخضراء من المفاهيم الحديثة التي برزت مع تزايد الإهتمام العالمي بقضايا البيئة والتنمية المستدامة. وهي نوع من أنواع ريادة الأعمال التي تهدف إلى تحقيق النمو الإقتصادي مع الحفاظ على البيئة، من خلال ابتكار منتجات وخدمات وتقنيات صديقة للبيئة تسهم في تقليل التلوث وترشيد استخدام الموارد الطبيعية، وتتمثل جوهر ريادة الأعمال الخضراء في دمج البعد البيئي ضمن الأهداف الإقتصادية والإجتماعية للمشروعات، بحيث يسعى رائد الأعمال الأخضر إلى تحقيق الربح بطريقة مستدامة ومسؤولة بيئيا. **(Mammeri & Saous, 2021, p. 427)**

وقد عرفت وكالة البيئة والتحكم في الطاقة **(ADEME)** ريادة الأعمال الخضراء بأنها: "جميع الإبتكارات التقنية والمفاهيمية والمنهجية التي تُسهم بشكل مباشر أو غير مباشر في تحسين البيئة، حيث تُؤخذ البيئة بمعناها الواسع، بما في ذلك الموارد الطبيعية (الهواء، الماء، التربة، والأنظمة البيئية)، والتنوع البيولوجي، ومكافحة تغيّر المناخ، ورفع كفاءة

استخدام الطاقة، وتطوير الطاقات المتجددة، وتحسين البيئة المعيشية، وتحقيق التنمية المستدامة للمجتمع. كما تحذر الوكالة من أن المؤسسات لا يمكنها الإستمرار في أنماط الإستهلاك والإنتاج الحالية دون أن تلحق أضرارا خطيرة بالبيئة، مما يجعل تبنّي الإبتكار الأخضر والممارسات المستدامة ضرورة استراتيجية لضمان استمرارية الأعمال وحماية الكوكب". **(قمري وبوالشعور، 2021، صفحة 694)**

إذن فريادة الأعمال هي استحداث مشاريع جديدة في بيئة الأعمال، قائمة على الإبتكار والتجديد والمخاطرة، تخدم الإقتصاد الوطني وتفيد المجتمع، وتحقق رؤية وأهداف أصحاب هذه المشاريع. وإذا أولت المشاريع الريادية الجانب البيئي في تقديم منتجاتها أو خدماتها، واستهدفت حماية البيئة والحفاظ عليها، فإن هذا ما يعرف بريادة الأعمال الخضراء.

2.1. العناصر الرئيسية لريادة الأعمال: يمكن حصر العناصر الرئيسية لريادة الأعمال في خمس عناصر متمثلة في **(جبريل، 2021، صفحة 18)**:

- **الإبتكار** : هو محرك النمو في ريادة الأعمال، إذ لا يمكن لرائد الأعمال تحقيق النجاح إلا من خلال تقديم منتجات أو خدمات جديدة تلبي احتياجات السوق بشكل أفضل من المنافسين. ويتطلب ذلك مجموعة من القدرات الأساسية، من أهمها:
  - ✓ **فهم السوق :** دراسة السوق بدقة لتحديد الثغرات والفرص المتاحة.
  - ✓ **التفكير الإبداعي:** ابتكار أفكار جديدة ومبتكرة لحل المشكلات وتلبية احتياجات العملاء.
  - ✓ **التحليل :** تقييم جدوى الأفكار الجديدة وتحليل فرص نجاحها.
- **صناعة القرار:** إن صناعة القرار فن يقوم على التوازن بين المخاطرة والتحليل، إذ تتطلب ريادة الأعمال اتخاذ قرارات حاسمة في ظل ظروف غير مؤكدة. لذلك، ينبغي على رائد الأعمال أن يمتلك مجموعة من المهارات الأساسية، من أهمها:
  - ✓ **التحليل المنطقي :** جمع المعلومات وتحليلها لاتخاذ قرارات مدروسة.
  - ✓ **القدرة على التكيّف:** الإستعداد لتغيير الخطط والتأقلم مع الظروف المتغيرة.
- **تحمل المخاطر:** إدراك أن المخاطرة جزء لا يتجزأ من ريادة الأعمال، مع القدرة على إدارتها بفعالية، والإستفادة من الخبرات و التعلم من تجارب الآخرين والإستفادة من خبراتهم السابقة لتفادي الأخطاء وتحسين الأداء.
- **الرؤية:** وهي بمثابة الخريطة التي توجه المشروع والبوصلة التي تقود رائد الأعمال نحو تحقيق أهدافه. فهي تمثل تصورا واضحا لمستقبل المشروع وتتضمن العناصر التالية:
  - ✓ **تحديد الأهداف :** وضع أهداف واضحة وقابلة للقياس.
  - ✓ **وضع الخطط:** إعداد خطط عمل تفصيلية لتحقيق الأهداف المرسومة.
  - ✓ **الإلهام :** تحفيز فريق العمل وإشعال الحماس لديهم لتوجيه جهودهم نحو تحقيق الرؤية.
- **التنظيم:** يعتبر التنظيم الأساس المتين لنجاح أي مشروع ريادي، إذ يضمن تحقيق الكفاءة والفعالية والرقابة على الأداء. ومن أبرز أهداف التنظيم:
  - ✓ **الكفاءة:** تحقيق أقصى استفادة ممكنة من الموارد المتاحة.
  - ✓ **الفعالية:** بلوغ الأهداف المحددة ضمن الإطار الزمني المرسوم.
  - ✓ **الرقابة والسيطرة:** مراقبة أداء المشروع واتخاذ الإجراءات التصحيحية عند الحاجة.

3.1. أهمية ريادة الأعمال:

إن ريادة الأعمال من أهم المحركات الأساسية للتنمية الاقتصادية والاجتماعية، إذ تساهم في تحفيز النمو الاقتصادي وخلق فرص العمل وتنويع مصادر الدخل .كما تشكل وسيلة فعّالة لتعزيز الابتكار ونشر ثقافة المبادرة الفردية داخل المجتمع. وتبرز أهمية ريادة الأعمال في النقاط التالية **(يحياوي، بن علي، و كاكي، 2019، صفحة 27):**

- تحقيق النمو الاقتصادي: من خلال إنشاء مشروعات جديدة ترفع من معدلات الإنتاج وتدعم الناتج المحلي.
- خلق فرص عمل جديدة: إذ تسهم المشاريع الريادية في استيعاب اليد العاملة وتقليل معدلات البطالة.
- تحفيز الإبتكار : عبر تطوير منتجات وخدمات جديدة تلبي احتياجات السوق وتزيد من القدرة التنافسية.
- تنمية المناطق المحلية: من خلال دعم المشروعات الصغيرة والمتوسطة التي تساهم في تنشيط الاقتصاد المحلي.
- تعزيز الاستقلال المالي للأفراد: من خلال تشجيع العمل الحر والمبادرات الفردية بدل الاعتماد على الوظائف التقليدية.

4.1. أهداف ريادة الأعمال:

تهدف ريادة الأعمال إلى تحقيق مجموعة من الأهداف الإقتصادية والإجتماعية التي تسهم في دفع عجلة التنمية وتعزيز الإبتكار داخل المجتمع، ومن أبرز هذه الأهداف ما يلي **(عياشي، 2024، صفحة 176):**

- **خلق فرص العمل:** تسعى ريادة الأعمال إلى توفير فرص عمل جديدة تسهم في تقليص معدلات البطالة ورفع مستوى المعيشة.
- **دعم النمو الإقتصادي:** من خلال إنشاء مشاريع جديدة تُسهم في زيادة الإنتاج وتحريك النشاط الإقتصادي في مختلف القطاعات.
- **تشجيع الإبتكار والإبداع:** تهدف ريادة الأعمال إلى تطوير منتجات وخدمات جديدة، وتحسين الأساليب الإنتاجية والإدارية.
- **تحقيق التنمية المستدامة:** عبر استخدام الموارد المتاحة بطرق فعالة تضمن استمرارية المشاريع دون الإضرار بالبيئة أو المجتمع.
- **تعزيز التنافسية:** من خلال تحفيز المؤسسات على تحسين الجودة، وخفض التكاليف، وتبني أساليب عمل أكثر كفاءة.
- **تحقيق الإستقلال المالي:** تشجع ريادة الأعمال الأفراد على الإعتماد على أنفسهم من خلال إنشاء مشاريعهم الخاصة بدل الإعتماد على الوظائف التقليدية.
- **الإسهام في التنمية المحلية:** بدعم المشروعات الصغيرة والمتوسطة التي تساهم في تنمية المجتمعات المحلية وتحسين أوضاعها الإقتصادية.

أما ريادة الأعمال الخضراء فمن أبرز أهدافها نجد **(قمري وبوالشعور، 2021، صفحة 695):**

- المساهمة في حماية البيئة وتقليل الانبعاثات والنفايات.
- تعزيز كفاءة استخدام الطاقة والموارد الطبيعية.
- تشجيع الإبتكار في التقنيات النظيفة والمنتجات الصديقة للبيئة.
- تحقيق التنمية المستدامة من خلال التوازن بين النمو الإقتصادي والحفاظ على النظام البيئي.

وبذلك، فإن ريادة الأعمال الخضراء تمثل اتجاها استراتيجيا نحو اقتصاد أكثر استدامة، حيث تجمع بين الربحية والمسؤولية البيئية، وتسهم في بناء مستقبل قائم على الوعي البيئي والإبتكار المستدام.

2. التحول الطاقوي:

1.2. مفهوم التحول الطاقوي:

يعود ظهور مصطلح التحول أو الإنتقال الطاقوي لأول مرة خلال مؤتمر برلين سنة **1980م**، وهو المؤتمر الذي أقر بضرورة انتهاج إستراتيجية طاقوية قائمة على التحول التدريجي من الطاقات الأحفورية ذات الإنبعاثات الكاربونية العالية إلى تطوير واستغلال مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة في صورة الطاقة الشمسية، المائية، الحرارية، الجوفية، وذلك من خلال الإلتزام بتحقيق مجموعة من الأهداف أهمها: **(شباط، 2024، صفحة 248)**

- توحيد الجهود لمواجهة مظاهر الإحتباس الحراري والتقليل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون؛
- تأمين أنظمة الطاقة مع التركيز على هدف التخلي عن الطاقة النووية على المدى الطويل؛
- التقليل من الإستهلاك المحلي لمصادر الطاقة والرفع من كفاءة الطاقة؛
- العمل على تحقيق الإستقلال الطاقوي في ظل تعزيز المساواة والعدل في استخدام الطاقة.

ويعتبر مؤتمر باريس المنعقد في ديسمبر **2015** محطة تاريخية مفصلية في تاريخ التحول الطاقوي والتوجه العالمي نحو خفض مستويات الإحتباس الحراري، من خلال التزام كل الدول المشاركة فيه بتحقيق تحول طاقوي يضمن معدل ارتفاع حراري للكرة الأرضية لا يتجاوز **2 %**.

ويقصد بالتحول الطاقوي: "الإنتقال من نظام إنتاج واستهلاك للطاقة يرتكز على الطاقة الأحفورية غير المتجددة إلى مزيج طاقوي بكثافة كربونية أقل، ونسب متزايدة للطاقات المتجددة. ومن خصائص التحول الطّاقوي أنّه يختلف من بلد لآخر حسب المزيج الطاقوي والإمكانيات الإقتصادية والتكنولوجية وكذا السياسات المتبعة. وهو مسار تغير صعب وطويل، يرتبط بالإرادة السياسية والواقع الإقتصادي والبيئي ونوعية الحكم والإدارة وثقافة المجتمع وتحولات الطاقة الأحفورية والبديلة". **(دعاس وعبدات، 2021، صفحة 493)**

كذلك التحول الطاقوي هو في الأصل ضمان الأمن الطاقوي، فحسب المفوضية الأوروبية هو القدرة على ضمان حاجيات الطاقة الضرورية المستقبلية، عن طريق المصادر المحلية الكافية، والتي تعمل وفق الشروط المقبولة اقتصاديا، أو إبقائها كاحتياطات إستراتيجية وهذا من خلال كسب مصادر خارجية مستقرة وسهلة الوصول إليها من خلال زيادة المخزونات الإستراتيجية. **(يبو ، 2021، صفحة 244)**

مما سبق فالتحول الطاقوي هو استراتيجية تسعى الدول لتبنيها لضمان الأمن الطاقوي بالدرجة الأولى، وتقوم على تغيير الأنماط الإستهلاكية والإنتاجية للطاقة، بحيث الهدف هو استحداث أنماط جديدة تكون صديقة للبئية، متجددة، وتحقق الإكتفاء الذاتي، وتوفر طاقة نظيفة للمستقبل. وهذه الإستراتيجية تختلف من دولة لأخرى حسب الإمكانيات الإقتصادية والتكنولوجية والإرادة السياسية وتتطلب تضافر الجهود بين مختلف أفراد المجتمع.

2.2. أسباب التحول الطاقوي: توجد العديد من الأسباب التي تدفع نحو التحول إلى الطاقات المتجددة نذكر أهمها في مايلي: **(زيتوني، العمري، 2025، صفحة 539)**

- **أمن الطاقة:** توقع العديد من الخبراء أن تدهور احتياطات البترول والغاز، إلى جانب النمو المتسارع في استهلاك الطاقة العالمي، سيؤدي إلى اختفاء ونضوب هذه المصادر، وبالتالي يصبح من الضروري البحث عن بدائل لها في الوقت الحاضر.
- **استمرار الإفتقار والحاجة إلى الطاقة:** إن الافتقار للطاقة يعيق التنمية الإقتصادية والإجتماعية في العديد من الدول حيث لا يزال يوجد في الدول النامية العديد من السكان يفتقرون إلى الحصول على الكهرباء ولا يزال العديد من السكان يعتمدون على الكتلة الإحيائية التقليدية للطبخ والتدفئة خاصة في المناطق الريفية.
- **المشاكل البيئية**: المشاكل البيئية التي نذكرها تتعلق بتأثير إنتاج النفط والغاز على البيئة، حيث تتوفر طاقات بديلة مثل الطاقة المائية، الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، طاقة الأمواج، والطاقة العضوية التي يمكن الإستفادة منها.
- **ضرورة التنويع في مصادر الطاقة:** لتخفيف الضغط على استخدام النفط كمورد ناضب، من الضروري ترشيد استهلاكه من جهة، والبحث عن بدائل طاقوية متجددة ومستدامة من جهة أخرى .
- **القلق من تغير المناخ:** إن القلق العالمي من جراء تزايد انبعاث الغازات الحرارية التي تنتج بشكل رئيسي نتيجة لحرق الوقود التقليدي خاصة غاز ثاني أكسيد الكربون والميثان، لا يتسبب فقط في ارتفاع الحرارة فحسب بل تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على صحة الإنسان وتتسبب في خلل التوازن البيئي، لذا ظهرت القوانين والآليات اللازمة للحد من انبعاث هذه الغازات مثل "اتفاقية كيوتو" التي بموجبها إلتزمت أكثر من 112 دولة بخفض انبعاثاتها الغازية بنسبة 24 %.

3.2. متطلبات التحول الطاقوي: تتمثل أهم متطلبات التحول الطاقوي في مايلي: **(عميش وطرشاني، 2021، صفحة 208)**

- وجود رغبة سياسية واضحة من القيادة العليا للدولة في التخلي التدر يجي عن الطاقات التقليدية لصالح الطاقات المتجددة.
- توفير السيولة المالية اللازمة لعملية التحول عن طريق البحث عن سبل تمويل مشاريع الطاقة المتجددة بإشراك القطاع الخاص وتشجيع الإستثمار الأجنبي في هذا المجال.
- إبرام اتفاقيات دولية وعقد شراكة لتطوير توليد وصناعة الطاقات المتجددة.
- تشجيع البحث العلمي والتكنولوجي في مجال الطاقات المتجددة.
- فتح أسواق خاصة الطاقات المتجددة تتسم بالمرونة والوضوح في التعاملات.

4.2. أهمية التحول الطاقوي: تكمن أهمية التحول الطاقوي في إعادة النظر لكل الموارد المتاحة، والعمل على استغلالها، وفق نمطية وإستراتيجية تهدف إلى تحقيق ما يلي: **(يبو ، 2021، الصفحات 244-245)**

- الإستثمار في رأس المال الطبيعي الذي يتوقف على التنوع البيولوجي من الغابات، البحيرات والآراضي الرطبة، ودورها في الحياة الإقتصادية والإجتماعية المستدامة.
- محاربة ظاهرة الفقر المستفحلة في جل المجتمعات الدولية، من خلال توفير الفرص المتنوعة للتنمية الإقتصادية في الدول منخفضة الدخل، بتدعيم السلع والخدمات الإيكولوجية.
- خلق فرص العمل والمساوة الإجتماعية باتباع التوظيف الأخضر، بإنشاء العديد من المؤسسات الصغيرة والمتوسطة التي تدعم النهج النظيف والأقل تكلفة ومع مراعاة الجانب الإيكولوجي.
- الإستغناء التدريجي على الطاقة الأحفورية والتوجه نحو الطاقة المستدامة والتقنيات المنخفضة الكربون، والمساهمة في تعويض التكاليف المرتفعة والإنبعاثات المسببة للإحتباس الحراري.
- الإنتقال الطاقوي يعمل على تسريع معدلات النمو والتنمية في إطار اقتصاد منخفض الكربون، والمحافظة على الموارد الطبيعية في إطار بدائل تهدف للتكامل بين رأس المال البشري، المادي والطبيعي.

3. عرض نماذج مشاريع ريادية ناجحة في التحول الطاقوي:

إن ريادة الأعمال وخصوصا الخضراء منها، تلعب دورا هاما في تحقيق التحول الطاقوي من خلال ابتكار مشاريع ريادية مستدامة، تساهم في الحفاظ على البيئة بالحد من التأثيرات السلبية للأنماط الإنتاجية والإستهلاكية الحالية خصوصا ما يتعلق بالطاقة. حيث تدفع نحو استهلاك الطاقة بكفاءة وفعالية واستحداث مصادر جديدة للطاقة كالطاقات المتجددة، مما يؤدي إلى تنويع الدخل بعيدا عن المصادر التقليدية للطاقة كالبترول ويحقق الأمان الطاقوي.

في ما يلي سيتم عرض نماذج لمشاريع ريادية ناجحة، ساهمت في تحقيق التحول الطاقوي من خلال الحلول المبتكرة التي قدمتها في مجال الطاقة.

1.3. تجربة تيسلا (tesla) لترشيد استخدام الطاقة:

تأسست شركة تسلا في يوليو **2003** على يد مارتن إبرهارد ومارك تاربنينج باسم تسلا موتورز، وهي شركة أمريكية متعددة الجنسيات، ومقرها في أوستن بولاية تكساس، تعمل في صناعة السيارات والطاقة النظيفة ويعد اسم الشركة تحية للمخترع والمهندس الكهربائي نيكولا تسلا. في فبراير 2004، أصبح إيلون ماسك أكبر مساهم في الشركة بعد استثمار قيمته 6.5 مليون دولار. ويتولى ماسك منصب الرئيس التنفيذي للشركة منذ عام 2008. **(موقع المعرفة، 2025)**

يتمثل الهدف الرئيسي للشركة في تسريع الإنتقال إلى وسائل النقل والطاقة المستدامة عن طريق السيارات الكهربائية والطاقة الشمسية. **(الموقع الرسمي لتسلا، 2025)**

تعد شركة تيسلا من المشاريع الريادية والشركات التي تصنع موجات في الصناعة منذ عدة سنوات وحتى وقتنا الراهن، بسبب التزامها بالإستدامة البيئية ودلك عن طريق تصميم السيارات الكهربائية المقللة لانبعاثات الكربون والمساعدة في مكافحة تغير المناخ. وإلى جانب ذلك تقوم شركة تيسلا باستثمارات كبيرة في الطاقات المتجددة (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح)، كما تستثمر في التقنيات الخضراء الأخرى، على سبيل المثال تعمل الشركة على تطوير البطاريات الخاصة بها التي يمكنها تخزين الطاقة الشمسية، ويمكن أن تكون هده التكنولوجيا بمثابة تغيير في صناعة الطاقة المتجددة، ومن أهم ما تقوم به الشركة في هذا المجال **(كيشاوي، بودلال، 2024، صفحة 412)**:

- **السيارات الكهربائية:** تحتل المركبات الكهربائية التي تنتجها شركة تسلا الصدارة في خفض انبعاثات الكربون، من خلال تقديم مجموعة من النماذج الكهربائية، حيث لا توفر تسلا للمستهلكين بديلا صديقا للبيئة فحسب، بل تشجع أيضا صناعة السيارات على التحول نحو الممارسات المستدامة، حيث تتميز هذه السيارات بما يلي:
  - ✓ **الإنبعاثات الصفرية:** حيث لا تنتج مركبات تسلا أي انبعاثات غازية، مما يؤدي إلى خفض مستويات تلوث الهواء في المناطق الحضرية بشكل كبير.
  - ✓ **كفاءة إستهلاك الطاقة:** تم تصميم سيارات تسلا الكهربائية لتحقيق أقصى قدر من الكفاءة، وتحويل نسبة أعلى من الطاقة الكهربائية من الشبكة إلى طاقة عند العجلات مقارنة بالمركبات التقليدية.
- **محطات الشحن الكهربائية:** قامت شركة تسلا ببناء شبكة متكاملة من محطات الشحن السريعة Supercharger اعتمادا على الطاقة الكهروضوئية، بهدف شحن السيارات على شبكات الطرق السريعة، وقد عرفت انتشارا واسعا خاصة في الأسواق ذات المبيعات العالية من مركبات تسلا.

- **الطاقة الشمسية:** بالإضافة إلى المركبات الكهربائية، تستثمر شركة تسلا بشكل كبير في منتجات الطاقة الشمسية. إذ تقدم الشركة الألواح الشمسية وبلاط الأسقف الشمسية التي تستغل الطاقة المتجددة من الشمس، حيث تعمل في هذا الإطار على:
  - ✓ **توليد الطاقة النظيفة:** تتيح منتجات الطاقة الشمسية لأصحاب المنازل توليد الكهرباء الخاصة بهم، من خلال اعتماد ألواح الطاقة الشمسية في أسقف المنازل.
  - ✓ **تخزين الطاقة:** تعمل تسلا على تخزين الطاقة الشمسية لإستخدامها لاحقا، وذلك بالإعتماد على البطاريات ذات السعة التخزينية العالة التي تسمى **PowerWall**، اضافة إلى انتاجه المجموعة من البطاريات المتراصة التي تسمى **PowerPack** مما يضمن قدرة المنازل على الإستفادة من الطاقة المتجددة حتى عندما لا تكون الشمس مشرقة.
- **التصميم المستدام:** تقوم شركة تسلا ببناء مصانعها بطريقة تحد من الهدر والتقليل من استخدام المياه واستهلاك الطاقة، حيث تعمل على بناء مصانع أكثر استدامة من الألف إلى الياء، والإعتماد على الطاقة الشمسية وتقنيات الذكاء الإصطناعي في عملية التسيير والإنتاج، وذلك من خلال تنفيذ برامج إعادة تدوير مواد البطاريات، مما أدى إلى تقليل النفايات والحفاظ على الموارد، بالإضافة إلى استخدام مواد مستدامة في عمليات التصنيع الخاصة بها، بما في ذلك الألومنيوم المعاد تدويره والمعادن ذات المصادر المستدامة.

2.3. تجربة Google DeepMind لترشيد استخدام الطاقة في مراكز البيانات من خلال الذكاء الإصطناعي:

يقدم التعلم الآلي والذكاء الإصطناعي مساعدات يومية للأفراد في مختلف المجالات. ولكنه يمكن أن يساعد أيضا في معالجة بعض المشكلات المادية الأكثر صعوبة في العالم، مثل استهلاك الطاقة خاصة في مراكز البيانات، حيث تستهلك الأنظمة التجارية والصناعية واسعة النطاق مثل مراكز البيانات الكثير من الطاقة، إذ تُعد من أكثر الأنظمة الصناعية استهلاكا للطاقة. ورغم الجهود المبذولة للحد من هذا الإستهلاك، إلا أن الطلب العالمي المتزايد على الطاقة الحاسوبية يستدعي حلولًا أكثر تطورًا.

تُعد عملية التبريد من أكثر مصادر استهلاك الطاقة في مراكز البيانات، نظرا للحرارة الناتجة عن تشغيل الخوادم. ك Google Search و Gmail و YouTube وغيرها. وعادة ما تُستخدم في عمليات التبريد معدات صناعية ضخمة كالمضخات والمبردات وأبراج التبريد، كما أن طبيعة البيئات الديناميكية لمراكز البيانات تجعل من الصعب تحقيق التشغيل الأمثل دون تدخل تقني ذكي. **(Evans & Gao, 2016)**

لهذا كان تقليل استهلاك الطاقة أحد أبرز اهتمامات الشركة على مدار السنوات العشر الماضية: فقد تم بناء خوادم فائقة الكفاءة خاصة في **Google**، تعتمد على طرق أكثر كفاءة لتبريد مراكز البيانات، كما استثمرت بكثافة في مصادر الطاقة الخضراء، بهدف الإعتماد على الطاقة المتجددة بنسبة **100%**. مقارنة بما كان عليه الحال قبل خمس سنوات.

وتعد شركة **Google** من أبرز الشركات الناشطة في هذا المجال والتي استطاعت تقليل كمية الطاقة التي نستخدمها للتبريد بنسبة تصل إلى **40 %** من خلال تطبيق التعلم الآلي من **DeepMind** على مراكز بيانات **Google** الخاصة.

تجمع تجربة **Google DeepMind** بين اثنين من أبرز مختبرات الذكاء الإصطناعي في العالم **Google Brain** و**DeepMind** في فريق واحد متخصص بقيادة المؤسس المشارك والرئيس التنفيذي ديميس هاسابيس (**DEMIS HASSABIS**). على مدار العقد الماضي، كان الفريقان مسؤولين عن بعض أكبر الإنجازات البحثية في مجال الذكاء

الإصطناعي، والتي يشكل الكثير منها أساس صناعة الذكاء الإصطناعي المزدهرة التي نراها اليوم. **(Google DeepMind site web, about-Our journey, 2025)**

بدأت **DeepMind** في عام **2010**، كمؤسسة ناشئة بنهج متعدد التخصصات لبناء أنظمة الذكاء الإصطناعي العامة. ثم بشراكتها مع **Google** تمكنا من استخدام تقنيات التعلم الآلي لتقليل استهلاك الطاقة والمساعدة في مواجهة أحد أكبر التحديات على الإطلاق، ألا وهو تغير المناخ.

وتعد الآثار المترتبة على ذلك كبيرة بالنسبة لمراكز بيانات **Google**، نظرا لإمكانية تحسين كفاءة الطاقة بشكل كبير وتقليل الإنبعاثات بشكل عام. بحيث يساعد ذلك أيضا الشركات الأخرى التي تعمل على سحابة **Google** على تحسين كفاءة الطاقة لديها. وبهذا تعد **Google** واحدة من أبرز مشغلي مراكز البيانات التي استطاعت استغلال التكنولوجيا الحديثة في استخدام الطاقات المتجددة والمحافظة على البيئة.

3.3. تجربة شركة مصدر:

يقع مقر شركة مصدر في الإمارات العربية المتحدة، وتعمل منذ عام **2006** على تطوير وتسويق ونشر حلول متطورة. بحيث تتمثل خبرتها في تطوير مشاريع الطاقة النظيفة، وتسويق الإبتكارات عالية التأثير، واستضافة منصات صناعية ومعرفية عالية المستوى تسهل تحقيق مستقبل شامل ومستدام للجميع. حيث تعد اليوم واحدة من أكبر شركات الطاقة المتجددة على مستوى العالم، أين تنشط في أكثر من **40** دولة عبر ست قارات. وقد استثمرت أو التزمت بالإستثمار في مشاريع تتجاوز قيمتها الإجمالية **30** مليار دولار أمريكي، بطاقة إجمالية تزيد عن **20** جيجا واط، قادرة على تعويض **30** مليون طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون سنوياً. وبفضل إرثها المتنامي في مجال توفير الطاقة المتجددة، ووحدة أعمالها الجديدة للهيدروجين الأخضر، تلعب "مصدر" دورا رئيسيا في انتقال الإمارات العربية المتحدة إلى اقتصاد مستدام قائم على المعرفة، مما يعزز ريادتها في مجال الطاقة، ويدعم التوجه العالمي نحو تحقيق صافي انبعاثات صفري. **(masda, 2023, p. 03)**

تُقدّم "مصدر" الخبرة التقنية والإبتكار للمساعدة في حل بعضٍ من أصعب التحديات في مجال الطاقة المتجددة والإستدامة. فهي تحدّد وتطوّر حلولاً مجدية تجاريا، تُعزّز قدرة العالم على مُعالجة القضايا الرئيسية مثل الوصول إلى الطاقة، نُدرة المياه، تغيّر المناخ، وإزالة الكربون. ومن أجل تعزيز رؤية دولة الإمارات العربية المتحدة للتنمية الإقتصادية، تطوّر المواهب المحلية وقدرات البحث والتطوير، وتبتكر حلولاً صناعية جديدة، ونُساهم في تنويع اقتصاد البلاد. وتدعم التزام دولة الإمارات العربية المتحدة بأن تُصبح من أكبر مُستثمري الطاقة المُتجددة والهيدروجين الأخضر في العالم. يشمل عمل مصدر مشاريع الطاقة المُتجددة بجميع أحجامها، ابتكارات الإستدامة التعاونية، ومشاريع الهيدروجين الأخضر الرائدة، ومشاريع البحث والتطوير، ومنصات المعرفة والتفاعل التي تجمع بين الجهات الرئيسية لتعزيز الاستدامة المُنصفة. يُعدّ التعاون والشراكة ركائز أساسية لنموذجها التنفيذي، سواءً من خلال الإستثمارات المُشتركة الإستراتيجية أو مشاريع البحث والتطوير المُشتركة مع مؤسسات مُماثلة في الإمارات العربية المتحدة، أو في منطقة الشرق الأوسط، أو في جميع أنحاء العالم. **(masda, 2023, p. 05)**

لقد جاء النمو الهائل لشركة مصدر منذ انطلاقها عام **2006** في فترة تحول هائلة في قطاعي الطاقة المتجددة والإستدامة. وفي عقدها الأول، ساهمت مصدر في هذا النمو وتطورت استجابةً للتطور المستمر في القطاع. وقد طوّرت مصدر ما كان يُعرف آنذاك بأكبر مزرعة للطاقة الشمسية الكهروضوئية في المنطقة، بالإضافة إلى أول وأكبر محطة للطاقة الشمسية المركزة (CSP) في المنطقة آنذاك.

على الصعيد الدولي، تُعد مصدر جزءًا من اتحادات ومشاريع مشتركة مختلفة، من بين إنجازات أخرى، أنجزت أكبر مزرعة رياح بحرية في العالم وأول محطة للطاقة الشمسية المركزة في العالم لتوفير طاقة الشبكة على مدار الساعة. لقد ساهمت في تنفيذ مشاريع رائدة أعادت تعريف ما يمكن تحقيقه، مثل هايويند سكوتلاند، أول مزرعة رياح بحرية عائمة في العالم، ومحطة الشارقة لتحويل النفايات إلى طاقة، أول محطة من نوعها على نطاق تجاري في الشرق الأوسط. **(masda, 2023, p. 07)**

هناك المزيد من المشاريع الرائدة قيد التطوير حاليًا في الإمارات العربية المتحدة وحول العالم. وتشمل هذه المشاريع محطة سيراتا للطاقة الشمسية العائمة، التي ستكون أكبر محطة طاقة شمسية كهروضوئية عائمة في جنوب شرق آسيا عند اكتمالها، ومشروع الظفرة للطاقة الشمسية الكهروضوئية بقدرة 2 جيجاواط، والذي سيكون أكبر محطة طاقة شمسية في العالم عند اكتماله.

بالإضافة إلى ذلك، لعبت مصدر دورًا هامًا في تعزيز الإمكانات الهائلة للطاقة المتجددة والتقنيات النظيفة. وقد جذبت طائرة سولار إمبلس 2، المدعومة من مصدر، وهي أول طائرة تُحلق حول العالم دون استخدام قطرة وقود واحدة، اهتمامًا وحماسًا عالميين. **(masda, 2023, p. 08)**

إن "مصدر" تلتزم بدفع عجلة الإبتكار في مجال التكنولوجيا النظيفة، وذلك لدوره الرئيسي في مواصلة تطوير قطاع الطاقة المتجددة وتعزيز جدواه التجارية والمساهمة في التحول الطاقوي. ومن أهم مشاريعها المبتكرة **(الموقع الرسمي لشركة مصدر، 2025)**:

- **محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية العائمة**: يوفر تركيب الألواح الشمسية الكهروضوئية على منصات عائمة فوق سطح المياه عددا من الميزات مقارنة بتركيبها على سطح الأرض. فمع تزايد التعداد السكاني، هناك حاجة متزايدة إلى توفير الأراضي من أجل السكن والزراعة والصناعة، لذلك فإن الألواح الشمسية العائمة توفر حلا مجديا بديلا للألواح الشمسية التقليدية.
- **تحويل النفايات إلى طاقة:** تتمحور هذه العملية حول توليد الطاقة بصيغة كهرباء أو حرارة مفيدة جراء حرق نفايات البلدية الصلبة أو القمامة.
- **تخزين الطاقة**: تساهم "مصدر" بدور هام في تطوير حلول لتخزين الطاقة. وتعد محطة "خيما سولار" في إسبانيا من الأمثلة البارزة على جهود "مصدر" في هذا المجال، حيث تعتبر أول مشروع على نطاق تجاري للطاقة الشمسية المركزة في العالم يتم فيه استخدام تقنية الملح المصهور لتخزين حرارة الشمس. كما أطلقت "مصدر" نظام "باتويند" الذكي لتخزين الطاقة في اسكوتلندا، وهو أول نظام بطارية في العالم يتم ربطه بمحطة لطاقة الرياح البرية.
- **انشاء مدينة مصدر المستدامة:** Masdar City هي مدينة مستدامة طورتها مؤسسة Masdar بغرض أن تكون نموذجا للإبتكار التكنولوجي والتحول الطاقوي في منطقة الخليج، تم الإعتماد فيها على التصميم الذكي للمباني والشوارع والذي ساهم في خفض استهلاك الطاقة والمياه بشكل ملحوظ، الأمر الذي جعل من المدينة مركزا لجذب الشركات الناشئة في تكنولوجيا الطاقة والتقنيات الخضراء، ما يعزز ريادة الأعمال في قطاع الطاقة. **(الموقع الرسمي لمدينة مصدر، 2025)**

الخاتمة:

لا يزال موضوع الطاقة يحظى باهتمام دولي كبير من قبل الدول والهيئات الدولية والمنظمات العالمية، حيث الجميع يسعى لإيجاد البديل للطاقات التقليدية، للتخلص من آثارها السلبية على البيئة بالدرجة الأولى، وبهدف تحقيق التحول نحو مصادر طاقوية جديدة أكثر كفاءة وأمانا وصديقة للبيئة. وتعد ريادة الأعمال السبيل نحو تحقيق التحول الطاقوي في الدول، لما تقدمه من ابتكارات ومشاريع مستحدثة في مجال الطاقة وترشيدها.

إن دراسة النماذج الريادية الثلاث (شركة تسلا **(tesla)**، شركة **Google DeepMind** وشركة **مصدر)**، القائمة على الإبتكار وتقديم حلول مستدامة وفعالة في مجال الطاقة، أدت إلى التوصل إلى النتائج التالية:

- هناك العديد من المشاريع الريادية الناجحة في مجال الطاقة ويمكن الإستفادة من تجاربها لتحقيق التحول الطاقوي؛
- ريادة الأعمال لها دور كبير في تحقيق التحول الطاقوي من خلال استحداث مشاريع ريادية في الطاقات النظيفة وتقديم حلول لترشيد الطاقة وتخزينها؛
- يعد الإبتكار في قطاع الطاقة أمرا ضروريا لتحقيق التحول الطاقوي؛
- تساهم ريادة الأعمال في اكتشاف مصادر جديدة للطاقة وبالتالي دعم الأمن الطاقوي والتقليل من استيراد الوقود الأحفوري؛
- تساهم ريادة الأعمال في مجال الطاقة في خلق مناصب شغل ودعم النمو الإقتصادي وتحقيق التنمية الشاملة.

وانطلاقا من النتائج السابقة، يمكن تقديم التوصيات التالية:

- دعم المشاريع الريادية في مجال الطاقة وخصوصا الطاقات النظيفة والمتجددة؛
- توفير مراكز بحث ومخابر لإبتكار مصادر وحلول جديدة في مجال الطاقة؛
- تهيئة البنية التشريعية والقانونية لدعم ريادة الأعمال الخضراء.
- توفير حاضنات ومسرعات الأعمال مهمتها مرافقة وتوجيه واحتضان المشاريع في مجال الطاقة.

المراجع:

أولا/ المراجع العربية:

- جبريل، محمد، وائل، 2021. **مدى توفر روح ريادة الأعمال لدى طلبة كلية الاقتصاد بجامعة عمر المختار فرع درنة (ليبيا)**، مجلة الدراسات الإقتصادية المعمقة، المجلد 05، العدد 01، ص ص: 13-29. على الرابط: https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/542/5/1/150835، تاريخ التحميل: 2025/10/27، على الساعة: 18:24.
- دعاس، خليل، عبدات، عبد الوهاب. 2021، **التحول الطاقوي في الجزائر: واقع ورهانات**، مجلة اقتصاد المال والأعمال، المجلد 06، العدد 02، ديسمبر، ص ص: 491- 506. على الرابط: https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/468/6/2/176175. تاريخ التحميل: 2025/10/24، على الساعة: 17:54.
- زيتوني، عادل، العمري، منير، 2025. **الإنتقال الطاقوي كسبيل لتعزيز الأمن الطاقوي الجزائري**، مجلة الدراسات القانونية والإقتصادية، المجلد 08، العدد 01، ص ص: 530-548. على الرابط: https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/649/8/1/269264، تاريخ التحميل: 2025/10/24، على الساعة: 17:51.

- شباط، عبد النور. 2024. **التحول الطاقوي نحو استغلال الطاقة المتجددة: رهان تحقيق الأمن الطاقوي العالمي**، مجلة أكاديميا للدراسات السياسية، المجلد 7، العدد 1، جوان، ص ص: 237-255. على الرابط: https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/522/7/1/246080، تاريخ التحميل: 2025/10/24، على الساعة: 17:49.
- صكوشي، أحمد. مجدل، الخنساء. 2019. **ريادة الأعمال الإستراتيجية كأحد تطبيقات الإدارة المعاصرة-دراسة تحليلية لنموذج ريادة الأعمال الإستراتيجية**، مجلة الإدارة والتنمية للبحوث والدراسات، المجلد 08، العدد 01، ص ص: 38-54. على الرابط: https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/273/8/1/96186، تاريخ التحميل: 2025/10/27، على الساعة: 18:11.
- عميش، عائشة، طرشاني، سهام. 2021. **التحول الطاقوي كآلية لإستدامة الأمن الطاقوي في دول المغرب العربي-آفاق وتحديات-**، مجلة دراسات وأبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة، المجلد 08، العدد 01، ص ص: 202-230. على الرابط: https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/466/8/1/150550، تاريخ التحميل: 2025/10/24، على الساعة: 17:53.
- عياشي، عبد الله. 2024. **دور ريادة الأعمال في تحسين جودة الحياة لدى المجتمع الجزائري: دراسة تحليلية لتأثير الإبتكار والمشاريع الصغيرة**، مجلة السراج في التربية وقضايا المجتمع، المجلد 08، العدد 04، ص ص: 174-188. على الرابط: https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/467/8/4/261948، تاريخ التحميل: 2025/10/27، على الساعة: 18:01.
- قمري، زينة. بوالشعور، شريفة. 2021. **تحديات ريادة الأعمال الخضراء في الجزائر**، مجلة البحوث الإقتصادية والمالية، المجلد 08، العدد 02، ديسمبر، ص ص: 689- 702. على الرابط: https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/64/8/2/176608. تاريخ التحميل: 2025/10/27، على الساعة: 17:30.
- كيشاوي، عائشة. بودلال، علي. (2024). **تقييم شركة تاسلا في تحقيق الإستدامة البيئية**، مجلة دفاتر mecas، المجلد 20، العدد2، الجزائر، ص ص: 403-416. على الرابط: https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/174/20/2/257353، تاريخ التحميل: 2025/10/26، على الساعة: 17:47.
- لسبع، مريم. ادبوب، سارة. 2025. **تحديات الإستثمار في ريادة الأعمال في الجزائر**، مجلة أرصاد للدراسات الإقتصادية والإدارية، المجلد 07، العدد 2، مارس، ص ص: 1-18. على الرابط: https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/628/7/2/264983. تاريخ التحميل: 2025/10/27، على الساعة: 17:44.
- يبو، كريم. 2021. **آلية التحول الطاقوي بالجزائر لتحقيق التنمية المستدامة: بين الواقع والمأمول**، مجلة الرواق للدراسات الإجتماعية والإنسانية، المجلد 07، العدد 02، ص ص: 241-259. على الرابط: https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/289/7/2/172225، تاريخ التحميل: 2025/10/24، على الساعة: 17:56.
- يحياوي، عبد الحفيظ. بن علي، إحسان. كاكي، عبد الكريم. 2019. **دور الإبداع الإداري في تعزيز ريادة الأعمال بالمنظمات.** جامعة زيان عاشور، الجلفة-الجزائر. على الرابط: https://fsecg.univ-djelfa.dz/ar/6579.

المراجع الأجنبية:

- MAMMERI ZAKARIA, SAOUS CHIKH, 2020. **The impact of green opportunities on Green entrepreneurship**, Knowledge of Aggregates Magazine, Vol 06, N°01, April, pp: 34-51. https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/347/6/1/119279.
- Masdar, 2023. **Masdar-corporate-brochure- CLEAN ENERGY POWERHOUSE**, p p: 01-17. https://masdar.ae/-/media/corporate-revamp/downloads/about/masdar-corporate-brochure-2023.pdf?utm_source=chatgpt.com.

المواقع الإلكترونية:

- **الموقع الرسمي لتسلا**، على الرابط: https://www.tesla.com/ar_qa/secret-master-plan ، تاريخ الزيارة: في 2025/10/25.

- **الموقع الرسمي لشركة مصدر**، على الرابط: https://masdar.ae/ar/renewables/technologies/energy-storage، 2025/10/25، على الساعة: 16:48.
- **الموقع الرسمي لمدينة مصدر**، 2025. على الرابط: https://masdarcity.ae/ar/sustainable-urban-development/sustainable-page، تاريخ الزيارة في: 2025/10/25.
- موقع المعرفة، **مقال منشور عن شركة تسلا**، على الرابط: https://www.marefa.org/%D8%B4%D8%B1%D9%83%D8%A9_%D8%AA%D8%B3%D9%84%D8%A7، تاريخ الزيارة: 2025/10/25.
- Richard Evans, Jim Gao. 2016. **DeepMind AI Reduces Google Data Centre Cooling Bill by 40%**, 20 JULY 2016, sit web: Google DeepMind, on the link: https://deepmind.google/discover/blog/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-by-40/. Visited: 26/10/2025.
- Google DeepMind site web, **about-our journey**, 2025. On the link: https://deepmind.google/about/. Visited: 26/10/2025.

الطاقات المتجددة والانتقال الطاقوي في الجزائر: مع الاشارة إلى البرنامج الوطني للطاقات المتجددة 2011-2030

Renewable Energies and Energy Transition in Algeria: With Reference to The National Renewable Energies Program 2011–2030

د. عوادي ميادة[1]

[1] جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة، m.aouadi@univ-skikda.dz

ملخص:

تهدف هذه الورقة البحثية إلى تسليط الضوء على التحولات المتزايدة في السياسات الطاقوية التي شهدتها الجزائر تماشيا مع التوجه العالمي نحو الطاقات النظيفة والأكثر استدامة لمواجهة التغير المناخي وتقليص الاعتماد على الطاقات التقليدية (المحروقات). ويعد البرنامج الوطني للطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة (2011_ 2030) الركيزة الأساسية لهذه السياسة، وقد ركزت هذه الدراسة على تحليل واقع الطاقات المتجددة في الجزائر والانتقال الطاقوي، وتقييم مدى تقدم تنفيذ البرنامج الوطني بعد مرور أكثر من عشر سنوات على إطلاقه. حيث أظهرت النتائج أن التحول الطاقوي في الجزائر يسير بوتيرة بطيئة مقارنة بالأهداف المعلنة حيث حقق اقل من 5% من الأهداف المسطرة.

الكلمات المفتاحية: الطاقات المتجددة، الانتقال الطاقوي، البرنامج الوطني للطاقات المتجددة (2011_ 2030) الجزائر.

تصنيفات JEL: ....، ....، ...

Abstract:

This research paper aims to highlight the increasing transformations in energy policies that Algeria has witnessed in line with the global trend towards clean and more sustainable energies to confront climate change and reduce dependence on traditional energies (fuels). The National Program for Renewable Energies and Energy Efficiency (2011_2030) is the basic pillar of this policy, and this study focused on analyzing the reality of renewable energies in Algeria and the energy transition, and evaluating the progress of implementing the national program more than ten years after its launch. The results showed that the energy transition in Algeria is proceeding at a slow pace compared to the announced goals, achieving less than 5% of the set goals

Keywords: Renewable Energies, Energy Transition, National Renewable Energy Program (2011_2030) Algeria.

المؤلف المرسل: عوادي ميادة، **الإيميل:** m.aouadi@univ-skikda.dz

JEL Classification Cods :

المقدمة:

في ظل التحديات العالمية المتعلقة بتغيير المناخ، تغيير أنماط الاستهلاك، ارتفاع الطلب على الطاقة وتراجع الموارد الأحفورية. أصبحت الطاقات المتجددة خيارا استراتيجيا لا غنى عنه لتحقيق التنمية المستدامة وضمان الأمن الطاقوي، اصبح العالم مجبورا على تغيير النظام الطاقوي الحالي وإعادة النظر في النموذج التنموي العالمي والاتجاه نحو نظام يعتمد بشكل متنام على المصادر الطاقوية المتجددة التي تسهم في تحقيق أمان الطاقة على المدى البعيد وتحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي والحفاظ على البيئة.

والجزائر من الدول التي اعتمدت في اقتصادها وعلى مدى عدة عقود على الوقود الأحفوري اقتنعت كغيرها من الدول بضرورة التنوع الطاقوي وتقليص الاعتماد على الوقود الاحفوري لاسيما أنها تمتلك امكانيات طبيعية هائلة في مجال الطاقات المتجددة على غرار الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وهذا ما يعكس اعتمادها على البرنامج الوطني للطاقات المتجددة 2011-2030 والذي يمثل الإطار الاستراتيجي للانتقال الطاقوي والذي يهدف إلى تحسين كفاءة الطاقة وتثمين الموارد المحلية في الصناعات المرتبطة بالطاقات النظيفة.

من خلال ما سبق يمكن طرح اشكالية هذه الدراسة فيما يلي:

إلى أي مدى استطاعت الجزائر من خلال البرنامج الوطني للطاقات المتجددة 2011- 2030 تحقيق تقدم فعلي نحو الانتقال الطاقوي وتنويعه بما ينسجم مع متطلبات التنمية المستدامة؟

ينبثق عن هذا التساؤل الرئيسي مجموعة من الأسئلة الفرعية كما يلي:

- ✓ ما المقصود بالطاقات المتجددة والانتقال الطاقوي؟
- ✓ ما هو الوضع الراهن للطاقة في الجزائر؟
- ✓ ماهي الاستراتيجية الجزائرية في مجال الطاقات المتجددة والانتقال الطاقوي ضمن الفرص والامكانيات المتوفرة؟
- ✓ ما هو البرنامج الوطني لتنمية الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية؟ وهل يمكن اعتباره فرصة حقيقية لتجسيد مسعى التحول الطاقوي؟

أهداف الدراسة: تتلخص أهداف الدراسة في النقاط التالية:

- ✓ إبراز أهمية الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية الاقتصادية؛
- ✓ تحليل مكونات وأهداف البرنامج الوطني للطاقات المتجددة 2011- 2030؛
- ✓ تحديد واقع تنفيذ هذا البرنامج في الجزائر والنتائج التي تم تحقيقها؛
- ✓ اقتراح سبل لتعزيز فعالية السياسات الطاقوية.

منهج الدراسة: تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي من خلال تحليل وثائق رسمية وتقارير وطنية ودولية متعلقة بالطاقات المتجددة في الجزائر، إضافة إلى المقارنة بين الأهداف المعلنة والنتائج المتحققة على أرض الواقع.

محاور الدراسة: تم تقسيم هذه الدراسة إلى المحاور التالي:

- ✓ **المحور الأول:** الإطار المفاهيمي للطاقات المتجددة والانتقال الطاقوي.
- ✓ **المحور الثاني:** إمكانيات الطاقة المتجددة في الجزائر والهياكل المشرفة عليها؛

- ✓ **المحور الثالث:** آفاق الطاقات المتجددة في إطار البرنامج الوطني للطاقات المتجددة 2011- 2030؛
- ✓ **المحور الرابع:** العقبات التي تواجه الانتقال الطاقوي في الجزائر.

1. الإطار المفاهيمي للطاقات المتجددة والانتقال الطاقوي: الطاقات المتجددة هي مصادر طبيعية دائمة غير ناضبة متواجدة في الطبيعة باستمرار، إلا أن استغلالها كطاقة هو الجديد ضمن ما يعرف بالانتقال الطاقوي الذي يعتمد على استهلاك عقلاني للطاقة ولا يعتمد على الطاقة الأحفورية بل مزيج طاقوي بكثافة كربونية اقل ونسب متزايدة للطاقة المتجددة.

1.1.مفهوم الطاقات المتجددة: هي طاقات متواجدة في الطبيعة بشكل دائم، وهي متعلقة أساسا بالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الهيدروليكية والطاقة الحرارية الأرضية أو النباتية. وهي طاقات صديقة للبيئة تنتج القليل من انبعاثات ثاني أكسيد الطربون وتعد أساس التحول نحو اقتصاد طاقوي مستدام.

وقد عرفت الطاقة المتجددة من قبل الأمم المتحدة UN على أنها" طاقة ناتجة من مصادر طبيعية تتجدد بمعدل يفوق ما تم استهلاكه مثل أشعة الشمس والرياح عللا سبيل المثال وتتجدد باستمرار، وان مصادر الطاقة المتجددة وفيرة وموجودة في كل مكان حولنا" (الأمم المتحدة UN، 2025) .

كما عرفتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيير المناخ IPCC على أنها" الطاقة المستمدة من مصادر الطبيعة تتجدد في الطبيعة بوتيرة تعادل أو تفوق معدل استهلاكها، وتكون ناتجة عن عمليات طبيعية مستمرة مثل الطاقة الشمسية والحرارية الأرضية والطاقة الحيوية وطاقة المد والجزر وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية والطاقة من الكتلة الحيوية والنفايات" (الهيئة الحكومية المعنية بتغيير المناخ IPCC، 2025).

- **مصادر الطاقة المتجددة:** أهم مصادر الطاقة المتجددة هي:

- **الطاقة الشمسية:** وهي المصدر الرئيسي للطاقة بكل أنواعها وصورها باستثناء الطاقة النووية، فالمصادر التقليدية للطاقة مثل الفحم البترول والغاز إنما استمدت طاقتها المخزنة من الشمس (زعرور نعيمة، 2018). إذا هي طاقة تنتج من الاشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض، ويمكن تحويله إلى طاقة كهربائية أو حرارية، كما يمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى إلى طاقة شمسية كهروضوئية photovoltaïqueأي تحويل ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء باستخدام الخلايا الشمسية المصنوعة من السيليكون أو طاقة حرارية thermique solaire أين تستخدم المرايا والعدسات لتركيز أشعة الشمس لتسخين الماء أو الهواء أو لتوليد بخار يحرك التوربينات.

- **طاقة الرياح:** تعتبر الشمس هي المصدر الرئيسي للرياح حيث تتصاعد طبقات الهواء الساخنة إلى الأعلى مما يولد فراغا أسفلها يتم ملؤه بالهواء البارد وبهذا تحدث ظاهرة الرياح، حيث تبلغ قوة الرياح الممكن استغلالها وتحويلها إلى 20 مرة من معدل الاستهلاك العالمي للطاقة (زعرور نعيمة، 2018).

- **الطاقة المائية:** تعتبر الطاقة المائية من الطاقات المتجددة وتستخرج كمن حركة المياه في الأنهار أو السدود أو من حركة الأمواج في البحار لتوليد الكهرباء عبر التوربينات.

- **الطاقة الجوفية:** وهي طاقة مستمدة من حرارة جوف الأرض والتي عادة ما تكون على شكل ماء حار أو بخار، وتستخدم المياه الحارة الجوفية حاليا في دول عديدة في العالم في بعض الاستخدامات الحرارية المباشرة مثل تدفئة

المنازل، وفي أحواض السباحة والمنتجعات السياحية والصحية بالإضافة إلى بعض التطبيقات الأخرى خاصة في مجال الزراعة والصناعة (عبد الفتاح دندي، 2023).

- **طاقة الكتلة الحيوية:** تشمل طاقة الكتلة الحيوية الوقود الخشبي، الوقود الزراعي والمتجات الثانوية المنزلية، وتنقسم كل واحدة من هذه المجموعات إلى أنواع سائلة أو جامدة أو غازية ويمكن استخدامها في الحصول على الحرارة أو الكهرباء أو توليد الطاقة (صندوق النقد العربي، 2025) .

- **طاقة الهيدروجين:** وهو نوع مهم من أنواع الوقود وهو مرشح لأن يكون له دور كبير في تأمين الطاقة في الكستقبل وأبرز تطبيقاته هي "خلايا الوقود" وهي خلايا واعدة بتطبيقات واسعة في المستقبل، ويتم توليد الكهرباء داخلها مباشرة بتمرير الهيدروجين والهواء فيها، وعبر اتحاد الهيدروجين والاكسجين نحصل على طاقة كهربائية. أما مخلفات هذه العملية فهي الماء فقط أي أن خلايا الوقود لاتسهم في تلويث البيئة (موفق سهام، 2020).

2.1.مفهوم الانتقال الطاقوي: ابرزت أحداث السنوات الأخيرة التكلفة التي يتكبدها الاقتصاد العالمي نتيجة تبني منظومة طاقوية مركزية تعتمد بشكل كبير على الوقود الأحفوري، هذا ما أوجب تسريع وتيرة الانتقال الطاقوي لتحقيق أمن الطاقة واستقرار الأسعار والمرونة الوطنية على المدى الطويل IRENA،(2022).

ومنه يمكن تعريف الانتقال الطاقوي على أنه: "الانتقال من الطاقات التقليدية (الأحفورية)إلى صناعة الطاقات المتجددة التي تتميز بوفرتها وديمومتها، وهذا حفاظا على البيئة وعلى الاحتياجات الحالية من الطاقة" (عبيدات عبدالوهاب، 2021).

وعرف أيضا على أنه:" التوجه نحو نموذج طاقوي يسمح بتلبية الاحتياجات الطاقوية للمواطن والاقتصاد بطريقة مستديمة، متساوية، ومضمونة، في مجتمع يعاني من قلة الموارد الطبيعية والطاقة والكربون" (مغيش كنزة، 2021).إذا الانتقال الطاقوي هو الانتقال من نظام قديم يعتمد بشكل رئيسي على طاقة أولية ناضبة إلى نظام آخر اكثر عقلانية واستهلاكا للطاقة يعتمد على الطاقات المتجددة.

- **حتمية الانتقال الطاقوي:** تأتي حتمية الانتقال الطاقوي من الضرورة الملحة التي تواجهها الدول والمجتمعات للتحول من الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية وخاصة الوقود الأحفوري (النفط، الغاز الفحم) إلى مصادر طاقة نظيفة ومتجددة (كالشمس، الرياح، الكتلة الحيوية والطاقات المائية) مما يضمن التوازن بين النمو الاقتصادي والحفاظ على البيئة.

ويعد هذا الانتقال حتميا للأسباب التالية: (عبيات عبد الوهاب، 2021)

- **تغير المناخ:** التطور الذي عرفه الاقتصاد العالمي منذ الثورة الصناعية أدى إلى زيادة الطلب على الطاقات الأحفورية لتلبية احتياجات الصناعة، حيث نتج عن احتراق الوقود الأحفوري انبعاث الغازات الدفيئة والتي أدت إل رفع درجة حرارة الأرض بمعدل 12 درجة مئوية قياسا بمستويات ما قبل الثورة الصناعية. وهذا ما نتج عنه الاحتباس الحراري الذي ترتب عنه العديد من الكوارث الطبيعية واختلالات في النظام البيئي وتدهور الوضع المعيشي والصحي للأفراد؛
- **تزايد النمو الاقتصادي:** خلال العقود الماضية شهد الاقتصاد العالمي نموا مضطردا، ترجم ذلك في الزيادة المستمرة في الطلب على مصادر الطاقة التي تشكل عنصرا حيويا لاستمرار هذا التطور، مما يتأتى عنه استنزاف للموارد الطاقوية الناضبة على حساب حقوق الأجيال المقبلة؛

- **تذبذبات أسعار النفط**: من أهم الأسباب الدافعة للبلدان المستهلكة للطاقة الاحفورية للبحث عن مصادر طاقوية جديدة ومنافسة على صعيد الأسعار تضمن امداداتها من مصادر الطاقة هي التغير المفاجئ في أسعار النفط وعدم استقرارها؛
- **تنامي الوعي البيئي:** أصبحت المسائل البيئية قضايا تشغل بال الجهات الرسمية عالميا وأضحت هما مجتمعيا يعني الانسان في كل موقع، وتظهر جليا من خلال زيادة الاحتياجات والمطالب بإعادة النظر في الاستراتيجيات الطاقوية وترشيد استهلاك الطاقات الأحفورية والتوجه نحو مصادر صديقة للبيئة؛
- **تلبية الطلب العالمي على الطاقة وتخفيف الضغط على الطاقات التقليدية:** حيث يتوقع أن يرتفع الطلب العالمي على الطاقة نموا محسوسا خلال السنوات القادمة حيث تشير الدراسات إلى زيادة بحالي 25% أفاق 2040 ووجود بدائل للوقود الأحفوري من شأنه أن يعزز الأمن الطاقوي العالمي.

2- إمكانيات الطاقات المتجددة في الجزائر والهياكل المشرفة عليها: تتوفر الجزائر على إمكانيات متنوعة من الطاقات المتجددة، خاصة الموارد الشمسية الريحية والمائية إضافة على موارد الكتلة الحية والطاقة الجوفية، ووفرتها تتفاوت من مورد إلى آخر إلا أن الموارد الشمسية أهمها نظرا لتمتع بإشعاع شمسي مرتفع جدا في المناطق الصحراوية، ويشرف على استغلال هذه الطاقات مجموعة من الهياكل.

1.2.إمكانيات الطاقات المتجددة في الجزائر: وتتمثل فيما يلي:

- **الطاقة الشمسية:** تعد الطاقة الشمسية من الطاقات المتجددة الأكثر تلاؤما مع بلد مثل الجزائر. حيث يقدر متوسط سطوع الشمس السنوي بـ 3000 ساعة بمتوسط يبلغ6.57 كيلوواط ساعة/م^2 في اليوم، بمساحة 86% من الصحراء الكبرى وبموقعها الجغرافي، تمتلك الجزائر أهم حقل شمسي في العالم، إذا أردنا اردنا مقارنة الطاقة الشمسية بالغاز الطبيعي، فإن إمكانيات الطاقة الشمسية للجزائر تعادل حجم 37000 مليار متر مكعب سنويا أكثر من 8 اضعاف احتياطيات الغاز الطبيعي في البلاد، مع فارق إضافي يتمثل في كون موارد الطاقة الشمسية قابلة للتجديد على عكس الغاز الطبيعي (توفيق حسني وآخرون ، 2021). والجدول الموالي يبين القدرات الشمسية للجزائر:

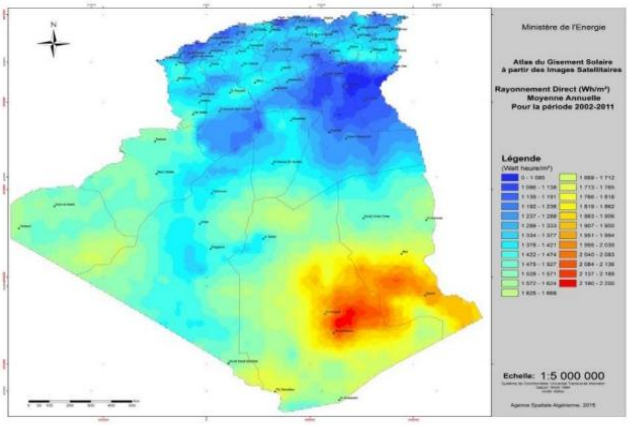
جدول رقم (01) القدرات الشمسية في الجزائر

المناطق	منطقة ساحلية	هضاب عليا	صحراء
مساحة %	04	10	86
معدل اشراق الشمس(ساعة/سنة)	2650	3000	3500
معدل الطاقة المحصل عليها كيلوواط ساعي م^2/ساعة/سنة	1700	1900	2650

المصدر: وزارة الطاقة والمناجم، **دليل الطاقات المتجددة**، الجزائر، 2007، ص: 39.

والخريطة الموالية تبين المتوسط السنوي للإشعاع المباشر الإجمالي:

شكل رقم (01): المتوسط السنوي للإشعاع المباشر الإجمالي 2002/ 2011 (واط/سا/م^2)

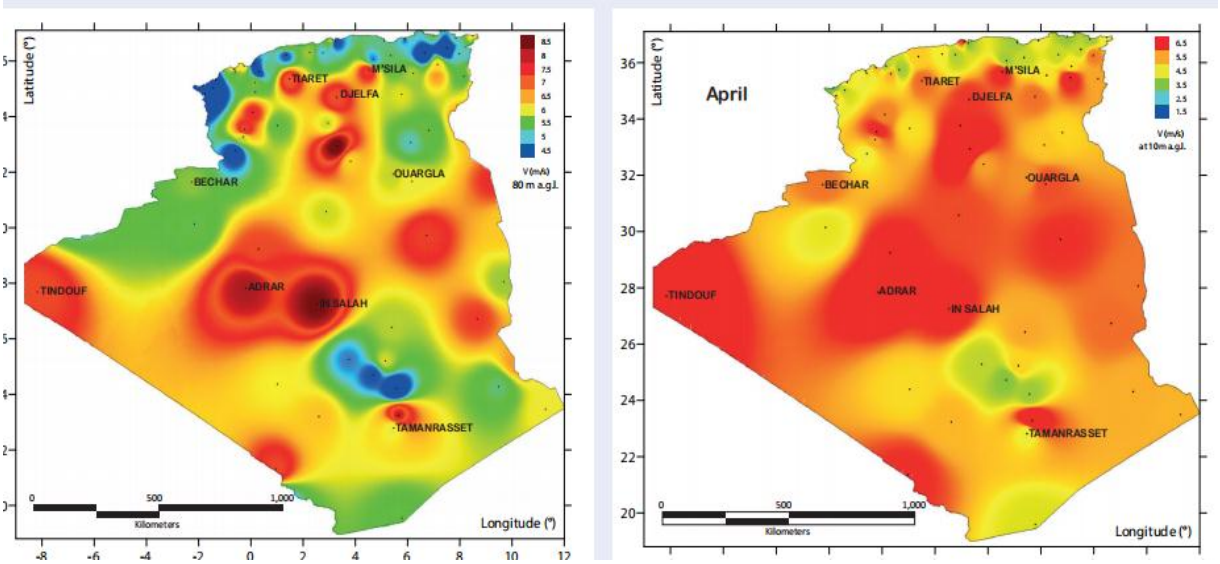


المصدر: وزارة الطاقة،2021.

تظهر الخريطة السابقة المتوسط السنوي لأشعة الشمس المستلمة للمتر المربع للفترة 2002/ 2011 لمختلف مناطق الجزائر، حيث تبلغ الطاقة المستلمة على سطح أفقي مساحته 1 متر مربع حوالي 5 كيلو واط في الساعة في معظم أنحاء البلاد، أي ما يقارب 1700 كيلوواط ساعي/ م^2/ سنة في الشمال، وما يقارب 2263 كيلوواط ساعي/م^2/ سنة في الجنوب.

- **طاقة الرياح:** المورد الريحي في الجزائر يتغير من مكان لآخر نظرا للطبيعة الطوبوغرافية والمناخية المتعددة حيث تنقسم الجزائر إلى منطقتين جغرافيتين كبيرتين هما الشمال والجنوب، فالشمال يحده البحر الأبيض المتوسط ويتميز بشريط ساحلي طوله 1200 كلم وبتضاريس جبلية متمثلة في سلسلتي الاطلس التلي والأطلس الصحراوي وبينهما الهضاب العليا ذات المناخ القاري المتميز بمعدل سرعة رياح غير مرتفع أما الجنوب فهو يتميز بسرعة رياح أكبر من الشمال خاصة الجنوب الغربي اذ تتعدى 4م/ثا وتصل إلى 6م/ثا بمنطقة أدرار. والشكل التالي يوضح سرعة هبوب الرياح حسب المناطق:

شكل رقم (02): متوسط الرياح السنوية عند 80 مترا

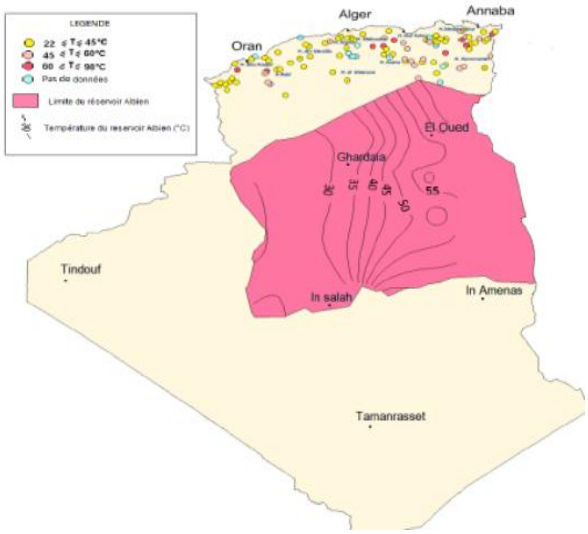


Source : CEREFE, **Transition Energétique en Algérie : Leçons Etat Des Lieux et Perspectives pour Un Développement Accéléré Des Energies Renouvelable,** Edition 2020, p :59.

نلاحظ من الشكل السابق أن الجنوب يتميز بسرعة رياح أعلى من الشمال وخاصة الجنوب الغربي والجنوب الشرقي اين تكون سرعة الرياح أكبر من 7م/ثا وتصل على 8م/ثا في منطقة تمنراست، أما شمال البلاد فيتميز بسرحة رياح منخفضة من 2 إلى 4م/ثا. أي أن الجنوب والهضاب العليا هي المناطق الأنسب لتركيب محطات طاقة الرياح في الجزائر.

- **الطاقة الكهرومائية:** يبلغ انتاج الكهرباء من الطاقة المائية بالحضيرة الوطنية نسبة 1% أي ما يعادل 286ميغوواط، ويعود السبب لضعف الطاقة الكهرومائية إلى عدم استغلال الموارد المتوفرة من جهة وتمركز المحطات الكهرومائية في مناطق السدود الكبرى مثل: سد بني هارون، سد كدية عرقون، سد قرقار، سد جرف التربة، حيث أن هذه السدود تستغل جزئيا لإنتاج الكهرباء إلى جانب دورها الأساسي في تزويد مياه الشرب والري.
- **طاقة الحرارة الجوفية:** يمثل الكلس الجوراسي في الشمال الجزائري احتياطيا هاما لحرارة الأرض الجوفية وهذا ما أدى إلى وجود أكثر من 200 منبع مياه معدنية حارة متمركزة أساسا في شمال شرق وشمال غرب البلاد وتبلغ درجة حرارة الينابيع ما يزيد عن 40 م^0، والمنبع الأكثر حرارة هو منبع المسخوطين بولاية قالمة أين تصل درجة حرارته 96م^0، هذه الينابيع هي تسربات لخزانات موجودة في باطن الأرض تدفق لوحدها أكثر من 2م^3 من الماء الحار، وهي جزء صغير فقط مما تحتويه الخزانات (دهيمي، 2017).

شكل رقم (03): مواقع توليد الطاقة الحرارية في الجزائر



المصدر: وزارة الطاقة،2021.

- **الكتلة الحيوية:** تنقسم الجزائر إلى منطقتين هما منطقة الغابات الاستوائية التي تحتل مساحة تقدر بحوالي 25 مليون هكتار أي أكثر مكن 10% من مساحة البلاد. وتقدر الإمكانيات الاجمالية للطاقة القابلة للاستخراج من الكتلة الحيوية في الجزائر بنحو 30 إلى 40 تيراواط/ساعة سنويا. ويمكن أن تغطي هذه الكمية أكثر من 10% من الاستهلاك الوطني للطاقة الكهربائية.

2.2. الهياكل المشرفة على ترقية الطاقات المتجددة في الجزائر

استحدثت الجزائر مجموعة من الهياكل والمؤسسات المشرفة على ترقية الطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة امتدادا لمجهوداتها في تطوير هذه الطاقات، وأهم هذه الهيئات والمؤسسات مايلي: (صابة مختار، 2019)

- **المحافظة السامية للطاقات المتجددة في سنة 1982**: ومهمتها توفير الهياكل الخاصة بإنتاج الطاقات المتجددة.
- **وكالة ترقية وترشيد استعمال الطاقة APRUE**: تم انشاء هذه الوكالة في 25 أوت 1985 وألحقت بوزارة الطاقة والمناجم، وتولت مهمة تطوير وترشيد استعمال الطاقة في العديد من المجالات الاقتصادية والاجتماعية كقطاع البناء والإسكان العائلي، وقد أطلقت هذه الوكالة مشروعا نموذجيا عرف باسم (Écobât) هدفه تقدير كمية الطاقة المتوفرة نتيجة استعمال المدافئ والمكيفات الهوائية، هذه السياسة الجديدة في التدفئة والتكييف الهوائي يتم اعتمادها في إطار بنايات مبنية وفق معايير الكفاءة الطاقوية، ومقارنة ذلك ببنايات مشابهة مبنية دون مراعاة تلك المعايير، بدأت العملية سنة 2014 بمدينة الجلفة، وهذه العملية ستسمح بتوفير ما مقداره 63 مليون طن بما يعادلها من بترول أي ما قيمته 42 مليار دولار، وهذا زيادة على تقليص انبعاث غاز ثاني أوكسيد الكربون.
- **مركز تطوير الطاقات المتجددة CDER**: أنشئ هذا المركز في 28 مارس 1988 يوجد مقرة ببوزريعة (الجزائر) والتابع إداريا لوزارة التعليم العالي والبحث العلمي. واهم مهامه:
  - ✓ جمع ومعالجة البيانات التي تخص قدرات الجزائر من الطاقات المتجددة؛
  - ✓ تحديد البحوث التي تسمح باستغلال وتطوير الطاقات المتجددة؛
  - ✓ وضع المعايير التي تحكم الصناعات المتعلقة بالطاقات المتجددة؛
  - ✓ تطوير الوسائل التي تسمح باستغلال الطاقات المتجددة.

- **وحدة تطوير التجهيزات الشمسية UDES:** تم تأسيس هذه الوحدة في 9 جانفي 1988 ببوزريعة (الجزائر) وألحقت إداريا بوزارة التعليم العالي والبحث العلمي وتولت تطوير التجهيزات الشمسية الفولتوضوئية وكذا انجاز نماذج تجريبية تعمل بالطاقة الشمسية وتستعمل لأغراض منزلية صناعية أو فلاحية.
- **وحدة تطوير تكنولوجيا السيليكون UDTS: وهي** وحدة تابعة لوزارة التعليم العالي والبحث العلمي تعمل على تطوير الوسائل التي تعمل بالسيليكون.
- **محطة تجريب التجهيزات الشمسية في أقصى الصحراء SEESMS:** تم انشاؤها في 22 مارس 1988 بأدرار وألحقت بوزارة التعليم العالي والبحث العلمي ومهمتها تطوير وتجريب التجهيزات الشمسية في المناطق الصحراوية.
- **مديرية الطاقة الجديدة والمتجددة:** تم انشاؤها سنة 1995 وتم إلحاقها بوزارة الطاقة والمناجم لتتولى مهام تطوير وتقييم الطاقات المتجددة.
- **المحافظة السامية لتنمية السهوب:** وهي عبارة عن هيئة عمومية إدارية تابعة لوزارة الفلاحة، تم انشاؤها بتاريخ 12 ديسمبر 1989 واختصت بتطبيق برامج ضخ المياه والتزويد بالكهرباء التي تعمل بالطاقة الشمسية في المناطق السهبية.
- **نيو انيرجي ألجيريا New Energy Algeria:** تم تأسيس هذه الشركة المختلطة سنة 2002 كاتفاق بين القطاعين العام (سوناطراك، سونلغاز) والقطاع الخاص (مجمع سيم للمواد الغذائية) وهدف هذه الشركة هو ترقية وتطوير نشاطات ومشاريع الطاقات المتجددة، وأهم الإنجازات الموكلة إليها:
  - ✓ مشروع 150 ميغاواط في حاسي الرمل، ثلثه طاقة شمسية والباقي عبارة عن غاز؛
  - ✓ انجاز حظيرة هوائية بطاقة 10 ميغاواط في منطقة تندوف؛
  - ✓ استعمال الطاقة الشمسية في إنارة بعض أرياف ولاية تمنراست ومنطقة الجنوب الغربي.

3. آفاق الطاقات المتجددة في الجزائر في إطار البرنامج الوطني للطاقات المتجددة 2011/ 2030

تسعى الجزائر إلى تحقيق انتقال طاقوي تدريجي يضمن أمنها الطاقوي، ويقلل من الاعتماد على الموارد الأحفورية فأطلقت الحكومة البرنامج الوطني للطاقات المتجددة في 13 فيفري 2011 كخطة استراتيجية تهدف إلى تطوير واستغلال الموارد الطبيعية المتجددة مثل الشمس، الرياح والكتلة الحيوية. وكان هدفه الرئيسي هو بلوغ 40% من قدرة انتاج الكهرباء من مصادر طاقة متجددة بحلول 2030 أي ضمان قدرة انتاج كهرباء متجددة تبلغ 22000 ميجاوات منها 10000 ميجاوات مخصصة للتصدير (CEREFE, 2020) . مكونات وأهداف البرنامج الوطني للطاقات المتجددة موضحة في الجدول التالي:

جدول رقم (02): مكونات وأهداف برنامج الطاقات المتجددة في الجزائر 2011/ 2030

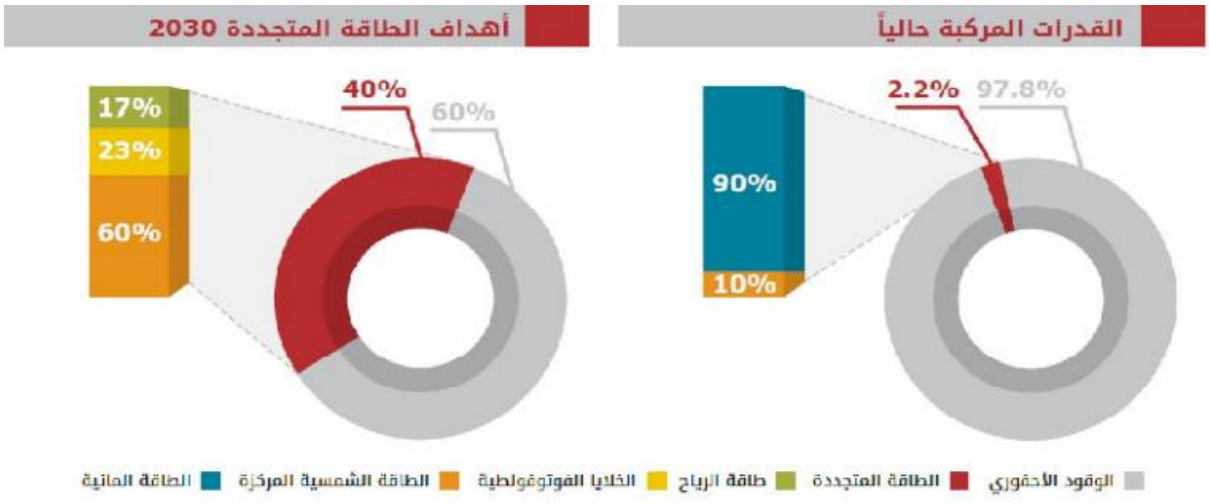
الموضوع	الغاية (الهدف)
العزل الحراري.	تخفيض استهلاك الطاقة ذات الصلة بالمباني (التدفئة/ التبريد) بنسبة حوالي 40%.
تسخين المياه بالطاقة الشمسية.	التخطيط لتعويض نظام الطاقة التقليدية، ويتولى هذه المهمة

	الصندوق الوطني للطاقة.
التوسع في استخدام المصابيح منخفضة الطاقة.	المنح التدريجي لاستخدام المصابيح شديدة التوهج إلى غاية تنفيذ حضر شامل بحلول 2020.
تطوير أداء الطاقة المستخدمة في إنارة الشوارع	تخفيض هدر الطاقة في الاستخدامات العامة
برنامج كفاءة استخدام الطاقة في القطاع الصناعي.	التمويل المشترك، مراجعة ودراسات الجدوى التي تقود المؤسسات الوطنية إلى إيجاد حلول فنية واقتصادية للحد من استهلاك الطاقة.
تعزيز استخدام الوقود المسال.	- زيادة بنسبة 20% من حصة السوق من غاز البترول المسال بحلول 2020 مساعدة الأفراد الذين يتحولون إلى استغلال غاز البترول المسال
زيادة استخدام الغاز الطبيعي.	_توسيع استخدامات الغاز الطبيعي في الجزائر العاصمة يحلول 2013؛ _توسيع دائرة الاستخدام إلى باقي مدن البلاد بحلول 2020.
تطوير التكنولوجيا الرئيسية لتكييف الهواء بالطاقة الشمسية.	بحلول 2013 سيتم إطلاق دراسة لحيازة واستخدام تكنولوجيا البريد الشمسي واختيار الأنظمة الملائمة للبيئة الجزائرية.

المصدر: كنزة مغيش، **برنامج الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية 2030/2011: أية انتقال طاقوي في الجزائر**، المجلة الجزائرية للسياسات العامة، المجلد 09، العدد 02، جوان 2021، ص ص: 15، 40.

والشكل الموالي يقدم لنا صورة استشرافية للطاقات المتجددة في الجزائر:

شكل رقم :(04) أهداف الطاقات المتجددة في الجزائر في حدود 2030



المصدر: بوعبدلي ياسين، **الطاقات المتجددة في الجزائر بين الواقع وتحديات الاستغلال**، مجلة البديل الاقتصادي، المجلد الخامس، العدد 01، الجلفة، 2018، ص ص: 352، 365.

وسوف يتم إنجاز هذا البرنامج وفقا لمرحلتين كما هو موضح في الجدول الموالي:

جدول رقم (03): القدرات المركبة من الطاقات المتجددة في الجزائر 2011/ 2030

الطاقة	المرحلة الأولى 2015/ 2020	المرحلة الثانية 2021/ 2030	المجموع
الطاقة الكهروضوئية	3000	10575	13357
طاقة الرياح	1010	4000	5010
الطاقة الشمسية الحرارية	_	2000	2000
التوليد المشترك للطاقة	150	250	400
الكتلة الحيوية	360	640	1000
الطاقة الحرارية الارضية الجوفية	05	10	15
المجموع	4525	17475	22000

المصدر: وزارة الطاقة، **برنامج تطوير الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية**، الجزائر، 2016، ص: 09.

الجدول السابق يقدم عرضا للقدرات المبرمجة لإنتاج الطاقة الكهربائية من مختلف مصادر الطاقة المتجددة عبر مرحلتين أساسيتين: **المرحلة الأولى (2015-2020)** وهي مرحلة الانطلاق التجريبي بطاقة إجمالية 4525 ميغاواط أين يتم التركيز على الطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح. **والمرحلة الثانية (2021-2030)** مرحلة التوسع والتسريع في وتيرة الإنجاز بطاقة تصل على 17475 ميغاواط.

وفي عام 2015 تم مراجعة النسخة الأولى من البرنامج والتي نشرت في 2011 نظرا للتغيرات الكبيرة في جميع أنحاء العالم فيما يتعلق بتكاليف الاستثمار وإنتاج الكهرباء بناءا على موارد مختلفة ومتجددة. حيث أنه في البداية تم الاعتماد على الطاقة الشمسية لتوليد 7200 ميجاواط من الكهرباء الشمسية وهو ما يزيد عن 2.5 حصة الكهرباء المنتجة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية (PV) 2800 ميغاواط، مع العلم أن تكلفة انتاج الكهرباء في تلك السنة 2011 كانت مساوية في كلا المصدرين 0.35 دولار للكيلوواط ساعي، والتكلفة المتعلقة بالطاقة الشمسية الكهروضوئية انخفضت لاحقا بشكل حاد إلى أقل من 0.15 دولار/ كيلوواط ساعة في اعام 2015 بينما بقيت في مستوى أعلى من 0.25 دولار للكيلوواط في الطاقة الشمسية الحرارية. هذا ما أدى إلى مراجعة عميقة للنسخة الأولى من البرنامج حيث تم تعديل حصة الطاقة الشمسية الحرارية بتخفيضها إلى 2000 ميغاواط فقط بدلا من 7200 ميغاواط مع مضاعفة القدرات المستهدفة من الطاقة الكهروضوئية بخمس أضعاف 13575 ميغاواط بدلا من 2800 ميغاواط وهو ما يعادل 62% من اجمالي 22000 ميغاواط المخطط لها لعام 2030.

والملاحظ أنه في المرحلة (2015، 2021) كما المرحلة التي سبقتها (2011، 2015) لم يتم تسجيل إنجازات كبيرة باستثناء دخول انتاج 343 ميغاواط من الكهرباء عام 2017 نتيجة دخول المحطات الشمسية التي شرع في إنجازها عام 2014 (الهضاب العليا والجنوب).

وأيضا دخول حيز الخدمة محطة شمسية كهروضوئية خاصة بشركة سوناطراك بطاقة 10 ميغاواط بولاية ورقلة وفي هذا الاطار تعتزم سوناطراك بلوغ قدرة انتاج 2300 ميغاواط من الكهرباء آفاق 2030، بالإضافة إلى إطلاق دراسات

جدوى لمشروعين للطاقة الشمسية موجهين لقاعدتي الحياة في كل من تين فوي تابركوكت وقاسي العقرب ما يعكس التزام المؤسسة بتوسيع استعمال الطاقات المتجددة داخل منشآتها الصناعية، بالإضافة إلى تطوير مشاريع انتاج ونقل الهيدروجين الأخضر ومشتقاته ضمن شراكات دولية في مرحلة النضج، ومن بين أبرز هذه المشاريع انشاء محطة مرجعية لانتاج الهيدروجين الأخضر ومشتقاته في إطار شراكة مع البنك الألماني للتنمية (KFW) كما تم إطلاق مشروع تجريبي بقدرة 50 ميغاواط بالتعاون مع الشركة الألمانية (VNG AG) يهدف إلى انتاج وتخزين ونقل الهيدروجين الأخضر. وفي موقع بير ربع شمال(BRN) يجري التحضير لمشروع آخر للهيدروجين الأخضر يهدف إلى إزالة الكربون من محطة الغاز المشتركة بين سوناطراك وإيني وهو حاليا في مرحلة الدراسة المسبقة للإطلاق (FEED)، كما تشارك سوناطراك في مشروع ممر الهيدروجين الجنوبي (H2 South corridor) الذي يهدف إلى نقل نحو 4 ملايين طن من الهيدروجين الأخضر سنويا من الجزائر إل ألمانيا عبر إيطاليا.

إطلاق **برنامج طاقتي (TaqaTHy)** الذي يهدف إلى توسيع وتعميق التعاون بين الجزائر وألمانيا في مجال الطاقات المتجددة والهيدروجين الأخضر في الجزائر(Sonatrach, 2023) .

إطلاق **برنامج (TaqaTHy+)** وهو مشروع مخصص لتطوير الطاقات المتجددة والهيدروجين الأخضر والفعالية الطاقوية في الجزائر ممول بالشراكة من قبل الاتحاد الأوربي وألمانيا، وتبلغ القيمة الاجمالية لهذه المرحلة 28 مليون يورو بتمويل من الاتحاد الأوربي منذ فيفري 2025 من بينها مساهمة مالية مقدرة بـ 13 مليون يورو مقدمة من ألمانيا، ويمتد إلى غاية 2029 بإشراف من وزارة الطاقة والمناجم والطاقات المتجددة، ويهدف إلى تسريع وتيرة نشر الطاقات المتجددة وتطوير الهيدروجين الأخضر، وتعزيز ادماج الحلول المبتكرة في مجال الفعالية الطاقوية (وزارة الطاقة والمناجم، 2025).

إطلاق **مشروع سولار (Solar)** الذي يهدف إلى استغلال الطاقة الشمسية التي تعد المورد الطاقوي الأكثر وفرة في الجزائر لإنتاج الكهرباء من خلال المحطات الكهروضوئية (PV) التي تحول ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء، والمحطات الشمسية الحرارية (CSP) التي تستخدم المرايا لتركيز أشعة الشمس وتسخين السوائل لتوليد البخار وتشغيل التوربينات، وهدفه انتاج ما يقارب 1000 ميغاواط موزعة على 5 ولايات بشار، ورقلة الوادي تقرت والأغواط، وتتولى شركة شمس إدارة وتسويق المشروع وهي شركة تهدف للقيام بتنفيذ مشروع الطاقة الشمسية في الجزائر.

4.العقبات التي تواجه الانتقال الطاقوي في الجزائر:

تواجه الجزائر في سياسة الانتقال الطاقوي عدة صعوبات وعقبات تتمثل في تكاليف الاستثمار العالية، الاعتماد الكبير على دعم الطاقة، ضعف البنية التحتية وشبكات النقل، صعوبة التنسيق بين القطاعات المختلفة إضافة إلى التباعد الجغرافي بين مصادر الطاقة المتجددة المتواجدة في الجنوب والمستهلكين المتواجدين في شمال البلاد هذا ما يشكل تحديا لوجستيا كبيرا. ومن أبرز العقبات التي تواجه الانتقال الطاقوي في الجزائر ما يلي:

1.4. تحديات لوجستية وتقنية:

- المسافة بين الإنتاج والاستهلاك: تقع المصادر الرئيسية للطاقات المتجددة في الجنوب الصحراوي، بينما تتركز مراكز الاستهلاك السكانية في الشمال مما يتطلب بنية تحتية واسعة لنقل الطاقة.

- التقلب في مصادر الطاقة المتجددة: الطبيعة المتقلبة للطاقة الشمسية وطاقة الرياح تشكل تهديدا لاستقرار الطاقة الكهربائية وتتطلب حلولا لتخزين الطاقة؛
- ارتفاع التكلفة: تكلفة بناء محطات الطاقة الشمسية في الجزائر أعلى بنسبة 30 % مقارنة بالمتوسط العالمي.

2.4. تحديات اقتصادية:

- دعم الطاقة التقليدية: يعتبر دعم الطاقة التقليدية في الجزائر عائقا رئيسا في الاستثمار في الطاقات المتجددة، حيث يقلل من جاذبية الاستثمارات الجديدة في هذا المجال؛
- **التمويل:** صعوبة الوصول إلى رؤوس الأموال والقروض بالنسبة لبعض المستثمرين الخواص، إضافة إلى حظر التمويل الخارجي بحجة إغراق البلاد بالديون.

3.4. تحديات إدارية واجتماعية:

- **نقص التنسيق:** يتطلب التحول الطاقوي تنسيقا وتعاونا بين جميع الوزارات لكنه يواجه صعوبة في ذلك؛
- **المقاومة الاجتماعية والثقافية:** قد تواجه مشاريع الطاقات المتجددة معارضة من قبل المجتمعات بسبب مخاوف تتعلق بالتأثيرات البصرية؛
- **ضعف الرؤية:** توجد فجوة بخصوص وضوح الرؤية لدى المجتمع فيما يتعلق بالمخاطر المتسارعة الناتجة عن استمرار دعم الطاقة التقليدية.

الخاتمة:

الانتقال الطاقوي في الجزائر ليس خيارا بل ضرورة استراتيجية لضمان الأمن الطاقوي والتنمية المستدامة رغم التحديات التي تواجه البرنامج الوطني للطاقات المتجددة 2011/ 2030، إلا أن الإرادة السياسية والفرص الطبيعية الهائلة والتوجهات العالمية نحو الاقتصاد الأخضر كلها عوامل تشجع على تسريع وتيرة التحول الطاقوي ويبقى المطلوب اليوم هو تفعيل حوكمة رشيدة للطاقة تجمع بين التخطيط الاستراتيجي، والكفاءة التقنية والمشاركة الفعلية للقطاعين العام والخاص.

وأهم النتائج التي تم التوصل إليها ما يلي:

- الطاقات المتجددة تعتبر بديلا جيدا للطاقات التقليدية الأحفورية في بلد مثل الجزائر يتمتع بمصادر متنوعة من الطاقات الجديدة خاصة الشمسية وطاقة الرياح، ووعي السلطات العمومية بضرورة تفعيل دور الطاقات المتجددة وتوسيع نطاق استخداماتها نظرا لزيادة الطلب المحلي على الطاقة والدور الذي تلعبه في ترجمة أبعاد التنمية المستدامة؛
- اعتمدت الجزائر في سياستها ضمن الانتقال الطاقوي على مجموعة من المشاريع وأهما مشروع الطاقات المتجددة 2011/ 2030 كخطوة مهمة تضمن عملية ترشيد استهلاك الطاقة من خلال تركيب محطات كبيرة للطاقات المتجددة خاصة في جنوب البلاد (مشاريع للطاقة الشمسية الحرارية، مشاريع انتاج الهيدروجين الأخضر) إلا أن ما تم إنجازه يعتبر ضعيفا مقارنة بما تم التخطيط له؛

- التوجهات العالمية الحديثة نحو إرساء نموذج اقتصادي عالمي قائم على الاقتصاد الأخضر يمكن القول ان مستقبل الطاقات المتجددة في الجزائر سوف يكون مشرقا على الصعيد الطاقوي العالمي.

وعلى ضوء النتائج السابقة يمكن ابداء التوصيات التالية:

- إعادة النظر في نتائج البرنامج الطاقوي المعتمد وتقييم البرامج والمشاريع ضمن البرنامج الوطني للطاقات المتجددة 2011/ 2030 ما تم إنجازه فعلا ومقارنة النتائج مع ما هو مخطط له؛
- تطوير القدرات البشرية والتكنولوجية التي تدعم مشاريع الطاقات المتجددة من خلال ادماج تخصصات الطاقات المتجددة في المناهج الدراسية للجامعات والمعاهد؛
- تمويل المشاريع وتقديم التسهيلات، وتشجيع الشراكات مع القطاع الخاص الوطني والدولي؛
- ضرورة الانتقال نحو اقتصاد طاقوي مستدام؛
- تعزيز الوعي المجتمعي من خلال إطلاق حملات توعوية حول أهمية الطاقات المتجددة ودورها في التنمية المستدامة.

المصادر والمراجع:

1. الهيئة الحكومية المعنية بتغيير المناخ IPCC: www.ipcc consulté le:17/10/2025
2. CEREFE. (2020). *Transition Energétique en Algérie: Leçons état des lieux et perspectives pour un développement accéléré des énergies renouvelable.* CEREFE.
3. IRENA *نظرة مستقبلية لتحولات الطاقة حول العالم*. 2022
4. Sonatrach, *Annual Report,* Algiers, 2023.
5. عبد الفتاح دندي، ماجد عامر، تقرير حول *التطورات في مجال الطاقات المتجدد، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول.*
6. www.un.org/ar/climatechange/what.is.renewable-energy consulté le:17 octobre 2025.
7. عبيدات عبد الوهاب، دعاس خليل، التحول الطاقوي في الجزائر: واقع ورهانات، *مجلة اقتصاد المال والأعمال*، المجلد 06، العدد 02، جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي، الجزائر، 2021، ص ص: 491، 506.
8. توفيق حسني وآخرون، الجزائر 100% طاقة متجددة: توصيات من أجل استراتيجية وطنية للطاقات المتجددة، مؤسسة فريدريش إيبرت، الجزائر، 2021.
9. المرجع نفسه.
10. دهيمي جابر، واقع الطاقات المتجددة بالجزائر وسبل تعزيزها، المجلة *الجزائرية للاقتصاد والمالية*، العد 07، سطيف، الجزائر، أفريل 2017، ص ص: 198، 226.
11. www.amf.org/ar/jointrep *صندوق النقد العربي* , consulté le *17/10/2025.*
12. عبد الفتاح دندي، ماجد عامر، مرجع سبق ذكره.

.

13. المرجع نفسه.
14. IRENA *2022، مرجع سبق ذكره.*
15. عبد الفتاح دندي، ماجد عامر، مرجع سبق ذكره.

16.مغاري عبد الرحمان، صابة مختار، استراتيجية النهوض بالطاقات الجديدة والمتجددة كسبيل لتحقيق التحول الطاقوي، المجلة الدولية للأداء الاقتصادي، المجلد02، العدد 01، مخبر أداء المؤسسات الاقتصادية في ظل الحركية الاقتصادية الدولية، جامعة امحمد بوقرة، بومرداس، الجزائر، جوان 2019.

17.مغيش كنزة، مرجع سبق ذكره.

18.موفق سهام، الاستثمار في الطاقات المتجددة ودوره في تعزيز تنافسية المؤسسة: امكانات الجزائر في الطاقات المتجددة أنموذجا.*journal of Economics and international Trade* ، المجلد 02، العدد 01، 2020، ص ص: 49، 70.

19.زعرور نعيمة، جواهرة صليحة، برنامج الطاقات المتجددة في الجزائر ...الواقع والتحديات .*مجلة أبحاث اقتصادية وإدارية* العدد 24، ديسمبر 2018، ص ص: 317، 340.

20. www.energy.dz *وزارة الطاقة والمناج consulté le : 14/10/2025.*

مشروع "سولار1000 " للتحول الطاقوي في الجزائر: الرؤية المستقبلية والواقع التنفيذي

The "Solar 1000" project for energy transformation in Algeria: Future vision and implementation reality

قنطاس عبلة[1]، خالدي حسينة[2]،

[1] جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة(الجزائر)، a.kantas@univ-skikda.dz

[2] م جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة(الجزائر) ، h.khaldi@univ-skikda.dz

ملخص:

يمثل مشروع سولار 1000 خطوة إستراتيجية ضمن جهود الجزائر للتحول الطاقوي وتقليص الاعتماد على الطاقات الأحفورية، من خلال إنتاج 1000ميغاواط من الطاقة الشمسية عبر 11 موقعا موزعا على أكثر من 4000 هكتار وذلك ضمن خطة وطنية أوسع تمتد إلى غاية 2035.

تهدف الدراسة إلى تحليل أبعاد المشروع من حيث الرؤية المستقبلية المتمثلة في تحقيق الاستقلال الطاقوي وتعزيز الأمن البيئي والاقتصادي، وتقييم الواقع التنفيذي من خلال دراسة التقدم المحرز والتحديات المرتبطة بالجوانب التقنية والتمويلية والمؤسساتية، خاصة ما يتعلق بالتأخر الإداري وضعف البنية التحتية الصناعية.

وقد خلص إلى أن نجاح مشروع سولار 1000 مرهون بإصلاحات هيكلية تشمل الإطار القانوني، تحفيز الاستثمارات الأجنبية، وتطوير سلسلة القيم المحلية المرتبطة بصناعة الطاقة الشمسية.

توصي الدراسة بضرورة تبني مقاربة شاملة تدمج بين تحسين الإطار التشريعي، ودعم المحتوى المحلي، وتوفير بيئة استثمارية جاذبة تسرع وتيرة الانتقال الطاقوي في الجزائر، وتضمن استدامة المشاريع الكبرى كمشروع سولار 1000.

الكلمات المفتاحية: التحول الطاقوي، الطاقات المتجددة، الطاقة الشمسية، مشروع سولار 1000- الجزائر.

تصنيف (JEL): Q42، Q48، O13، Q56، F21

Abstract :

The Solar 1000 project represents a strategic step within Algeria's efforts to achieve energy transition and reduce dependence on fossil fuels. It aims to generate 1000 MW of solar power across 11 sites covering more than 4000 hectares, as part of a broader national plan extending to 2035.

This study analyzes the project's dimensions in terms of its future vision of achieving energy independence and enhancing environmental and economic security. It also assesses the current implementation status by examining progress made and the challenges related to technical, financial, and institutional aspects, particularly administrative delays and weak industrial infrastructure.

The study concludes that the success of the Solar 1000 project hinges on structural reforms, including the legal framework, incentives for foreign investment, and the development of local value chains associated with the solar energy industry. The study recommends adopting a comprehensive approach that integrates improving the legislative framework, supporting local content, and providing an attractive investment environment to accelerate the energy transition in Algeria and ensure the sustainability of major projects such as Solar 1000.

المؤلف المرسل: قنطاس عبلة، **الإيميل:** a.kantas@univ-skikda.dz

Keywords: Energy transition, renewable energies, solar energy, Solar 1000 project - Algeria
JEL classification: Q42, Q48, O13, Q56, F21

المقدمة:

يشهد العالم في العقدين الأخيرين تحولا جذريا في منظومته الطاقوية، حيث لم تعد الطاقة تقاس فقط بقدرتها على تحقيق النمو الاقتصادي، بل أصبحت تقاس بمدى مساهمتها في تحقيق التنمية المستدامة وحماية البيئة. فقد انتقلت السياسات الطاقوية العالمية من التركيز على وفرة الموارد الأحفورية إلى البحث عن بدائل نظيفة وآمنة ومستدامة، في ظل التحديات المناخية المتزايدة وارتفاع معدلات الانبعاثات الكربونية التي تهدد التوازن البيئي والاقتصادي على حد سواء.وفي هذا السياق، أصبح مفهوم التحول الطاقوي أحد أبرز القضايا الإستراتيجية المطروحة على أجندة الدول، حيث يسعى إلى إعادة هيكلة الأنظمة الطاقوية بالانتقال من الاعتماد المفرط على الوقود الأحفوري نحو الطاقات المتجددة مثل الطاقة الشمسية والرياح والكتلة الحيوية. ويهدف هذا التحول إلى تحقيق أمن طاقوي مستدام، والحد من آثار التغير المناخي، وتعزيز الاقتصاد الأخضر القائم على الابتكار والتكنولوجيا النظيفة.

أما في الجزائر، فقد أدركت الدولة مبكرا أهمية هذا التحول، خاصة في ظل تراجع احتياطات النفط والغاز وارتفاع الطلب الداخلي على الطاقة، ومن ثم، تبنت الحكومة سياسة وطنية للتحول الطاقوي تهدف إلى تنويع مصادر الطاقة وتعزيز الكفاءة الطاقوية، مع التركيز على استغلال الإمكانات الشمسية والرياحية الكبيرة التي تزخر بها البلاد، ومن بين أهم المشاريع التي تجسد هذه الرؤية الطاقوية الجديدة، يبرز مشروع سولار 1000 كخطوة طموحة نحو تحقيق استقلال طاقوي مستدام، يهدف هذا المشروع إلى إنتاج 1000 ميغاواط من الطاقة الشمسية في مرحلته الأولى عبر 11 موقعا استراتيجيا موزعا على ولايات الجنوب والهضاب العليا، على مساحة تفوق 4000 هكتار، في إطار رؤية مستقبلية تمتد إلى سنة 2035.

1. إشكالية الدراسة:

إن مشروع سولار 1000 لا يمثل مجرد مشروع لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية، بل يشكل لبنة أساسية في مسار التحول الطاقوي الوطني، من خلال المساهمة في تقليص الانبعاثات الكربونية، وتطوير صناعة محلية للألواح الشمسية، وخلق فرص عمل جديدة، بما يجعل منه نموذجا استراتيجيا يجسد التوجه نحو اقتصاد منخفض الكربون ومستدام. فرغم الطابع الاستراتيجي لمشروع "سولار1000"،إلا أن تنفيذه الفعلي يواجه عدة عراقيل تقنية وتمويلية ومؤسساتية.

من هنا تنبثق الإشكالية الرئيسية التالية:

إلى أي مدى يجسد مشروع "سولار1000" التحول الطاقوي في الجزائربين الرؤية المستقبلية والو اقع التنفيذي؟

وتحت هذه الإشكالية الرئيسية تندرج الأسئلة الفرعية التالية:

- ✓ ما الأسس النظرية للتحول الطاقوي في السياق الجزائري؟
- ✓ ما هو مشروع "سولار 1000" وما هي أهدافه؟
- ✓ ما مدى التقدم المحقق في تنفيذ المشروع على أرض الواقع؟
- ✓ ما هي الأبعاد المستقبلية لمشروع "سولار1000 "؟
- ✓ ما العوامل الاقتصادية والتقنية المؤثرة في فعاليته؟
- ✓ كيف يمكن تعزيز الشراكات والاستثمارات الأجنبية لضمان نجاح المشروع؟
- ✓ ما الإصلاحات القانونية والمؤسساتية الضرورية لتحقيق التحول الطاقوي المستدام في الجزائر؟

وكإجابة مبدئية عن الإشكالية والتساؤلات الفرعية تم تبني الفرضيات التالية:

- ✓ التحول الطاقوي في الجزائر يستند إلى رؤية استراتيجية قائمة على تنويع مصادر الطاقة.
- ✓ يهدف مشروع "سولار 1000" إلى تحقيق الأمن الطاقوي وتقليص انبعاثات الكربون.

- ✓ يعاني تنفيذ المشروع من بطء نتيجة القيود الإدارية والتمويلية.
- ✓ يرتبط نجاح المشروع بمدى جاهزية البنية التحتية التقنية والصناعية.
- ✓ تمثل الشراكات الدولية عاملا أساسيا لتطوير القدرات الوطنية في مجال الطاقة الشمسية.
- ✓ يتطلب تسريع التحول الطاقوي إصلاحا شاملا للإطار القانوني والتنظيمي.

2. أهمية الدراسة وأهداف الدراسة:

تكتسي هذه الدراسة أهمية بالغة من الناحيتين الأكاديمية والعملية، فهي من جهة تساهم في إثراء الأدبيات المتعلقة بموضوع التحول الطاقوي في الدول النامية، وخاصة في السياق الجزائري الذي يشهد بداية مرحلة جديدة في استغلال الطاقات المتجددة.

ومن جهة أخرى، تكتسب الدراسة أهميتها العملية من كونها تسلط الضوء على مشروع "سولار 1000" باعتباره نموذجا تطبيقيا للتحول الطاقوي، مما يساعد صناع القرار والباحثين على تقييم مدى فعالية السياسات الطاقوية الوطنية واقتراح السبل الكفيلة بتسريع تنفيذها.

أما الهدف الرئيسي من هذه الدراسة فيتمثل في تحليل مدى تجسيد مشروع "سولار 1000" للتحول الطاقوي في الجزائر، من حيث الأبعاد الإستراتيجية والتنفيذية، وتحديد العوامل المؤثرة في نجاحه أو تعثره.كما تسعى الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف، أهمها:

- ✓ توضيح الإطار النظري لمفهوم التحول الطاقوي وأبعاده البيئية والاقتصادية؛
- ✓ تحليل السياسة الوطنية للتحول الطاقوي في الجزائر وأهدافها الإستراتيجية؛
- ✓ دراسة مشروع "سولار 1000" من حيث أهدافه وأبعاده المستقبلية ومؤشرات تنفيذه؛
- ✓ تقييم التحديات التقنية والمؤسساتية والتمويلية التي تواجه تنفيذ المشروع؛

3. منهج الدراسة :

للإجابة عن الإشكالية المتبناة تم اعتماد المنهج الوصفي من خلال جمع المعلومات والبيانات النظرية المتعلقة بالتحول الطاقوي ومشروع سولار 1000، وكذلك الرؤية المستقبلية لهذا المشروع والواقع التنفيذي له.

4. الدراسات السابقة:

يعد موضوع التحول الطاقوي وتطوير مشاريع الطاقات المتجددة في الجزائر من المواضيع الحديثة نسبيا التي بدأت تحظى باهتمام متزايد في الأوساط الأكاديمية والاقتصادية خلال السنوات الأخيرة، خاصة مع إطلاق مشاريع وطنية كبرى مثل"سولار 1000"، وقد تنوعت المقاربات البحثية بين التحليل الاقتصادي، والدراسة التقنية، وتقييم الأطر المؤسساتية. وفيما يلي عرض موجز لأهم الدراسات ذات الصلة:

- **دراسة بوشامة (2023)**بعنوان "تمويل مشاريع الطاقات المتجددة في الجزائر: بين الإكراهات البنكية والرؤية الإستراتيجية"

تناولت هذه الدراسة إشكالية التمويل كأحد أبرز التحديات التي تواجه مشاريع الطاقة الشمسية، مبرزة تحفظ البنوك الوطنية بسبب ضعف الضمانات طويلة الأجل. خلصت الدراسة إلى ضرورة إنشاء آلية تمويل بديلة تعتمد على الشراكات العمومية-الخاصة وتسهيلات بنكية موجهة لقطاع الطاقات المتجددة.

- **دراسة خليف (2022)**بعنوان"سلاسل القيمة المحلية في صناعة الطاقة الشمسية بالجزائر: الواقع والآفاق"

ركزت على تحليل البنية الصناعية الوطنية المرتبطة بتصنيع وتجميع مكونات محطات الطاقة الشمسية، وكشفت عن ضعف المحتوى المحلي بسبب الاعتماد شبه الكلي على التكنولوجيا المستوردة. وأوصت بتبني سياسة صناعية وطنية تهدف إلى تطوير القدرات التقنية المحلية وتشجيع البحث التطبيقي في هذا المجال.

- **دراسة بن ناصر (2022)**بعنوان "حوكمة قطاع الطاقات المتجددة في الجزائر: التحديات المؤسسية والفرص التنظيمية"

تناولت القيود الإدارية والتنظيمية التي تواجه تنفيذ المشاريع الكبرى مثل "سولار 1000"، وأبرزت أهمية التنسيق بين القطاعات الوزارية المختلفة، وتسريع صدور النصوص التطبيقية للقوانين الخاصة بالطاقات المتجددة.

- **دراسة وكالة الطاقة الدولية(IEA, 2024)**جاءت ضمن تقرير "World Energy Outlook 2024"،

تناولت واقع مشاريع الطاقة الشمسية في شمال إفريقيا، مشيرة إلى أن الجزائر تمتلك من أعلى معدلات الإشعاع الشمسي في العالم، ما يؤهلها لتصبح مركزا إقليميا للطاقة النظيفة. كما أشارت إلى أن انخفاض تكلفة إنتاج الكيلوواط/ساعة من الطاقة الشمسية إلى أقل من 0.04 دولار يجعل المشاريع مثل "سولار 1000"ذات جدوى اقتصادية عالية إذا توفرت الحوكمة والتمويل الفعال.

- **دراسة البنك الدولي(World Bank, 2023)**بعنوان " Energy Transition in MENA: FinancingPathways and Policy Reforms"

ركزت على سبل تمويل مشاريع التحول الطاقوي في دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. أظهرت الدراسة أن الجزائر تمتلك إمكانات هائلة لتغطية 30% من احتياجاتها الطاقوية عبر الطاقة الشمسية بحلول عام 2035، لكنها تحتاج إلى إصلاحات مؤسساتية أعمق لجذب الاستثمارات الأجنبية.

من خلال استعراض هذه الدراسات، يتضح أن أغلبها ركز على ثلاثة محاور رئيسية:

- التمويل البنكي والمؤسساتي كمحدد أساسي لتسريع تنفيذ المشاريع.
- نقل التكنولوجيا والمحتوى المحلي كعامل لتوطين الصناعة الشمسية.
- الإصلاحات التشريعية والإدارية كشرط لنجاح التحول الطاقوي.

غير أن الدراسات السابقة لم تتناول بشكل شامل التحليل المتكامل لمشروع محدد مثل "سولار 1000"من زوايا تنفيذية واقتصادية وتقنية في آن واحد، وهو ما تسعى هذه الدراسة الحالية إلى معالجته عبر مقاربة تحليلية تجمع بين الواقع التنفيذي، الجدوى الاقتصادية، والتحديات المؤسسية ضمن رؤية وطنية للتحول الطاقوي المستدام.

1- التحول الطاقوي في الجزائر

يشكل التحول الطاقوي اليوم أحد أهم التحديات الإستراتيجية التي تواجه دول العالم، في ظل تزايد الطلب العالمي على الطاقة من جهة وضرورة الحد من الانبعاثات الكربونية ومواجهة التغيرات المناخية من جهة أخرى.

1-1- مفهوم التحول الطاقوي

يعد مفهوم التحول الطاقوي من المفاهيم الحديثة التي برزت بقوة في الدراسات الاقتصادية والبيئية خلال العقود الأخيرة ويشير إلى عملية شاملة لإعادة هيكلة النظام الطاقوي في دولة أو مجموعة من الدول، من خلال الانتقال التدريجي من الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية (الأحفورية) كالنفط، الغاز والفحم، إلى مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة مثل الطاقة الشمسية الرياح، الكهرومائية والكتلة الحيوية.فهو لا يقتصر فقط على تغيير نوعية الموارد المستعملة في إنتاج الطاقة، بل يشمل أيضا تحولا مؤسساتيا واقتصاديا وتقنيا وثقافيا في طريقة إنتاج الطاقة واستهلاكها وتسييرها، بما يضمن الاستدامة البيئية، والأمن الطاقوي، والنمو الاقتصادي الأخضر.

ويعرف Scholz (2020) التحول الطاقوي بأنه:"عملية إعادة تنظيم للنظام الطاقوي تشمل التغير في مصادر الطاقة والتكنولوجيا المستعملة، وأنماط الاستهلاك، والمؤسسات، والسياسات، من أجل تحقيق نظام طاقوي مستدام بيئيا واقتصاديا(Scholz 2020, p17).بمعنى أن التحول الطاقوي هو نقلة نوعية في البنية الطاقوية نحو نموذج مستدام يوازن بين النمو الاقتصادي وحماية البيئة.

يشير التحول الطاقوي(الانتقال) الطاقوي إلى التحول الهيكلي العالمي من أنظمة الطاقة المعتمدة على الوقود الأحفوري (الفحم، النفط، والغاز الطبيعي) إلى أنظمة طاقة مستدامة ومنخفضة الكربون، مثل الطاقات المتجددة، والهيدروجين، والكهرباء النظيفة. ويهدف هذا التحول إلى تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري المسبب للتلوث البيئي والتغير المناخي، وزيادة استخدام مصادر الطاقة المستدامة التي تساهم في حماية البيئة وتقليل انبعاثات الكربون، ولا يقتصر الانتقال الطاقوي على تغيير مصادر الطاقة فقط، بل يشمل أيضًا تغيير طرق إنتاج الطاقة وتوزيعها واستهلاكها، مما يتطلب تحسين كفاءة الطاقة،

وتطوير التقنيات الحديثة، وتشجيع الابتكار في قطاع الطاقة، إضافة إلى دعم السياسات العامة التي تحفّز استخدام الطاقات المتجددة (CADI & BENLADGHEM, 2025, p. 134).

أما في السياق الجزائري، فإن التحول الطاقوي يعد خيارا استراتيجيا فرضته مجموعة من العوامل، أهمها:

- تراجع احتياطات النفط والغاز نتيجة الاستهلاك المحلي المتزايد والطلب الخارجي المستقر.
- التزامات الجزائر الدولية في إطار اتفاقية باريس للمناخ للحد من الانبعاثات الكربونية.
- الرغبة في تنويع الاقتصاد الوطني وفك الارتباط عن الريع الطاقوي.

ولهذا، يمثل التحول الطاقوي في الجزائر استجابة مزدوجة، فهو من جهة ضرورة اقتصادية لضمان الأمن الطاقوي المستقبلي ومن جهة أخرى التزام بيئي وأخلاقي لحماية الأجيال القادمة.(بن خدة، 2021، ص 44).

و في الأخير يمكن القول إن التحول الطاقوي هو مسار استراتيجي طويل الأمد يهدف إلى بناء نظام طاقوي مرن، متنوع ومستدام يحقق توازنا بين متطلبات التنمية وحماية البيئة. ويهدف هذا التحول إلى الاستبدال التدريجي لمصادر الطاقة التقليدية بمصادر الطاقة المتجددة، لضمان حماية البيئة وتلبية احتياجات الأجيال الحالية دون الإضرار بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها.

1-2- أبعاد التحول الطاقوي

تتمثل أبعاد التحول الطاقوي فيمايلي (CADI & BENLADGHEM, 2025, pp. 134-135):

أ. البعد التقني:

- ✓ تطوير التقنيات الجديدة: من خلال البحث والابتكار في مجالات الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة الكهرومائية، والطاقة الحرارية الجوفية، والكتلة الحيوية.
- ✓ تحسين كفاءة الطاقة: عبر تقليل استهلاك الطاقة في مختلف القطاعات باستخدام تقنيات أكثر كفاءة.
- ✓ تخزين الطاقة: تطوير أنظمة تخزين فعّالة لتجاوز مشكلة تذبذب إنتاج الطاقات المتجددة.
- ✓ الشبكات الذكية: إنشاء شبكات كهربائية ذكية لإدارة تدفق الطاقة بكفاءة عالية.

ب. البعد الاقتصادي:

- ✓ الاستثمار: يتطلب الانتقال الطاقوي استثمارات ضخمة في البحث والتطوير والبنية التحتية.
- ✓ خلق فرص عمل: يساهم في خلق فرص عمل جديدة في قطاعات الطاقة المتجددة.
- ✓ التنمية الاقتصادية: يعزز النمو الاقتصادي ويساعد على تنويع مصادر الدخل.

ج. البعد الاجتماعي:

- ✓ العدالة الاجتماعية: يهدف إلى ضمان وصول الجميع إلى طاقة نظيفة وبأسعار معقولة.
- ✓ تغيير السلوك: ترسيخ ثقافة الاستهلاك الرشيد للطاقة وتشجيع الممارسات المستدامة.

د. البعد البيئي:

- ✓ تقليل الانبعاثات: خفض انبعاثات الغازات الدفيئة والملوثات.
- ✓ الحفاظ على الموارد الطبيعية: ضمان الاستخدام المستدام للموارد المتاحة.
- ✓ حماية التنوع البيولوجي: الحد من التأثيرات البيئية السلبية ودعم النظم البيئية.

هـ. البعد السياسي:

- ✓ السياسات والحوافز: وضع سياسات حكومية تشجع الاستثمار في الطاقات المتجددة وتقدّم حوافز مالية.
- ✓ التعاون الدولي: تعزيز التعاون بين الدول لتبادل الخبرات وتحقيق أهداف الانتقال الطاقوي.

1-3- السياسات الوطنية للتحول الطاقوي

تبنت الجزائر كغيرها من الدول منذ بداية العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين رؤية إستراتيجية جديدة للانتقال نحو نموذج طاقوي مستدام، توجت بإطلاق البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية سنة 2011، وهو أول إطار رسمي شامل يهدف إلى إدماج الطاقات المتجددة ضمن المزيج الطاقوي الوطني؛ وقد تم إعداد هذا البرنامج من طرف "وزارة الطاقة والمناجم" بالتنسيق مع مركز تنمية الطاقات المتجددة(CDER) حيث وضع أهدافا طموحة لإنتاج 22.000ميغاواط من الكهرباء من مصادر متجددة بحلول سنة 2030، منها حوالي 10.000ميغاواط موجهة للسوق الوطنية و 12.000ميغاواط مخصصة للتصدير(وزارة الطاقة، 2011، ص 5). إلا أن تنفيذ هذا البرنامج واجه مجموعة من الصعوبات التقنية والتمويلية والمؤسساتية، ما أدى إلى تحيينه سنة 2020 ليتماشى مع التطورات الاقتصادية والتكنولوجية الدولية، حيث تم تمديد آجال التنفيذ إلى سنة 2035 بدل 2030، مع مراجعة الأهداف نحو مزيد من الواقعية؛ وقد تم التركيز في النسخة المحينة على تطوير مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية عبر مناطق الجنوب والهضاب العليا وتوسيع قاعدة الشراكات مع القطاع الخاص والمستثمرين الأجانب. (وزارة الطاقة، 2020، ص. 12)

وفي خطوة نوعية تعكس التحول المؤسساتي المصاحب للتحول الطاقوي، أنشأت الجزائر سنة 2021وزارة جديدة تحت اسم وزارة الانتقال الطاقوي والطاقات المتجددة، بموجب المرسوم الرئاسي رقم 21-79 الصادر في الجريدة الرسمية رقم 13 لسنة 2021.وتعنى هذه الوزارة بتنسيق الجهود الوطنية بين مختلف القطاعات المعنية بالطاقة، وإعداد الأطر القانونية والتنظيمية لجذب الاستثمارات ومتابعة تنفيذ المشاريع الكبرى مثل مشروع سولار 1000 (الجريدة الرسمية، 2021، ص. 4)

ويمكن القول إن هذا التحول المؤسسي يعكس إدراك الدولة الجزائرية لأهمية البعد الهيكلي والمؤسساتي في تحقيق أهداف التحول الطاقوي. إذ لم يعد الأمر مقتصرا على الجانب التقني لإنتاج الطاقة المتجددة، بل أصبح مرتبطا بتطوير منظومة متكاملة تشمل:إصلاح الإطار التشريعي والتنظيمي لقطاع الطاقة؛ تحفيز الشراكات العمومية-الخاصة؛ توطين التكنولوجيا ونقل المعرفة؛ تشجيع البحث العلمي والتكوين في مجالات الطاقات النظيفة.كما أن البرنامج الوطني للتحول الطاقوي جاء متسقا مع الالتزامات الدولية للجزائر ضمن اتفاقية باريس للمناخ 2015، حيث تعهدت الجزائر بخفض انبعاثاتها الكربونية بنسبة 7% إلى 22% بحلول عام 2030 حسب مستوى المساعدات التقنية والمالية الدولية.(UNFCCC, 2016, p 8)

وبذلك يمكن اعتبار أن المرحلة الممتدة من 2011إلى 2021 تمثل العقد التأسيسي للتحول الطاقوي في الجزائر، حيث انتقل الخطاب الطاقوي من مجرد "تنويع المصادر" إلى بناء منظومة وطنية للطاقة النظيفة مدعومة بإطار مؤسساتي وتشريعي واضح.

2- الطاقة المتجددة والطاقة الشمسية

إن الاهتمام بمصادر الطاقة المتجددة ليس بالجديد فالدول المتقدمة وخاصة الفقيرة بالموارد الطاقوية بدأت منذ زمن البحث عن مصادر أخرى للطاقة للحد من تابعية اقتصاده للبترول، فوجدت ضالتها في مصادر الطاقة المتجددة، والتي من بينها الطاقة الشمسية.

2-1- الطاقة المتجددة

2-1-1- تعريف ومميزات الطاقة المتجددة

تعرف الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC): الطاقة المتجددة هي كل طاقة يكون مصدرها شمسي، جيوفيزيائي أو بيولوجي والتي تتجدد في الطبيعة بوتيرة معادلة أو أكبر من نسب استعمالها، وتتولد من التيارات المتتالية والمتواصلة في الطبيعة كطاقة الكتلة الحيوية والطاقة الشمسية وطاقة باطن الأرض، حركة المياه، طاقة المد والجزر في المحيطات وطاقة الرياح، وتوجد العديد من الآليات التي تسمح بتحويل هذه المصادر إلى طاقات أولية كالحرارة والطاقة الكهربائية وإلى طاقة حركية باستخدام تكنولوجيات متعددة تسمح بتوفير خدمات الطاقة من وقود وكهرباء (Ottmar, Pichs Madruga, Sokona, & others, 2012, p. 178).

وتتميز الطاقة المتجددة بعدة مميزات أهمها ما يلي (كعوان و جابة، 2015، صفحة 58):

- ✓ الطاقة المتجددة لا تنضب، تعطي طاقة نظيفة خالية من النفايات (بكافة أنواعها).

- ✓ تهدف أولا إلى حماية صحة الإنسان، المحافظة على البيئة الطبيعية.
- ✓ ذات تكلفة إنتاج بسيطة، وتؤدي إلى تحسين معيشة الإنسان والحد من الفقر، وتؤمن فرص عمل جديدة.
- ✓ انخفاض عدد وشدة الكوارث الطبيعية الناتجة عن الاحتباس الحراري، كما تؤدي إلى عدم تشكل الأمطار الحمضية التي تلحق الضرر بكافة المحاصيل الزراعية و أشكال الحياة.
- ✓ الحد من تشكل وتراكم النفايات الضارة بكافة أشكالها ، وحماية كافة الكائنات الحية وخاصة المهددة بالانقراض، حماية المياه الجوفية والبحار والثروة السمكية من التلوث.
- ✓ المساهمة في تأمين الأمن الغذائي، وزيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية نتيجة تخلصها من الملوثات.

2-1-2- مصادر الطاقة المتجددة

هناك عدة مصادر للطاقات المتجددة منها:

- ✓ **الطاقة الشمسية:** تعتبر الشمس هي المصدر الرئيسي لكثير من مصادر الطاقة الموجودة في الطبيعة حتى أن البعض يطلق شعار "الشمس أم الطاقات"، تُسَخِّنُ الشمس سطح الأرض، والأرض بدورها تُسَخِّنُ الطبقة الجوية التي توجد فوقها فتنشأ الرياح،كما تَتَبخرُ مياه البحار والأنهار بفعل حرارة الشمس فتتكون السحب فنحصل على الأمطار والثلوج.
- ✓ **طاقة الرياح:** استخدمت طاقة الرياح في القديم في دفع السفن الشراعية و في رفع الماء من الآبار وطحن الحبوب،أما في الوقت الحالي وبعد العديد من الأبحاث توصل العلماء إلى استخدامها للحصول على طاقة كهربائية بواسطة التوربينات.
- ✓ **الطاقة المائية:** إن الطاقة المائية هي من مصادر الهامة لإنتاج الطاقة العالمية ومن أرخصها وهي كذالك طاقة نظيفة مقبولة بيئيا وبالتالي فإن إمكانيات تطور الطاقة المائية تأخذ أهمية كبيرة عربيا وعالميا.

يتم استخدام طاقة المياه إما لتوليد الطاقة الكهربائية عن طريق العنفات المائية في السدود أو بالاستفادة من الطاقة الحركية للأمواج وحركات المد والجزر أو لتخزين الطاقة الكهربائية عن طريق تخزين المياه بالضخ أو بعملية التحليل الكهربائي للماء في الخلايا الهيدروجينية.

- ✓ **الطاقة الحرارية الجوفية:** الطاقة الحرارية الجوفية هي عبارة عن طاقة حرارية كامنة في باطن الأرض تتولد عند احتكاك الصخور الساخنة بالمياه الموجود قربها أو بالمياه التي يوصلها الإنسان بطريقة ما، فينتج عن عملية الاحتكاك أبخرة تستخدم لتوليد الكهرباء، وهي طاقة متواجدة في جميع دول العالم (الرومي، 2000، صفحة 228)، إلا أنها ليست بنفس العمق.
- ✓ **الطاقة الحيوية:** وهي الطاقة التي تستمد من المواد العضوية كإحراق النباتات وعضام ومخلفات الحيوانات والنفايات والمخلفات الزراعية والنباتات المستخدمة في إنتاج طاقة الكتلة الحيوية، وهناك أساليب مختلفة لمعالجة أنواع الوقود الحيوي، منها الحرق المباشر وطرق التخمير والحل الحراري...إلى غير ذلك (تكواشت، 2012، صفحة 43).

2-2- مفهوم الطاقة الشمسية

تعد الشمس المصدر الطبيعي للطاقة الشمسية، إذ تُصدر الضوء والحرارة. وتُقدَّر شدة الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض بنحو 1.36 كيلوواط لكل متر مربع. حوالي 50٪ من هذا الإشعاع ينعكس إلى الفضاء، و15٪ ينعكس عن سطح الأرض، بينما 35٪ يتم امتصاصه من قِبَل الهواء والماء والتربة. تتكوّن أشعة الشمس من موجات كهرومغناطيسية، حيث يشكل 49٪ منها الطيف المرئي، و2٪ الأشعة فوق البنفسجية، و49٪ الأشعة تحت الحمراء (Assami & Mohcen, 2025, p. 121).

والطاقة الشمسية هي طاقة يتم الحصول عليها من ضوء الشمس، والضوء من الشمس قد يستعمل لتوليد الطاقة الكهربائية، وتزويد البنايات بالتدفئة والتبريد ولتسخين الماء، وقد استعملت الطاقة الشمسية لآلاف السنين (كعوان و جابة، 2015، صفحة 59).

تُعدّ الطاقة الشمسية مصدراً نظيفاً ومتجدداً للطاقة، وهي غير قابلة للنضوب ما دامت الشمس موجودة. كما أنها أصل جميع مصادر الطاقة على الأرض، ويمكن تحويلها بشكل مباشر أو غير مباشر إلى حرارة أو برودة أو كهرباء أو طاقة ميكانيكية.

وُستخدم الطاقة الشمسية في مجالات متعددة، من أبرزها (Assami & Mohcen, 2025, p. 123):

- ✓ الطهي، والتدفئة، والتبريد:
- ✓ توليد الكهرباء والإضاءة في النشاط الزراعي:
- ✓ تحلية مياه البحر ومعالجة المياه الملوثة:

2-3- الطاقة الشمسية في الجزائر

تعتبر الطاقة الشمسية من أغزر الموارد الطبيعية في الجزائر، وأصبح من الضروري استغلال هذا المورد الحيوي. تبلغ القدرة المركبة الإجمالية للطاقة الكهروضوئية (PV) حوالي 1.2 ميغاواط. أما مدة الإشعاع الشمسي على معظم أراضي الجزائر فتتجاوز 2000 ساعة سنويًا، وقد تصل إلى 3900 ساعة في منطقة الصحراء. وتقدَّر الطاقة اليومية المتحصَّل عليها على سطح أفقي بمساحة 1 م² بنحو 5 كيلواط ساعي في معظم أنحاء البلاد، أي ما يعادل تقريبًا:1700كيلواط ساعي/م ²سنويًا في المنطقة الشمالية، و2650 كيلواط ساعي/م ²سنويًا في المنطقة الجنوبية. تحتل الجزائر مكانة بارزة عالميًا بفضل مساحتها الجغرافية الواسعة، كما تتميّز بتنوّع مناخي موسمي كبير على مدار العام، وخاصة في مناطقها الصحراوية التي تشكل الجزء الأكبر من مساحتها الإجمالية. ويبلغ معدل الإشعاع الشمسي السنوي في الجزائر أكثر من 2000 ساعة، في حين يُقدّر إجمالي الطاقة الشمسية المتلقاة بحوالي 169,400 تيراواط ساعي في السنة، وهو ما يعادل تقريبًا 5000 ضعف استهلاك البلاد السنوي من الكهرباء (Assami & Mohcen, 2025, p. 125).

وقد أدخلت الجزائر في عام 2015 عددًا من التعديلات على البرنامج الوطني للطاقات المتجددة الذي تم اعتماده سنة 2011، مع تركيز خاص على الطاقة الشمسية (الفوتوفولطية والحرارية) وطاقة الرياح. وينصّ المخطط الجديد على رفع الطاقة المتوقعة المنتجة من مصادر الطاقات المتجددة من 12,000 ميغاواط إلى 22,000 ميغاواط بحلول عام 2030، كما يطمح إلى تغطية 27% من الاستهلاك الوطني للكهرباء، أي ما يعادل 37% من إجمالي القدرة المركبة (Mebrek, 2025, p. 31)

وقد اتخذت الجزائر خطوة حاسمة في تنفيذ استراتيجيتها الهادفة إلى توفير 15,000 ميغاواط من الطاقة الشمسية بحلول عام 2035، مما يُسهم في تقليل الاعتماد على المحروقات في إنتاج الكهرباء (Assami & Mohcen, 2025, p. 125).

ستُسهم هذه المبادرة في تحقيق برنامج الانتقال الطاقوي في الجزائر وفتح آفاق جديدة لعصر الطاقات النظيفة والمستدامة. وهناك عدة مشاريع للطاقة الشمسية في الجزائر والتي من بينها مشروع سولار 1000 والذي سنتناوله في الآتي.

3- مشروع "سولار1000": الرؤية المستقبلية وو اقع التنفيذ

تعد الجزائر من أكبر الدول العربية والأفريقية مساحةً، وتتمتع بإمكانات هائلة في مجال الطاقات المتجددة، خاصة الطاقة الشمسية .في إطار سعيها للتنويع الطاقوي والحد من الاعتماد على المحروقات، أطلقت الجزائر مشروع" سولار "1000 كجزء من إستراتيجيتها الشاملة للتحول الطاقوي.

3-1- الإطار العام للمشروع وأهدافه الإستر اتيجية

يعد مشروع"سولار 1000"أحد أكبر المشاريع الطاقوية التي أطلقتها الجزائر في إطار برنامجها الوطني للتحول الطاقوي ويهدف إلى إنتاج 1000 ميغاواط من الكهرباء من مصادر شمسية خلال المرحلة الأولى الممتدة بين 2024و2025، عبر 11موقعا جغرافيا موزعة على مختلف ولايات الجنوب والهضاب العليا على مساحة تقدر بـ أكثر من 4000 هكتار (سونلغاز، 2024، ص3).

يُعتبر مشروع "سولار" (Solar) الذي يشمل 11 ولاية، أغلبها في الجنوب، مشروعًا استراتيجيًا بتكلفة إجمالية تقدر بـ 171.7 مليار دينار جزائري (ما يعادل 1.175 مليار دولار)، ويهدف إلى توليد 15 ألف ميغاواط من الكهرباء النظيفة بحلول عام 2035. ومن المتوقع إنتاج أكثر من 600 ميغاواط قبل نهاية عام 2024، ثم الارتفاع إلى حوالي 2,000 ميغاواط بحلول منتصف 2025. ويُنظر إلى هذا المشروع على أنه مقدمة لتحسين الأداء وتحقيق نتائج أفضل مستقبلاً، إذ يمثل مجرد بداية لخطة أكبر ضمن توجه الجزائر نحو الاقتصاد الأخضر (Mebrek, 2025, p. 31).

وقد تم تصميم هذا المشروع ليكون نموذجا تطبيقيا يجسد توجهات الجزائر في بناء مزيج طاقوي مستدام، مع إمكانية التوسع في المراحل اللاحقة ليصل إلى 2000ميغاواط من خلال 15موقعا إضافيا، وفق المخطط المعلن من طرف وزارة الانتقال الطاقوي (وزارة الانتقال الطاقوي، 2024، ص 5). ويتم تنفيذ المشروع تحت إشراف شركة شمس الجزائر(SHAEMS)، وهي شركة مملوكة مناصفة بين سونلغاز وسوناطراك، تم إنشاؤها خصيصا لتطوير مشاريع الطاقة الشمسية، وجلب التمويل والتكنولوجيا من الشركاء الأجانب.

وبحسب وثيقة حصلت عليها منصة الطاقة المتخصصة، بشأن نتائج مناقصة المشروع الذي أطلقته الشركة الجزائرية للطاقات المتجددة "شمس"، انطلقت التحضيرات الفعلية لتنفيذ البرنامج، الموزع على 5 محطات شمسية كهروضوئية، تتراوح قدرتها بين 50 و300 ميغاواط (شريف، 2023).

الشكل رقم(01): مشروع سولار1000



https://attaqa.net/2022/07/28/%D8%B3%D9%88%D9%84%D8%A7%D8%B11000%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9%D8%A7%D9%84%D8%B4%D9%85%D8%B3%8A%D8%A9%D9%81%D9%8A%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%B2%D8%A7%D8%A6%D8%B1%D8%AAD8%AF%D8%B9%D9%85/

وتتمثل الأهداف الرئيسة للمشروع فيما يلي:

- اقتصاد استهلاك الغاز بما يعادل 550 مليون متر مكعب على الأقلّ، ولكن مع تقدُّم الدراسات، ترتفع هذه الكمية إلى 600 مليون متر مكعب من الغاز.
- خفض مليون طن من انبعاثات الكربون، ضمن خطة الجزائر لتحقيق الحياد الكربوني،
- توفير فرص العمل، إذ يستحدث المشروع 5 آلاف فرصة عمل (شريف، تطورات مشروع سولار 1000 في الجزائر.. تسهيلات للمستثمرين ونتائج المناقصة قريبًا، 2022).
- إنتاج كهرباء نظيفة لتغطية جزء من الطلب الوطني المتزايد دون اللجوء إلى الوقود الأحفوري.
- تعزيز القدرات الوطنية في مجال تركيب وتسيير محطات الطاقة الشمسية.
- تشجيع نقل التكنولوجيا وتوطين الصناعة المرتبطة بالطاقة الشمسية مثل تصنيع الألواح والمحولات.
- المساهمة في التزامات الجزائر المناخية بتقليص انبعاثات الغازات الدفيئة.

ويأتي هذا المشروع في سياق اقتصادي عالمي يشهد تراجعا في تكاليف إنتاج الطاقة الشمسية بنسبة تفوق 80% منذ سنة 2010 (IEA, 2023, p. 22)، مما يجعل من الاستثمار في الطاقة الشمسية خيارا اقتصاديا وبيئيا مجديا للجزائر، بالنظر إلى

امتلاكها أعلى معدلات الإشعاع الشمسي في العالم والتي تتجاوز 2000كيلواط/م² سنويا في بعض مناطق الجنوب(CDER، 2023، ص. 9).

2.3. الو اقع التنفيذي لمشروع "سولار1000":

بحسب التقرير الرسمي لوزارة الانتقال الطاقوي (2024)، شهد مشروع "سولار 1000" تقدما ملموسا في مسار تنفيذه، من خلال استكمال الدراسات التقنية والبيئية وتحديد 11 موقعا استراتيجياموزعا على ولايات الجنوب والهضاب العليا، إلى جانب إبرام عقود شراكة بين مجمعات وطنية ومستثمرين أجانب، أبرزها التعاون بين سوناطراك وتوتال إنرجي بهدف تعبئة التمويل ونقل التكنولوجيا. كما شرعت الجهات المنفذة في تجهيز الأراضي والبنى التحتية الأساسية لتركيب الألواح الشمسية ومراكز التحويل الكهربائي.

رغم التقدم المحرز في مراحله الأولى يواجه مشروع "سولار 1000"جملة من التحديات البنيوية التي تؤثر على وتيرة تنفيذه أبرزها تأخر التمويل البنكي نتيجة تحفظ المؤسسات المالية الوطنية في دعم مشاريع الطاقات المتجددة بسبب ضعف الضمانات الاستثمارية طويلة الأجل، وهو ما يحد من قدرة الشركات المنفذة على تعبئة الموارد المالية الكافية(بوشامة، 2023، ص20). كما يعاني المشروع من محدودية القدرات التقنية المحلية، إذ يعتمد بشكل كبير على التكنولوجيا والخبرة الأجنبية في مجالات تصنيع الألواح والخلايا الشمسية وأنظمة التخزين، مما يضعف من المردودية التقنية المحلية ويؤخر نقل المعرفة. (IEA، 2024، p45). وإلى جانب ذلك، تشكل التعقيدات الإدارية المرتبطة بالصفقات العمومية عقبة إضافية، حيث يؤدي طول الإجراءات وبطء المصادقات إلى تأخر إنجاز مراحل المشروع في آجالها المحددة. كما يواجه المستثمرون ضعفا في الحوافز الجبائية والمالية المخصصة لقطاع الطاقات المتجددة مقارنة بالدول المنافسة في المنطقة، الأمر الذي يقلل من جاذبية السوق الوطنية للاستثمار في هذا المجال الواعد. (World Bank, 2023)

فرغم هذه التحديات، فإن الجزائر بدأت تخطو نحو إصلاح الإطار التشريعي والمؤسساتي،فمشروع "سولار 1000" يمثل خطوة جوهرية في مسار التحول الطاقوي في الجزائر، غير أن فعاليته تبقى رهينة تجاوز العقبات التمويلية والتقنية والإدارية وتعزيز التكامل المحلي في سلاسل الإنتاج الشمسية.ولتحقيق أهدافه الإستراتيجية، يتعين على الدولة اعتماد سياسة صناعية موازية تركز على نقل التكنولوجيا، دعم البحث العلمي، وتشجيع الشراكات الدولية، بما يضمن تحقيق تنمية طاقوية واقتصادية مستدامة قادرة على المنافسة إقليميا ودوليا.(خليف، 2022، ص. 97).

3.3. الأبعاد المستقبلية لمشروع "سولار1000"

ينظر إلى مشروع "سولار 1000" على أنه نواة الرؤية المستقبلية للتحول الطاقوي في الجزائر، حيث يتجاوز الهدف منه مجرد إنتاج الكهرباء، ليشكل مشروعا بنيويا متعدد الأبعاد يجمع بين الاعتبارات الاقتصادية، البيئية، الاجتماعية والتكنولوجية؛ ويمكن توضيحها فيما يلي:

أولا: البعد الاقتصادي: يتوقع أن يساهم المشروع في تقليص فاتورة استيراد معدات الطاقة على المدى المتوسط من خلال توطين سلاسل إنتاج الألواح الشمسية والبطاريات. كما يفتح المجال أمام خلق صناعة وطنية للطاقة المتجددة تعتمد على المورد المحلي وتستفيد من الشراكات الأجنبية(CDER، 2023، ص15).علاوة على ذلك، سيسمح المشروع بتوفير أكثر من 4000 وظيفة مباشرة وغير مباشرة خلال مراحل الإنشاء والتسيير، وهو ما يسهم في تنمية الولايات الجنوبية ودمجها في الاقتصاد الأخضر الوطني(سونلغاز، 2024، ص7).

ثانيا: البعد البيئي: من المنتظر أن يساهم المشروع في تجنب انبعاث ما يقارب 1.5 مليون طن من غاز ثاني أكسيد الكربون سنويا، ما يجعله من أهم المشاريع البيئية في إفريقيا من حيث الأثر الإيجابي على المناخ (وزارة الانتقال الطاقوي، 2024، ص 8).

كما يندرج ضمن تنفيذ التعهد الجزائري بخفض الانبعاثات بنسبة 22% بحلول عام 2030 وفق المساهمات المحددة وطنيا.(UNFCCC, 2016, p8)

ثالثا: البعد التكنولوجي: يعد "سولار 1000" منصة حقيقية لتطوير القدرات الوطنية في مجال البحث والتطوير(R&D) إذ يتضمن المشروع إنشاء مراكز تكوين ومخابر تطبيقية بالشراكة مع الجامعات الجزائرية ومراكز البحث(CDER، 2023، p21).كما يرتقب إدخال تكنولوجيات التخزين الذكي للطاقة بالبطاريات ذات الكفاءة العالية لتأمين استقرار الشبكة الكهربائية.

رابعا: البعد الاستراتيجي والسيادي: على المدى البعيد، يمثل المشروع خطوة في اتجاه تحقيق الاستقلال الطاقوي الجزئي وتقليص الاعتماد على صادرات المحروقات كمصدر أساسي للعائدات. كما يعزز موقع الجزائر كفاعل إقليمي في تصدير الطاقة النظيفة نحو أوروبا وإفريقيا، خاصة في ظل الطلب المتزايد على الطاقات الخضراء بعد أزمة الطاقة العالمية (IEA, 2023, p. 31).

وفي إطار سعيها لتسريع الانتقال الطاقوي وتنويع مصادر تمويل مشاريع الطاقة المتجددة، عملت الجزائر على إرساء شبكة من الشراكات الدولية مع مؤسسات أوروبية وآسيوية رائدة في المجال. فقد تم التعاون مع شركة Total Energiesالفرنسية لتوريد التكنولوجيا المتقدمة الخاصة بالألواح الشمسية وأنظمة التحويل الكهربائي، ومع Huawei Solar الصينية لتجهيز المحطات الشمسية بمعدات عالية الكفاءة، إلى جانبKfW الألمانية التي ساهمت في تمويل الدراسات التقنية والبيئية للمشاريع الكبرى. كما تشارك الجزائر في مبادرات إقليمية ودولية هامة على غرار Desertec 2.0 والتحالف الإفريقي للطاقة الشمسية(AISA)، وهي مبادرات تهدف إلى تعزيز التكامل الطاقوي الإقليمي ونقل المعرفة التقنية.(IEA, 2023, p33).

ورغم هذه الجهود، لا يزال مسار تطوير الطاقات المتجددة في الجزائر يواجه عدداً من القيود المؤسسية التي تحد من فعالية التنفيذ، من أبرزها ضعف التنسيق بين القطاعات الوزارية المعنية بالطاقة والبيئة والصناعة، وتأخر صدور النصوص التطبيقية للقوانين المنظمة للاستثمار في هذا المجال. كما يُلاحظ غياب مراكز تكوين متخصصة في مجال الطاقة الشمسية، ما يؤثر على توفر اليد العاملة المؤهلة، فضلاً عن قصور في نشر الثقافة الطاقوية لدى المواطنين، وهو ما ينعكس سلباً على تقبل المجتمع لمشاريع التحول الطاقوي (بن ناصر، 2022، ص 61).

الخاتمة

يمثل مشروع "سولار 1000"خطوة محورية في مسار التحول الطاقوي الذي تسعى إليه الجزائر ضمن رؤيتها الاستراتيجية لبناء اقتصاد متنوع ومستدام. فقد أظهر تحليل مختلف جوانب المشروع أن الجزائر بدأت فعلافي الانتقال من مرحلة التخطيط إلى مرحلة التنفيذ الميداني للطاقات المتجددة، في ظل إرادة سياسية واضحة ووعي متزايد بأهمية الأمن الطاقوي والبيئي.

ورغم ما تم تحقيقه من تقدم في الدراسات التقنية وتحديد المواقع وتوقيع الشراكات مع مؤسسات وطنية ودولية، إلا أن المشروع لا يزال يواجه تحديات جوهرية تتعلق بالتمويل، ونقل التكنولوجيا، وتحديث الإطار القانوني، إضافة إلى محدودية القدرات التقنية المحلية وضعف التنسيق بين الفاعلين المؤسساتيين.

إن مشروع "سولار 1000" لا يختزل في بعده الطاقوي فحسب، بل يعبر عن تحول بنيوي شامل في رؤية الجزائر لمستقبلها الاقتصادي، القائم على استغلال مواردها الشمسية الهائلة، وتنمية قدراتها البشرية، وتحقيق انفتاح استراتيجي نحو شراكات دولية متوازنة.

أما عن نتائج الدراسة فتمثلت في:

من خلال تحليل البيانات والمصادر الرسمية، يمكن تلخيص أبرز النتائج فيما يلي:

- يُعد مشروع سولار 1000 نقطة تحول حاسمة في تاريخ التحول الطاقوي في الجزائر .يعكس هذا المشروع رؤية استراتيجية شاملة للتنويع الاقتصادي وضمان الأمن الطاقوي، مع المساهمة في الجهود العالمية لمكافحة التغيرات المناخية.
- رغم التحديات الحالية في التنفيذ والتمويل، تشير التطورات الإيجابية الأخيرة إلى إمكانية تحقيق أهداف المشروع بنجاح، يتطلب هذا الأمر التزاماً حكوميا قويا، وتعاونا فعالا بين القطاعين العام والخاص، وتطوير الشراكات الدولية.

- النجاح الجزئي للمراحل الأولى من المشروع يعكس وجود إرادة سياسية ومؤسساتية جادة، لكنه يظل مرهونا بتسريع وتيرة الإنجاز الفعلي.
- التحديات التمويلية والإدارية تبقى من أبرز العوائق التي تعطل التنفيذ، خاصة ضعف انخراط البنوك المحلية في تمويل المشاريع طويلة الأجل.
- ضعف المحتوى المحلي الصناعي والتقني يجعل المشروع معتمدا على التكنولوجيا الأجنبية، مما يحد من القيمة المضافة الوطنية.
- الشراكات مع الشركات الأجنبية الكبرى مثل Total Energies و Huawei Solar تمثل فرصة حقيقية لنقل التكنولوجيا وبناء القدرات المحلية.
- البعد البيئي للمشروع واضح ومهم، إذ يسهم في تقليص انبعاثات CO_2 بنحو 1.5 مليون طن سنويا ويعزز التزامات الجزائر المناخية.

وبناءا على النتائج السابقة نقد م التوصيات التالية:

- تسريع الإصلاحات القانونية والتنظيمية الخاصة بالاستثمار في الطاقات المتجددة، لتسهيل الإجراءات وتقليص البيروقراطية.
- تفعيل آليات التمويل الأخضر عبر إنشاء صناديق تمويل وطنية موجهة خصيصا لمشاريع الطاقة النظيفة بالتعاون مع البنوك ومؤسسات التمويل الدولية.
- تطوير منظومة تكوين وبحث وطني في مجال الطاقات المتجددة، بالشراكة مع الجامعات والمراكز البحثية لتكوين يد عاملة مؤهلة.
- تشجيع المحتوى المحلي الصناعي عبر تحفيز المؤسسات الصغيرة والمتوسطة على دخول سلاسل إنتاج الألواح والمعدات الشمسية.
- تعزيز الشراكات الدولية الإستراتيجية مع الشركات الرائدة في التكنولوجيا الشمسية، لضمان نقل فعلي للمعرفة والخبرة.
- إرساء آليات متابعة وتقييم دوري للمشاريع الطاقوية الكبرى، من أجل ضبط الانحرافات وتحسين الأداء في الوقت الفعلي.
- رفع الوعي المجتمعي بالطاقة المتجددة من خلال برامج تربوية وإعلامية، لترسيخ ثقافة الاستهلاك الطاقوي المستدام.

إن نجاح مشروع سولار 1000 سيكون له أثر كبير ليس فقط على القطاع الطاقي في الجزائر، بل على مستقبل التنمية المستدامة في المنطقة بأكملها .المشروع يمثل خطوة مهمة نحو تحقيق رؤية الجزائر كقائدة في مجال الطاقة المتجددة في شمال أفريقيا والبحر المتوسط.

✓ **الآفاق المستقبلية**

ينتظر أن يشكل مشروع "سولار 1000"نقطة انطلاق نحو تحول طاقوي شامل يمتد إلى آفاق سنة 2035، مع إمكانية التوسع إلى إنتاج 2000ميغاواط أو أكثر في المراحل اللاحقة. وتكمن الآفاق المستقبلية للمشروع فيما يلي:

- تحويل الجزائر إلى قطب إقليمي للطاقة النظيفة في إفريقيا، بفضل موقعها الجغرافي وإشعاعها الشمسي المتميز.
- الاندماج في السوق الأوروبية للطاقة الخضراء من خلال مشاريع الربط الكهربائي العابر للمتوسط، مما يتيح تصدير الكهرباء الشمسية.
- خلق نسيج صناعي محلي تنافسي في مجالات تصنيع الألواح الشمسية، البطاريات، والمحولات الكهربائية.
- التحول من نموذج "المنتج والمصدر للنفط والغاز" إلى نموذج "المنتج للطاقة النظيفة والتكنولوجيا."
- تعزيز الأمن الطاقوي والاقتصادي على المدى الطويل عبر تخفيض الضغط على الموارد الأحفورية، وتحقيق الاستقلال الطاقوي النسبي.

- توسيع التجربة إلى مشاريع هجينة تجمع بين الطاقة الشمسية والرياحية والهيدروجين الأخضر، ما يمكن الجزائر من دخول سوق الطاقة المستقبلية.

قائمة المراجع

1. الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية .(2021) .المرسوم الرئاسي رقم 21-79 المتعلق بإنشاء وزارة الانتقال الطاقوي والطاقات المتجددة .العدد 13.
2. بن ناصر، محمد .(2022) .حوكمة قطاع الطاقات المتجددة في الجزائر: التحديات وآفاق الإصلاح .مجلة الاقتصاد والتنمية المستدامة، العدد 12،
3. بن خدة، نادية .(2021) .التحول الطاقوي كخيار استراتيجي في الجزائر .مجلة الطاقة والبيئة، العدد 4.
4. بوشامة، عبد القادر .(2023) .التمويل البنكي لمشاريع الطاقات المتجددة في الجزائر: القيود والحلول .مجلة المالية والاقتصاد، العدد 6.
5. خليف، نصر الدين .(2022) .تحليل سياسات التحول الطاقوي في الجزائر: الواقع والآفاق .مجلة دراسات اقتصادية، العدد 9.
6. سليمان كعوان، و أحمد جابة. (2015). تجربة الجزائر في استغلال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية (العدد14).
7. عماد تكواشت. (2012). واقع و أفاق الطاقة المتجددة ودورها في التنمية المستدامة في الجزائر، مذكرة مقدمة لنيل شهادة الماجستير في العلوم الاقتصادية. كلية العلوم الاقتصادية و التجارية و علوم التسيير، جامعة الحاج لخضر- باتنة.
8. نواف الرومي. (2000). منظمة الأوبك وأسعار النفط الخام . ليبيا: الدار الجماهيرية للنشروالتوزيع والإعلان.
9. وزارة الطاقة والمناجم .(2011) .البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية 2011-2030 .الجزائر: وزارة الطاقة.
10. وزارة الطاقة والمناجم .(2020) .تحيين البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة إلى غاية 2035 .الجزائر: وزارة الطاقة.
11. وزارة الانتقال الطاقوي والطاقات المتجددة .(2024) .التقرير السنوي حول تنفيذ مشاريع الطاقات المتجددة .الجزائر. سونلغاز . .(2024)التقرير التقني لمشروع سولار 1000 .الشركة الجزائرية للكهرباء والغاز. ص. 3، 7.
12. IEA (2023). World Energy Outlook 2023. International Energy Agency, Paris,
13. UNFCCC (2016). Intended Nationally Determined Contributions (INDCs) – Algeria. United Nations Framework Convention on Climate Change.
14. CDER – Centre de Développement des Énergies Renouvelables. (2023). Rapport sur les perspectives de l'énergie solaire en Algérie. Alger.
15. Scholz, R. W. (2020). Energy Transition: An Interdisciplinary Perspective. Springer.
16. World Bank. (2023). Renewable Energy Investment Climate Assessment: Algeria Report. Washington D.C.
17. Assami, N., & Mohcen, Z. (2025). The Role of Solar Energy in Achieving Algeria's Sustainable Development (Descriptive-Analytical Study). Allgeriian Busiiness Perfformance Reviiew ((ABPR) , 14 (01).
18. CADI, M., & BENLADGHEM, F. (2025). Energy transition and sustainable development in Algeria. Review MECAS , 21 (01).
19. Mebrek, R. (2025). Energy diversification in Algeria: the strategic challenge of electricity export in the Mediterranean (economic and political gains). Annals of Algiers University 1 , 39 (02).
20. Ottmar, E., Pichs Madruga, R., Sokona, Y., & others, a. (2012). Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. USA: CAMBRIDGE University Press.
21. Quaschning, V. (2005). Understanding Renewable Energy Systems. UK: Earthscan publications.
22. عماد الدين شريف. (17 07, 2022). تطورات مشروع سولار 1000 في الجزائر.. تسهيلات للمستثمرين ونتائج المناقصة قريبًا. تاريخ الاسترداد 15 10, 2025، من الطاقة: https://attaqa.net/2022/07/17/%d8%aa%d8%b7%d9%88%d8%b1%d8%a7%d8%aa%d9%85%d8%b4%d8%b1%d9%88%d8%b9%d8%b3%d9%88%d9%84%d8%a7%d8%b11000%d9%81%d9%8a%d8%a7%d9%84%d8%ac%d8%b2%d8%a7%d8%a6%d8%b1%d8%aa%d8%b3%d%87%d9%8a%d9%84%d8%a7/

23. عماد الدين شريف. (31 12, 2023). مشروع سولار 1000 للطاقة الشمسية في الجزائر.. أسماء الفائزين. تاريخ الاسترداد 20 10, 2025، من الطاقة:
https://attaqa.net/2023/12/31/%D9%85%D8%B4%D8%B1%D9%88%D8%B9%D8%B3%D9%88%D9%4%D8%A7%D8%B11000%D9%84%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9%D8%A7%D9%84%D8%B4%D9%85%D8%B3%D9%8A%D8%A9%D9%81%D9%8A%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%B2%D8%A7%D8%A6/#google_vignette
24. محمد مصطفى الخياط. (بلا تاريخ). الطاقة البديلة وتأمين مصادر الطاقة. تاريخ الاسترداد 25 10, 2024، من http://dakanet.blogspot.com/2011/06/blog-post_5615.html

الطاقات المتجددة كآلية لتحقيق متطلبات التنمية المستدامة–دراسة حالة الجزائر خلال الفترة 2000/2025–

الملتقى الوطني الأول (الحضوري والافتراضي) حول:

التحولات الطاقوية: ديناميكيات جديدة تحدد مسارات الاقتصادات الوطنية والعالمية

إعداد : – أ.د. شرون عزالدين– جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة

– أ.د. صيد فاتح – جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة

الملخص

تُعد الطاقات المتجددة أحد أهم مرتكزات التنمية المستدامة في القرن الحادي والعشرين، لما تتيحه من إمكانات لتقليص الاعتماد على الوقود الأحفوري والحد من الانبعاثات الكربونية وتحقيق العدالة الطاقوية. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل دور الطاقات المتجددة كآلية لتحقيق متطلبات التنمية المستدامة في الجزائر، من خلال دراسة تطبيقية لواقع السياسات والبرامج الوطنية في هذا المجال خلال الفترة (2000–2025). استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، معتمدة على بيانات رسمية صادرة عن وزارة الانتقال الطاقوي والطاقات المتجددة، والوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، والبنك الدولي. أظهرت النتائج أن الجزائر تمتلك إمكانات كبيرة لتوليد الطاقة الشمسية والريحية، إلا أن نسب مساهمتها في المزيج الطاقوي لا تزال محدودة مقارنة بالمغرب وتونس. وتوصي الدراسة بتعزيز الشراكات الدولية، وتكثيف الاستثمار في البحث العلمي والتصنيع المحلي لمعدات الطاقات المتجددة، كشرط لتحقيق تنمية مستدامة حقيقية في الجزائر.

الكلمات المفتاحية: الطاقات المتجددة، التنمية المستدامة، الجزائر، الطاقة الشمسية، طاقة الرياح.

Abstract :

Renewable energies represent one of the main pillars of sustainable development in the 21st century. This study aims to analyze the role of renewable energy as a mechanism to achieve sustainable development requirements in Algeria, through an applied analysis of national policies and programs during the period 2020–2025. The study adopts a descriptive-analytical approach, relying on official data from the Algerian Ministry of Energy Transition and Renewable Energies, the International Renewable Energy Agency (IRENA), and the World Bank. The findings indicate that Algeria has substantial solar and wind energy potential, yet its share in the national energy mix remains limited

compared to Morocco and Tunisia. The study recommends enhancing international cooperation, increasing investment in scientific research, and developing local manufacturing of renewable energy equipment to ensure genuine sustainable development in Algeria.

Keywords: Renewable energy, sustainable development, Algeria, solar energy, wind energy.

مقدمة.

في ظل التحديات البيئية والاقتصادية المتزايدة، أصبحت الطاقات المتجددة خيارًا استراتيجيًا لتحقيق التنمية المستدامة على المستويين الوطني والعالمي. إذ لم يعد بالإمكان الاعتماد على الموارد الطاقوية التقليدية التي تتسم بالنضوب والتقلبات السوقية، فضلاً عن آثارها البيئية السلبية. تُعد الجزائر من الدول الغنية بالموارد الطاقوية التقليدية (النفط والغاز)، لكنها تواجه في الوقت ذاته تحديًا يتمثل في ضرورة تنويع مصادر الطاقة لتحقيق الاستدامة. منذ بداية الألفية الثالثة، شرعت الجزائر في تنفيذ عدة برامج للتحول الطاقوي، لعل أبرزها البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة (2011–2030). تهدف هذه الدراسة إلى تحليل العلاقة بين الطاقات المتجددة ومتطلبات التنمية المستدامة في الجزائر.

ومن أجل الوصول إلى الدور الذي تلعبه الطاقات المتجددة كآلية من آليات تحقيق التنمية المستدامة، سنحاول معالجة إشكالية البحث التي تتركز في التساؤل التالي:

ما مدى توظيف الطاقات المتجددة كآلية لتحقيق متطلبات التنمية المستدامة؟

أهمية الدراسة.

بالنظر إلى كون الطاقات غير المتجددة هي طاقات ناضبة، ولها آثار سلبية سواء على المدى القريب أو حتى على المدى البعيد، مع إمكانية نفاذها وعدم الاستقرار الذي تشهده في الأسواق. العالمية، كان لزاما البحث عن طاقات بديلة متجددة، وتكون نظيفة، للتقليل من الآثار السلبية للطاقات غير المتجددة وتقلبات أسعارها، كان من الأهمية بمكان البحث في الطاقات المتجددة كإحدى الآليات المهمة التي تدعم التنمية المستدامة في الدول.

منهجية الدراسة.

تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي القائم على الأدبيات والوثائق الرسمية والتقارير الحكومية والمقالات المتخصصة .كما تم استخدام منهج دراسة الحالة للوقوف على تجربة الجزائر التطبيقية، بالاعتماد على مصادر رسمية وإعلامية صدرت خلال السنوات الأخيرة . كما تم التركيز على البرامج الوطنية والمشروعات المعلنة في الفترة 2010 –2025 .

الدراسات السابقة.

– **دراسة تكواشت عماد:** "واقع وآفاق الطاقة المتجددة ودورها في التنمية المستدامة في الجزائر" سنة 2013/2012 " والتي عالج فيها علاقة الطاقة المتجددة بتحقيق التنمية المستدامة إذا ما تم إستغلالها في الجزائر وصولا به إلى نتيجة مفادها أنه لا بد من تفعيل الاستغلال الأنجع للطاقة المتجددة في الجزائر وتجاوز كل العقبات من أجل الدفع وتحقيق التنمية المستدامة.

– **دراسة فروحات حدة:** "الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر دراسة لواقع مشروع تطبيق الطاقة الشمسية في الجنوب الكبير بالجزائر" والتي عنت فيه لتحليل مختلف الفرص التي تتيحها هذا المشروع للجزائر وصولا لنتيجة مفادها أن الجزائر خسرت كثيرا بعرقلتها لتجسيد هذا المشروع وضرورة السعي لتثمين إستغلال الطاقة الشمسية في الجزائر.

– **دراسة بولقرينات ولشهب:** " الطاقات المتجددة كوسيلة لتحقيق التنمية المستدامة دراسة تحليلية لحالة الطاقة الشمسية بالجزائر" هدفت الدراسة إلى تبيان دور الطاقات المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة، والوقوف على الطاقة الشمسية بالجزائر بالوقوف على البرنامج الوطني للطاقات المتجددة.

توصلت الدراسة إلى إنتاج الطاقات المتجددة متزايد على المستوى العالمي خلال الفترة 2016–2021 بالنظر إلى انخفاض تكاليفها مما يجعلها أحد المساهمين في التنمية المستدامة، كما توصلت الدراسة إلى كون الجزائر قد سطرت برنامجا للوصول إلى التنمية المستدامة من خلال الطاقات المتجددة وبشكل خاص الطاقة الشمسية.

هيكل الدراسة.

للإجابة عن التساؤل المطروح والوصول إلى دور الطاقات المتجددة كآلية لتحقيق التنمية، ذلك ما سيتم الإجابة عنه من خلال المحاور الآتية:

الإطار النظري: الطاقات المتجددة والتنمية المستدامة؛

الإطار التطبيقي: الطاقات المتجددة في الجزائر.

الإطار النظري: التنمية المستدامة والطاقات المتجددة.

أولا: نظرة عامة حول التنمية المستدامة.

1. التنمية لغة.

إن مصطلح التنمية مشتق من نمى بمعني الزيادة ، يقال نمى ينمي نميا ونماء، أي بمعنى زاد وكثر(**ابن منظور،2006، صفحة 38**)، ونمى أيضا قيل أنه: كل شيء على وجه الأرض إما نام وإما صامت(حماد،صفحة 462). ويقال نما زرع ونما الولد، ونمى النار أشبع وقودها(**الوسيط، 2004، صفحة 965**). ومن هنا نرى أن التنمية في اللغة ضمت معاني عدة، منها بينها الزيادة والكثرة.

2. التنمية إصطلاحا.

فهناك مالا يحصى من التعريفات، منها:

- أن التنمية هي عملية إنتقال بالمجتمعات من حالة ومستوى أدنى إلى حالة ومستوى أفضل، ومن نمط تقليدي إلى نمط آخر متقدم كما ونوعا(**عارف، 2008، صفحة 8**).
- أن التنمية هي عملية تعبئة وتنظيم جهود أفراد المجتمع وجماعته، وتوجيهها للعمل المشترك مع الهيئات الحكومية بأساليب ديمقراطية لحل مشاكل المجتمع ورفع مستوى أبنائه اجتماعيا واقتصاديا وصحيا وثقافيا(**العسل، 2006، صفحة 24**).

ومنه فالتنمية هي عملية تغيير وتطوير مستمر وشامل لجميع جوانب حياة الفرد والمجتمع كماً ونوعاً، في إطار متكامل يهدف إلى تحقيق سعادة الإنسان وصلاح أموره، تحدث بصفة إرادية مقصودة **(قاسمي، 2008، صفحة 52)**.

3. تطور مفهوم التنمية المستدامة.

تبلور مفهوم التنمية المستدامة نتيجة لتراكمات معرفية سابقة فالمتتبع لتطور هذا المفهوم يلاحظ أنها غدت مفهوما متطورا يواكب المستجدات الحاصلة على المستوى العالمي، وتتجلى أهمية هذا النوع من التنمية من خلال ما تصبوا إليه من أهداف وما ترتكز عليه من مبادئ، غير أن تحقيقها يحتاج إلى تغييرات جذرية في الأنظمة التي تشمل الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية وحتى البيئية.

خلال العقدين الثمانينات والتسعينات حدثت عدة تطورات في قضية للتنمية، فقد ظهر مفهوم التنمية البشرية الذي لعب فيه الأمم المتحدة الإنمائي دوراً ريادياً في تبنيه وترويجه، من خلال تقاريره التي صدرت منذ عام 1990م للتنمية البشرية، والتي عرفت هذه الأخيرة بأنها: "عملية توسيع الخيارات المتاحة للناس، مثل عيش حياة صحية وطويلة والحصول على الموارد الضرورية لتوفير مستوى المعيشة المطلوب، إضافة إلى الحصول على المعارف لتحسين المستوى التعليمي والمشاركة في صنع القرارات"**(القريشي،2007، صفحة 127)**.

نشأ مفهوم التنمية المستدامة للنقص الملحوظ في النماذج السابقة من النمو والتنمية التي لم توفر قاعدة عريضة وكافية يستند إليها في إصدار الأحكام المتوازنة عن تكاليف ومنافع مختلف السياسات التنموية. **(روايقية، 2019، صفحة 28)**

ويعود أول استخدام لهذا المصطلح بشكل رسمي لرئيسة وزراء النرويج Gro Harlem Bruntland سنة 1987 في تقرير مستقبلنا المشترك للتعبير عن السعي لتحقيق نوع من العدالة والمساواة بين الأجيال الحالية والمستقبلية، وهكذا عرفت هذه الأخيرة التنمية المستدامة بأنها " التنمية التي تلبي احتياجات الحاضر دون الإخلال بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها" **(رايس، رحال وطويل، 2018، صفحة 113)**

وفي 1987م و بالرغم من أهمية ما جاء في تقرير الاستراتيجية الدولية للمحافظة على البيئة، غير أن الولادة الحقيقية لمفهوم التنمية المستدامة جاءت مع إعلان اللجنة العالمية للبيئة والتنمية لتقرير برونتلاند المعنون

"مستقبلنا المشترك Our Common Futeur" التي عرفت التنمية المستدامة بأنها: " التنمية التي تلبي إحتياجات الحاضر دون الإخلال بقدرات الأجيال القادمة على تلبية احتياجاته".**(المهندي، 2008، صفحة 13)**

ويعرف البنك الدولي التنمية المستدامة على أنها : " تلك التنمية التي تهتم بيتحقيق التكافؤ المتصل الذي يضمن إتاحة نفس الفرص الحالية للأجيال القادمة، وذلك بضمان رأس المال الشامل أو زيادته المستمرة عبر الزمن".**(مشري، 2011، صفحة 51)**

وقد تضمن التقرير الصادر عن معهد الموارد العالمية الذي نشر سنة 1992، المختص بدراسة موضوع التنمية المستدامة، عشرين تعريفا واسعا التداول للتنمية المستدامة، وقد قسم التقرير هذه التعريفات إلى أربع مجموعات رئيسية، إقتصادية وبيئية، إجتماعية وتكنولوجية.**(حميدة، 2011، صفحة 42)**

4. أبعاد التنمية المستدامة.

التنمية المستدامة لا ترتكز على الجانب البيئي فقط بل تشمل أيضا الجوانب الاقتصادية والاجتماعية وبالتالي فهي تنمية ثلاثية الأبعاد أساسية ومترابطة ومتكاملة ومتداخلة مع بعضها البعض.

أ. البعد الإقتصادي.

يتمحور البعد الاقتصادي للتنمية المستدامة حول الإنعكاسات الراهنة والمستقبلية للإقتصاد على البيئة، إذ يطرح مسألة إختيار وتمويل وتحسين التقنيات الصناعية في مجال توظيف الموارد الطبيعية. يمكن حصر البعد الاقتصادي فيما يلي:**(غنيم، 2008، صفحة177)**

- النمو الاقتصادي المستديم؛
- كفاءة رأس المال؛
- إشباع الحاجات الأساسية؛
- العدالة الإقتصادية.

ب. البعد البيئي: يتمثل في الحفاظ على الموارد الطبيعية والاستخدام الأمثل لها على أساس مستديم والتنبؤ لها بغرض الاحتياط والوقاية**(زرمان،2010، صفحة197)**، ويتمحور البعد البيئي حول مجموعة من العناصر نذكر منها:**(غنيم، 2008، صفحة 177)**

- النظم الإيكولوجية؛

- الطاقة؛
- التنوع البيولوجي والإنتاجي البيولوجية؛
- القدرة على التكييف.

وحيث تتمثل أهم الاهتمامات البيئية في اختلال طبقة الأوزون، الاستغلال المفرط للموارد الطبيعية، ظاهرة ارتفاع درجة المناخ، والمشاكل المتعلقة بتلوث الهواء.

ج. البعد الاجتماعي.

تتميز التنمية المستدامة خاصة بهذا البعد أنه البعد الإنساني، إذ يجعل من النمو وسيلة للالتحام الاجتماعي وضرورة اختيار الإنصاف بين الأجيال، إذ يتوجب على الأجيال الراهنة القيام باختبارات النمو وفقا لرغباتها ورغبات الأجيال القادمة، وهكذا فإن كل من البعد البيئي والاقتصادي يرتبط بشكل كبير بالبعد الاجتماعي، ونذكر فيما يلي أهم العناصر البعد الاجتماعي :**(غنيم، 2008، صفحة 177)**

- المساواة في التوزيع؛
- الحراك الاجتماعي؛
- المشاركة الشعبية؛
- التنويع الثقافي؛
- استدامة المؤسسات.

2. الطاقات المتجددة.

الطاقات المتجددة هي تلك الطاقات التي لا تنضب، أي أنها متجددة طالما مصدرها موجود، وفي هذا الجزء من الدراسة نتطرق إلى أهم هذه المصادر الطاقوية وليست كلها لأنها متعددة، كما أن استغلالها يتطلب وجود جملة من الإمكانيات والشروط التي يجب أن تتوفر في الدول التي تسعى لذلك.

1.2. مفهوم الطاقات المتجددة.

وقد برز الاهتمام بموضوع الطاقة في العقود القليلة الماضية غير أنه لم يتخذ طابعه الشمولي سوى خلال عقد السبعينات، وتحديدا عشية التطورات التي شهدها وضع الطاقة العامي في أواخر عام 1973، وقد تأكد للجميع عقب تلك التطورات أن المسألة ليست مرتبطة بتغير أسعار النفط والغاز بل إنها أكثر أهمية من ذلك وتتعلق بقدرة

المخزون الاحتياطي من هذه المصادر وغيرها من المصادر القابلة للنفاذ، على تلبية الطلب المتزايد على الطاقة من جانب دول العالم المختلفة، وبدأ العالم يبحث على حلول بديلة على أمل أف يعيش فتَّة انتقالية يستطيع أثناءها الانتقال من الاعتماد على المصادر الأحفورية للطاقة إلى الاعتماد على مصادر أكثر استدامة وأقل تلويثا للبيئة.**(رايس، رحال وطويل، 2018، صفحة115)**

– تعرف الطاقات المتجددة على أنها مجموعة من سلاسل التوريد المتنوعة التي لا يتبع استعمالها بأي حال من الأحوال انقراض المورد الأولي، ويمكن أن يكون على نحو متجدد، كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وبالتالي فإن الطاقات المتجددة

– تعريف وكالة الطاقة الدولية (IEA): " تتشكل الطاقات المتجددة من مصادر الطاقة الناتجة عن مسارات الطبيعة التلقائية كأشعة الشمس والرياح التي تتجدد في الطبيعة بوتيرة أعلى من وتيرة استهلاكها ".**(بولقرينات ولشهب، 2023، صفحة 202)**

2.2. مصادر الطاقات المتجددة: ويمكن تقسيمها إلى نوعين رئيسيين هما : الطاقة المتجددة التقليدية)غير التجارية)، والطاقة المتجددة الجديدة.

– **الطاقة المتجددة التقليدية (غير التجارية):** وتعرف بطاقة الكتلة الحيوية، وهي من مصادر الطاقة التي كانت شائعة في القرون الماضية، خاصة قبل ظهور النفط، وتعتمد على استعمال مواد الكتلة الحية (biomasse) التي تنتج محليا، ومن خلال الكتلة الحيوية يمكن إنتاج الوقود، الديازيل الحيوي والايثانول ويعد هذا الأخير من أفضل أنواع الوقود المستخدمة من الكتلة الحيوية، وعلى الرغم من التطورات الحاصلة في مجالات استعمال الطاقة، لا يزال هذا النوع مصدرا وحيدا للطاقة لأكثر من 02 بليون نسمة يعيش معظمهم في جنوب أسيا وفي أوساط إفريقيا كما أنها تشكل حوالي10% من المصادر الأولية للطاقة العالمية، علما أنه من الصعب جدا تقدير كميات الكتلة الحية عالميا، وهذه الأرقام هي الأرقام العالمية التقديرية فقط.**(فروحات، 2012، صفحة 150)**

– **الطاقة المتجددة الجديدة :** من أنواعها ما يلي:

أ. الطاقة الشمسية:

الطاقة الشمسية هي الإشعاع الكهرومغناطيسي الصادر عن الشمس نتيجة تفاعلات الاندماج النووي التي تحدث في مركزها، حيث تندمج ذرات الهيدروجين لتكوين الهيليوم مطلقة كميات هائلة من الطاقة على شكل ضوء وحرارة. يمكن استغلال هذه الطاقة بطرق مختلفة، أهمها التحويل الضوئي المباشر إلى كهرباء عبر الخلايا الشمسية (الفوتوفولطية)، أو التحويل الحراري لتوليد البخار والطاقة الميكانيكية، أو حتى في تطبيقات تسخين المياه والتدفئة. وتُعد الطاقة الشمسية من أكثر مصادر الطاقة المتجددة وفرة على سطح الأرض، إذ يمكن لكل متر مربع من سطح الأرض أن يستقبل في المتوسط ما بين 1000 إلى 1360 واط من الطاقة الشمسية في الظروف المثالية، وهي بذلك تمثل مصدرًا مستدامًا ونظيفًا لتلبية احتياجات الإنسان المتزايدة من الطاقة دون الإضرار بالبيئة.

(Encyclopaedia Britannica ,2023)

يقصد بالطاقة الشمسية الضوء المنبعث والحرارة الناتجة عن الشمس، كما تعرف على أنها الضوء والحرارة المنبعثان من الشمس اللذان قام الإنسان بتسخيرهما لمصلحته منذ العصور القديمة باستخدام مجموعة من وسائل التكنولوجيا التي تتطور باستمرار، وتضم تقنيات تسخير الطاقة الشمسية استخدام الطاقة الحرارية للشمس سواء للتسخين المباشر أو ضمن عملية تحويل ميكانيكي لحركة أو لطاقة كهربائية، أو لتوليد الكهرباء عبر الظواهر الكهروضوئية باستخدام ألواح الخلايا الضوئية بالإضافة إلى التصميمات المعمارية التي تعتمد على استغلال الطاقة الشمسية، وهي تقنيات تستطيع المساهمة بشكل بارز في حل بعض من أكثر مشاكل العالم إلحاحا اليوم، إن كمية الإشعاع الشمسي الواصل للأرض يبلغ 36.1 كيلو واط/المتر المربع وأن 50% منها تنعكس في الفضاء و15% منها تنعكس على سطح الأرض و35% تمتص من قبل الهواء والماء والتربة.**(لوشن،2015، صفحة 72)**

ب.الطاقة المائية:

هي الطاقة المستمدة من حركة المياه المستمرة، وهي الطاقة التي لا يمكن أن تنفذ، أي أنه يمكن الاستفادة من الحركة الدائمة للمياه، ، وكذا حركة مياه الوديان والأنهار، وحركة المد والجزر التي تتواجد على طول الآلاف من الكيلومترات من سواحل البحار والمحيطات التي تشكل في مجملها ثلثي مساحة الأرض **(قلوح، 2019، صفحة 270)**. ويقوم أكثر من 150 بلدا 77% بتوليد قدر من الكهرباء من الطاقة المائية، وتمثل 16 % من

الطاقة المولدة عالميا. تنتج الطاقة المائية الحد الأدنى من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وبتوفر مصدر كاف من الماء يمكن أن تضمن مصدرا مستمرا لتوليد الكهرباء.**(دين وزرواط، 2018، صفحة 74)**

ب. الطاقة الريحية: تعد طاقة الرياح من الطاقات النظيفة والحيوية غير المنتهية، غير أن استغلالها يتطلب وجود مناطق ملائمة من الناحية الجغرافية تهب بها الرياح بسرعات مناسبة خلال فترات من السنة، إلا أن استخدام هذا النوع من الطاقات لا يزال قليل الاستغلال عالميا وإقليميا. وبالرجوع إلى بدايات استخدامها نجد أن أول من استخدمها هم الفراعنة في تسيير المراكب وكذلك الصينيون الذين استغلوها في طواحين الهواء لاستخراج المياه الجوفية.**(روايقية، 2019، صفحة 112)**

وقد أجريت أبحاث وتجارب لإنشاء محطات توليد الكهرباء بالطاقة الهوائية وتجسدت في أكبر طاحونة في أمريكا يبلغ ارتفاعها 55م، وقد تم الحصول على طاقة كهربائية تعادل 1250 كيلوواط، ويتم إنتاج الطاقة من الرياح بواسطة محركات أو توربينات ذات ثلاث أذرع تديرها الرياح وتوضع على قمة أبراج طويلة وتعمل كما تعمل المراوح ولكن بطريقة عكسية، فعوض استخدام الكهرباء لإنتاج الرياح كما تفعل المراوح تقوم هذه التوربينات باستعمال الرياح لإنتاج الطاقة، وتستطيع التوربينات كبيرة الحجم المصممة لمؤسسات إنتاج الكهرباء للاستعمال العام توليد ما بين 650 كيلوواط و 1.5ميغاوط. **(فروحات، 2012، صفحة 150)**

3. العلاقة بين الطاقات المتجددة والتنمية المستدامة.

يظل استخدام الوقود الأحفوري، ولأمد مستقبلي منظور، المصدر الأولي للطاقة في أغلب مجالات التنمية. ولا ننكر أن وجود الطاقة الأحفورية قد سمى بمجتمعات كثيرة إلى النهضة الصناعية التي ساعدت بدورها على التنمية والإبداع ورفاهية الشعوب. ويعتبر البترول والغاز الطبيعي شريان الحياة للكثير من القطاعات والأنشطة الصناعية والتجارية والمنزلية.**(النيش، 2001، صفحة01)**

تُمكّن الطاقات المتجددة من تحقيق الأبعاد الثلاثة للتنمية المستدامة عبر تقليص الانبعاثات وتحسين أمن الطاقة وتوفير فرص عمل خضراء (IRENA, 2023).

1.3. تقييم الأثر على مؤشرات التنمية المستدامة.

- **البُعد البيئي:**

يمكن للانتقال إلى مصادر متجددة أن يقلل الاعتماد على الوقود الأحفوري ويخفض انبعاثات CO_2 ، مما يسهم في الالتزام بالمقاييس الدولية للمناخ.

- **البُعد الاقتصادي:**

توفر مشاريع الطاقة المتجددة فرصًا للاستثمار المحلي والأجنبي، وتخلق وظائف خلال مرحلتي البناء والتشغيل، وتتيح فرصًا لتطوير صناعات محلية مرتبطة بتكنولوجيا الطاقة المتجددة.

- **البُعد الاجتماعي:**

توحّد الطاقات المتجددة إمكانيات تحسين الوصول إلى الطاقة في المناطق الريفية والنائية، مما يدعم الخدمات الأساسية مثل التعليم والصحة.

4. الطاقات المتجددة في الجزائر.

تُعد الجزائر من أغنى دول العالم في الإشعاع الشمسي يتضح من الجدول أن الجزائر رغم إمكاناتها الطبيعية الضخمة، لا تزال تسجّل مستويات متواضعة من حيث مساهمة الطاقات المتجددة في المزيج الطاقوي مقارنة بالمغرب الذي يحتل المرتبة الأولى مغاربيًا.

1.4. تحليل الإمكانات الطاقوية في الجزائر (2000–2025).

منذ مطلع الألفية، بدأت الجزائر في إدماج الطاقات المتجددة ضمن استراتيجيتها الطاقوية، خاصة بعد إطلاق برنامج الطاقات المتجددة 2011–2030. وقد شهدت البلاد تطورًا تدريجيًا في القدرات المركبة، مدفوعًا بالتحولات الجيوسياسية والالتزامات المناخية.

- في عام 2000، كانت مساهمة الطاقات المتجددة شبه معدومة (50> ميغاواط)، مع اعتماد شبه كلي على الغاز والنفط **(دعاس &عبدات، 2021)**.
- بحلول 2011، أطلقت الجزائر برنامجًا طموحًا لإنتاج 22 غيغاواط من الطاقة المتجددة بحلول 2030 **(حساني، 2025)**
- بين 2015 و2020، تم إنشاء عدة محطات كهروضوئية في الجنوب، أبرزها محطة حاسي الرمل.

- في 2024، أعلنت محافظة الطاقات المتجددة أن القدرات المركبة تجاوزت 4000 ميغاواط بفضل 21 محطة جديدة
- في 2025، تم إطلاق المرحلة الأولى من مشروع 15 غيغاواط للطاقة الشمسية، موزعة على 20 موقعًا **(عرقاب، 2025)**

جدول: تطور القدرات الطاقوية المتجددة في الجزائر (2000–2025)

السنة	الطاقة الشمسية(MW)	طاقة الرياح(MW)	الطاقة المائية(MW)	إجمالي الطاقة المتجددة(MW)
2000	5	0	250	255
2001	6	0	250	256
2002	8	0	250	258
2003	10	0	250	260
2004	15	0	250	265
2005	25	0	250	275
2006	30	5	250	285
2007	45	5	250	300
2008	60	8	250	318
2009	75	10	250	335
2010	80	12	250	342
2011	120	15	250	385
2012	180	20	250	450
2013	260	25	250	535
2014	350	35	250	635
2015	420	60	250	730
2016	550	90	250	890
2017	720	130	250	1,100
2018	900	170	250	1,320
2019	1,150	200	250	1,600

2020	1,500	250	250	2,000
2021	1,900	300	250	2,450
2022	2,200	340	250	2,790
2023	2,600	380	250	3,230
2024	2,900	430	250	3,580
2025*	3,200	500	250	3,950

المصدر: محافظة الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية (2024)؛ دعاس وعبدات (2021)؛ حساني (2025).

من خلال الجدول السابق يتضح لنا أن الطاقات المتجددة تشتمل على ثلاث أنواع أساسية، وهي الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وكذا الطاقة المائية وفيما يلي نوضح كمية كل طاقة من الطاقات المذكورة.

- **الطاقة الشمسية:** تمثل أكثر من 80% من إجمالي الطاقة المتجددة، بفضل الإشعاع الشمسي العالي (1700–2650 ك/Wh/m² سنة) في الصحراء الجزائرية.
- **طاقة الرياح:** رغم الإمكانات الكبيرة في الساحل والهضاب، إلا أن الاستثمار فيها ظل محدودًا حتى 2020، ثم شهد قفزة نوعية بدعم من شراكات دولية.
- **الطاقة المائية:** مستقرة منذ 2000، نظرًا لمحدودية الموارد المائية في الجزائر.

منذ مطلع الألفية، بدأت الجزائر في إدماج الطاقات المتجددة ضمن إستراتيجيتها الطاقوية، خاصة بعد إطلاق برنامج الطاقات المتجددة 2011–2030. وقد شهدت البلاد تطورًا تدريجيًا في القدرات المركبة، مدفوعًا بالتحولات الجيوسياسية والالتزامات المناخية.

- في عام 2000، كانت مساهمة الطاقات المتجددة شبه معدومة (50> ميغاواط)، مع اعتماد شبه كلي على الغاز والنفط؛
- بحلول 2011، أطلقت الجزائر برنامجًا طموحًا لإنتاج 22 غيغاواط من الطاقة المتجددة بحلول 2030 ؛
- بين 2015 و2020، تم إنشاء عدة محطات كهروضوئية في الجنوب، أبرزها محطة حاسي الرمل؛
- في 2024، أعلنت محافظة الطاقات المتجددة أن القدرات المركبة تجاوزت 4000 ميغاواط بفضل 21 محطة جديدة؛

❖ في 2025، تم إطلاق المرحلة الأولى من مشروع 15 غيغاواط للطاقة الشمسية، موزعة على 20 موقعًا؛

من خلال ما سبق نخلص إلى ما يلي:

- الطاقة الشمسية تكاد تكون المحرك الرئيسي للنمو منذ 2010 بسبب الموارد الإشعاعية العالية في الصحراء والبرامج الوطنية لتقليص تكلفة الخلايا الكهروضوئية والتحفيز القانوني، ما جعل الشمسي يمثل النسبة الأكبر من الزيادة في السعة المركبة بين 2015–2025.
- طاقة الرياح شهدت نمواً أبطأ نظراً للحاجة لبحوث مواقع ميدانية وبنى تحتية وشبكات نقل قوية، لكنها تسجل ارتفاعاً تدريجياً مع مشاريع ربط ساحليّة أكبر.
- الطاقة المائية بقيت ثابتة نسبياً بسبب محدودية الموارد المائية والقدرات القائمة منذ العقود السابقة.

2.4. أثر استغلال الطاقات المتجددة على أهداف التنمية المستدامة بالجزائر.

❖ **البعد البيئي:** يمكن استغلال الطاقات المتجددة من تقليل انبعاثات CO_2 من قطاع الكهرباء عبر استبدال الوقود الأحفوري بالمتجدد كما يسهم في التخفيف المناخي وتحسين جودة الهواء (Sovacool et al., 2020).

❖ **البعد الاقتصادي:** يسمح استغلال الطاقات المتجددة بخلق فرص تشغيل محلية مختلفة متمثلة في تركيب وصيانة المشاريع الشمسية والريحية؛ كما يسهم في تحسين أمن الطاقة وتقليل فاتورة الاستيراد للطاقة والوقود (World Bank, 2020).

❖ **البعد الاجتماعي:** توسيع الخدمات الكهربائية للمناطق النائية ودعم زراعة مياه الآبار والمشروعات الصغيرة، ما يعزز الشمول الاجتماعي والتنمية المحلية، بما يرفع من القدرة الشرائية لطبقات المجتمع المختلفة (UNDP, 2019).

خاتمة.

أثبتت الدراسة أن الطاقات المتجددة تشكل أداة استراتيجية لتحقيق التنمية المستدامة وتظهر النتائج تُظهر أن الجزائر تمتلك إمكانات شمسية وريحية كبيرة، كما أطلقت برامج وطنية لإنجاز محطات كهروضوئية بقدرة إجمالية

تُقارب 3200 ميغاواط ضمن خطة أوسع، إلا أن تحقيق الأثر المستدام يتطلب تعزيز الإطار التشريعي، تفعيل الشراكات، وتطوير البُنى التحتية لتخزين الطاقة ونقلها.

تُعدّ الطاقات المتجددة فرصة إستراتيجية للجزائر لتحقيق متطلبات التنمية المستدامة، وذلك عبر تنويع مزيج الطاقة، خفض البصمة الكربونية، وخلق منافع اقتصادية واجتماعية. نجاح هذه التحولات يعتمد على ترجمة الخطط إلى تنفيذ فعلي من خلال تمويل مناسب، تشريعات فاعلة، وبناء قدرات وطنية مستدامة. يُنصح بتبني رؤية متكاملة تربط مشروعات الطاقة بخطط التنمية المحلية لضمان أثر اجتماعي وبيئي طويل الأجل.

التوصيات.

- تعزيز الإطار القانوني والتنظيمي مراجعة القوانين وتقديم حوافز استثمارية وتشجيع الشراكات.
- تمويل مستدام: إنشاء آليات تمويل محلية وإقليمية، واللجوء إلى الشراكات الدولية وصناديق المناخ.
- البنى التحتية والتقنية: تطوير شبكات ذكية، حلول تخزين، وتدريب الكوادر الفنية.
- الاندماج المجتمعي: ضمان مشاركة المجتمع المحلي وتقاسم المنافع مع المناطق المستضيفة للمشروعات.
- بحوث وتطوير: دعم البحث العلمي والتكنولوجي المحلي لتكييف الحلول مع الظروف الجزائرية.

قائمة المصادر المراجع

أولا: المصادر:

1- أبو الفضل جمال الدين محمد بن مكرم ابن منظور الإفريقي(1981)، **لسان العرب**، دار المعارف، الأردن.

2- الطاهر سعود(2006)، **التخلف والتنمية في الفكر مالك بن نبي**، مركز دراسات فلسفة الدين، دار الهادي، الطبعة الأولى.

3- المعجم الوسيط(2004)، **مجمع اللغة العربية**، الإدارة العامة للمعجمات وإحياء التراث، مكتبة الشروق الدولية، الطبعة الرابعة، القاهرة، مصر.

4- نزيه حماد (2008)، **معجم المصطلحات المالية والاقتصادية في لغة الفقهاء**، الطبعة الأولى، بلد النشر غير مذكور.

5- عبد الكريم بكار(1999)، **مدخل إلى التنمية المتكاملة رؤية إسلامية**، دار القلم، دمشق، طبعة الأولى.

ثانيا: المراجع.

1- نصر محمد عارف(جوان 2008)، **في مفاهيم التنمية ومصطلحاته**، مجلة ديوان العرب، القاهرة.

2- ابراهيم حسين العسل(2006)، **التنمية في الفكر الإسلامي مفاهيم-عطاءات-معوقات-أساليب**، المؤسسة الجامعية للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى.

3- أحمد قاسمي(2008/2007)، **الوقف ودوره في التنمية البشرية دراسة حالة الجزائر**، مذكرة ضمن متطلبات نيل شهادة لماجستير في علوم التسيير، تخصص نقود ومالية، جامعة الجزائر.

4- حسن إبراهيم المهندي، نوزاد عبد الرحمان الهيتي(2008)، **التنمية المستدامة في دولة قطر الانجازات والتحديات**، الناشر لجنة الدائمة للسكان، قطر، الدوحة، الطبعة الأولى.

5- حميدة رابح(2011/2010)، **استراتيجيات وتجارب ترقية دور المؤسسات الصغيرة والمتوسطة في دعم النمو وتحقيق التنمية المستدامة دراسة مقارنة بين التجربة الجزائرية والتجربة الصينية**، مذكرة مقدمة كجزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير ، كلية العلو الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، تخصص إدارة اعمال للتنمية المستدامة، جامعة فرحات عباس، سطيف.

6- زرمان كريم(2010)، **التنمية المستدامة في الجزائر من خلال برنامج الإنعاش اقتصادي 2001-2009**، مجلة الأبحاث اقتصادية وإدارية، العدد 7، المركز الجامعي، خنشلة.

7- عثمان محمد غنيم، ماجدة أبو زنط(2008)، **إشكالية التنمية المستدامة في ظل الثقافة الاقتصادية السائدة**، مجلة علمية محكمة تصدر عم عمادة البحث العلمي، المجلد 35، العدد1، عمان، الأردن.

8- مدحت القريشي(2007)، **التنمية الاقتصادية-نظريات وسياسات وموضوعات-**، دار وائل للنشر، طبعة الأولى، عمان، الأردن.

9- مشري محمد الناصر(2011)، **دور المؤسسات المتوسطة والصغيرة والمصغرة في تحقيق التنمية المحلية المستدامة دراسة الاستراتيجية الوطنية لترقية المؤسسات الصغيرة والمتوسطة حالة ولاية تبسة**، مذكرة تخرج مقدمة ضمن متطلبات نيل شهادة الماجستير في العلوم الاقتصادية، كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، تخصص إستراتيجية المؤسسة للتنمية المستدامة، جامعة فرحات عباس، سطيف.

- بن فريحة نجاة وأنساعد رضوان(2020)، **مساهمة الطاقات المتجددة في تزويد العالم بالطاقة ودعمها للتنمية-دراسة تحليلية لمصادر الطاقة بالعالم والجزائر-**، مجلة دفاتر اقتصادية، المجلد 11، العدد 01.

– رايس حدة؛ رحال إيمان؛ طويل حدة (ديسمبر 2018)، **الطاقة المتجددة خيار استراتيجي لتحقيق التنمية المستدامة**، مجلة التنمية الاقتصادية، العدد 06.

– بولقرينات سليمة ولشهب مسعود (2023)، **الطاقات المتجددة كوسيلة لتحقيق التنمية المستدامة دراسة تحليلية لحالة الطاقة الشمسية بالجزائر**، مجلة التمويل والاستثمار والتنمية المستدامة.

– فروحات حدة (2012)، **الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر دراسة لواقع مشروع تطبيق الطاقة الشمسية في الجنوب الكبير بالجزائر** ، مجلة الباحث، العدد11.

– روايقية زهرة (2019/2018)، **تحسين كفاءة استخدام الطاقة من أجل تحقيق التنمية المستدامة في الاقتصاديات العربية**، أطروحة دكتوراه طور ثالث، جامعة قالمة.

– دين مختارية وزرواط فاطمة الزهراء (2018)، **الاستثمار في الطاقات المتجددة و دورها في تحقيق التنمية المستدامة بالجزائر دراسة مشروع المحطة النموذجية بالطاقة الشمسية بحقل "بئر ربع شمال" –ورقلة–**، مجلة البديل الاقتصادي، العدد 07.

– لوشن محمد (2015)، **أبعاد وآفاق اهتمام الجزائر بالطاقة الشمسية كإحدى بدائل الطاقات المتجددة الحديثة– دراسة حالة مشروع تطبيق الطاقة الشمسية في الجنوب الكبير بالجزائر**–، مجلة دراسات وأبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة، العدد 03.

– النيش نجاة(2001)، **الطاقة والبيئة والتنمية المستديمة: آفاق ومستجدات.**

– الوكالة الدولية للطاقة المتجددة IRENA (2024)، تقرير الطاقة المتجددة في شمال إفريقيا، أبوظبي.

– البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة (2023) (UNDP) تقرير الطاقة المستدامة في الدول العربية نيويورك.

– البنك الدولي .(2024) .قاعدة بيانات مؤشرات الطاقة والتنمية .واشنطن.World Bank :

– وزارة الانتقال الطاقوي والطاقات المتجددة الجزائرية .(2023) .التقرير السنوي للقطاع الطاقوي .الجزائر.

المراجع باللغة الأجنبية.

- Attaqa. (2023). Renewable Energy Projects in MENA. Retrieved from https://attaqa.net
- Cherni, J. A., & Kentish, J. (2022). Renewable energy policy and sustainable development in North Africa. Energy Policy.- . Encyclopaedia Britannica (2023). *Solar energy*. In *Britannica Academic*. Retrieved from

- African Development Bank. (2020). Renewable energy financing in North Africa. Abidjan, Côte d'Ivoire: African Development Bank Group.

- CDER (Centre de Développement des Énergies Renouvelables). (2022). Rapport annuel sur les énergies renouvelables en Algérie. Adrar: CDER.
- IEA (International Energy Agency). (2024). Renewables integration and grid flexibility. Paris: IEA.
- Ministère de l'Énergie. (2024). Stratégie nationale d'énergie et bilan des capacités renouvelables. Alger: Ministère de l'Énergie.
- Sovacool, B. K., Ryan, S. E., Stern, P. C., Janda, K., Rochlin, G., Spreng, D., ... & Pasqualetti, M. J. (2020). The clean energy revolution and sustainable development. Energy Research & Social Science, 70, 101654.
- UNDP Algeria. (2020). Sustainable energy solutions for rural Algeria. Algiers: United Nations Development Programme.
- World Bank. (2019). Algeria energy sector review: Challenges and opportunities. Washington, DC: World Bank.
- World Bank. (2020). Jobs and renewable energy: The potential for job creation in North Africa. Washington, DC: World Bank.

الاستثمار في الطاقات المتجددة نموذج طاقوي مستدام للتنويع الاقتصادي وتحقيق التنمية في الجزائر:
Investing in renewable energy is a sustainable energy model for economic diversification and development in Algeria.

محمد مداحي[1]، ليعلاوي يسرى[2]

[1] جامعة آكلي محند أولحاج البويرة (الجزائر)، m.meddahi@univ-bouira.dz

[2] جامعة آكلي محند أولحاج البويرة (الجزائر)، y.liallaoui@univ-bouira.dz

ملخص:

تهدف هذه الورقة البحثية إلى تبيان مدى مساهمة التنويع الطاقوي من خلال الاستثمار في الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية الاقتصادية، ومدى الاعتماد على التنويع الطاقوي ضمن إستراتيجية التنويع الطاقوي بالجزائر، وتبرز أهمية الدراسة من أن الجزائر سعت لانتهاج العديد من الإستراتيجيات لتفعيل دور الطاقات المتجددة كرهان للتنويع الاقتصادي، وبينت الدراسة أن الجزائر واحدة من الدول التي سعت إلى وضع إستراتيجيات طاقوية نظيفة للنهوض باقتصادها، خاصة وأن نظامها الاقتصادي الحالي قائم على مصادرها الطاقوية الأحفورية بنسبة قاربت 97% من مداخيل الجزائر وهذا ما يجعل الاقتصاد الوطني اقتصاد تبعية.

الكلمات المفتاحية: التنويع الاقتصادي، الطاقة، المتجددة، الجزائر؛

تصنيفات JEL : F0؛ F3 ؛ F4 ؛ F5

Abstract:

This research paper aims to show the extent of the contribution of energy diversification through investment in renewable energies to achieve economic development, and the extent of reliance on energy diversification within the economic diversification strategy in Algeria, although the Algerian economy still depends on the hydrocarbon sector in light of the fragility of the agricultural sector. The study showed that Algeria is one of the countries that sought to develop clean energy strategies to advance its economy, especially since its current economic system is based on its fossil energy sources, at a rate of nearly 97% of Algeria's income. And this is what makes the national economy an economy of dependency.

Keywords: Economic diversification, energy, renewable, Algeria.

Jel Classification Codes: F0 ; F3 ; F4 ; F5.

المؤلف المرسل: محمد مداحي m.meddahi@univ-bouira.dz

المقدمة:

ارتبطت اقتصاديات الدول المصدرة للنفط بشكل وثيق بهذه المادة، ما تطلّب ضرورة تبني إستراتيجية التنويع الاقتصادي ترتكز على تحديث القطاعات غير النفطية وتنميتها، من أجل تخفيض المساهمة النسبية لها في تكوين المداخيل الكلية، وتأثير تقلبات الأسعار الدولية على الإيرادات، بما ينعكس سلبا على تخطيط وتنفيد الموازنة العامة للدولة؛

والجزائر واحدة من بين البلدان التي تعاني من عجز في جهازها الإنتاجي، الشيء الذي يفسره حجم ونوعية وارداتها من العالم الخارجي، على الرغم مما تمتلكها لموارد طبيعية وبشرية تؤهلها لتحقيق تطور اقتصادي كبير، وفي هذا السياق لابد أن تقوم الدولة بتبني إستراتيجية متكاملة وأكثر فاعلية لاقتصاد ما بعد النفط كإطار عام للانتقال بمسيرة التنمية في الجزائر إلى مرحلة جديدة من النمو والتطور خاصة بعد انهيار أسعار البترول؛

ويعتبر قطاع الطاقة المتجددة أحد القطاعات الهامة، الذي يساهم في دفع عجلة الاقتصاد الوطني، وعليه كان لزاما توسيع قاعدة التنويع الطاقوي لتشمل الاستثمار في الطاقات المتجددة، وَبالتَالي فقد أصبحت الجزائر مطالبة بتنمية مصادر الطاقات المتجددة وتطويرها، إذا كانت ترغب في تحقيق تنمية مستدامة فعلية، تَكون فيها جميع الأبعاد محققة (البعد الاقتصادي، والاجتماعي والبيئي)، وخاصة حماية الأصول البيئة التي باتت من الخيارات اللازمة لعملية التنمية والانتقال إلى الاستثمار الأخضر. في هذا السياق، ظهرت إشكالية الدراسة كما يلي: **ما مدى مساهمة الاستثمار في الطاقات المتجددة كرهان للتنويع الاقتصادي بما يضمن تنويع طاقوي يسهم في تحقيق تنمية اقتصادية في الجزائر؟**

أهمية الدراسة: تتمثل أهمية البحث في تسليط الضوء على المنافع والقيم المضافة التي تتحصل عليها الدول من جراء تطوير الموارد الطاقوية المتجددة، مع تبيان جوانب الطاقات المتجددة وأبعادها، باعتبارها محاولة جديدة لمعرفة القيمة المضافة التي يمكن أن تتحصل عليها الجزائر، من جراء تطوير هذه المصادر، لتحقيق أمنها الطاقوي، وتحقيق تنمية حقيقة مستدامة؛

أهداف الدراسة: تهدف هذه الورقة البحثية إلى تقييم ومعرفة واقع إستراتيجية التنويع الاقتصادي بالجزائر، ومدى مساهمة وفعالية الاستثمار في الطاقة المتجددة من أجل المحافظة على موارد الطاقة القابلة للنفاذ، وتحقيق متطلبات التنويع الطاقوي.

1- السياسة العامة للتنويع الاقتصادي:

يعد تنويع القاعدة الإنتاجية من أهم الأهداف الاقتصادية لإستراتيجية التنمية، التي اعتمدتها الدول النفطية لضمان تحقيق الاستقرار ورفع معدلات النمو الاقتصادي.

1-1- تعريف التنويع الاقتصادي:

التنويع بشكل عام هو تقليل الاعتماد على المورد الوحيد ،والانتقال إلى مرحلة تمتين القاعدة الصناعية والزراعية وخلق قاعدة إنتاجية، وهو ما يعني بناء اقتصاد وطني سليم يتجه نحو الاكتفاء الذاتي في أكثر من قطاع (مرزوك و حمزة، 2014، صفحة 57)؛

هو عملية تهدف إلى تنويع هيكل الإنتاج وخلق قطاعات جديدة مؤلدة للدخل، بحيث ينخفض الاعتماد الكلي على إيرادات القطاع الرئيسي في الاقتصاد، ما يؤدي إلى فتح مجالات جديدة ذات قيمة مضافة أعلى وقادرة على توفير فرص عمل أكثر إنتاجية للأيدي العاملة الوطنية، ما يرفع معدلات النمو في الأجل الطويل (صباغ، 2020، صفحة 69) ؛

تعتمد فكرة التنويع على تطوير القطاعات غير النفطية وتخفيض الاعتماد على النفط أي تنويع الصادرات والإيرادات الحكومية والقاعدة الاقتصادية(FASANO, October, 2003, p. 01) ، كما يعرف التنويع الاقتصادي على أنه عملية توسيع نطاق الأنشطة الاقتصادية في كل من إنتاج وتوزيع السلع والخدمات واتساع الاقتصاد لخلق فرص للأنشطة الاقتصادية المختلفة على نطاق واسع بتوفير فرص العمل واستقرار الاقتصاد ضد التقلبات الاقتصادية، ويحافظ على آفاق النمو للدول (BATURE, Sep-Oct 2013, p. 06).

يعرَف أيضا التنويع الاقتصادي على أنهُ" عملية تهدف إلى تنويع هيكل الإنتاج وخلق قطاعات جديدة موَلِدة للدخل بحيث ينخفض الاعتماد الكلي على إيرادات القطاع الرئيس في الاقتصاد، إذ ستؤدي هذه العملية إلى فتح مجالات جديدة ذات قيمة مضافة أعلى وقادرة على توفير فرص عمل أكثر إنتاجية للأيدي العامل الوطنية وهذا ما سيؤدي إلى رفع معدلات النمو في الأجل الطويل" (الجبوري، 2016، صفحة 01)؛

ومما سبق نستنتج أن التنويع الاقتصادي يقصد به التخلص من التبعية لقطاع محدد خاصة قطاع النفط، وذلك من خلال تنويع مصادر الناتج المحلي الإجمالي في مختلف القطاعات، والتي تهدف إلى توفير فرص العمل وتحقيق الاستقرار الاقتصادي.

1-2- محددات التنويع الاقتصادي: يعتمد التنويع الاقتصادي على مجموعة من العوامل والمتمثلة حسب (Maré, 2011, pp. 09-10)، فيما يلي:

1-2-1- الحكومة: هي النشاط الذي تقوم به الإدارة، ويتعلق بالقرارات التي تحدد التوقعات أو منح السلطة أو التحقق من الأداء، حيث توفر الحكومة الجيدة مساعدة على زيادة التنويع الاقتصادي؛

1-2-2- القطاع الخاص: يلعب القطاع الخاص دورا مهما في التنويع الاقتصادي، وذلك بقيادة وتسيير الابتكارات والنشاط الاقتصادي كالاستثمار في البحث والتنمية للنشاطات الجديدة، لذا من الضروري على الحكومات أن تكون مدكة لاحتياجات القطاع الخاص كتحسين مناخ الأعمال من خلال التواصل لإقامة شراكات بناءة مع القطاع الخاص (بن علال، بركات، و غزال، 2021، صفحة 505)؛

1-2-3- الموارد الطبيعية: تعتبر من أهم العوامل المحددة للتنويع الاقتصادي حيث يمكن استعمالها في رفع السلع الإنتاجية المصدرة، غير أن ذلك لا يتحدد بالقدر المتاح من الموارد الطبيعية وإنما بالاستغلال الأمثل والكاف لتلك الموارد (توفيق، 2011، صفحة 163)؛

1-2-4- القدرات المؤسساتية والموارد البشرية: حيث تساعد على تعزيز قدرات وإمكانات التنويع الاقتصادي، فالعديد من الدراسات تشير إلى أن الاختلافات في نوعية المؤسسات يعتبر بالغ الأهمية في تحديد ما إذا كانت البلدان تتجنب لعنة الموارد الطبيعية (العلة الهولندية)، ويعتبر التنوع الاقتصادي عاملا مهما في توزيع الدخل وللتخلص من الفوارق الاجتماعية في مستويات التعليم وغيرها (DANI, 2004, pp. 10-15).

1-3- دوافع التنويع الاقتصادي: أبرزت العديد من الدراسات المبررات المنطقية للتنويع الاقتصادي، والتي يمكن تلخيصها في: (باهي و رواينية، ديسمبر 2016، صفحة 138) :

1) اتجاهات معدلات التبادل التجاري؛
2) عدم استقرار الأسعار في أسواق السلع الأولية؛
3) استنزاف الموارد المعدنية؛
4) وفورات الحجم الخارجية في الاقتصاديات المرتبطة خصوصا مع التصنيع؛
5) الحد من مخاطر المحفظة.

ويستند أصحاب فكرة ضرورة التنويع الاقتصادي على الأسباب التالية (الخطيب، 16، 17 فيفري 2014، صفحة 06) :

- ☒ تقليل المخاطر الاستثمارية: فتوزيع الاستثمارات على عدد كبير من النشاطات يقلل من المخاطر الاستثمارية الناجمة عن تركيز تلك الاستثمارات في عدد قليل منه؛
- ☒ تقليص المخاطر المؤدية إلى انخفاض حصيلة الصادرات: تعتمد الدول التي يتسم اقتصادها بدرجة ضعيفة من التنويع الاقتصادي على تصدير منتج واحد أو عدد محدود من المنتجات، فعند انخفاض أسعارها، تنخفض عوائد الصادرات من النقد الأجنبي، ما يُقلِّصُ من إمكانية الدولة في تمويل الواردات أو تمويل عملية التنمية؛
- ☒ زيادة إنتاجية رأس المال البشري: يسهم التنويع الاقتصادي في زيادة إنتاجية العمل ورأس المال البشري، ويؤدي بالتالي إلى رفع معدلات النمو الاقتصادي؛

- توطيد درجة العلاقات التشابكية بين القطاعات الإنتاجية: يسهم التنويع الاقتصادي في تقوية العلاقات التشابكية فيما بين القطاعات الاقتصادية المنتجة، مما ينجم منه العديد من التأثيرات الخارجية في الإنتاج التي تنعكس إيجابياً على النمو الاقتصادي؛
- تقليل التذبذب في مستويات الناتج المحلي الإجمالي: يؤدي ضعف التنويع الاقتصادي إلى تذبذب ملحوظ في مستويات الناتج المحلي الإجمالي؛
- توليد الفرص الوظيفية: التنويع يحفز النمو الاقتصادي، ويحقق التنمية المستدامة، ويزيد من درجة الترابط والتشابك بين القطاعات الاقتصادية، وكل ذلك يؤدي إلى زيادة الطلب على العمالة، ويولد الفرص الوظيفية، ويقلص من معدلات البطالة؛
- زيادة القيمة المضافة : يسهم التنويع الاقتصادي في توليد الفرص الوظيفية ومن ثم إلى ارتفاع دخول عوائد عناصر الإنتاج واستقرارها مما يؤدي إلى تزايد القيمة المضافة المتولدة قطاعياً ومحلياً.

كما تهدف سياسات التنويع الاقتصادي إلى تقوية أوجه الترابط في الاقتصاد، وتقليل الاعتماد على عدد محدود من الأسواق الدولية والشركاء التجاريين الدوليين، وعادة ما يكون لجهود التنويع الاقتصادي ثلاثة أهداف متداخلة (التوني، 2002، صفحة 08): استقرار النمو الاقتصادي، توسيع قاعدة الإيرادات، رفع القيمة المضافة القطاعية.

1-4- مؤشرات التنويع الاقتصادي: من المؤشرات الدالة على التنويع الاقتصادي لأي دولة ما يلي (اللجنة-الاقتصادية-والاجتماعية-لغربي-آسيا، 2001، صفحة 12):

- **معدل ودرجة التغير الهيكلي**، كما تدل عليهما النسبة المئوية لإسهام القطاعات المختلفة في الناتج المحلي الإجمالي، إضافة إلى زيادة أو انخفاض إسهام هذه القطاعات مع الزمن، ومن المفيد أيضًا قياس معدلات النمو الحقيقية للناتج المحلي الإجمالي حسب القطاع، حيثما توفرت لنا البيانات الخاصة بذلك؛
- **درجة عدم استقرار الناتج المحلي الإجمالي**، وعلاقتها بعدم استقرار سعر النفط .ومن المفهوم أن التنويع يفترض فيه أن يحد من عدم الاستقرار هذا مع مرور الزمن؛
- **تطور إيرادات النفط والغاز كنسبة من مجموع إيرادات الحكومة**، لأن أحد أهداف التنويع هو تقليل الاعتماد على إيرادات النفط، مع اتساع وتيرة قاعدة الإيرادات غير النفطية عبر الزمن، إذ أن ذلك يدل على النجاح في تطوير مصادر جديدة للإيرادات غير النفطية؛
- **نسبة الصادرات غير النفطية إلى مجموع الصادرات**، بصورة عامة يدل الارتفاع المضطرد للصادرات غير النفطية على ازدياد التنويع الاقتصادي، على أن التغيرات القصيرة الأجل في هذا المقياس قد تكون مضللة، إذ يمكن أن تنجم عن تقلبات أسعار النفط وصادراته؛
- **تطور إجمالي العمالة بمجملها حسب القطاع**، ومن الواضح أن هذا المقياس ينبغي أن يعكس وأن يعزز تغيرات التكوين القطاعي للناتج المحلي الإجمالي؛
- **تغير إسهام القطاع الخاص في الناتج المحلي الإجمالي**، وهذا مؤشر هام لأن التنويع الاقتصادي يعني ضمنًا زيادة إسهام القطاع الخاص في النشاط الاقتصادي الإجمالي؛

2- التنويع الطاقوي رهان التنويع الاقتصادي في مواجهة لعنة الموارد:

1-2- لعنة الموارد: لقد أثبتت التجارب على مر الزمن، أن تصدير الموارد الطبيعية وبخاصة النفط لا يحول الدول المصدرة للنفط إلى دول متقدمة، فقد كانت نتائج التنمية القائمة على التصدير سلبية منها بطؤ النمو الاقتصادي وضعف التنوع الاقتصادي وبؤس مؤشرات الرفاه الاجتماعي وارتفاع مستويات الفقر، والآثار المدمرة البيئية على المستوى المحلي وانتشار الصراعات والحروب.

ومقارنة بالدول التي تعتمد على تصدير السلع الزراعية، فإن الدول المصدرة للنفط والمعادن تعاني من فقر وضعف في الرعاية الصحية وانتشار سوء التغذية، ونظراً إلى الطبيعة الشديدة التقلب في أسواق السلع الإستراتيجية الدولية ومن ضمنها النفط، غالباً ما تقع ضحية انهيارات مفاجئة في معدل دخل الفرد وهبوط كبير في معدل النمو؛

إن النتائج السلبية في البلدان المصدرة للنفط والمعادن هي ما يسمى لعنة الموارد، فهذه الأخيرة لا تعني أن وفرة الموارد الطبيعية تنعكس بالضرورة سلباً على التطور والنمو الاقتصادي. فهناك نماذج تاريخية قوية على التنمية الناجحة المعتمدة على الموارد، على غرار و.م.أ وكندا وأستراليا، التي لها موارد طبيعية وتحولت إلى اقتصادات رائدة في التصنيع، كما لا تعني لعنة الموارد مجرد امتلاك الدولة لمخزون من النفط والمعادن، بل تعني التناقض بين زيادة الموارد الطبيعية غير المتجددة الذي يؤدي إلى قلة النمو الاقتصادي وظهور نتائج سيئة للتنمية والعكس (رمضان، 2012، صفحة 08)؛

إن تفسير هذا الأداء الاقتصادي الضعيف محط اختلافات وجدل، ولكن اجتماع عدة عوامل يدفع بالعديد من الدول المصدرة للنفط بوجه خاص نحو إخفاقات إدارية وتنموية(روبيرس، 2005، صفحة 25)، تنحصر أهمها فيما يلي (Corden, 1986, p. 370):

1-1-2- الداء الهولندي: ويقصد به العلاقة الظاهرة بين الزيادة في اكتشافات الموارد الطبيعية وانخفاض الإنتاج بالقطاع الصناعي، وهو ظاهرة تتجلى في قيام قطاع النفط برفع معدل صرف العملة المحلية، مما يجعل الصادرات الأخرى غير منافسة عالميا (الليثي، 2002، صفحة 80)؛ الواقع أن الصادرات النفطية تسدّ الطريق أمام القطاعات المصدّرة الأخرى، لاسيما الزراعية والصناعية، ما يجعل تنويع الاقتصاد صعبا (BATURE, Sep-Oct 2013, p. 06). وكرد على ذلك يتم تبنّي سياسات حمائية للحفاظ على النشاطات الاقتصادية التي يزداد موقفها التنافسي ضعفاً، بوضع العبء المالي على قطاع النفط، وعندما تصبح الزراعة والصناعة معتمدة على التحويلات التي تأتيها منه، فإن الاعتماد على النفط يتزايد، وتغيب الحوافز على توظيف رأس المال بفاعلية أكبر، ومع الزمن نصل إلى فقدان التنافسية (Al-Masah-Capital-Management-Limited, 2013, p. 16)؛

2-1-2- تقلب أسعار النفط: اعتماد الدول على النفط، وتقلب أسعاره، له تأثير سلبيا كبير على نظام الموازنة والرقابة على المالية العامة للدولة، وعلى التخطيط، كما يؤثر سلباً على فعالية الاستثمار وتحسين الدخل والحد من الفقر (الكواري، 2009، صفحة 28)؛

3-1-2- بطء تراكم المهارات وتزايد اللامساواة: صناعة النفط من أكثر صناعات العالم كثافة في رأس المال والتكنولوجيا، فهي تخلق القليل من فرص العمل، وغالباً ما تكون المهارات التي تتطلبها غير متوفرة لدى العاطلين عن العمل، فيتم إرسال العمال المهرة إلى الخارج للتدريب أو يتم استقدام عمال يملكون المهارات المطلوبة.

4-1-2- الاعتماد الضريبي: تذهب إيرادات الدول النفطية عامة مباشرة إلى الحكومات إما على شكل إتاوات أو ريوع تدفعها شركات النفط العالمية، أو على شكل ضرائب وأرباح تجنيها الشركات الحكومية، وإن كان في حقيقة الأمر أنه على المؤسسات العامة أن تستخدم الضرائب لكي تُحصِّل من هذه المكاسب المالية أكثر مما تُحصِّل عليه وتنفق الإيرادات الجديدة على برامج ضرورية، لكن من شأن هذا أن يلغي الحوافز لوضع نظام ضريبي منفصل عن النفط مما يفاقم الاعتماد على النفط (رودمان، 1999، صفحة 89).

وللتعامل مع هذه المعضلة حسب (المنيف، 2009، صفحة 252)، اتبعت الدول النفطية مسارين متلازمين في بعضهما، ومستقلين في البعض الآخر:

- **المسار الأول**، يتمثل في استخدام جزء من العائدات النفطية لتطوير البنية الأساسية اللازمة لتنمية القطاعات الإنتاجية والخدمية الملائمة لظروفها، وذلك الجزء المستخدم للتنمية المحلية يختلف باختلاف الدول واختلاف الظرف الزمني أيضا؛
- **المسار الثاني**، يتمثل في ادخار جزء من الإيرادات النفطية الآنية وتنميتها بالاستثمار الداخلي والخارجي، لتشكل دخلاً بديلاً للنفط عند نضوبه في الأجل الطويل، وينطوي هذا المسار على تحويل أصل حقيقي (الموارد الطبيعية الناضبة) إلى أصل مالي.

2-2- خلفيات البحث عن التنويع الطاقوي عن مصادر بديلة للطاقات الأحفورية ودوافعها:

2-2-1- دوافع البحث عن مصادر طاقوية بديلة للطاقات الأحفورية: هناك ثلاثة دوافع رئيسية تدفع العالم نحو تطوير واستخدام الطاقات المتجددة هي:

الدافع الأول: أمن التنويع الطاقوي العالمي: يضع النمو السريع لدول نامية كالصين والهند ضغطا متزايدا على أسواق البترول العالمية، وهي مشكلة من المرجح أن تتفاقم مع مرور الوقت، كما أن استمرارية استهلاك مصادر الطاقة الأحفورية بنفس المعدل سيؤدي إلى استنزاف هذه المصادر واحتمال نضوبها خلال عقود قليلة قادمة، وهو الأمر الذي قد يُؤدّي إلى صدمة عالمية كبرى فمن أجل تحقيق استدامة قطاع الطاقة لا بد من البحث وتطوير المصادر المتجددة لتلبية هذا التزايد في الطلب؛

الدافع الثاني: القلق من تغير المناخ: حيث بدأت تتجلى بعض التأثيرات السلبية لتغير المناخ، ويمكن للطاقات المتجددة أن تسهم في تأمين احتياجات الطاقة مع التقليل من انبعاث الغازات المسببة للاحتباس الحراري، التي تنذر بنتائج سلبية كارثية محتملة، والوقت الحاضر هو الصحيح لمعالجة هذه المشكلة، عن طريق عدة إجراءات ، منها استعمال طاقة متجددة خالية من الكربون، وتطوير أسواقها وتكنولوجياتها؛

الدافع الثالث: انخفاض تكلفة الطاقات المتجددة: فانخفاض التكلفة أحد الحوافز التي تدفع العالم نحو استخدام هذه الطاقات وإحلالها محل الطاقات التقليدية، ويمكن إرجاع سبب نقص التكاليف إلى تحسن تكنولوجيات إنتاجها والتي ستتطلب عقود أخرى من العمل حتى تصل مرحلة نضوجها، وهو ما تطلبته تكنولوجيات الطاقات التقليدية في بدايتها (بوعشير، 2011، الصفحات 152 - 154)

2-2-2- التوجه نحو إستراتيجية التنويع الطاقوي والاستثمار في الطاقة المتجددة: كان التوجه للاستثمار في الطاقات المتجددة نتيجة للعديد من الأسباب يمكن إجمالها في:

أ- مفهوم الطاقة المتجددة: لقد قُدِّمت العديد من المفاهيم للطاقات المتجددة، أهمها:

الطاقة المتجددة هي تلك المولدة من مصدر طبيعي غير تقليدي مستمر لا ينضب، ويحتاج فقط إلى تحويله من طاقة طبيعية إلى أخرى يسهل استخدامها بوساطة تقنيات معينة (أباظة، نجيب، و زيتون، 2011، صفحة 129). كذلك نعني "بالطاقة المتجددة" الكهرباء التي يتم توليدها من الشمس والرياح والكتلة الحيوية والحرارة الجوفية والمائية، وكذلك الهيدروجين المستخرج من المصادر المتجددة (عبيد، 2000، صفحة 205)؛ أو هي تلك المصادر الطبيعية غير الناضبة، والمتوفرة في الطبيعة سواء كانت محدودة أو غير محدودة إلا أنها متجددة، وهي نظيفة لا ينتج عن استخدامها تلوث بيئي (الخياط و الشيتي، فبراير 2010، صفحة 04)؛

أي أن الطاقة المتجددة هي الطاقة المكتسبة من عمليات طبيعية تتجدد باستمرار (وكالة-الطاقة، مارس 2009، صفحة 121)، وبالتالي فهي عبارة عن مصادر طبيعية دائمة وغير ناضبة ومتوفرة في الطبيعة سواء أكانت محدودة أو غير محدودة ولكنها متجددة باستمرار، وهي نظيفة لا ينتج عن استخدامها تلوث بيئي نسبيا، ومن أهمها الطاقة الشمسية التي تعتبر الرئيسية في تكوين مصادر الطاقة، وكذلك طاقة الرياح وطاقة المد والجزر والأمواج (معهد-الأبحاث-التطبيقية-(القدس"أريج")، 2010، صفحة 03)؛

يمكن القول بأنّ جميع التعريفات تشترك في أن الطاقة المتجددة هي مورد طاقوي يتولد ويتجدد تلقائيا في الطبيعة بوتيرة تعادل أو أسرع من وتيرة استهلاك هذا المورد، وهي بذلك عكس الطاقات غير المتجددة، التي لا يمكن الإفادة منها إلا بعد تدخل الإنسان لإخراجها، كما يتضح لنا بأن الطاقة المتجددة هي طاقة نظيفة تؤمّن بيئة سليمة وخالية من كل المواد الملوثة مما ينتج عنه حماية البيئة وتحقيق التنمية المستدامة.

ب- أسباب التوجه نحو التنويع الطاقوي والاستثمار في الطاقة المتجددة:

1- الآثار السلبية للطاقات التقليدية: كانت الطاقات التقليدية سببا للثورة الصناعية وزيادة الاختراعات وتفتح البلدان، وكانت أيضا سببا في اندلاع النزاعات والحروب.

2- **التلوث البيئي:** هو التغير الكمي أو الكيفي الذي يتعرض له النظام البيئي أو أحد مكوناته، فتلحق الضرر بالبيئة وتقلل تجددها (فروحات، 2012، صفحة 149).

3- **تغير المناخ:** يعد تغير المناخ من النتائج المترتبة عن استهلاك الطاقة غير العقلاني وتلوث البيئة، ويظهر من خلال الاحتباس الحراري، الأعاصير والفيضانات، انقراض الفصائل الحيوانية وتشرد العديد من الناس وانتشار الأمراض والأوبئة، ويعني التغير في المناخ "التغير الذي يعزى بصورة مباشرة أو غير مباشرة إلى النشاط البشري الذي يفضي إلى تغير في تكوين الغلاف الجوي العالمي، بالإضافة إلى التقلب الطبيعي للمناخ، على مدى فترات زمنية متماثلة"(مصطفى و آخرون، 2009، صفحة 277).

3- إمكانيات التنويع الطاقوي للاستثمار الأخضر "الطاقات المتجددة" في الجزائر:

تسعى الجزائر من خلال النموذج الطاقوي الذي يرتكز على التنويع الطاقوي المستدام إلى تطوير إمكانيات استخدام الطاقة المتجددة، بوصفه أحد رهانات الفترة القادمة؛

3-1- الطاقة الشمسية: تتوفر الجزائر على إمكانات هائلة من الطاقة الشمسية نظرا لشساعة مساحتها ولموقعها الجغرافي، حيث تعتبر من أغنى الحقول الشمسية في العالم نظرا لكمية الطاقة الواردة إلى المتر المربع منها المقدرة بـ 05 كيلوواط/الساعة/م²على معظم أجزاء التراب الوطني وتصل أحيانا إلى 07 كيلوواط/الساعة/م² (A. Khellaf & R. BOUDRIES , 2003, p. 74)، وهو ما يتيح إشعاعا سنويا يتجاوز 3000 كيلوواط في الساعة للمتر مربع الواحد على مساحة تقدر بـ 2.381.745كلم²، والتي تشكل الصحراء 5/4 من مساحة أراضيها، فالقدرة الشمسية تعتبر الأهم في الجزائر، بل هي الأهم في منطقة حوض البحر المتوسط (وزارة الطاقة والمناجم، 2007، صفحة 13):

- ☑ 169440 تيرواط ساعي/ السنة؛
- ☑ 5000 مرة الاستهلاك الجزائري من الكهرباء؛
- ☑ 60 مرة استهلاك أوروبا الخمسة عشر(15) المقدر بـ3000 تيراواط ساعي/ السنة؛
- ☑ 04 مرات الاستهلاك العالمي للطاقة (وزارة الطاقة والمناجم، مزايا الطاقة الشمسية، 2008، صفحة 133). وفيما يلي قدرات الطاقة الشمسية حسب المناطق في الجزائر:

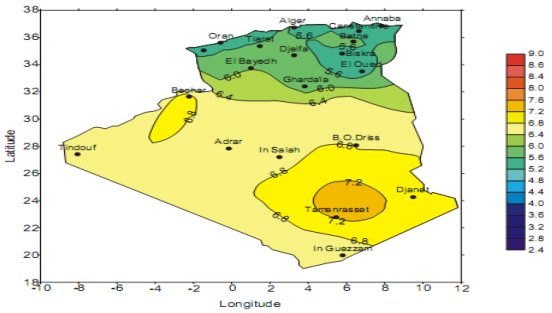
الجدول رقم 01: قدرات الطاقة الشمسية حسب المناطق في الجزائر

المناطق	المناطق الساحلية	الهضاب العليا	الصحراء
المساحة %	4	10	86
معدل مدة إشراقة الشمس (ساعات/السنة)	2650	3000	3500
معدل الطاقة المحصل عليها(الكيلوواط ساعي/م²/السنة)	1700	1900	2650

المصدر: (وزارة الطاقة والمناجم، دليل الطاقات المتجددة، 2007، صفحة 39)

وبالتالي فالجزائر من خلال موقعها الجغرافي تتمتع بكميات كبيرة من السطوع الشمسي، مما يجعلها منجما هاما من الطاقة المستدامة وفق ما يوضحه الشكل رقم **01**:

الشكل رقم 01: المتوسط السنوي لشدة الإشعاع الشمسي في مختلف مناطق الوطن(كيلوواط/سا/م² في اليوم)



Source : **Evaluation du potentiel énergétique solaire: bulletin des énergies renouvelable**, (2002) CDER, N2 : Algérie, P 12 .

يتضح من الشكل أن الجزائر تتمتع بقدر هام من الإشعاع الشمسي يمكن أن يؤهلها لاعتماد الطاقة الشمسية بصورة رئيسية ضمن خططها التنموية، لا سيما الشق المتعلق بفك العزلة عن المناطق النائية، من خلال رفع مؤشرات التنمية البشرية فيها وتوفير الإمداد الطاقوي الآمن والمستدام والأقل تكلفة، والجدول رقم **02** يوضح استعمالات الطاقة الشمسية في الجزائر كما يلي:

الجدول رقم 02: استعمالات الطاقة الشمسية في الجزائر

المجال الحراري	المجال الفوتوفولطي
تسخين الماء الصحي	الكهرباء العمومية والسكنات
تصفية المياه	الإنتاج الفتوفولطي
التركيز والتجفيف الشمسي	الضخ بواسطة الأشعة الفتوفولطية
الإنتاج في مجال التبريد الشمسي	المحطات الكهربائية الفتوفولطية

المصدر: تم إعداده بالاعتماد على: (شريف، استخدام الطاقات المتجددة ودورها في التنمية المحلية المستدامة (دراسة حالة الطاقة الشمسية في الجزائر)، 2007، صفحة 322)

وقد بدأت الجهود الأولى لاستغلال الطاقة الشمسية في الجزائر مع إنشاء أول محافظة للطاقات الجديدة في الثمانينيات، واعتماد مخطط الجنوب سنة 1988 مع تجهيز المدن الكبرى بتجهيزات لتطوير الطاقة الشمسية ورغم الترسانة القانونية المعتمدة ما بين 1999 و2001، فما يزال نصيب الطاقة الشمسية محدودا بالجزائر.

2-3- طاقة الرياح: تتوفر الجزائر على إمكانيات معتبرة من طاقة الرياح حيث تهب على الجزائر رياح تحمل معها الكثير من الهواء البحري الرطب والقاري الصحراوي، بمتوسط سرعة تفوق 7م/ثانية، خصوصا في المناطق الساحلية وهو ما يوفر إمكانية توليد طاقة سنوية تقدر بـ 673 مليون واط ساعي في حالة تركيب توربين هوائي على علو 30 متر في حالة رياح ذات سرعة 5,1 م/ثانية، وهي طاقة تسمح بتزويد 1008 مسكن من الطاقة، وتعدّ أدرار من أهم المناطق ذات هبوب الرياح القوي.

ويتغير المورد الريحي في الجزائر من مكان لآخر نتيجة الطبوغرافية وتنوع المناخ، حيث تنقسم الجزائر إلى منطقتين جغرافيتين، الشمال الذي يحده البحر المتوسط، ويتميز بساحل يمتد على 1200 كلم، وبتضاريس جبلية تمثلها سلسلتي الأطلس التي والصحراوي وبينهما توجد الهضاب العليا والسهول ذات المناخ القاري ومعتدل السرعة في الشمال غير مرتفع جد (مليكة و كتاف، يومي 08/07 أفريل 2008، صفحة 831)، ومنطقة الجنوب التي تتميز بسرعة رياح أكبر خاصة في الجنوب الغربي بسرعة 04 م/ثا وتتجاوز 06 م/ثا في منطقة "أدرار"، وعليه فسرعة الرياح في الجزائر تتراوح ما بين 02 إلى 08 م/ثا وهي طاقة ملائمة لضخ المياه خصوصا في السهول المرتفعة (بوعشير، 2011، صفحة 192)؛

ولقد أتاح وضع خارطة لسرعة الرياح والقدرات الطاقة المولدة من الرياح المتوفرة في الجزائر تحديد 08 مناطق شديدة الرياح، قابلة لاحتضان تجهيزات توليد الطاقة من الرياح،وهي: 02 على الشريط الساحلي، 03 مناطق في الهضاب العليا و03 في الصحراء، وقدرت القدرة التقنية للطاقة المولدة من الرياح لهذه المناطق بـ 172 تيراواط/ساعة سنويا، منها 37 تيراواط/ساعة سنويا قابلة للاستغلال من الزاوية الاقتصادية؛ وهو ما يعادل 75% من الاحتياجات الوطنية لسنة 2007 (مجموعة سونلغاز، مارس 2010، الصفحات 83-84). وبذلك، تقرر تشييد أول مزرعة رياح بالجزائر، بطاقة 10 ميغاواط

بأدرار، ولقد وكلت مؤقتا للمجمع CEGELEC المشترك بين فرنسا والجزائر، إذ اقترح أفضل عرض في المناقصة المفتوحة بخصوص المشروع (L'Actue, février2011, p. 17)؛

3-3- الطاقة الحرارية الجوفية: يشكل كلس الجوراسي في الشمال الجزائري احتياطا هاما لحرارة الأرض الجوفية، ويؤدي إلى وجود أكثر من 200 منبع مياه معدنية حارة تتمركز في الشمال الشرقي والغربي للوطن، وتوجد هذه المنابع في درجات حرارة غالبا ما تزيد عن 40° مئوية، وأكثر منبع حار هو منبع حمام المسخوطين 98° مئوية ويمكن أن تصل إلى 118° ببسكرة، وهو ما يسمح بإنشاء محطات لتوليد الكهرباء (S.OUALI, 2008, p. 16)؛ كما تتوفر الجزائر على طبقة ألبية يتم استغلالها من خلال تنقيب بأكثر من 4 م^3/ ثانية وتصل حرارة مياهها إلى 57° مئوية، ولو جُمعت كل هذه التدفقات، فهذا يمثل على مستوى الاستطاعة، أكثر من 700 ميغاواط.

3-4- الطاقة المائية: تتساقط على التراب الوطني كميات مهمة من الأمطار سنويا قدرت بحوالي 65 مليار م^3، إلا أنه لا يتم استغلال إلا جزء قليلا منها، يقدر بـ 5%، (Hania Amardgia Adnani & Amardjia, 2007, p. 109)، على عكس البلدان الأوروبية التي تستغل هذا المورد في توليد الطاقة الكهرومائية بـ 70%. وتقدر حاليا كمية الأمطار المستغلة بـ 25 مليار م^3، ثلثا هذه الكمية مياه سطحية(103 سد منجز و50 في طور الإنجاز) والباقي جوفية، وتبلغ حصة حظيرة الإنتاج الكهرومائي بالجزائر ما استطاعته 286 ميغاواط، وترجع هذه الاستطاعة الضعيفة إلى العدد غير الكافي لمواقع الإنتاج الكهرومائي وإلى عدم استغلال المواقع الموجودة استغلالا كفء. وأسهمت طاقة المياه في إنتاج 228 ميغاواط من الطاقة الكهرومائية سنة 2009 (Africa, 12-13 January 2012, p. 12)، أما إنتاج الكهرباء بالاعتماد على الطاقة المائية فلا يتجاوز 3%، وهي نسبة ضئيلة مقارنة بالإمكانات المائية التي تتوفر عليها الجزائر. والجدول رقم **03** يوضح محطات توليد الطاقة الكهرومائية في الجزائر:

الجدول رقم 03: محطات توليد الطاقة الكهرومائية في الجزائر

المحطات	الطاقة المركبة (ميغاواط)	المحطات	الطاقة المركبة (ميغاواط)
درقينة	71.5	عريب	7.000
إغيل أمدا	24	قوريات	6.425
منصورية	100	بوحنيفية	5.700
أراقن	16	واد فوضة	15.600
سوق الجمعة	8.085	بني بهدل	3.500
تيزي مدان	4.458	تسالة	4.228
إغزنشبل	2.712	**المجموع**	**286**

المصدر: (وزارة الطاقة والمناجم، دليل الطاقات المتجددة، 2007، صفحة 48)

3-5- طاقة الكتلة الحية: تبقى إمكانات الجزائر قليلة إذا ما قورنت بالأنواع الأخرى، أولا لأن المساحة الغابية لا تمثل سوى 10% من المساحة الإجمالية للوطن، أما المصادر الطاقوية من النفايات الحضرية والزراعية فتقدر بحوالي 5 مليون طن مكافئ نفط، وتقدر الطاقة الإجمالية للمورد الغابي في الجزائر بحوالي 37 ميغا طن مكافئ بترولي. كما أنه وبالنسبة للقدرات الغابية فإن الجزائر تنقسم إلى منطقتين: **منطقة الغابات الاستوائية**، التي تحتل مساحة تقارب 25 مليون هكتار، أكثر بقليل من 10% من المساحة الإجمالية للبلاد. و**المنطقة الصحراوية الجرداء**، والتي تغطي أكثر من 90% من المساحة الإجمالية، حيث يمثل كل من الصنوبر البحري والأوكاليبتوس نباتين هامين في الاستعمال الطاقوي، فحاليا لا يحتل هذان النوعان سوى 05% من الغابة الجزائرية، كما إن تثمين النفايات العضوية وبخاصة الفضلات الحيوانية من أجل إنتاج الغاز الحيوي، يمكن أن يعتبر حلا

اقتصاديا إيكولوجيا سيؤدي إلى تنمية مستدامة في المناطق الريفية (وزارة الطاقة والمناجم، دليل الطاقات المتجددة، 2007، صفحة 47).

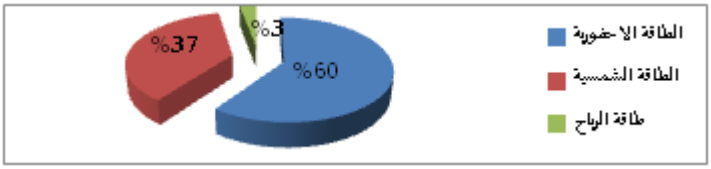
4- البرنامج الوطني للتنويع الطاقوي للاستثمار في الطاقات المتجددة في الجزائر 2011-2030:

يشتمل برنامج الطاقة المتجددة على إنجاز (60) محطة شمسية كهروضوئية وشمسية حرارية وحقول لطاقة الرياح ومحطات مختلطة، ويكون ذلك على ثلاث مراحل:

- ✓ **المرحلة الأولى:** ما بين 2011 و2013، وتخصص لإنجاز المشاريع الريادية (النموذجية) لاختيار مختلف التكنولوجيات المتوفرة؛
- ✓ **المرحلة الثانية:** ما بين 2014 و2015، سوف تتميز بالمباشرة في نشر البرنامج؛
- ✓ **المرحلة الثالثة:** 2016-2020، وسوف تكون خاصة بالنشر على المستوى الواسع.

هذه المراحل تجسد إستراتيجية الجزائر التي تهدف إلى تطوير جدي لصناعة حقيقية للطاقة الشمسية مرفقة ببرنامج تكويني وتجميع للمعارف التي تسمح باستغلال المهارات المحلية وترسيخ النجاعة الفعلية، فالجزائر تعتزم بأن تسلك نهج الطاقات المتجددة قصد إيجاد حلول شاملة ودائمة للتحديات البيئية والمشاكل للحفاظ على الموارد الطاقوية ذات الأصول الأحفورية، كما يحفز هذا الخيار الإمكانيات العامة للطاقة الشمسية، حيث تشكل هذه الأخيرة المحور الأساسي للبرنامج المسخر للطاقة الشمسية الحرارية والكهروضوئية كحصة معتبرة، فإنتاج الطاقة الشمسية سيبلغ سنة 2030 أكثر من 37% من مجمل الإنتاج الوطني للكهرباء. وبالرغم من القدرات الضعيفة، فالبرنامج لا يستثني طاقة الرياح التي تشكل المحور الثاني للتطور والتي يجب أن تقارب حصتها 03% من مجمل الإنتاج الوطني للكهرباء سنة 2030 (وزارة الطاقة والمناجم، برنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية، مارس 2011، الصفحات 4-5) ، كما يوضح في الشكل **02**:

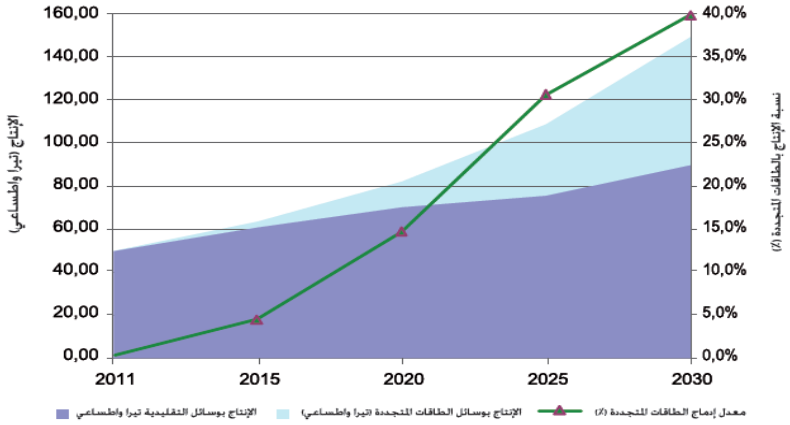
الشكل رقم 02: إنتاج الطاقة المتوقع حسب المصدر لسنة 2030.



المصدر: بالاعتماد على: (وزارة الطاقة والمناجم، برنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية، مارس 2011)

يتضح من الشكل أن البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة، والذي صادقت عليه الحكومة في 2011/02/03 ينص على توليد 40% من الكهرباء مع آفاق 2030 انطلاقا من مصادر غير أحفورية، والنسبة الأكبر ستكون من الطاقة الشمسية، لما توليه الجزائر من اهتمام بهذا المصدر بالنظر إلى القدرة الشمسية التي تتمتع بها. ما سيسمح لها بالتموقع الفعال في هذا المجال وممونا كبيرا للكهرباء الخضراء للسوق الأوروبية، كما تعتزم الجزائر تأسيس بعض الوحدات التجريبية الصغيرة بهدف اختبار مختلف التكنولوجيات في ميادين طاقات مختلفة، ويمكن توضح التوجهات الحالية والمستقبلية لمساهمة الطاقات المتجددة في هيكل الإمداد في الجزائر من خلال الشكل رقم **03**:

الشكل رقم 03: تغلغل الطاقات المتجددة في الإنتاج الوطني (تيراواط ساعي).

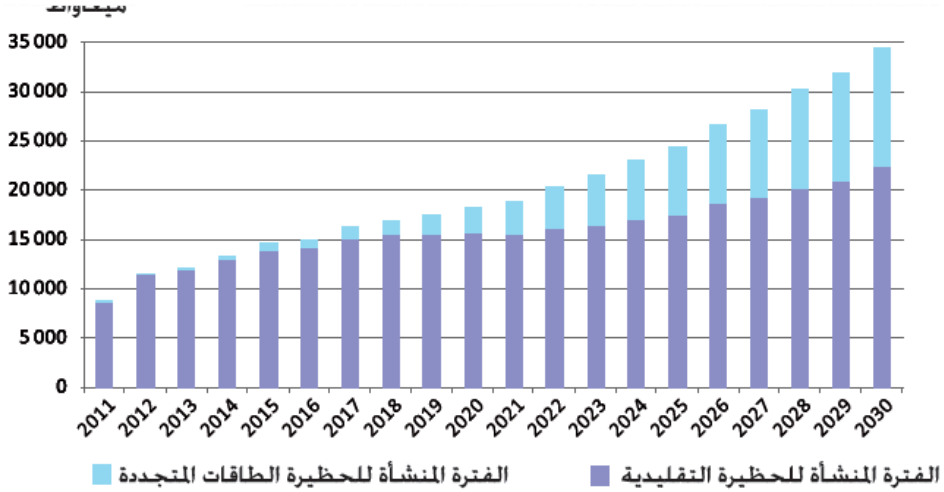


المصدر: (وزارة الطاقة والمناجم، برنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية، مارس 2011، صفحة 09)

يوضح الشكل أن الطاقات التقليدية تمثل النسبة الأهم في هيكل الإمداد ضمن عملية الإنتاج، إلا أن ذلك لا يعني عدم تطور نسبة الاعتماد على الطاقات المتجددة، حيث تتخذ الجزائر إستراتيجية طاقوية تشمل عدة فروع إنتاج، وبرنامج الطاقات المتجددة في الجزائر يعرف بالمراحل التالية:

- ✓ **في سنة 2013**: يتوقع تأسيس قدرة إجمالية تقدر بـ 110 ميغاواط؛
- ✓ **في سنة 2015**: يتم تأسيس قدرة إجمالية تقارب 650 ميغاواط؛
- ✓ **في أفق 2020**: ينتظر تأسيس قدرة إجمالية بحوالي 2.600 ميغاواط واحتمال تصدير ما يقرب 2.000 ميغاواط؛
- ✓ **في أفق 2030**: من المرتقب تأسيس قدرة تقدر بحوالي 12.000 ميغاواط للسوق الوطني ومن المحتمل تصدير ما يقرب 10.000 ميغاواط، وهذا ما يوضحه الشكل رقم **04**:

الشكل رقم 04: هيكلة حظيرة الإنتاج الوطني للطاقات التقليدية والمتجددة (ميغاواط).



المصدر: (وزارة الطاقة والمناجم، برنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية، مارس 2011، صفحة 09)

وبرنامج الطاقات المتجددة قد ركز على تطوير الطاقة الشمسية بنوعيها الضوئية والحرارية وكذا الطاقة الهوائية كما هو موضح في الجدول رقم 04:

الجدول رقم 04: الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في ظل برنامج الطاقات المتجددة في الجزائر

نوع الطاقة	السنوات من 2011-2020		السنوات من 2021-2030	
الشمسية الضوئية	انجاز مشاريع تقدر بـ	MW 800	انجاز مشاريع تقدر بـ	MW 200
الشمسية الحرارية	2015-2011		2023-2021	
	انجاز مشروعين مع التخزين	MW 150 لكل واحد	انجاز مشاريع تقدر بـ	MW 500
	انجاز مشروع محطة مختلطة غازية شمسية	MW 150 منها MW 25		

	بحاسي الرمل	من الطاقة الشمسية		
2020-2016			2030-2024	
انجاز 4 محطات مع التخزين	MW 1.200	انجاز مشاريع تقدر بـ	MW 600	
2013-2011		2030-2016		
طاقة الرياح	تأسيس مزرعة هوائية بأدرار	MW 10	انجاز مشاريع تقدر بـ	1.700 MW
	2015-2014			
	انجاز مزرعتين هوائيتين	20 MW لكل واحدة		

المصدر: بالاعتماد على: (وزارة الطاقة والمناجم، برنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية، مارس 2011)

ووعيا منها بالتحديات الطاقوية والبيئية المرتبطة بتنويع المزيج الطاقوي، وإرادة الاقتصاديات الكبرى للعالم في تقليص اللجوء للطاقات الأحفورية، التزمت الجزائر ببرنامج واعد لتطوير الطاقات المتجددة، تماشيا مع المعطيات الاقتصادية والسياسية وبالموازاة مع إعادة توجيه النمط العالمي للاستهلاك الطاقوي نحو حلول بديلة جديدة تستجيب للاحتياجات العالمية، لذلك يعد البرنامج الجزائري لتطوير الطاقات المتجددة حلا لاستغلال مصادر شمسية وهوائية غير متناهية بهدف المساهمة في التكفل بالطلب الداخلي للكهرباء وتصدير جزء من هذه الطاقة نحو البلدان الأوروبية:

1-4- تخصيص 120 مليار دولار لتطوير الطاقات المتجددة: حيث خصصت استثمارات بقيمة 120 مليار دولار، وذلك من أجل بلوغ هدف 40% من إنتاج الكهرباء في أفق 2030، ومن المرتقب أيضا استغلال الاستثمارات الخاصة والأجنبية لتطبيق هذا البرنامج، وبالمصادقة على البرنامج شرعت الجزائر في مسار انتقالي واعد نحو الطاقات البديلة والنظيفة، وقد تم التعبير عن هذه الإرادة بشكل صريح من قبل رئيس الجمهورية السيد عبد العزيز بوتفليقة الذي أكد على ضرورة الاهتمام بتنويع مصادر التموين الطاقوي للبلاد بتطبيق برنامج وطني للطاقات المتجددة. وبالإضافة إلى الاستجابة للاحتياجات الطاقوية يشكل هذا البرنامج عاملا لتطوير صناعة وطنية للطاقات المتجددة يرتكز على القدرات الجزائرية المتوفرة، مع تثمين الجهود في مجالي البحث والتنمية في مختلف الميادين المرتبطة بهذه الصناعة، كما ستكون السياسة الطاقوية الجديدة مرفوقة بجهود للدولة لدعم تطوير صناعة محلية للمناولة مما سيسمح بإنشاء ما لا يقل عن 100000 منصب شغل (شريف و بعلوج، ماي 2013، الصفحات 411-412)؛

2-4- انجاز 67 مشروعا لتحقيق انتقال الجزائر نحو حقبة الطاقات المتجددة: نظرا لإدراك أهمية تطوير الطاقات المتجددة في الحفاظ على موارد الطاقة الأحفورية غير المتجددة وحماية البيئة، أصبحت الطاقة المتجددة أحد أهم محاور السياسة الطاقوية والبيئة في الجزائر، وفي هذا السياق، كشفت لجنة ضبط الكهرباء والغاز أن البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة في الفترة الممتدة ما بين 2011-2030 سينجز 67 مشروعا في التسع السنوات القادمة بطاقة 2,357 ميغاواط، وهو ما يعد تحديا لانتقال الجزائر نحو حقبة الطاقات النظيفة، وقد تم تقسيم مشاريع إنجاز المحطات بين 20 ولاية بجنوب وشمال البلاد وكذا في الهضاب العليا حيث تم تجميعها في أربع فروع خاصة بالطاقة الشمسية، الحرارية والهوائية والهجينة ما بين غاز الوقود وتوربينة الغاز والطاقة الشمسية، حسبما جاء في آخر عدد من نشرية لجنة ضبط الكهرباء والغاز، وحظي فرع الطاقة الشمسية والصفائح الضوئية بـ 27 مشروعا بطاقة 638 ميغاواط، وسيتم إنجاز أهم هذه المحطات في ولاية الجلفة بطاقة 48 ميغاواط، في حين ستنجز المحطة التي تتوفر على أقل طاقة 5 ميغاواط بآولاف بأدرار (بوعروج، 2012، الصفحات 63-64).

كما سيتم إنجاز نفس العدد من المحطات لتوليد الكهرباء بالطاقة الهجينة بين الشمسية والديزل وتوربينة الغاز، موجهة لمناطق الجنوب التي لم يتم ربطها بشبكة التوزيع الوطنية، حيث تقدر الطاقة الإجمالية التي تم تخصيصها لهذا الفرع بـ 109 ميغاواط، حيث سيتم إنجاز أكبر محطة من نفس الفرع (20 ميغاواط) بولاية أدرار وأصغرها 0,02 ميغاواط بتين آلكوم بولاية إليزي، وتحظى المحطات الست المقرر إنجازها في فرع الطاقة الشمسية الحرارية بطاقة 1,350 ميغاواط، حددت طاقة أهم محطة منها بـ 400 ميغاواط وأصغرها بـ 150 ميغاواط (ولاية بشار) أما فرع الطاقة الهوائية فخصص له طاقة بـ 260 ميغاواط، حظيت أهم محطة فيها بـ 50 ميغاواط وأصغرها بـ 20 ميغاواط، حيث لم يتم بعد تحديد المواقع التي ستحتضن هذه المحطات،

لكن يبدو أنها ستنجز في ولاية أدرار، كما سيتم إنجاز هذه المشاريع على 03 مراحل من الآن إلى غاية 2020، ستنجز المشاريع النموذجية الأولى منها في الفترة بين 2011-2013 للقيام بتجارب حول مختلف التكنولوجيات المتوفرة، أما المرحلة الثانية بين 2014-2015 فستتميز ببداية نشر البرنامج في حين يتكفل البرنامج الثالث بتوسيع شامل للبرنامج والموازاة مع المشاريع المدرجة في البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة (ق.إ/واج، 3 سبتمبر 2011، صفحة 09)،

5- الخاتمة:

تعتبر سياسة التنويع الطاقوي في الجزائر من بين الركاز الأساسية لسياسات التنويع الاقتصادي، إذ تعمد سياسات التنويع الاقتصادي على تقليل الاعتماد على قطاع واحد، وتوسيع فرص الاستثمار، وتقوية أوجه الترابط في الاقتصاد، وتقليل الاعتماد على عدد محدود من الأسواق الدولية والشركاء التجاريين الدوليين؛

النتائج: وقد توصلنا من خلال هذه الدراسة إلى جملة من النتائج هي:

☒ يوفر التنويع الاقتصادي حماية ضد ظاهرة المرض الهولندي، والذي يحدث عند زيادة الصادراتها النفطية، التي تؤدي إلى ارتفاع قيمة العملة المحلية قياساً بالعملة الأجنبية، فيؤثر سلباً على ارتفاع أسعار السلع المحلية، وانخفاض قدرتها على المنافسة في الأسواق العالمية، فترتفع الواردات وتنخفض الصادرات من المنتجات غير النفطية؛

☒ يؤدّي التنويع الاقتصادي إلى تطوير القطاعات الاقتصادية كالزراعة والصناعة والسياحة، ما يكون له الأثر في استيعاب القوى العاملة وتقليل البطالة في الاقتصاد، كون القطاع النفطي ليس من القطاعات القادرة على استيعاب الأيدي العاملة؛

☒ يقلل التنويع الاقتصادي من خطر الانكشاف الاقتصادي الذي يخلقه الاعتماد على سلعة تصديرية واحدة بدلا من الاعتماد على قاعدة تصديرية متنوعة التي من شأنها أن تحقق استقرار أكبر في العائدات، وبالتالي على النمو الاقتصادي والتنمية؛

☒ يخلق التنويع الاقتصادي قطاعاً تجارياً خارجياً أكثر توازناً، إذ نجد أن غالبية الدول النفطية تستورد كل شيء عدا النفط، الأمر الذي يعرضها إلى أخطار منها إلغاء الواردات الضرورية في حال حصول خلافات سياسية مع الدول المصدرة لهذه المواد؛

☒ تَقُومُ الطاقات المتجددة بدور هام في ترجمة سياسة التنويع الطاقوي، حيث تسهم مشاريعها التنموية في تحقيق المكاسب الاقتصادية، وتحسين الأوضاع الاجتماعية والحفاظ على الموروث البيئي للأجيال القادمة؛

☒ تَتَجه مختلف مؤشرات الاستدامة نحو حتمية التحول الطاقوي نحو الطاقات المتجددة، حيث أن تبني هذا الخيار يساهم في تخفيض معدلات استنزاف الموارد الطاقوية الناضبة، من خلال المساهمة في هيكل الطلب على الطاقة، وبالتالي الاستفادة من وفورات المورد ورأس المال، إضافة إلى خلق فرص حقيقة لاكتساح أسواق تطبيقات الطاقة، والمساهمة في تحسين مستوى المعيشة بالاعتماد على خلق فرص عمل؛

☒ تعمل الجزائر جاهدة على تطوير إمكانيات استخدام الطاقة المتجددة، بوصفها أحد الرهانات للفترة القادمة، كون العالم يشهد تحولا في الصيغة الطاقوية نحو الطاقة الآمنة بيئيًا، مع مساهمة الاستثمار في الطاقة المتجددة في الرفع من معدلات التوظيف؛

☒ تُعتبر الطاقات المتجددة من أهم المصادر الطاقوية المستقبلية، التي يمكن أن تزيد من المركز الجيو إستراتيجي للجزائر في المنطقة، خاصة فيما يتعلق بالطاقة الشمسية التي هي بمثابة فرصة ومحرك للتطور الاقتصادي والاجتماعي.

6- قائمة المراجع:

أباظة, ح., نجيب, ص., & زيتون, ش. (2011). الاقتصاد الأخضر في عالم عربي متغيّر. المنتدى العربي للبيئة والتنمية.

التوني, ن. (2002). مسيرة التنوع الاقتصادي في الوطن العربي. مجلة التنمية والسياسات الاقتصادية, 04(02).

الجبوري, ح. ع. (2016). التنويع الاقتصادي وأهميته للدول النفطية. مركز الفرات للتنمية والدراسات الإستراتيجية.
الخطيب, م. ع. (16، 17 فيفري 2014). التنويع والنمو في الاقتصاد السعودي. المؤتمر الأول لكليات إدارة الأعمال بجامعات دول مجلس التعاون لدول الخليج. الرياض (السعودية): قسم الاقتصاد، كلية إدارة الأعمال - جامعة الملك سعود.
الخياط, م. م., & الشيتي, إ. م. (فبراير 2010). استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تنمية مشروعات الطاقة المتجددة: دراسة حالة مصر. المؤتمر العلمي السابع عشر لنظم المعلومات وتكنولوجيا الحاسبات. القاهرة (مصر).
الكواري, ع. خ. (2009). الطفرة النفطية الثالثة وانعكاسات الأزمة المالية العالمية - حالة أقطار مجلس التعاون لدول الخليج العربية. بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية.
اللجنة-الاقتصادية-والاجتماعية-لغربي-آسيا. (2001). التنويع الاقتصادي في البلدان المنتجة للنفط" حالة اقتصاديات بلدان مجلس التعاون لدول الخليج العربية (مجلس التعاون الحليجي). نيويورك: الأمم المتحدة.
الليثي, ع. م. (2002). التبادل الدولي دراسة في منهجية وآليات التبادل الاقتصادي الدولي المعاصر. القاهرة: دار النهضة العربية.
المنيف, م. (2009). صناديق الثروة السيادية ودورها في إدارة الإيرادات النفطية. بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية.
باهي, م., & رواينية, ك. (ديسمبر 2016). التنويع الاقتصادي كخيار استراتيجي لتحقيق التنمية المستدامة في البلدان النفطية: حالة البلدان العربية المصدرة . للنفط. المجلة الجزائرية للتنمية الاقتصادية(05).
بللعما, أ. (2020). التنويع الاقتصادي وإرساء الاستدامة الاقتصادية في الدول العربية. مجلة شعاع للدراسات الاقتصادية, 04(02).
بن علال, ب., بركات, م., & غزال, م. (2021). واقع التنويع الاقتصادي وأثره على النمو الاقتصادي في دول المغرب العربي: دراسة تجريبية. مجلة ريادة الأعمال, 07(02).
بوعروج, م. ر. (2012). الطاقة الكهربائية في الجزائر (Vol. العدد 18). الاتحاد العربي للكهرباء: مجلة كهرباء العرب.
توفيق, م. خ. (2011). التطور واقتصاديات الموارد دراسة خاصة بتطور الفكر والوقائع الاقتصادية واقتصاديات موارد عناصر الإنتاج. القاهرة: دار الفكر الجامعي.
رمضان, م. (2012). تقلبات أسعار النفط ولعنة الموارد والحاجة إلى الميزانية الصفرية. مركز سنيار كابيتال.
روبرت, إ. ل. (2011). شحن مستقبلنا بالطاقة: مدخل إلى الطاقة المستدامة. (ف. حردان, Trad.) بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية.
روبيرس, ج. (2005). فهم لعنة الموارد. مطبوعات الجامعة الأوروبية المركزية.
رودمان, د. م. (1999). الثروة الطبيعية للأمم تطويع السوق لاحتياجات البيئة. القاهرة: الجمعية المصرية لنشر المعرفة والثقافة العالمية.
شريف, ع. (07 و08 أفريل 2008). اقتصاديات الطاقة المتجددة والآثار الاقتصادية لمجالات استخدامها. المؤتمر الدول العلمي حول التنمية المستدامة والكفاءة الاستخدامية للموارد المتاحة. الجزائر: جامعة سطيف.
شريف, ع. (2007). استخدام الطاقات المتجددة ودورها في التنمية المحلية المستدامة (دراسة حالة الطاقة الشمسية في الجزائر). أطروحة دكتوراه غير منشورة. الجزائر: كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة الحاج لخضر- باتنة.
صباغ, ر. (2020). التنويع الاقتصادي: إستراتيجية الجزائر لما بعد البترول. مجلة أوراق اقتصادية, 04(01).
ضيف, أ., & عزوز, أ. (2018). واقع التنويع الاقتصادي في الجزائر وآلية تفعيله لتحقيق تنمية اقتصادية مستديمة. مجلة شمال إفريقيا, 14(19).
عبيد, ه. (2000). الإنسان والبيئة: منظومات الطاقة والبيئة والسكان. عمان: دار الشروق.
علقمة مليكة، و شافية كتاف. (يومي 08/07 أفريل 2008). الإستراتيجية البديلة لاستغلال الثروة البترولية في إطار قواعد التنمية المستدامة. حول التنمية المستدامة والكفاءة الاستخدامية للموارد المتاحة (صفحة 831). الجزائر: جامعة فرحات عباس، سطيف.
عمر شريف، و بولعيد بعلوج. (ماي 2013). الذكاء الاقتصادي وإستراتيجية الطاقة الشمسية في الجزائر (المجلد العدد (31/30)). الجزائر: مجلة العلوم الإنسانية جامعة محمد خيضر بسكرة:.
فروحات, ح. (2012). الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر. مجلة الباحث(11).

ق.إ/واج. (3 سبتمبر 2011). "لجنة ضبط الكهرباء والغاز تكشف تفاصيلها – إنجاز 67 مشروعا في الطاقات المتجددة قبل 2020". جريدة الخبر الجزائر، 09.

مجموعة سونلغاز. (مارس 2010). مجلة نور"NOOR (المجلد العددين 9 و10). الجزائر: مجموعة سونلغاز.

محمود, م. م. (ب.س). آليات تفعيل تطبيقات استخدام الطاقة الشمسية في ايجاد تنمية حضرية مستدامة. مصر: كلية التخطيط الإقليمي والعمراني (جامعة القاهرة).

مرزوك, ع. ل. (2013). التنويع الاقتصادي في بلدان الخليج العربي مقارنة للقواعد والدلائل. مجلة الاقتصاد الخليجي(04).

مرزوك, ع. ل., & حمزة, ع. م. (2014). التنويع الاقتصادي. مفهومه وأبعاده في بلدان الخليج وممكنات تحقيقه في العراق. مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية, 08(31)

مريم بوعشير. (2011). دور وأهمية الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة. مذكرة ماجستير غير منشورة، 192. الجزائر: كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة منتوري- قسنطينة.

مصطفى, ا. ا., & آخرون. (2009). اقتصاديات الموارد والبيئة. مصر: قسم الاقتصاد، كلية التجارة، جامعة الاسكندرية.

معهد-الأبحاث-التطبيقية-(القدس"أريج"). (2010). مشروع الإنارة باستخدام الطاقة الشمسية. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي UNDP - مرفق البيئة العالمي/مشروع المنح الصغيرة- مؤسسة هينرش بل الألمانية- الوكالة السويسرية للتنمية والتعاون.

مقلد, ر. م., & آخرون. (2000). اقتصاديات الموارد والبيئة. مصر: الدار الجامعية.

منظمة-الدول-العربي-المصدرة-للبترول. (2007). التقرير السنوي الثالث والثلاثون. OAPEC.

نزار, ذ. ع., & خالد, ر. ع. (2014). متطلبات التنويع الاقتصادي في العراق في ظل فلسفة إدارة الاقتصاد الحر. مجلة جامعة الأنبار للعلوم الاقتصادية والإدارية, 06(02).

وزارة الطاقة والمناجم. (2007). دليل الطاقات المتجددة. الجزائر: وزارة الطاقة والمناجم.

وزارة الطاقة والمناجم. (2008). مزايا الطاقة الشمسية (المجلد العدد 08). الجزائر: مجلة الطاقة والمناجم

وزارة الطاقة والمناجم. (مارس 2011). برنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية. الجزائر: وزارة الطاقة والمناجم.

وكالة-الطاقة. (مارس 2009). الترجمة العربية لدليل إحصاءات الطاقة الدولية. منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية

A. Khellaf, & R. BOUDRIES , K. (2003). Estimation de la production de l'hydrogène solaire au sud algérien. Alger: revue des énergies renouvelables, le centre de développement des énergies renouvelables.

Acket, C., & Vaillant, J. (2011). les énergies renouvelables. Paris: édition technip.

Africa, U. N. (12-13 January 2012). The Renewable Energy Sector in North Africa : Current Situation and Prospects, Expert Meeting. Office for North Africa: General Secretariat: Arab Maghreb Unio.

Al-Masah-Capital-Management-Limited. (2013). Managing oil wealth. Récupéré sur Dubai International Financial Centre: www.almasahcapital.com

BATURE, B. N. (Sep-Oct 2013). The Dutch Disease and the Diversification of an Economy: Some Case Studies. IOSR Journal of Humanities And Social Science, 15(05.(

Corden, W. M. (1986). Booming sector and Dutch Disease Economics: Survey and consolation. Oxford economic papers(36.(

DANI, R. (2004). Institutions and economic performance-getting institutions right. CESifo DICE Report, 02(02.(

FASANO. (October, 2003). Ugo. Diversification in oil-dependent economies: The experience of the GCC countries . UNFCCC Workshop. Tehran.

Hania Amardgia Adnani, & Amardjia, N. (2007). énergie solaire et Hydrogène :développement durable. Algérie, office des publications universitaire1 Alger.

L'Actue, n. (février2011). le magazine de l'économie et du partenariat international (éd. N°124.(

Maré, J. H. (2011). Economic diversification in Africa: A review of selected countries. OECD.

Ottmar, E., Madruga, R. P., Sokona, Y., & Others. (2012). Renewable Energy Sources And Climate Change Mitigation: Special Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change. Cambridge University Press(01.(

S.OUALl. (2008). les sources thermales en Algérie ,bulletin des énergies renouvelables (Vol. N13). Algérie: CDER

الإجراءات التنظيمية والتشريعية لتعزيز التحول الطاقوي في الجزائر.

Organizational and legislative measures to promote energy transition in Algeria.

وفاء بوقفة[1] ، عبير لخشين[2]،

[1] جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة (الجزائر)، w.bougoffa@univ-skikda.dz

[2] لجامعة عبد الحفيظ بوصوف ميلة (الجزائر)، abir.lakhchine@gmail.com

ملخص: تهدف هذه الورقة لتوضيح واقع التحول الطاقوي وتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر من خلال تسليط الضوء على أهم الإجراءات التنظيمية والتشريعية وكذلك الإطار القانوني الموضوع بإحكام من أجل هذه العملية التي لها أبعاد إستراتيجية خاصة في ظل الاقتصاد الجزائري المبني على المحروقات. إذ أظهرت الدراسة أن الجزائر قد استحدثت عدة قوانين وتشريعات حول تعزيز التحول الطاقوي بدأ بقانون 99-04 لترشيد الطاقة وصولا للبرنامج الوطني للطاقات المتجددة (2011-2030)، كما تم خلق عدة هيئات تسهر على تنفيذ هذا الهدف الاستراتيجي الذي يحتاج لإطار قانوني فعال لتجسيده وطنيا وانخراط كبير في التعاون الدولي. فالتحول من الطاقات الأحفورية إلى الطاقات النظيفة مشروع دولة يحتاج إلى تسخير جهود كبيرة وفي عدة مجالات، إذ خلصت الدراسة إلى:

- تعتبر الجزائر دولة رائدة في مجال الطاقة، إذ يعتمد اقتصادها على الصادرات النفطية؛
- تسعى الجزائر لتحفيز التحول الطاقوي من خلال التحفيزات الجبائية والامتيازات الضريبية الممنوحة؛
- التحول الطاقوي خطوة إستراتيجية تستدعي إطار قانوني ممنهج وبرامج وطنية واضحة؛
- يعتبر التحول نحو الطاقات النظيفة قفزة نوعية في الاقتصاد الجزائري تحتاج لتخطيط معمق وتعاون الخارجي.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الأحفورية، الطاقات النظيفة، التحول الطاقوي، الإطار القانوني، الجزائر.

تصنيف JEL: Q42، K13

Abstract : This paper aims to clarify the reality of energy transition and sustainable development in Algeria by highlighting the most important regulatory and legislative measures, as well as the legal framework put in place for this process, which has particular strategic dimensions in the context of Algeria's hydrocarbon-based economy. The study shows that Algeria has introduced several laws and regulations to promote energy transition, starting with Law 99-04 on energy rationalization and culminating in the National Renewable Energy Program (2011-2030). Several bodies have also been created to oversee the implementation of this strategic objective, which requires an effective legal framework for its national implementation and significant involvement in international cooperation. The transition from fossil fuels to clean energy is a national project that requires considerable effort in several areas. The study concluded that:

-Algeria is a leading country in the field of energy, as its economy depends on oil exports.

- Algeria seeks to stimulate the energy transition through tax incentives and concessions.

- The energy transition is a strategic step that requires a systematic legal framework and clear national programs.

-The transition to clean energy is a quantum leap for the Algerian economy that requires in-depth planning and external cooperation.

Keywords: Fossil fuels, clean energy, energy transition, legal framework, Algeria.

JEL Classification Cods : Q42 ،K13

المؤلف المرسل: وفاء بوقفة، **الإيميل**: w.bougoffa@univ-skikda.dz

مقدمة:

يشهد العالم في العقود الأخيرة تحولًا جذريًا في سياساته الطاقوية، مدفوعًا بتحديات التغير المناخي، وضغوطات الأمن الطاقوي، وتذبذب أسعار المحروقات في الأسواق الدولية. وفي هذا السياق، أصبح التحول الطاقوي (Transition énergétique) أحد المحاور الاستراتيجية الكبرى في السياسات الاقتصادية والتنموية للدول، لاسيما تلك التي تعتمد على المحروقات كمصدر رئيسي للدخل، مثل الجزائر.

الجزائر، باعتبارها دولة ريعية تعتمد بنسبة تفوق 95% من صادراتها على النفط والغاز، تواجه اليوم تحديًا مزدوجًا يتمثل في ضرورة تنويع مصادر الطاقة من جهة، وإعادة صياغة الإطار التشريعي والتنظيمي بما يتماشى مع التحولات العالمية نحو الطاقات المتجددة من جهة أخرى. وقد بادرت السلطات العمومية بإطلاق عدة برامج ومراسيم لتنظيم قطاع الطاقة المتجددة، وتحديث المنظومة القانونية لتشجيع الاستثمار في الطاقات النظيفة كالطاقة الشمسية والريحية، وتبني آليات الحوكمة الطاقوية المستدامة.

غير أن نجاح التحول الطاقوي لا يرتكز فقط على توفر الموارد أو الإرادة السياسية، بل يتطلب كذلك إصلاحًا عميقًا للبنية التشريعية والتنظيمية التي تؤطر النشاط الطاقوي، من خلال سنّ قوانين تحفيزية، وتبسيط الإجراءات الإدارية، ووضع آليات متابعة ورقابة فعالة لضمان التطبيق الميداني لهذه التشريعات.

إشكالية الدراسة:

رغم الجهود المبذولة في السنوات الأخيرة لتحديث المنظومة القانونية لقطاع الطاقة في الجزائر، إلا أن وتيرة التحول الطاقوي ما تزال بطيئة مقارنة بالأهداف المعلنة. ومن هنا تبرز الإشكالية الرئيسية التالية:

فيما تتمثل **الإجراءات التنظيمية والتشريعية التي اتخذتها الجزائر لتحقيق التحول الطاقوي نحو الطاقات النظيفة؟**

الأسئلة الفرعية:

ما المقصود بالتحول الطاقوي في الجزائر؟

لماذا يشكل التحول الطاقوي اشكالية كبيرة في الجزائر؟

ما هي أهم القوانين والمراسيم التنظيمية التي تبنتها الجزائر لدعم التحول الطاقوي؟

هل تبذل الجزائر مجهودات كبيرة لتحقيق التحول الطاقوي؟

أهمية الدراسة:

تكتسي هذه الدراسة أهمية خاصة لكونها تتناول موضوعًا استراتيجيًا وحيويًا يرتبط مباشرة **بأمن الجزائر الطاقوي والاقتصادي**، في ظل التحولات العالمية نحو الاقتصاد الأخضر. كما تسهم في **تقييم السياسات العمومية** من زاوية قانونية وتنظيمية، وتبرز مدى جاهزية المنظومة التشريعية لمواكبة أهداف التنمية المستدامة 2030.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة لوضع إطار مفاهيمي واضح للتحول الطاقوي مع التسطير على الطاقات النظيفة كحتمية يفرضها الاقتصاد العالمي، والجزائر كفاعل أساسي فبي مجال الطاقة ستكون مجهوداتها مضاعفة لثقل البنى التحتية المستثمرة في مجال الطاقة، لذلك فعملية التحول الطاقوي تستدعي انغماس العديد من الأطراف ومؤسسات الدولة بالإضافة للإطار التشريعي المحكم.

1. مدخل الى التحول الطاقوي

قبل التطرق للإطار القانوني والتنظيمي للتحول الطاقوي في الجزائر، لابد من الخوض في الجانب المفاهيمي للطاقات التقليدية والطاقات النظيفة وكذلك مفهوم التحول الطاقوي حسب ما جاء به المشرع الجزائري.

1.1. تعريف التحول الطاقوي:

لا يختلف اثنان أن المفهوم العام للتحول الطاقوي هو التحول التدريجي من استخدام الطاقات الناضبة إلى طاقات تصنعها الطبيعة بصفة مستمرة ومتجددة تتميز بالوفرة والديمومة، وقد نشأ مفهوم التحول الطاقوي من الحركة المناهضة للطاقة النووية في ألمانيا، وتمت بلورته رسميًا سنة 1980 في نص صادر عن معهدÖko-Institut ، وكان عنوانه المترجم إلى العربية هو: التحول الطاقوي(Energy Transition). لقد شجعت التحديات البيئية المتمثلة في الاحتباس الحراري والنضوب المتوقع لموارد الطاقة الأحفورية على التفكير بشكل أعمق في مسألة التحول الطاقوي، الذي يقوم أساسًا على استغلال طاقات أنظف وأكثر استدامة. ويمكن تعريف التحول الطاقوي بأنه عملية أو تحول يتم دون توضيح دقيق لمحتواه. (Salem & Atmania, 2018, p. 152)

يشير التحول الطاقوي «transition énergétique» إلى عملية تغير نظام الطاقة في بلد أو منطقة من الاعتماد الأساسي على مصادر طاقة تقليدية (خصوصاً الوقود الأحفوري: نفط، غاز، فحم) نحو نظام طاقوي أكثر استدامة، مبني على تنويع مصادر الطاقة (خصوصاً المصادر المتجددة: شمسية، ريحية، مائية...)، مع تعزيز كفاءة استخدام الطاقة، وخفض الانبعاثات، وإعادة هيكلة نظم الإنتاج والاستهلاك والطاقة، بما يتماشى مع متطلبات التنمية المستدامة. مثلاً، في إحدى الدراسات ورد أن :التحول الطاقوي يتكوّن من استغلال طاقات أنظف وأكثر استدامة. كما تم وصفه على أنه تغيير ضروري لنموذج الطّاقة في الجزائر نحو نموذج مستدام.

وبحسب المجلس العالمي للطاقة، فإن التحول الطاقوي يجب أن يقوم على ثلاثة أبعاد أساسية مترابطة، تتمثل في: أمن الطاقة، وضمان العدالة في توفيرها للجميع بأسعار مقبولة، مع الحفاظ على البيئة باعتبارها أحد الركائز الأساسية للتنمية المستدامة، وخاصة في الدول النامية. (شباط ، 2024، صفحة 247)

من خلال ما سبق يمكن تعريف التحول الطاقوي على أنه التغيير الهيكلي في نظام الطاقة الوطني من نموذج قائم أساساً على الوقود الأحفوري إلى نموذج مستدام يرتكز على تنويع المصادر الطاقوية (وخاصة الطاقة المتجددة)، وتحسين كفاءة الاستخدام، وإعادة تنظيم الإنتاج والاستهلاك الطاقوي، مع إرساء الأطر التنظيمية والتشريعية والمؤسساتية الداعمة، وذلك بهدف تحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة، وتقليل الاعتماد على المصادر غير المتجددة، وضمان أمن الطاقة.

2.1. تعريف الطاقات المتجددة:

هي تلك المصادر الطبيعية للطاقة التي تتجدد باستمرار ولا تنضب مع مرور الزمن، مثل الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة المائية، والطاقة الحرارية الجوفية، وطاقة الكتلة الحيوية. وهي تُعد بديلاً نظيفاً ومستداماً لمصادر الطاقة التقليدية التي تعتمد على الوقود الأحفوري (ملال، 2022، صفحة 433) .

كما تُعرف الطاقة المتجددة بأنها الطاقة الناتجة من الموارد الطبيعية التي تتجدد باستمرار بفضل الظواهر الطبيعية مثل ضوء الشمس، والرياح، وحركة المياه، والنمو الحيوي للنباتات. وهي تسهم في حماية البيئة من خلال تقليل الانبعاثات الملوثة والمحافظة على التوازن البيئي (UNCCD, 2004)

وعرفها المشرع الجزائري بالمادة 3 من القانون 04 - 09 بأنها" أشكال الطاقات الكهربائية أو الحرارية أو الحركية أو الغازية المحصل عليها انطلاقًا من تحويل الإشعاعات الشمسية وقوة الرياح والحرارة الجوفية والنفايات العضوية والطاقة المائية وتقنيات استعمال الكتلة الحيوية."

من خلال ماسبق، يمكن القول أن الطاقات المتجددة هي مصادر طبيعية دائمة وغير قابلة للنفاد، تتجدد باستمرار بفضل الظواهر الطبيعية مثل أشعة الشمس، والرياح، والمياه، والكتلة الحيوية، وحرارة باطن الأرض .تُعد هذه الطاقات بديلًا نظيفًا ومستدامًا لمصادر الطاقة التقليدية المعتمدة على الوقود الأحفوري، وتسهم في حماية البيئة وتقليل الانبعاثات الملوثة وتحقيق التنمية المستدامة دون استنزاف الموارد الطبيعية.

3.1. أنواع الطاقات المتجددة:

الطاقات المتجددة هي مصادر طبيعية نظيفة ومتنوعة تُمثل بديلاً أساسياً لمصادر الطاقة التقليدية، وتُسهم في تحقيق التنمية المستدامة من خلال الحد من التلوث وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري. ومن أبرز أنواعها: (ملال، 2022، الصفحات 434-436)

- **الطاقة الشمسية :(Solar Energy)** يتم الحصول عليها من أشعة الشمس، وتُستخدم في توليد الكهرباء عبر الألواح الشمسية وتسخين المياه، كما تُعتبر من أكثر مصادر الطاقة استدامة وانتشارًا في العالم.
- **طاقة الرياح :(Wind Energy)** تُستغل من حركة الهواء عبر توربينات الرياح لتوليد الكهرباء، وهي من أكثر الطاقات النظيفة فعالية واقتصادًا، وتُسهم في تقليل الانبعاثات الكربونية.
- **الطاقة المائية :(Water Energy)** تُنتج من حركة المياه في الأنهار والسدود والشلالات، وتُستخدم لتوليد الطاقة الكهرومائية، وهي من أقدم وأهم مصادر الطاقة المتجددة.
- **طاقة الكتلة الحيوية :(Biomass Energy)** تُستخرج من المواد العضوية مثل المخلفات الزراعية والغذائية والأخشاب، وتُستخدم في إنتاج الوقود الحيوي والطاقة الحرارية والكهرباء.
- **الطاقة الجوفحرارية :(Geothermal Energy)** تُستمد من حرارة باطن الأرض، وتُستخدم في توليد الكهرباء والتدفئة، وهي طاقة دائمة لا تتأثر بالعوامل المناخية.
- **الطاقة البحرية :(Ocean Energy)** تعتمد على حركة الأمواج والمد والجزر وحرارة مياه البحر لتوليد الكهرباء، وتمثل مجالًا واعدًا ضمن الابتكارات الحديثة في الطاقات المتجددة.

4.1. إستراتيجيات التحول الطاقوي:

إن تجسيد مخططات التحول الطاقوي يمر عبر انتهاج عدد من الخطوات والاستراتيجيات هي: (شباط ، 2024، صفحة 248)

1.4.1. الإستهلاك الأمثل للطاقة : ويتحقق ذلك من خلال :

العمل على تخفيض وتقليص مستويات استهلاك الطاقة الخاصة بالتدفئة بانتهاج تقنيات عزل المباني وتطوير أنظمة التدفئة.

تطوير وسائل النقل باختيار المركبات المطابقة لمتطلبات الاستدامة واعتماد تقنيات جديدة تسمح بتشغيل المركبات والاليات بواسطة مصادر الطاقة البديلة للمساهمة في التقليل من استهلاك مصادر الطاقة الاحفورية

تحقيق وفرات في الكهرباء المستخدمة في مختلف العمليات الصناعية، المعدات الكهربائية ، المنازل....الخ.

2.4.1. اعتبار التحول الطاقوي المحرك الأساسي لعملية التنمية: وذلك من خلال تشجيع كبريات الشركات والمؤسسات المنتجة للموارد الطاقوية على التوجه للإستثمار والاستغلال الأمثل لمصادر الطاقة المتجددة كبديل للموارد الطاقوية التقليديو، بما يضمن في نفس الوقت خلق مناصب شغل جديدة.

التخطيط لعملية التحول الطاقوي: تتم هذه العميلة بادماج جميع المتعاملين في مجال الطاقة/ وفق خطط وبرامج معدة مسبقا هدفها توفير الاحتياجات الطاقوية للاجيال الحالية والاحقة دون التاثير على سلامة البيئة.

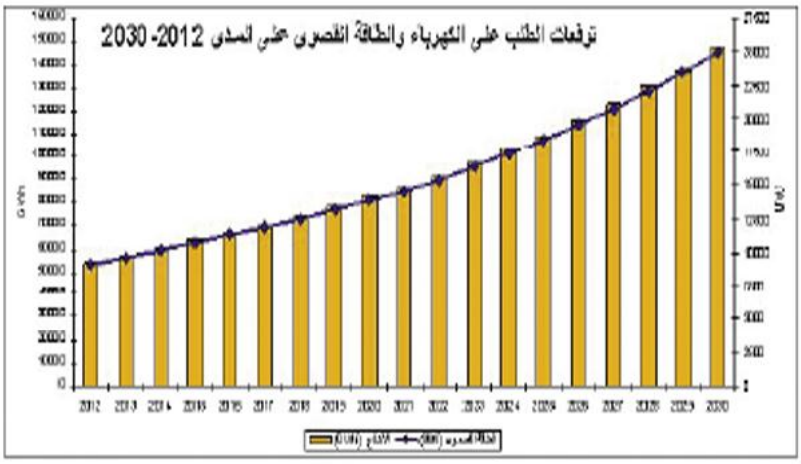
5.1. دوافع التحول الطاقوي في الجزائر

إن دوافع التحول الطاقوي في الجزائر لا تنبع فقط من الضغوط الدولية المتعلقة بالالتزامات المناخية، بل تتجاوز ذلك لتشمل اعتبارات داخلية تمس الأمن الطاقوي، واستدامة الموارد، وتنويع الاقتصاد الوطني. كما تبرز الرغبة في استغلال الإمكانات الكبيرة التي تمتلكها البلاد في مجال الطاقات المتجددة، خاصة الطاقة الشمسية، كأحد المحركات الرئيسة لهذا التحول. ويمكن تقديم أهم دوافع التحول الطاقوي في الجزائر في التالي: (عيشاوي، 2016، الصفحات 14- 16)

1.5.1. إمتلاك كميات هائلة من الطاقات المتجددة: كشفت دراسة عالمية أن الجزائر تُعد من بين أفضل ثلاث مناطق في العالم من حيث وفرة الطاقة الشمسية، إلى جانب ولايتي أريزونا الأمريكية وإيران، مما يجعلها موقعًا مثاليًا لتطوير مشاريع الطاقة الشمسية. كما أظهرت وكالة الفضاء الألمانية أن الصحراء الجزائرية تُعتبر من أكبر خزانات الطاقة الشمسية في العالم، إذ يصل متوسط الإشعاع الشمسي السنوي إلى نحو 3900 ساعة. وتتميز الجزائر كذلك بموارد طاقة رياح قوية، خاصة في المناطق الجنوبية والجنوبية الشرقية والغربية.

2.5.1. تزايد الطلب المستقبلي على الكهرباء: تشهد الجزائر زيادة سكانية مستمرة أدت إلى ارتفاع الطلب على الطاقة، في حين أن قدرات الإنتاج الحالية لا تكفي لتلبية هذا الطلب المتزايد. وتشير التوقعات إلى أن استهلاك الكهرباء قد يبلغ حوالي 25000 ميغاواط بحلول عام 2030، مقارنة بـ150 تيراواط/ساعة حاليًا. ولهذا السبب، توجهت الجزائر منذ عام 2016 إلى الاستثمار في محطات الطاقة المتجددة لمواجهة هذا التزايد في الطلب وضمان الأمن الطاقوي مستقبلاً. والشكل التالي يوضح تزايد الطلب على الكهرباء مستقبل.

الشكل (01): تطور الطلب على الكهرباء في الجزائر خلال الفترة : 2012 -2030



المصدر: (عيشاوي، 2016، صفحة 15)

يوضح الشكل رقم (01)، المتعلق بتوقعات الطلب على الكهرباء والطاقة القصوى في الجزائر خلال الفترة 2012–2030، المنحى التصاعدي المستمر لاستهلاك الطاقة الكهربائية، والذي يعكس بوضوح الارتباط الوثيق بين النمو الاقتصادي والتوسع السكاني من جهة، وزيادة الطلب على الطاقة من جهة أخرى. هذا التطور الكمي يعبر عن ضغط متزايد على الموارد الطاقوية التقليدية، خاصة في ظل محدودية القدرات الإنتاجية الحالية. كما يُظهر الشكل أن الحفاظ على التوازن بين العرض والطلب سيصبح تحدياً رئيسياً خلال السنوات المقبلة، مما يجعل التحول نحو الطاقات المتجددة خياراً استراتيجياً لا مفر منه. وعليه، يمكن اعتبار هذه المؤشرات من أهم الدوافع الاقتصادية والبيئية التي تبرر تسريع وتيرة التحول الطاقوي في الجزائر لضمان الأمن الطاقوي وتحقيق التنمية المستدامة.

3.5.1. **الحد من التلوث:** تشهد الجزائر ارتفاعًا في مستويات التلوث البيئي وغازات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن المصانع وظاهرة الاحتباس الحراري، مما يجعل من الضروري الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة كحل للمشكلات البيئية. وباعتبارها دولة منتجة للنفط والغاز، فإن استغلال الطاقة المتجددة سيسمح بتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتوجيهه نحو التصدير

4.5.1. زيادة مداخيل الخزينة: الطاقة الكهربائية المنتجة من المصادر المتجددة يمكن أن تغطي احتياجات الجزائر وتوفر فائضًا للتصدير، إذ تمتلك البلاد إمكانات شمسية هائلة قادرة على تلبية احتياجات أوروبا من الكهرباء 60 مرة والعالم بأربع مرات. وتحتل الجزائر المرتبة الرابعة عالميًا في إمكانات الطاقة الشمسية متفوقة على دول كالسعودية ومصر والإمارات.

5.5.1. تنويع الاقتصاد وخلق فرص العمل: تمتلك الجزائر إمكانيات هائلة في إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية، حيث يمكنها تغطية احتياجات أوروبا من الكهرباء ستين مرة واحتياجات العالم أربع مرات، محتلة المرتبة الرابعة عالميًا في إمكانات الطاقة الشمسية. هذا القطاع يمكن أن يسهم في تنويع الاقتصاد وخلق فرص عمل جديدة، خاصة بعد تراجع عائدات النفط، إذ من المتوقع أن يوفر الاستثمار في الطاقات المتجددة نحو 45 ألف وظيفة ويساهم في تحسين مستوى المعيشة.

يمكن القول أن التحول الطاقوي في الجزائر يشكل استجابة ضرورية لجملة من الدوافع البيئية والاقتصادية والاستراتيجية. فبيئيًا، يهدف إلى الحد من التلوث وتقليص انبعاثات الكربون الناتجة عن استخدام الوقود الأحفوري، بما ينسجم مع التزامات الجزائر المناخية. واقتصاديًا، يسعى إلى تنويع مصادر الدخل وتقليل التبعية لعائدات النفط من خلال الاستثمار في الطاقات المتجددة وخلق فرص عمل جديدة. أما من الناحية الطاقوية، فهو وسيلة لضمان الأمن الطاقوي وتلبية الطلب المتزايد على الكهرباء. وتوفر الجزائر بفضل موقعها الجغرافي ومناخها المشمس والرياح القوية إمكانات هائلة تجعلها مؤهلة لتكون قطبًا إقليميًا في إنتاج وتصدير الطاقة النظيفة.

2. الاجراءات التنظيمية والتشريعية لتعزيز التحول الطاقوي: تعد عملية التحول الطاقوى عملية ثقيلة على عاتق الحكومات والحكومة الجزائرية على وجه الخصوص، نظرا لطبيعة اقتصادها المتعلق بالمحروقات (ريعي) فهذه العملية جوهرية في اقتصادها ككل نظرا لمدى ضخامة البنى التحتية المستثمرة في الطاقات التقليدية. لذلك فالجزائر تحتاج لاندماج كلي للسلطات ومؤسسات الدولة في هذا التحول، وكذلك توفر تنظيمات وخطط واضحة المعالم لتحول طاقوي تدريجي بخطى أمنة وبدون خسائر.

1.2. الإطار التنظيمي المؤسساتي للتحول الطاقوي في الجزائر: يعد قطاع الطاقة وكما سبق ذكره قطاع حيوي في الاقتصاد الجزائري، فالصادرات الجزائرية من البترول والغاز تتجاوز 95% من إجمالي الصادرات، ولذلك عملية التحول من الطاقات الأحفورية إلى الطاقات النظيفة يحتاج انخراط كبير من طرف الوزارة المعنية بالتعاون مع باقي الوزارات، ونظرا لاهتمامها بموضوع الطاقات المتجددة، تم استحداث وزارة جديدة للطاقات والطاقات المتجددة تعمل بالموازات مع وزارة المحروقات والمناجم.

1.1.2. وزارة المحروقات والمناجم: وزارة الطاقة والمناجم هي المسؤولة عن قطاع الطاقة والتعدين(طبقاً للقرار رقم 266 - 07لسنة 2010) وتوجد إدارتان تابعتان للوزارة هما : إدارة الكهرباء والغاز، إدارة الطاقة المتجددة وكفاءة استخدام الطاقة. (تقرير اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، 2019)

- **المراكز التابعة لوزارة الطاقة والمناجم**

أ - الوكالة الوطنية لترقية وترشيد الطاقة (APRUE): هي هيئة عمومية ذات طبيعة صناعية وتجارية، أنشأت سنة 1987، تعمل تحت إشراف وزارة الطاقة والمناجم، تتمثل مهمتها الرئيسية في تنفيذ السياسة الوطنية للحفاظ على الطاقة من خلال تعزيز كفاءة استخدامها، ونشر الوعي والمعلومات في مجال إدارة الطاقة، وتنفيذ البرنامج الوطني للتحكم في الطاقة (PNME) ومختلف البرامج التي تمت المصادقة عليها مع مختلف القطاعات(الصناعة، البناء، النقل.... .الخ)

ب -مركز البحث والتطوير في الكهرباء والغاز (CREDEG) : تتمثل sonelgaz هي شركة فرعية لمجمع سونلغاز مهامها الأساسية في البحث التطبيقي، التطوير التكنولوجي، معاينة التجهيزات الصناعية وتحليل ومراقبة الأجهزة والمواد التي هي في طور الاستغلال والتصنيع في ميدان المهن القاعدية لمجمع سونلغاز، من بين صلاحياتها كذلك تطوير وترويج استخدام الطاقات المتجددة، الموافقة واعتماد التجهيزات واللوائح الكهربائية الغازية.

ج -الشركة الجزائرية للطاقات الجديدة نيو اينارجيالجيريا (NEAL): أنشأت سنة 2002 عن طريق الشراكة بين سوناطراك وسونلغاز وشركة سيم SIM المتخصصة في صناعة المواد الغذائية وفقا للنسب 45% ، 45 % و % 10على التوالي، و تكمن مهامها في ترقية وتطوير الطاقات المتجددة وإنجاز المشاريع المرتبطة بالطاقات الجديدة والمتجددة والتي تكون لديها فائدة مشتركة بالنسبة للشركاء داخل الجزائر وخارجها، تعزيز وحدات الطاقة الشمسية ابتداء من الأسواق المتخصصة في الجنوب، تعميم التدفئة الحرارية الشمسية استنادا إلى الصناعة المحلية .(جامعة الدول العربية، 2011)

د -المعهد الجزائري للطاقات المتجددة :أنشأ هذا المعهد في سنة 2011 ، وهو مؤسسة عمومية ذات طابع صناعي وتجاري ، مقره بحاسي رمل ، يعمل تحت وصاية الوزير المكلف بالطاقة وتتمثل مهامه في: (معمري، 2024)

- تطوير البحث التطبيقي وتثمين نتائج الأبحاث في مجال الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية؛
- إنجاز المنشآت النموذجية في مجال الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية؛
- إبرام اتفاقيات التعاون في مجال الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية على المستويين الوطني والدولي؛
- يتكفل أيضا المعهد بتكوين التقنيين والمهندسين التابعين للهيئات والمؤسسات العمومية والخاصة في مجال الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية .

2.1.2. استحداث وزارة الطاقة والطاقات المتجددة : استحدثت الحكومة الجزائرية سنة 2020 وزارة خاصة بالانتقال الطاقوي و النجاعة الطاقوية تحت مسمى" **وزارة الانتقال الطاقوي و الطاقات المتجددة** "بموجب المرسوم التنفيذي رقم 20-322 المحدد لصاحيات وزير الانتقال و الطاقات المتجددة والذي سينهي مشكلة تحديد الصاحيات بالنسبة لتسيير ملف الانتقال الطاقوي و الطاقات المتجددة. ، و هي التي من شأنها إعطاء دفعا لتجسيد برنامج الطاقات المتجددة المسطر من طرف الحكومة. (إقلولي و إقلولي، 2022، الصفحة 1402)

يعد قرار إنشاء وزارة الانتقال الطاقوي و الطاقات المتجددة مهمم جدا لعملية تسريع تجسيد الانتقال الطاقوي و هو ما سيمنح دفعا أكثر ديناميكية لتنفيذ برنامج الطاقات المتجددة، خاصة بعدما أ صبح الاعتماد عل المحروقات غير مضمون ويتنافى مع متطلبات الاستدامة، وبناء على ذلك، سيكون على الوزير الجديد العمل على توطين التكنولوجيا، بتشجيع الشركات المحلية على دخول مجال تصنيع المعدات المرتبطة بالطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وتنمية القدرات الوطنية عبر التدريب والبحث العلمي، لضمان استدامة المشروعات. (https://attaqa.net/2025/09/14/) وتعمل هذه الوزارة على خمس محاور أساسية: (برنامج تطوير الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية، 2016)

- برنامج تنمية الطاقات المتجددة؛
- برنامج تنمية الفعالية الطاقوية واقتصاد الطاقة؛
- القدرات الصناعية الواجب تنميتها لمراقبة الإنتاج؛
- البحث والتطوير؛
- الإطار القانوني والتنظيمي والإجراءات المحفزة.

3.1.2 وزارة التعليم العالي والبحث العلمي: تعد وزارة التعليم العالي والبحث العلمي من أهم الشركاء الفاعلين في مسار التحول الطاقوي من خلال الجامعات ومراكز البحث التابعة لها، ويظهر ذلك جليا من خلال مشاريع البحث الوطنية PNR، إذ يعد مجال الطاقة واحد من المجالات البحثية المقترحة، ويهدف برنامج البحث في مجال" الأمن الطاقوي "إلى تطوير وترقية الطاقات المتجدد في إطار الأمن الطاقوي للبلد الذي يُعتبر أحد الأهداف الرئيسية للإستراتيجية الوطنية للحكومة التي تهدف إلى رفع حصة الطاقات المتجدد إلى حوالي 27 ٪ من الإنتاج الوطني للكهرباء في آفاق سنة 2030. ولتحقيق هذا الهدف، اعتمدت الحكومة في سنة 2011 برنامجًا طموحًا لتطوير الطاقات المتجدد والنجاعة الطاقوية. ويتمحور هذا البرنامج الذي تمت مراجعته في سنة2015 حول ما يلي: الإطار التشريعي والتنظيمي الذي يُحفّز على إنتاج وتسويق الطاقات المتجدد ، إدراج القدرات الوطنية المعتبر ، تشجيع نشاط اقتصادي حقيقي موجّه نحو الطاقات المتجدد.

وخلال شهر مارس 2020 صادقت الحكومة على برنامج تطوير الطاقات المتجدد بطاقة 16000 ميغاواط في آفاق سنة 2035، ومنتها 15000 ميغاواط يتمّ ربطها بشبكة الكهرباء الوطنية وتستغل1000 ميغاواط المتبقية خارج الشبكة(الاستهلاك الذاتي). (www.pnr.dgrsdt.dz, 2025)

وفي مجال المحروقات، يشكل إنتاج مصادر الطاقة وحفظها وتوزيعها واستعمالها الرشيد وتنويعها واستكشاف التربة وباطن الأرض والبحار والغلاف الجوي وتقييم مواردها، الأهداف الرئيسية التي ينتبغي اتباعها لتطوير المحروقات التقليدية وغير التقليدية والذي يندرج ضمن رؤية الحكومة الجزائرية القائمة على استراتيجية تطوير المحروقات التقليدية وغير التقليدية.

وتهدف هذه الاستراتيجية إلى تكثيف جهود الاستكشاف من أجل اكتشاف حقول جديد للبترول والغاز. كما تهدف إلى: (البرنامج الوطني للبحث في الأمن الطاقوي PNR، 2025)

- زياد إنتاج البترول من خلال الاسترجاع المساعد للمحروقات؛
- تثمين المحروقات من خلال عمليات المعالجة(التكرير)والتحويل(البتروكيمياء)؛
- تحليل الآثار البيئية المرتبطة بتطوير صناعة المحروقات؛
- معالجة وتثمين النفايات؛
- دراسة المشكلات ذات الصلة باستغلال ونقل المحروقات؛
- تطوير مواد مبتكر فيما يخص التنقيب والنقل والتركيب.

بالإضافة للبرامج البحثية فإن الجامعات تلعب دور كبير كقاطرة للاقتصاد الوطني والتنمية المستدامة من خلال خلق عدة تخصصات علمية ذات صلة بالتحول الطاقوي كالبيتروكيمياء، والطاقات المتجددة. ومن أهم إسهامات وزارة التعليم العالي والبحث العلمي كمؤسسة فاعلة في التحول الطاقوي هو خلق العدة معاهد ومراكز بحث تخدم المجال، مثل:

- المعهد الجزائري للبترول؛
- المدرسة الوطنية العليا للطاقات المتجددة والبيئة والتنمية المستدامة HNS RE2SD؛
- المعهد الجزائري للتكوين في الهندسة النووية؛
- المعهد الوطني المتخصص في التكوين المهني في الطاقات المتجددة؛
- مركز تنمية الطاقات المتجددة CDER.

- **مراكز البحث التابعة لوزارة التعليم العالي والبحث العلمي:**

أعطت الجزائر أولوية للبحث في مجال الطاقات المتجددة لتجعلها حافزا حقيقيا لتوفير الرعاية العلمية والتكنولوجية والصناعية، هذا ما فرض تأطيرا نوعيا للموارد البشرية وتشجيع التعاون بين كل الجامعات ومراكز البحث ومختلف المتعاملين في مجال الطاقات المتجددة ومن بين هذه الهيئات يمكن ذكر:

أ - مركز تطوير الطاقات المتجددة (CDER): الذيأنشأ في مارس 1988 وهو مركز مكلف بوضع وتنفيذ برامج البحث وكذا التطور العلمي والتكنولوجي لأنظمة الطاقة من خلال استخدام الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، طاقة الحرارة الجوفية والطاقة الحيوية للبيئة ، وتتلخص مهام المركز في: (شنبي و عريوة، 2017)

- جمع ومعالجة المعطيات، من أجل تقييم دقيق للطاقات المتجددة؛
- صياغة أعمال البحث الضرورية لتطوير إنتاج الطاقات المتجددة واستعمالها؛
- صياغة معايير صناعة التجهيزات في ميدان الطاقات المتجددة واستعمالها.

وللمركز ثلاث وحدات بحثية: (معمري، 2024)

- **وحدة تطوير المعدات الشمسية (UDES):** تم إنشاؤها في جانفي 1988 بتيبازة من مهامها القيام بكل الدراسة الفنية والاقتصادية والهندسية لإنشاء محطات تجريبية وضمان نقل ونشر هذه التكنولوجيات الحديثة، إنشاء تقنيات توصيف لاختبار ومراقبة الجودة والامتثال لضمان التأهل، الموافقة والتصديق على المعدات المطورة.
- **وحدة البحث التطبيقي في الطاقات المتجددة (URAER):** تم تدشينها في 1999 بغرداية بغرض إدارة وتطوير تقنيات البحث مع الجامعات والمراكز البحثية، وكذا إمكانية تقديم تدريبات ذات جودة عالية داخل الوحدة في مجال الطاقات المتجددة. (بلفضل، 2019)

- **وحدة البحث في الطاقات المتجددة في الوسط الصحراوي (URERMS):** تم إنشائها في 2004 على مستوى ولاية أدرار، من مهامها جمع واستخدام ومعالجة جميع البيانات اللازمة لإجراء تقييم دقيق للحقول الشمسية، طاقة الرياح والكتل الحيوية في المناطق الصحراوية.

ب - وحدة بحوث المعدات والطاقات المتجددة (URMER): التي أنشأت في سنة 2004 بجامعة تلمسان، وتعمل على خلق شراكة مع مختلف المراكز والمخابر ووحدات البحوث الوطنية والأجنبية، فضلا عن الشركاء الاجتماعيين والاقتصاديين المحليين لتعزيز البحث والتطور في مجال الطاقات المتجددة.

ج - وحدة تطوير تكنولوجيا السيلسيوم (UDTS): أنشأت في سنة 1988 ، تتمثل مهامها في تطوير تكنولوجيا السيلسيوم وإجراء أعمال البحث العلمي والإبداع التكنولوجي، تكوين لما بعد التدرج في مجال العلوم وتكنولوجيات المواد والأجهزة نصف موصلة للتطبيقات في ميادين عدة(الكهروضوئية، البصريات الإلكترونية، تخزين الطاقة)

4.1.2. صلاحيات وزير البيئة في ميدان الطاقات المتجددة: يكلف وزير البيئة في ميدان الطاقات المتجددة من أجل ضمان مهامهبمقتضى المادة 04 من المرسوم 17-364 ومن خلال نشاطات مديرية تطوير الطاقات المتجددة وتنميتها، ما عدا توليد الطاقة الكهربائية بما يلي: (معمري،2024)

- يتصور الاستراتيجيات ومخططات العمل المتعلقة بتطوير وترقية الطاقات المتجددة و ينفذها بالاتصال مع القطاعات المعنية؛
- يقترح بالتنسيق مع القطاعات المعنية التدابير التحفيزية المرتبطة بالطاقات المتجددة؛
- يعد ويقترح مخطط العمل من أجل تنفيذ البرنامج الوطني لتنمية الطاقات المتجددة بالتنسيق مع القطاعات المعنية؛
- يساهم وزير البيئة في تطوير وتثمين الهياكل القاعدية والقدرات المتعلقة بالطاقات المتجددة والتحكم فيها، كما يقترح البرامج والأعمال المرتبطة بترقيتها؛
- يساهم وزير البيئة في كل الدراسات وأعمال التحليل والتوقع والاستشراف في ميدان الطاقات المتجددة؛
- يساهم في كل تدابير تطوير قدرات إدماج الطاقات المتجددة في الصناعة الوطنية؛
- كما يساهم في إعداد نموذج الاستهلاك الطاقوي بالتنسيق مع القطاعات المعنية؛
- يشارك في تنفيذ أعمال التحكم في الطاقة في إطار مكافحة التغييرات المناخية.

2.2. الإطار القانوني والتشريعي لتعزيز التحول الطاقوي في الجزائر: عند التحدث عن التحول الطاقوي، يجب التطرق إلى القوانين والتشريعات والمراسيم التنفيذية التي أسست لذلك، فمنذ الثمانينات والجزائر تسعى لترقية قطاع الطاقة ولضروريات داخلية وخارجية أصبح التحول الطاقوي حتمية. يمكن التطرق للإطار القانوني بتدرجه التاريخي.

عملت الجزائر كغيرها من باقي الدول على تطوير وتنمية استغلال الطاقات المتجددة عوض الطاقات التقليدية التي أصبحت سلبياتها أكثر من إيجابياتها وكذا من أجل المحافظة عليها للأجيال القادمة تحقيقا للتنمية المستدامة مع خلق طاقة بديلة متجددة صديقة للبيئة تصبح كرهان وتحدي لتدعيم الاقتصاد الوطني خارج المحروقات بحكم أن الجزائر تملك خزانا كبيرا من مصادر الطاقات المتجددة في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط، ومن أجل ذلك قامت الجزائر بوضع منظومة قانونية تتكون من مجموعة من القوانين لتأطير ومراقبة التطور الحاصل في هذا المجال نذكر أهمها فيما يلي: (معمري، 2024، الصفحة 2166)

- القانون رقم 98-11 المؤرخ في 22 أوت 1998 المتضمن القانون التوجيهي والبرنامج الخماسي حول البحث العلمي والتطور التكنولوجي (1198-2002)، ويهدف إلى ترقية البحث العلمي والتطوير التكنولوجي والتنمية الاقتصادية والاجتماعية للبلاد، إلى جانب ذلك تنمية الموارد الطبيعية، البيئية والتنوع الإيكولوجي. أما بالنسبة للطاقات المتجددة، فأكدت أحكامه على

ضرورة إنتاج الطاقة وتخزينها وتوزيعها وعقلنة استغلالها وتنويع مصادرها، حيث تم من خلاله تحديد برنامج البيئة والطاقات الجديدة القابلة للتجدد المرتبطة بالفترة 1998-2002.

- **القانون رقم 99-09 المؤرخ في 28 جويلية 1999 والمتعلق بالتحكم في الطاقة**، يهدف هذا القانون إلى تحديد شروط السياسة الوطنية للتحكم في الطاقة ووسائل تأطيرها ووضعها حيز التنفيذ، ويشمل هذا التحكم مجمل الإجراءات والنشاطات التطبيقية قصد ترشيد استخدام الطاقات المتجددة والحد من تأثير النظام الطاقوي على البيئة وهذا بتقليص انبعاث الغازات الدفيئة وغازات السيارات في المدن، والسعي لتطوير وترقية الطاقات المتجددة القابلة للاستغلال. وقد تطرق هذا القانون في مادته الرابعة إلى الطاقات المتجددة، والذي عرّف تطورها بأنه إدخال وترقية شعب وتحويل الطاقات المتجددة القابلة للاستغلال لاسيما الطاقة الشمسية والجوفية والحيوية وكذا الكهرومائية وطاقة الرياح. ومن خلال هذه المادة نجد بأن المشرع لم يعرف هذه الطاقات بحد ذاتها فقط بل ذكر أن تطويرها يكون بترقيتها واستغلالها

- **القانون 01-20 المؤرخ في 12 ديسمبر 2001 والمتعلق بتهيئة الإقليم وتنميته المستدامة :** حدد هذا القانون التوجهات والأدوات المتعلقة بتهيئة الإقليم، كما حدد مجموعة من المخططات التوجيهية الخاصة بالبنى التحتية الكبرى والخدمات الجماعية ذات المنفعة الوطنية، وجاء من بينها المخطط التوجيهي المتعلق بالطاقة، الذي يحدد الاستغلال العقلاني لموارد الطاقة وتطوير الطاقات المتجددة، ويساعد في مكافحة التلوث البيئي وآثار الاحتباس الحراري الناجمة عن استغلال الطاقة الأحفورية، كما ربط بين الطاقة والاقتصاد وحدد الشروط التي ينبغي للدولة والجماعات الإقليمية الالتزام بها من أجل تسيير أعمال التحكم في الطاقة وكذا إنتاج طاقات متجددة واستعمالها. - **القانون 02-01 المؤرخ في 05 فيفري 2002 والمتعلق بالكهرباء والتوزيع العمومي للغاز الطبيعي بواسطة القنوات**، يتمحور القانون على وجه التحديد حول تحديد مختلف القواعد التي تحكم النشاطات المتعلقة بإنتاج الكهرباء، نقلها، توزيعها، تسويقها وكذا نقل الغاز، توزيعه وتسويقه، فضلا عن ذلك كرست أحكام هذا النص القانوني الإجراءات المرتبطة بترقية إنتاج الكهرباء انطلاقا من الطاقات المتجددة. (شخاب و علوان، 2023)

- **القانون 04-09 المؤرخ في 14 أوت 2004 المتعلق بترقية الطاقات المتجدة** في إطار التنمية المستدامة، نص هذا القانون على ترقية الطاقات المتجددة من خلال إعداد برنامج وطني لترقية الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة، كما نص على تشكيل آليات من أجل ترقية هذه الطاقات من خلال إثبات أصل الطاقات المتجددة ونظام تحفيز استغلالها، وتنشأ في هذا الشأن هيئة وطنية تتولى ترقية هذه الطاقات وتطوير استعمالها وتدعى " المرصد الوطني لترقية الطاقات المتجددة."

كما أن البرنامج الوطني لترقية الطاقات المتجددة الذي نص عليه هذا القانون يتمثل في مجموعة من النشاطات التي تعمل على ترقية الطاقات المتجددة، ويندرج هذا البرنامج ضمن مخططات مستقلة خاصة بتهيئة الإقليم والتنمية المستدامة ويشمل على: (معمري، 2024)

- آليات تحديد التكاليف الطاقوية المرجعية؛

- تحديد التكلفة البيئية للطاقات ومراعاة مختلف التأثيرات على البيئية وتحسين الإطار المعيشي المترتب على استعمال الطاقات المتجددة؛

- تثمين المنتوجات المرتبطة بالطاقات المتجددة وتأثيرها على الاستهلاك الوطني وعلى تصدير الطاقة .

- **قوانين المالية:** من جهته لعب قانون المالية دورا كبيرا في تحفيز التحول الطاقوي نحو الطاقات النظيفة، إذ أن معظم قوانين المالية التي تناولت قطاع الطاقات المتجددة كانت على شكل إنشاء حسابات تخصيص خاص بموجبه يتم تحديد إيرادات من مصادر مالية مختلفة (ضرائب وإيتاوات، العوائد البترولية، إعانات الدولة ومساهمات الجماعات المحلية وغيرها) لتغطية نفقات معينة في قطاع الطاقات المتجددة (تمويل المشاريع الاستثمارية، تمويل عملية التحكم في الطاقات المتجددة، دعم المستثمرين...)، ويمكن الإشارة لأهم قوانين المالية التي تعنى بالتحول الطاقوي: (شخاب و علوان، 2023)

- قانون المالية التكميلي لسنة 2009، المتضمن إنشاء الصندوق الوطني للطاقات المتجددة، والذي يمول بنسبة 0.5% من الجباية البترولية.

- قانون المالية التكميلي لسنة 2011 الصادر في 28 جويلية، والمتضمن رفع الإيتاوة البترولية الموجهة لتمويل الصندوق الوطني للطاقات المتجددة والتوليد المشترك للطاقة من 0.5% إلى 01%.

- القانون رقم 22-18 المؤرخ في 24 جويلية 2022 والمتعلق بالاستثمار، إذ يعد القانون الجديد للاستثمار في الجزائر، إذ تم بموجبه إلغاء أحكام القانون 16-09 المتعلق بتطوير الاستثمار، تضمن هو الأخر الاجراءات التنظيمية المطبقة على الاستثمارات المحلية والأجنبية، إلى جانب ذلك الانظمة التحفيزية للاستثمارات التي مست قطاع الطاقات المتجددة والطاقات الجديدة. (22-18، 2022، صفحة 08) إذ تضمن هذا القانون عدة مستجدات التي مست كل من الإطار التنظيمي، القانوني، المؤسساتي وكذا الأنظمة التحفيزية للإستثمار، حيث يعد النظام التحفيزي للقطاعات ذات الأولوية أو ما يسمى بنظام القطاعات ألية لدفع وتحفيز الاستثمار في بعض القطاعات دون غيرها، ومن بين هذه القطاعات نجد قطاع الطاقات الجديدة والمتجددة. (شخاب و علوان، 2023)

- المراسيم التنفيذية: (قويسم)

- المرسوم التنفيذي رقم 04-92 المؤرخ في 25 مارس 2004، والمتعلق بتكاليف توزيع الغاز والكهرباء، واستخدام المواد الأكثر محافظة على البيئة، مع عقلنة استخدام الموارد الطبيعية للحفاظ على الجانب الإيكولوجي.
- المرسوم التنفيذي رقم 11-252 المؤرخ في 11 فيفري 2011، والمتعلق بدعم الاستثمار في الكهرباء وتوزيع العمومي للغاز.
- المرسوم التنفيذي رقم 13-424 المؤرخ في 18 ديسمبر 2013، والمتعلق بالتدقيق الطاقوي للمؤسسات ذات الاستهلاك الطاقوي الكبير.
- المرسوم التنفيذي رقم 16-121 المؤرخ في 06 أفريل 2016، والمتضمن تحديد كيفيات التحكم في الطاقات المتجددة.
- المرسوم التنفيذي رقم 17-364 المؤرخ في 25 ديسمبر 2017، والذي يحدد صلاحيات وزير البيئة والطاقات المتجددة.
- المرسوم التنفيذي 25-84 الصادر في 25 فيفري 2025 والمتضمن تحديد اختصاصات وزارة الطاقة والمناجم والطاقات المتجددة، إذ يحدد اختصاصات الوزارة وتنظيمها الداخلي، ويظهر تحديثا مؤسسيا لتعزيز إدارة قطاع الطاقة وإدماج الطاقات المتجددة في هيكل الوزارة.

3.2. البرامج الداعمة للتحول الطاقوي في الجزائر

في إطار سعي الجزائر إلى تحقيق التحول الطاقوي، تم تبنّي مجموعة من البرامج والسياسات الرامية إلى تعزيز الفعالية الطاقوية وتطوير الطاقات المتجددة، مع التركيز على تقليص الاستهلاك الطاقوي وترقية الإنتاج المستدام. ويمكن تصنيف هذه البرامج ضمن المحاور التالية: (دراج و بركان ، 2024، صفحة 185)

1.3.2. البرنامج الوطني للفعالية الطاقوية: يُعد هذا البرنامج من الركائز الأساسية في مسار التحول الطاقوي، إذ يهدف إلى تحسين كفاءة استخدام الطاقة عبر إنتاج نفس المنافع باستهلاك كميات أقل منها، وذلك من خلال مجموعة من الإجراءات العملية، أبرزها:

- اعتماد العزل الحراري للمباني بغرض تقليص استهلاك الطاقة في التدفئة والتكييف؛
- استبدال سخانات المياه التقليدية بأخرى تعمل بالطاقة الشمسية؛
- توظيف تقنيات تكييف الهواء بالطاقة الشمسية خاصة في المناطق الصحراوية؛
- تشجيع الشراكة مع المؤسسات الأجنبية في مجال تصنيع المصابيح منخفضة الاستهلاك؛
- استبدال المصابيح الزئبقية بمصابيح الصوديوم في إنارة الطرق العمومية لتقليل استهلاك الطاقة؛
- ترقية الفعالية الطاقوية في القطاع الصناعي عبر اعتماد تكنولوجيات قائمة على الطاقات البديلة.

- تغيير نمط استهلاك الوقود في المركبات من خلال التوجه نحو استعمال الغاز والبروبان بدل الوقود التقليدي (البنزين والمازوت).

أ. تطوير القدرات الصناعية المرافقة للتحول الطاقوي: تعمل الجزائر على تطوير قدراتها الصناعية بما يضمن نجاح برامج الطاقات المتجددة وزيادة نسبة الاندماج المحلي، وقد شملت الجهود المبذولة في هذا الإطار ما يلي:

- **في مجال الطاقة الشمسية**: تم تنفيذ مشاريع كهروضوئية بالشراكة مع مراكز البحث الوطنية، مما مكّن من تحقيق نسبة إدماج بلغت حوالي 80%. كما تم بناء مصنع لإنتاج السيليسيوم ودعم مشاريع تصنيع المكونات الخاصة بصناعة الطاقة الشمسية، إضافة إلى توسيع القدرة الإنتاجية للخلايا الكهروضوئية لتصل إلى نحو 200 ميغاواط سنويًا؛
- **في مجال الطاقة الشمسية الحرارية:** تم إنجاز عدة مشاريع بنسبة إدماج بلغت 50% من القدرات الوطنية، إلى جانب إنشاء مصانع لصناعة المرايا والأجهزة الحرارية وتجهيزات تخزين الطاقة، فضلاً عن تطوير نشاطات التصميم والهندسة والإنتاج والتزويد في هذا المجال.

ب. تطوير القدرات الصناعية في مجال طاقة الرياح

تسعى الجزائر إلى إنشاء صناعة وطنية متكاملة في مجال طاقة الرياح، بهدف بلوغ قدرة إنتاجية محلية تصل إلى 50% في المرحلة الأولى، ترتفع لاحقًا إلى 80%. ويشمل هذا التوجه تدريب الكفاءات الوطنية، وإنشاء قواعد للتركيب، وتطوير صناعة مكونات أبراج الرياح وأجنحتها، بما يدعم الإنتقال الطاقوي ويعزز السير المستدام.

2.3.2. البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي آفاق 2030 :

تم تبني أول برنامج وطني مخصص لتطوير وتعزيز الطاقات المتجددة في الجزائر في 03 فيفري 2011، والذي أرادت من خلاله تحقيق ما نسبته 40% من قدرة إنتاج الكهرباء من مصادر متجددة بحمول عام 2030 ؛ أي توفير قدرة إنتاج كهرباء تقدر ب 22000ميغاوات من مصادر متجددة، منها 10000ميجاوات مخصصة للتصدير ،وذلك من خلال جملة من المشاريع التي تهدف إلى تطوير قطاع الطاقات المتجددة بأنواعها(الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، الطاقة المائية، طاقة الكتلة الحيوية)، مرفقة ببرامج تكوينية لتعزيز المعارف التي تسمح باستغلال الطاقات البشرية المحلية، بالإضافة تهيئة أرضية تنظيمية لتحديد الضمانات والمساعدات المالية والحوافز الضريبية الموجهة للمؤسسات سواء العمومية أو الخاصة، لتشجيع الاستثمار في مجال التكنولوجيات المتجددة. (بن سعيدي و بوقابة، 2024، الصفحات 1063-1066)والجدول الموالي يبين خطة التحول الطاقوي بالأرقام:

جدول (01): خطة الانتقال الطاقوي المعدل سنة(2015 ميغاواط)

الطاقة المتجددة	المرحلة الأولى 2020-2015	المرحلة الثانية 2030-2021	المجموع
الكهروضوئية	3000	10575	13575
رياح	1010	4000	5010
CSP	-	2000	2000
التوليد المشترك	150	250	400
كتلة حية	360	640	1000
حرارة جوفية	50	10	15
المجموع	4525	17475	22000

Source : Commisarial aux Energies Renouvelables et a l'Efficacité Energétique, Transition energétique en algérie, 2020, p50

وقد تم اعتماد البرنامج على مراحل زمنية، بأهداف طموحة، تجسدا لإستراتيجية الجزائر الهادفة إلى تطوير جدي لصناعة حقيقية مستدامة، تساهم في تنويع الاقتصاد الوطني، وضمان مداخيل أكثر استقرارا تمكنها من العمل بكل أمان على تجسيد سياستها التنموية، بعيدًا عن الاضطرابات في المداخيل النفطية. وفيما يلي الجدول الذي يمثل الإنجازات والأهداف لكل مرحلة من فترات البرنامج: (بن سعيدي و بوقابة، 2024، صفحة 1064)

الجدول (02): مخطط البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي آفاق 2030

الفترة	الإنجاز – الهدف–
2013-2011	إنجاز مشاريع تجريبية بسعة إجمالية تبلغ 110 ميغاواط بتقنيات متعددة لاختبار هذه التقنيات.
2015-2014	انطلاق تنفيذ البرنامج بتركيب قدرة إجمالية تقارب 650 ميغاواط.
2020 -2016	الوصول إلى انتاج الطاقة بحد أدنى قدرها 4600 ميغاواط، حيث يخصص 2600 ميغاواط للسوق المحلية و 2000 ميغاواط للتصدير .
2030-2021	توسيع نطاق البرنامج بهدف الوصول إلى 22000 ميغاواط بحلول عام 2030، منها 12000 ميغاواط موجهة للسوق المحلية، وتخصيص 10000 ميغا واط للتصدير .

المصدر: (بن سعيدي و بوقابة، 2024، صفحة 1064)

غير أن تنفيذ مخطط الانجاز المقرر في 2011 ، لم يرق إلى الأهداف الطموحة المخطط لها، ولم يلق متابعة منذ المرحلة الأولى، فمن مجمل 110 ميغاوات المقررة في المشاريع النموذجية، تم انجاز فقط الثلث بقوة اجمالية مقدرة ب 36.3 ميغاوات . وبالنظر إلى التغييرات البارزة في تكاليف الاستثمار وإنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة في جميع أنحاء العالم، تم إحداث تغييرات في مخطط البرنامج في 2015؛ بتغيير بعض الأهداف والاستراتيجيات بما يتواكب مع التغيرات الحاصة.

3.3.2. البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي 2021-2030: جاء محاولة لاستدراك التأخر في تنفيذ برنامج الانتقال الطاقوي، تم التركيز عمى الطاقة الشمسية من خلال برنامج يهدف إلى تحقيق قدرة إنتاجية تبلغ 16.000 ميغاواط بحلول عام 2035

باستخدام الطاقة الشمسية فقط؛ منيا 15.000 ميغاواط متصمة بالشبكة الكيربائية الوطنية من خلال محطات الطاقة الشمسية، بينما يتم نشر القدرة المتبقية 1000 (ميغاواط)ذاتيًا بحلول عام . 2030 و تم الانطلاق في إجراءات المرحلة الأولى منذ سنة 2023 ؛ بمشروع إنجاز 15 محطة لمطاقة الشمسية بقدرة إجمالية 2000ميغاواط في 11 ولاية من الهضاب العليا والجنوب الجزائري، وبقدرات تتراوح بين 80 و220 ميغاواط، بالإضافة إلى إنشاء تجهيزات الربط بالشبكة الكهربائية تحت وصاية مجمع سونلغاز ومشاركة مؤسسات وطنية ودولية، وهو ما يسمح بظهور نسيج للشركات الناشئة تشارك في إنجاز المشروع لترفع من الكفاءة الوطنية وتوفير العديد من مناصب الشغل من جهة، والتوجه نحو تصدير الطاقة الكهربائية من جهة أخرى إلى تونس، ليبيا وأوربا عبر إيطاليا من خلال الكابل البحري بالشراكة مع" إيني "الايطالية .

4.3.2. البرنامج الوطني لتطوير الهيدروجين الأخضر: تطمح الجزائر خلال الفترة من عام 2023 إلى 2040 ، إلى أن تكون رائدة إقليميًا ودوليًا في مجال إنتاج وتسويق الهيدروجين المتجدد والنظيف ومشتقاته، مستفيدة بذلك من الإمكانيات التقنية لإنتاج الهيدروجين والمزايا التنافسية التي تمتلكها لتصدير ما بين 30 إلى 40 تيراواط ساعة من الهيدروجين الغازي والسائل و/أو مشتقاته والتي تخطط لتوجيه حوالي 10 ٪ من هذه الكميات لتغطية احتياجات السوق الأوروبية بحلول عام 2040 من خلال اتفاقيات شراكة مع دول الشمال وإيطاليا ممضاة سنة 2023، بما يدر عوائد تقدر بحوالي 10 مليار دولار سنويًا بفضل سعر البيع التنافسي.

4.2. نشاط الجزائر ضمن المنظمات الدولية و الإقليمية للطاقة: على الصعيد الدولي، استغلت الجزائر وجودها ضمن المنظمات والهيئات الدولية والإقليمية لاقتراح محاور تعاون مع الشركاء الدوليين، قصد الاستجابة لاهتماماتهم و انشغالاتهم المتعلقة بأمن تزويدهم بالطاقة و ضمان المصالح المشتركة في الجانب المالي و الصناعي. (العاشر، 2014، صفحة 48)

تعمل الجزائر على تعزيز التعاون ، (OAPEC)في إطار منظمة البلدان العربية المنتجة للبترول بين الأقطار العربية و تطوير صناعتها النفطية انطلاقا من القدرات الذاتية لكل بلد .مستهدفة بذلك تحقيق الترابط الاقتصادي العربي.

تواصل الجزائر العمل من أجل أما ضمن منظمة البلدان المصدرة للبترول(OPEC) :

•استمرار و تعميق الحوار بين المنتجين و المستهلكين للتوصل إلى توحيد الجهود لاستقرار السوق البترولي و مستوى متوازن للأسعار.

•التكفل العادل بالانشغالات البيئية على الصعيد الدولي مع ضمان استقرار عائدات البلدان المنتجة للبترول و الغاز الطبيعي من اجل تدعيم جهودها في مجال التنمية.

كما تعتبر الجزائر أيضا عضو مؤسس لجمعية الدول الإفريقية المنتجة للبترول (APPA) التي من خلالها ترقي إلى النهوض بالتعاون و التشاور مع بقية المنظمات الدولية و الإقليمية.

أما بالنسبة لمجال الكهرباء و الغاز، فالجزائر تمثل عضوا عضو مؤسس في المنتدى العربي مقرها في القاهرة، و كذا عضوا في المنتدى الأفريقي لمنظمي الكهرباء (AERF) مقرها في افريا الجنوبية.

إضافة إلى انها عضو كذالك في جمعية البحر الأبيض المتوسط لمنظمي الكهرباء والغاز (MEDREG) و التي مقرها في ايطاليا .

كما يتواجد بالجزائر مقر اللجنة الإفريقية للطاقة (AFREC) التي تكمن مهمتها الرئيسية في ترقية التعاون و التبادلات الإفريقية في ميدان الطاقة و كذا تنمية وتطوير الأسواق الإفريقية المتكاملة.

كما تعتبر الجزائر من الدول المؤسسة لمنتدى الدول المصدرة للغاز، والذي انشأ سنة2008 بروسيا ، والذي يضم 13 دولة عضوه من بينها :الجزائر، ليبيا، قطر ،الإمارات العربية ،مصر.

بالإضافة إلى انها عضو في المنتدى الدولي للطاقة (IEF) و المنظمة الدولية للطاقات المتجددة (IRENA).

التعاون الأوروبي:

تم تعديل اتفاق الشراكة بين الجزائر والاتحاد الأوروبي من أجل ترسيخ التعاون المتبادل الذي يضمن مصلحة الطرفين.

أهداف التعاون في ميدان الطاقة و المناجم موجهة نحو:

•التأهيل المؤسساتي والتشريعي و القانوني من أجل ضمان ترقية الاستثمارات و تنظيم النشاطات.
•التأهيل التقني و التكنولوجي.
•تطوير الشراكة بين الشركات الجزائرية و الأوروبية في ميادين البحث، الإنتاج، التحويل، التوزيع، وخدمات الطاقة و المناجم.

الخاتمة

لطالما كان موضوع الطاقة في الجزائر محورا أساسيا في الاقتصاد، كون الاقتصاد الجزائري يعاني من التبعية الكبيرة للطاقة وخصوصا الأحفورية. وهذا ما يصبح تدريجيا متنافيا مع متطلبات التنمية المستدامة المحلية ومتطلبات الاقتصاد البيئي والأخضر العالمية، وفي مفترق الطرق تجد الجزائر نفسها مضطرة لتحقيق التوازن بين الطاقات الأحفورية التي سخرت لها بنى تحتية هائلة، وحتميات التحول الطاقوي الذي يحقق الاستدامة من جهة ويمنحها فرصة الولوج لأسواق عالمية جديدة واعدة.

فالجزائر بصدد التوجه نحو التحول الطاقوي بخطى ثقيلة نظرا لمتطلبات هذا التحول الكبيرة من بنى تحتية، إلى تكنلوجيات وصولا للكفاءات، لذلك يجب التخطيط المعمق لهذه العملية وتسخير كل الأطراف لها من جهات حكومية، مؤسسات بحثية، جامعات متخصصة وإطار قانوني واضح. فكل الأطراف معنية بالتحول الطاقوي الذي وخصوصا بعد فشل البرنامج البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي آفاق 2030 أصبح أكثر فأكثر رهانا يجب على الدولة الجزائرية إيجاد سبل تحقيقه وخصوصا في ظل الطاقات الطبيعية الهائلة التي تمتلكها الجزائر. ومن خلال الدراسة تم التوصل للنتائج التالية:

- التحول الطاقوي أصبح حتمية للحاق بالركب الدولي؛
- من أهم دلائل اهتمام الجزائر بالتحول الطاقوي هو استحداث وزارة معنية بالطاقات المتجددة؛
- تبذل الجزائر مجهودات كبيرة لتحقيق التحول الطاقوي، وتبرز هذه المجهودات في توفير إطار مؤسساتي موسع، وضع قوانين وتشريعات، التخطيط لبرامج تطويرية ومحاولة الاندماج العالمي من خلال ابرام عدة اتفاقيات؛
- يعتبر قانون الاستثمار 22-18 نقلة نوعية في مسيرة التحول الطاقوي في الجزائرا نظرا للتحفيزات الممنوحة لهذا القطاع؛
- حسب مشروع قانون المالية 2026 فإن قضية التحول الطاقوي من أولويات الوزارة.

كما خلصت الدراسة للتوصيات التالية:

- التحول الطاقوي هو ثقافة استهلاكية للمواطنين كذلك، لذلك يجب التركيز على نشر ثقافة الألواح الشمسية؛
- صحيح أن الجامعة طرف مؤسساتي للتحول الطاقوي، لكن دورها كقاطرة اقتصادية لا يزال صغير في هذا المجال؛
- يجب الاعتناء أكثر بتكوين الكفاءات وخاصة التقنية؛

ويظل موضوع التحول الطاقوي نحو الطاقات النظيفة مفتوح الأفاق نحو دراسات جديدة:

- برنامج الانتقال الطاقوي آفاق 2030 وإمكانيات التدارك؛
- عصرنة الإطار التشريعي للتحول الطاقوي في الجزائر؛
- دور المؤسسات الناشئة الخضراء في التحول نحو الطاقات النظيفة.

قائمة المراجع:

- https://attaqa.net/2025/09/14/
- Salem, A., & Atmania, H. (2018). Linvestisement dans les energies renouvelables en Algerie; un pas vers la transition energetique cas de lenergie solaire . *revue Algerienne deconmie de gestion*.
- UNCCD. (2004). *Contribution des énergies renouvelables à la lutte contre la désertification.* . Paris, France : Nations Unies.
- www.pnr.dgrsdt.dz2025
- استغلال الطاقات المتجددة في الجزائر بين الواقع والآفاق2173-612164 *Psychologie and education11*
- الاستثمار في الطاقات البديلة في الجزائر واقع وآفاق*مجلة التنمية والاقتصاد التطبيقي*168-02155
- الإطار القانوني للطاقات المتجددة في الجزائر ودورها في المحافظة على البيئة وجذب الاستثمار*المجلة الدولية للقانون*0122
- الإطار القانوني والمؤسساتي لتعزيز الانتقال الطاقوي في الجزائر*ملتقى دولي تحديات الاقتصاد الجزائري مع مطلع الالفية الثالثة الأمن الغذائي، الانتقال الطاقوي والتنويع والتكامل الاقتصادي*698-680
- الإطار القانوني والمؤسساتي للطاقات المتجددة في الجزائر*مجلة صوت القانون*1409-021386 *08*
- البرنامج الوطني للبحث في الأمن الطاقوي PNR2025المديرية العامة للبحث العلمي والتكنولوجيا
- الطاقات المتجددة :توجه استراتيجي لتنويع الاقتصاد الجزائري بين الاهداف الطموحة وتحديات التنفيذ*مجلة طبنة للدراسات العلمية الأكاديمية*1071-021049 *07*
- 2014*الطاقة والتعاون العربي* أبو ضبي
- برنامج تطوير الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية2016وزارة الطاقة
- تحفيز الاستثمار في الطاقات المتجددة من منظور القانون رقم 18-22المتعلق بالاستثمار في الجزائر*مجلة الدراسات التنموية وريادة الأعمال*37-0221 *01*
- تقرير اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا2019;*كفاءة استخدام الطاقة، التشريعات والسياسات في المنطقة*بيروتهيئة الأمم المتحدة
- جامعة الدول العربية2011*دليل إمكانات الدول العربية في مجالات الطاقة المتجددة ورفع كفاءة إنتاج واستهلاك الطاقة*جامعة الدولالعربية
- شرف الدين ملال. (2022). التحول الطاقوي كنموذج جديد للتنمية الاقتصادية في الجزائر... بين الجهود المبذولة وصعوبات التجسيد مع الإشارة لتجارب بعض الدول. *مجلة الاقتصاد والتنمية المستدامة، 05*(01).
- عبد النور شباط . (2024). التحول الطاقوي نحو استغلال الطاقة المتجددة: رهان تحقيق الامن الطاقوي العالمي. *مجلة اكاديميا للدراسات السياسية، 07*(01).
- عفيفة دراج، و انيسة بركان . (2024). التحول الطاقوي كخيار مستدام لأمن الطاقة (عرض حالة الجزائر). *مجلة أبحاث إقتصادسة معاصرة، 07*(01).
- كنزة عيشاوي. (2016). الطاقة المتجددة وضرورة التحول الطاقوي في الجزائر. *مجلة دراسات أبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة* (05).

نحو نظام تقارير محاسبي يحقق الشفافية والكفاءة البيئية في قطاع الطاقة المستدامة

"Towards an Accounting Reporting System that Achieves Transparency and Environmental Efficiency in the Sustainable Energy Sector"

صورية بن عزيزة

جامعة 20أوت 1955- سكيكدة، الجزائر، s.benaziza@univ-skikda.dz

ملخص:

يشهد قطاع الطاقة العالمي تحولًا استراتيجيًا نحو الاستدامة استجابةً للتحديات المناخية وتزايد الضغوط الدولية للحد من الانبعاثات الكربونية. هذا التحول أبرز الحاجة إلى نظام تقارير مالي ومحاسبي جديد قادر على تحقيق الشفافية والكفاءة البيئية، من خلال قياس الأداء الاقتصادي والاجتماعي والبيئي لشركات الطاقة.

تهدف هذه المداخلة إلى تحليل محددات نظام التقارير المستدامة في قطاع الطاقة، واستعراض أبرز النماذج والمعايير الدولية ذات الصلة مثل إفwwصاحات *ESG* ومبادئ *GRI* وإطار*TCFD* ، مع التركيز على كيفية تكييفها مع السياقات المحلية، كما تسعى إلى اقتراح تصور متكامل لإطار تقارير مستدامة يضمن حوكمة مالية بيئية تعزز ثقة المستثمرين وتوجّه التمويل نحو المشاريع الخضراء.

الكلمات المفتاحية: التقارير المستدامة، الشفافية، الكفاءة البيئية، الطاقة المتجددة، المحاسبة الخضراء.

تصنيفات JEL : M41, Q56, Q01, G38, O13

Abstract

The global energy sector is undergoing a strategic transformation toward sustainability in response to climate challenges and increasing international pressure to reduce carbon emissions. This transition has highlighted the need for a new financial and accounting reporting system capable of achieving transparency and environmental efficiency by measuring the economic, social, and environmental performance of energy companies.

This paper aims to analyze the determinants of sustainable reporting systems in the energy sector and to review key international models and standards such as ESG disclosures, GRI principles, and the TCFD framework, with a focus on adapting them to local contexts. It also seeks to propose an integrated framework for sustainable reporting that ensures environmental financial governance, strengthens investor confidence, and directs financing toward green projects.

Keywords: Sustainable reporting, transparency, environmental efficiency, renewable energy, green accounting.

JEL Classification Cods: M41, Q56, Q01, G38, O13

المؤلف المرسل: صورية بن عزيزة جامعة 20أوت 1955- سكيكدة، الجزائر، s.benaziza@univ-skikda.dz

المقدمة:

يشهد قطاع الطاقة العالمي تحولًا استراتيجيًا متسارعًا نحو الاستدامة، استجابةً للتحديات المناخية المتزايدة والالتزامات الدولية الرامية إلى الحد من الانبعاثات الكربونية وتحقيق التنمية المستدامة. وقد برزت في هذا السياق أهمية المعلومات المحاسبية والمالية كأداة رئيسية لقياس الأداء الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، وضمان الشفافية والمساءلة في إدارة الموارد والطاقة. غير أن النظم المحاسبية التقليدية ما تزال تركز على البعد المالي فقط، مما يحدّ من قدرتها على استيعاب المتغيرات البيئية ومتطلبات الاقتصاد الأخضر.

مشكلة الدراسة

تتمثل مشكلة الدراسة في غياب نظام تقارير محاسبي متكامل قادر على تحقيق الشفافية والكفاءة البيئية في مؤسسات قطاع الطاقة المستدامة. ويُطرح التساؤل المركزي التالي:

التساؤل الرئيسي:

كيف يمكن بناء نظام تقارير محاسبي يسهم في تحقيق الشفافية والكفاءة البيئية في قطاع الطاقة المستدامة؟

التساؤلات الفرعية:

- ما هي المحددات الأساسية لبناء نظام تقارير محاسبية مستدامة في قطاع الطاقة؟
- إلى أي مدى يمكن توظيف المعايير والنماذج الدولية مثل ESGو GRIو TCFDفي تطوير هذا النظام؟
- ما هي المتطلبات المؤسسية والتشريعية اللازمة لتطبيق التقارير المستدامة في السياقات المحلية؟
- كيف يسهم نظام التقارير المستدامة في تعزيز الحوكمة المالية البيئية وثقة المستثمرين؟

فرضيات الدراسة

- إن دمج المؤشرات البيئية والاجتماعية ضمن التقارير المحاسبية يعزز من مستوى الشفافية وثقة المستثمرين.
- إن تبنّي المعايير الدولية للإفصاح المستدام) مثلESG ، GRI، (TCFDيسهم في رفع الكفاءة البيئية للمؤسسات الطاقوية.
- إن تطوير إطار محاسبي مستدام يتلاءم مع الخصوصيات المحلية يؤدي إلى ترسيخ الحوكمة المالية البيئية وتوجيه التمويل نحو المشاريع الخضراء.

أهداف الدراسة

- تحديد محددات ومكونات نظام التقارير المحاسبية المستدامة في قطاع الطاقة.
- تحليل النماذج والمعايير الدولية ذات الصلةESG) ، GRI، (TCFDومدى قابليتها للتطبيق في السياق المحلي.
- اقتراح تصور لإطار تقارير مستدامة يحقق الشفافية ويعزز الكفاءة البيئية والحوكمة الرشيدة.

أهمية الدراسة

تنبع أهمية هذه الدراسة من سعيها إلى ربط الأداء المالي بالبعد البيئي والاجتماعي، في إطار توجه عالمي نحو الاقتصاد الأخضر والاستثمار المسؤول. كما تكتسي أهمية عملية من خلال إمكانية اعتماد نتائجها من قبل صانعي القرار والمستثمرين والهيئات التنظيمية في تطوير أدوات تقييم الأداء والاستدامة في قطاع الطاقة.

المنهج المتبع

اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، بالاعتماد على تحليل الأدبيات والنماذج الدولية الخاصة بالتقارير المستدامة، مع المقارنة بين الأطر العالمية والتطبيقات المحلية، واستقراء أفضل الممارسات القابلة للتبني في قطاع الطاقة.

الدراسات السابقة

تناولت عدة دراسات موضوع التقارير المستدامة في المؤسسات الاقتصادية، من أبرزها:

- دراسة **KPMG (2022)** التي أبرزت تصاعد اهتمام الشركات العالمية بالإفصاح البيئي ودوره في تحسين الشفافية (KPMG, 2022).

- دراسة **PwC (2023)** التي أشارت إلى أثر تبنّي معايير **ESG** في رفع ثقة المستثمرين واستدامة الأداء ((PricewaterhouseCoopers), 2023).

- كما بينت أبحاث **Adams & Frost (2020)** أن دمج الاستدامة في التقارير المحاسبية يسهم في تحسين الصورة المؤسسية (Adams, 2020)،

- وخلصت دراسة **Hahn & Kühnen (2013)** إلى أن التقارير المستدامة تمثل أداة استراتيجية لتحسين السمعة وجذب الاستثمارات.(Hahn, 2013)

غير أن معظم هذه الدراسات ركزت على الأطر العامة دون تقديم نموذج محاسبي متكامل يمكن تطبيقه في السياقات المحلية، وهو ما تسعى هذه الدراسة إلى معالجته.

أولا: الإطار النظري للتقارير المحاسبية ودورها في تحقيق الشفافية

في ظل التحولات الاقتصادية والتكنولوجية المتسارعة، أصبحت التقارير المحاسبية أداة استراتيجية لا تقتصر على عرض النتائج المالية، بل تتجاوزها إلى تفسير الأداء المؤسسي بشقيه الاقتصادي والاجتماعي. فهي تمكّن المستخدمين من تقييم كفاءة المؤسسة في إدارة مواردها ومدى التزامها بمبادئ الحوكمة الرشيدة. ويقوم الإطار النظري للتقارير المحاسبية على مجموعة من الفروض والمبادئ التي تحدد كيفية قياس الأحداث المالية والإفصاح عنها وفق معايير موحدة تضمن المقارنة والاتساق. ومن هذا المنطلق، تمثل الشفافية الناتجة عن التقارير المحاسبية أحد أهم مقومات الثقة في الأسواق، وعنصرًا أساسيا في جذب الاستثمار وتعزيز استدامة المؤسسات.

1 .مفهوم التقارير المحاسبية

تُعرف التقارير المحاسبية بأنها الوسيلة التي تُعبّر من خلالها المؤسسة عن أدائها المالي وغير المالي لمختلف الأطراف ذات العلاقة، مثل المساهمين، الجهات التنظيمية، والمجتمع.(Horngren, 2018 ,p14) وهي تشمل البيانات المالية الأساسية، والإفصاحات الإضافية التي تُمكّن من فهم الوضع المالي والتشغيلي للمؤسسة بدقة.

في السنوات الأخيرة، تطوّر مفهوم التقارير المحاسبية من مجرد أداة مالية إلى أداة استراتيجية لإدارة السمعة والمسؤولية الاجتماعية، خاصة في القطاعات الحساسة بيئيًا مثل الطاقة والنفط .(Epstein 2014, p. 61) فالمستثمرون والمستهلكون أصبحوا يهتمون ليس فقط بربحية المؤسسة، بل أيضًا بمدى التزامها بمعايير الاستدامة والشفافية.

2 .الشفافية المحاسبية وأبعادها

الشفافية المحاسبية تُعد من الركائز الأساسية لحوكمة المؤسسات، إذ تُسهم في الحد من المعلومات غير المتكافئة بين الإدارة والمستثمرين، وتُعزّز الثقة في البيانات المنشور .(Bushman 2003, p. 70) وتتمثل أبعادها في وضوح المعلومات، إمكانية الوصول إليها، ودقتها الزمنية.

في قطاع الطاقة المستدامة، تُعتبر الشفافية شرطًا أساسيًا لجذب الاستثمارات الدولية ودعم ثقة المجتمع المحلي، لأنها تمكّن الأطراف المعنية من تقييم مدى التزام المؤسسات بالمعايير البيئية. لذلك، تمثل التقارير المحاسبية البيئية أداة محورية لتحقيق هذا الهدف(Kolk 2008, p. 104)

3 .دور التقارير المحاسبية في الشفافية المؤسسية

تلعب التقارير المحاسبية دورًا محوريًا في بناء الشفافية المؤسسية، إذ تمثل القناة الأساسية التي من خلالها تُنقل المعلومات المالية وغير المالية إلى الأطراف ذات العلاقة. وتُعتبر هذه التقارير انعكاسًا لمستوى التزام المؤسسة بمبادئ الحوكمة الرشيدة والإفصاح المسؤول .(Healy 2001 , p. 410) فالبيانات الدقيقة والمحدثة تتيح للمستثمرين وأصحاب القرار تقييم الأداء الحقيقي للمؤسسة بعيدًا عن التقديرات الذاتية أو المعلومات المضللة.

وفي سياق قطاع الطاقة المستدامة، يصبح هذا الدور أكثر أهمية نظرًا لطبيعة هذا القطاع الذي يتعامل مع موارد بيئية حساسة، حيث إن أي خلل في الإفصاح أو المحاسبة يمكن أن يؤدي إلى أضرار بيئية واقتصادية كبير .(Gray 2010, p. 56)ولذلك، تُعد التقارير المحاسبية البيئية وسيلة لتعزيز الثقة بين المؤسسة والمجتمع من خلال عرض المعلومات المتعلقة بالانبعاثات الكربونية، استخدام الموارد، وإدارة النفايات بشكل منظم ودقيق.

كما تؤدي الشفافية المحاسبية إلى تحسين عملية اتخاذ القرار الداخلي من خلال تمكين الإدارة من تحليل التكاليف البيئية بدقة، مما يساعدها في اعتماد استراتيجيات إنتاج مستدامة وفعالة اقتصاديًا .(Burritt 2010, p. 845) وبالتالي، فإن التقارير المحاسبية ليست مجرد وثائق مالية، بل أداة لتوجيه الأداء المؤسسي نحو تحقيق الاستدامة والمسؤولية الاجتماعية.

4 .العلاقة بين الشفافية والاستدامة البيئية

تُعد الشفافية ركيزة أساسية لتحقيق الاستدامة البيئية، إذ لا يمكن ضمان استدامة حقيقية دون توفر معلومات واضحة ومتكاملة حول التأثيرات البيئية للأنشطة الاقتصادية. فالإفصاح عن الأداء البيئي للمؤسسات يمكّن الأطراف المهتمة من محاسبتها على مدى التزامها بالمعايير البيئية الدولية.(Clarkson et al, 2008, p. 309)

وقد أظهرت العديد من الدراسات أن المؤسسات التي تتبنى ممارسات شفافة في إعداد التقارير البيئية تحظى بمستويات أعلى من الثقة العامة، وتتمتع بقدرة أفضل على جذب الاستثمارات طويلة الأجل .(Dissanayake et al, 2016, p. 112)هذا الارتباط بين الشفافية والاستدامة يشكّل أساسًا لما يُعرف اليوم بـ "المحاسبة المستدامة"، التي تهدف إلى دمج الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والبيئية ضمن نظام تقارير موحّد.

في قطاع الطاقة، تزداد أهمية هذه العلاقة بسبب التأثير المباشر للأنشطة الإنتاجية على البيئة. فالطاقة التقليدية (النفط، الغاز، الفحم) تُعد من أكبر مصادر الانبعاثات، مما يفرض ضرورة الإفصاح الكامل عن آثارها البيئية لتطوير استراتيجيات طاقة نظيفة .(Bank, 2022, p. 74) ومن جهة أخرى، فإن مؤسسات الطاقة المتجددة مدعوة لتبني ممارسات شفافة تُظهر مدى كفاءتها في تحقيق الكفاءة البيئية والاقتصادية على حد سواء.(OECD, 2021 , p. 51)

وتتجلى هذه العلاقة أيضًا في زيادة اعتماد المنظمات الدولية على تقارير الاستدامة المعيارية مثل **GRI (Global Reporting Initiative)**و **IFRS Sustainability Standards**التي تركز على الإفصاح المتكامل حول التأثير البيئي والاجتماعي للمؤسسات، مما يخلق بيئة محاسبية أكثر مصداقية واتساقًا عالميًا. (Global Reporting Initiative, 2022, pp. 10–12)

ثانيا: المحاسبة البيئية ومفاهيم الكفاءة البيئية

1 .مفهوم وأهداف المحاسبة البيئية

تُعد المحاسبة البيئية فرعًا حديثًا من فروع المحاسبة، يهتم بقياس وتسجيل وتحليل التكاليف والإيرادات المرتبطة بالنشاط البيئي للمؤسسات، بما في ذلك استخدام الموارد الطبيعية، التلوث، وإدارة النفايات. ويهدف هذا النوع من المحاسبة إلى توفير معلومات كمية ونوعية تساعد في تقييم الأداء البيئي للمؤسسة، وتعزيز قدرتها على اتخاذ قرارات مستدامة. (Bennett& James, 2017, p. 41)

تسعى المحاسبة البيئية إلى تحقيق مجموعة من الأهداف، أبرزها :**الشفافية في الإفصاح البيئي، تقدير التكاليف الخفية للتلوث، وتحسين الكفاءة في استخدام الموارد** .كما تُمكّن الإدارة من إدراج التكاليف البيئية في حسابات الإنتاج والتشغيل، وهو ما يعزز من مصداقية التقارير المالية أمام المساهمين والهيئات الرقابية .Schaltegger& Burritt, 2018 p) (215.

إضافة إلى ذلك، تساهم المحاسبة البيئية في دعم الاستراتيجيات الخضراء للمؤسسات، من خلال توفير بيانات دقيقة عن الانبعاثات، والمخلفات، واستهلاك الطاقة، مما يسمح بتخطيط أنشطة تهدف إلى الحد من الأثر البيئي وتحقيق ميزة تنافسية مستدامة(United Nations Environment Programme, 2020, p. 88)

2 .تطور المحاسبة البيئية في الفكر المحاسبي

بدأ الاهتمام بالمحاسبة البيئية في سبعينيات القرن الماضي نتيجة لتزايد الوعي العالمي بالمشكلات البيئية وأثرها على النشاط الاقتصادي. في البداية، كانت هذه الممارسات تقتصر على قياس تكاليف المعالجة البيئية فقط، ثم تطورت لتشمل التكاليف الوقائية والتكاليف الاجتماعية الناجمة عن التدهور البيئي(Mathews, 1997, p. 485)

وفي التسعينيات، شهد الفكر المحاسبي تحولًا نوعيًا مع ظهور ما يسمى بـ "التقارير البيئية المستقلة" التي تصدرها المؤسسات الكبرى، لتفصل الأداء المالي عن البيئي، مما مكّن المهتمين من مقارنة الأداء البيئي عبر الفترات الزمنية ,Gray) (692 .p ,2002ومع بداية الألفية الجديدة، أصبحت المحاسبة البيئية جزءًا لا يتجزأ من نظام التقارير المتكاملة، خصوصًا بعد تبني مبادرة Global Reporting Initiative (GRI)التي أرست معايير موحدة للإفصاح البيئي.

في السنوات الأخيرة، اتجهت العديد من الدول إلى إدماج المحاسبة البيئية ضمن الأطر القانونية الخاصة بالتقارير المالية، مثل الاتحاد الأوروبي الذي ألزم الشركات الكبرى بالإفصاح عن مؤشرات الأداء البيئي والاجتماعي ضمن التقارير السنوية(European Commission, 2021, p. 17)

3 .مفهوم الكفاءة البيئية ومؤشراتها

الكفاءة البيئية تُعبّر عن قدرة المؤسسة على **تحقيق إنتاجية اقتصادية عالية بأقل ضرر ممكن على البيئة** .ويُقاس هذا المفهوم من خلال مجموعة من المؤشرات مثل: معدل استخدام الطاقة، انبعاثات الغازات الدفيئة، كفاءة استهلاك المياه، وإدارة النفايات(WBCSD, 2002, p. 13)

تسعى الكفاءة البيئية إلى تحقيق توازن بين العائد الاقتصادي وتقليل الأثر البيئي، مما يجعلها أداة لتقييم استدامة الأداء المؤسسي. فكلما زادت كفاءة استخدام الموارد، انخفضت التكاليف التشغيلية وتحسنت القدرة التنافسية (Porter& van der Linde, 1995, p. 105)

كما يُنظر إلى الكفاءة البيئية باعتبارها مؤشرًا استراتيجيًا يُستخدم من قبل المستثمرين لتقييم مدى التزام الشركات بمعايير **ESG (Environmental, Social, and Governance)**، والتي أصبحت مرجعًا رئيسيًا في قرارات التمويل الدولية . (OECD, 2021, p. 78)

4 .العلاقة بين المحاسبة البيئية والكفاءة البيئية

تُعتبر العلاقة بين المحاسبة البيئية والكفاءة البيئية علاقة تكاملية، إذ تعمل الأولى على توفير المعلومات الضرورية التي تُمكّن من قياس الثانية. فالمحاسبة البيئية تُسجّل وتُحلّل التكاليف والإيرادات البيئية، بينما تُقوّم الكفاءة البيئية كيفية استخدام تلك الموارد لتحقيق نتائج اقتصادية وبيئية متوازنة.(Burritt& Christ, 2016, p. 875)

من خلال نظام محاسبي بيئي فعّال، يمكن تحديد مصادر الهدر في الموارد، وقياس الانبعاثات، وتحليل تكاليف المعالجة، مما يؤدي إلى تحسين الكفاءة العامة في العمليات الإنتاجية(Qian, W., & Burritt, 2011, p. 1083) كما أن دمج بيانات الكفاءة البيئية في التقارير المحاسبية يعزز الشفافية ويزيد من مصداقية المؤسسة أمام الممولين والجهات التنظيمية.

وقد أظهرت التجارب في اليابان وألمانيا أن تطبيق المحاسبة البيئية بشكل منهجي ساعد الشركات على **خفض استهلاك الطاقة بنسبة 20–30 %**خلال خمس سنوات فقط، بفضل قياس الأداء البيئي وربطه بمؤشرات الكفاءة الإنتاجية ((UNIDO, 2019, p. 94)

ثالثا: المعايير الدولية لإعداد التقارير البيئية والمستدامة

1 .تطور المعايير الدولية للإفصاح البيئي

بدأت الجهود الدولية لتوحيد ممارسات الإفصاح البيئي منذ سبعينيات القرن الماضي، عندما دعت منظمة الأمم المتحدة والاتحاد الأوروبي إلى إدراج البعد البيئي ضمن التقارير السنوية للمؤسسات. ومع تطور مفهوم التنمية المستدامة في التسعينيات، أُسست مجموعة من المبادرات الدولية لوضع أطر محاسبية موحدة للإفصاح البيئي، مثل **GRI (Global Reporting Initiative)** و**ISO 14000** (Tilt, 2009, p. 89)

أصبحت هذه المبادرات المرجعية الأساسية التي تعتمدها الشركات متعددة الجنسيات لقياس أدائها البيئي والاجتماعي، مما أدى إلى انتشار ممارسات المحاسبة المستدامة في أكثر من 120 دولة حول العالم . ويُلاحظ أن هذا التطور لم يكن فقط على المستوى التقني، بل شمل أيضًا الجوانب القانونية والتنظيمية، إذ تبنت العديد من الحكومات قوانين تُلزم الشركات بالإفصاح البيئي ضمن التقارير المالية الدورية(European Commission, 2021, p. 18)

2 .مبادرة التقارير العالمية(GRI)

تُعد مبادرة التقارير العالمية (GRI) أكثر الأطر انتشارًا لإعداد تقارير الاستدامة في العالم، حيث توفر مجموعة من المعايير التي تساعد المؤسسات على الإفصاح عن تأثيراتها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية بشكل شفاف ومنهجي، وتتضمن معايير GRI ثلاثة مستويات رئيسية:

- **المعايير العامة :(Universal Standards)** التي تحدد المبادئ الأساسية لإعداد التقارير.
- **المعايير الموضوعية :(Topic Standards)** التي تتناول قضايا محددة مثل الانبعاثات، الطاقة، المياه، والنفايات.

- **المعايير القطاعية :(Sector Standards)** التي تحدد متطلبات خاصة بقطاعات معينة مثل الطاقة أو التعدين ,(GRI)) 2021, p. 47)

وقد أثبتت هذه المبادرة فاعليتها في تعزيز مصداقية الإفصاح المؤسسي، إذ أن أكثر من **75%من أكبر 500 شركة عالمية** تعتمد على معايير GRI لإعداد تقاريرها السنوية (KPMG, 2022, p. 35) كما تتيح المعايير المقارنة بين الشركات ضمن القطاع نفسه، مما يعزز مبدأ الشفافية والتنافس الإيجابي

3 .معايير الاستدامة الصادرة عن مجلسIFRS

في عام 2021، أعلن مجلس معايير التقارير المالية الدولية (IFRS Foundation) عن إنشاء مجلس فرعي جديد هو ISSB (International Sustainability Standards Board)، بهدف تطوير معايير موحدة للإفصاح عن الاستدامة على المستوى العالمي(Foundation, 2022, p. 6)

وتركز معايير ISSB على توحيد التقارير المالية وغير المالية، بحيث تُدمج المعلومات البيئية والاجتماعية ضمن القوائم المالية التقليدية. وتشمل هذه المعايير أساسين رئيسيين:

- **IFRS S1:** إطار عام لإعداد تقارير الاستدامة.
- **IFRS S2:** يختص بالإفصاح عن المخاطر والفرص المتعلقة بالمناخ(IFRS Foundation, 2023, p. 21) .

ويُتوقع أن تسهم هذه المعايير في تقليص الفجوة بين الإفصاح الطوعي) مثل (GRI والإفصاح الإلزامي، مما يسهل على المستثمرين تقييم المخاطر البيئية وتأثيرها المالي. وقد بدأت عدة دول، منها المملكة المتحدة وكندا، في تبني هذه المعايير ضمن أنظمتها(Deloitte, 2023 ,p. 9)

4 .معايير ESG ودورها في تقييم الأداء البيئي

تشير معايير **ESG (Environmental, Social, and Governance)**إلى مجموعة من المؤشرات التي تُستخدم لتقييم مدى التزام المؤسسة بمبادئ الاستدامة، وتشمل ثلاثة محاور أساسية: البيئة، المجتمع، والحوكمة &Sullivan) .Mackenzie2020, p. 28)

تُستخدم هذه المعايير بشكل واسع من قبل المستثمرين لتقييم المخاطر غير المالية، إذ تشير الدراسات إلى أن الشركات التي تطبق سياسات قوية في مجالات ESG تتمتع بعوائد مالية أعلى واستقرار أكبر على المدى الطويل .(Friede et al, 2015, p. 223)

فيما يخص الجانب البيئي، تُقاس مؤشرات ESG من خلال معدلات الانبعاثات، كفاءة استخدام الموارد، وسياسات الحد من النفايات. أما البعد الاجتماعي فيرتبط بحقوق العاملين والمجتمع المحلي، في حين يركز البعد المتعلق بالحوكمة على الشفافية والمسؤولية الإدارية(Bloomberg, 2023, p. 15)

5 .التحديات التي تواجه تطبيق المعايير في الدول النامية

على الرغم من التقدم الكبير في تطوير معايير الإفصاح البيئي، إلا أن الدول النامية، مثل الجزائر، لا تزال تواجه تحديات كبيرة في تطبيقها. ومن أبرز هذه التحديات :**نقص الكفاءات المتخصصة، ضعف الإطار التشريعي، غياب قواعد بيانات بيئية دقيقة، وارتفاع تكاليف إعداد التقارير** (UNCTAD)., 2021, p. 64)

كما أن العديد من المؤسسات في هذه الدول تفتقر إلى أنظمة معلومات متكاملة قادرة على جمع وتحليل البيانات البيئية بشكل دوري. ويؤدي غياب الحوافز الحكومية أو الضريبية إلى تقليل دافع الشركات نحو الالتزام الطوعي بالإفصاح (World Bank, , 2022, p. 92)

إضافة إلى ذلك، فإن الثقافة المؤسسية السائدة في بعض البيئات الاقتصادية لا تعطي أهمية كافية للتقارير غير المالية، مما يعيق بناء الثقة بين المؤسسة والمجتمع (Elkington, 2018, p. 59) ولذلك، فإن نجاح تطبيق معايير الإفصاح البيئي يتطلب بيئة تنظيمية محفزة، وتكاملًا بين السياسات الاقتصادية والبيئية.

رابعا: واقع نظام التقارير المحاسبي في قطاع الطاقة المستدامة (في الجزائر والعالم)

1 . قطاع الطاقة المستدامة وأهميته الاقتصادية

يُعد قطاع الطاقة المستدامة من أكثر القطاعات ديناميكية في الاقتصاد العالمي، لما له من دور حاسم في تحقيق الأمن الطاقوي وتقليل الانبعاثات الكربونية. وتُقدَّر استثمارات الطاقة النظيفة عالميًا بأكثر من **1.7تريليون دولار في عام 2023**، بزيادة قدرها 24% مقارنة بعام 2020، وهو ما يعكس توجهًا عالميًا نحو التحول الطاقوي (IEA, 2023, p. 11)

من الناحية الاقتصادية، تمثل الطاقة المتجددة فرصة لخلق وظائف جديدة وتحفيز النمو الصناعي في المجالات المرتبطة بها مثل تصنيع الألواح الشمسية وتوربينات الرياح. وقد قدرت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) أن عدد العاملين في هذا القطاع بلغ **13.7مليون عامل في عام 2022**، ومن المتوقع أن يتضاعف العدد بحلول عام 2030 (IRENA, 2023, p. 4)

هذا النمو يفرض على المؤسسات العاملة في القطاع تطوير أنظمة تقارير مالية وبيئية تعكس الأداء الحقيقي وتدعم اتخاذ القرار الاستراتيجي على أسس شفافة ومستدامة.

2 .واقع التقارير المحاسبية البيئية في المؤسسات العالمية للطاقة

تشير الدراسات إلى أن معظم الشركات العالمية العاملة في قطاع الطاقة، خصوصًا الأوروبية، بدأت منذ العقد الماضي في إدراج التقارير البيئية ضمن تقاريرها السنوية. فشركات مثل Shellو TotalEnergiesو BPتنشر تقارير استدامة سنوية متكاملة تشمل مؤشرات الانبعاثات، كفاءة الطاقة، واستراتيجيات التحول نحو الصفر الكربوني.(BP, 2023, p. 17)

كما تبنت هذه المؤسسات معايير GRIو ISSBوبدأت بالتحول نحو تقارير متكاملة (Integrated Reports) تجمع بين الأداء المالي وغير المالي، مما يعزز ثقة المستثمرين ويقلل من مخاطر السمعة. (Eccles, 2018, p. 56)

وتشير تقارير KPMG (2022)إلى أن أكثر من 96%من شركات الطاقة الكبرى في أوروبا وأمريكا الشمالية تصدر حاليًا تقارير استدامة سنوية، مقارنة بـ 38% فقط عام 2011، ما يدل على تطور ثقافة الإفصاح البيئي في القطاع (KPMG., 2022, p49)

3 .تطبيق التقارير المحاسبية البيئية في الجزائر

في الجزائر، ورغم الاهتمام الرسمي المتزايد بقضايا التحول الطاقوي، إلا أن نظام التقارير المحاسبي البيئي لا يزال في مراحله الأولية. فمعظم المؤسسات العمومية والخاصة، بما فيها شركات الطاقة، لا تعتمد بعد على معايير دولية مثل GRI أو ISSBويرجع ذلك إلى عدة أسباب:

- غياب إلزام قانوني صريح للإفصاح البيئي ضمن القوائم المالية.
- نقص الكفاءات المتخصصة في المحاسبة البيئية.

- ضعف البنية التحتية المعلوماتية الخاصة بالبيانات البيئية.

ومع ذلك، فقد بدأت بعض المؤسسات الكبرى مثل **سوناطراك** في اتخاذ خطوات أولية نحو التقارير المستدامة، من خلال إدراج مؤشرات بيئية ضمن تقاريرها السنوية، تتعلق باستهلاك الطاقة والانبعاثات.(Sonatrach, 2022, p. 22)

وقد أشارت وزارة الانتقال الطاقوي والطاقات المتجددة إلى أن الجزائر تسعى إلى تطوير نظام وطني للإفصاح البيئي متوافق مع معايير GRI بحلول عام 2030، كجزء من التزاماتها في إطار اتفاق باريس للمناخ (COP21) (Renouvelables, 2023, p. 6)

4 .الفجوة بين الممارسات المحاسبية البيئية في الجزائر والعالم

تشير المقارنات الدولية إلى وجود **فجوة كبيرة** بين الممارسات المحاسبية البيئية في الدول المتقدمة والنامية. ففي حين تعتمد الشركات الأوروبية والأمريكية على أطر إفصاح متكاملة ومراجعة خارجية مستقلة، تفتقر المؤسسات الجزائرية إلى هذه البنية التنظيمية(World Bank, 2022, p. 84)

كما أن غياب معايير محلية للإفصاح البيئي يؤدي إلى تباين كبير في نوعية البيانات المقدمة، مما يصعب عملية المقارنة بين الشركات داخل القطاع نفسه .(UNCTAD, p. 69, 2021) إضافة إلى ذلك، فإن ضعف ثقافة الشفافية والمساءلة يعيق تطبيق مبادئ **ESG**و**التقارير المتكاملة** التي تربط الأداء المالي بالبيئي.

من جهة أخرى، فإن التمويلات الخضراء والمحفزات الجبائية التي تُشجع على الإفصاح البيئي لا تزال محدودة جدًا في الجزائر مقارنة بدول مثل المغرب أو الإمارات التي أطلقت أسواقًا مالية خضراء.(OECD), 2023, p. 38))

5 .آفاق تطوير نظام التقارير المحاسبي البيئي في الجزائر

لتقليص هذه الفجوة، يمكن للجزائر أن تتبنى نهجًا تدريجيًا لتطوير نظام التقارير المحاسبي البيئي، عبر ثلاث مراحل رئيسية:

- **مرحلة الإطار التشريعي** :إصدار قوانين تُلزم الشركات الكبرى بنشر بيانات بيئية سنوية وفق معايير معترف بها دوليًا.
- **مرحلة بناء القدرات** :تكوين خبراء ومحاسبين متخصصين في المحاسبة البيئية بالتعاون مع الجامعات ومراكز البحث.
- **مرحلة التكامل الرقمي** :إنشاء قاعدة بيانات وطنية للبيانات البيئية تعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي والتحليل الإحصائي لتحسين جودة التقارير(UNEP), 2023, p. 12))

كما يُقترح إنشاء هيئة رقابية بيئية مالية مستقلة تشرف على مراجعة التقارير الصادرة عن الشركات في قطاع الطاقة المستدامة، وتضمن اتساقها مع معايير ISSB GRI (World Bank, 2023, p. 57)

خامسا: نحو نظام تقارير محاسبي يحقق الشفافية والكفاءة البيئية في قطاع الطاقة المستدامة

أصبح من الواضح أن تحقيق التنمية المستدامة في قطاع الطاقة يتطلب أنظمة محاسبية جديدة تتجاوز المفهوم التقليدي للمحاسبة المالية، لتشمل قياس وتقييم الأثر البيئي والاجتماعي لأنشطة المؤسسات. فالنظام المحاسبي البيئي يمثل آلية أساسية للشفافية والمساءلة، ويساهم في توجيه الاستثمارات نحو مشاريع أكثر استدامة وكفاءة (Gray, 2010, p. 48).

وفي ظل التحول العالمي نحو الطاقة النظيفة، تبرز الحاجة إلى نموذج محاسبي قادر على دمج البعد البيئي في التقارير المالية، بما يعزز ثقة المستثمرين ويحد من المخاطر البيئية المرتبطة بالنشاط الاقتصادي .(Schaltegger& Burritt, 2017, p. 92)

1 .الأسس النظرية لبناء نظام التقارير المحاسبي البيئي

يقوم النظام المقترح على ثلاثة مرتكزات نظرية رئيسية:

- **نظرية أصحاب المصالح :(Stakeholder Theory)** التي تؤكد أن المؤسسة لا تعمل فقط لتحقيق أرباح المساهمين، بل يجب أن تأخذ في الحسبان مصالح جميع الأطراف المتأثرة بأنشطتها، بما في ذلك المجتمع والبيئة

- **نظرية الشرعية :(Legitimacy Theory)** حيث تسعى المؤسسات إلى الحفاظ على صورتها الاجتماعية والبيئية من خلال الإفصاح الطوعي والشفاف عن أدائها البيئي.

- **نظرية الوكالة :(Agency Theory)** التي تبرز أهمية التقارير البيئية كأداة لتقليل فجوة المعلومات بين الإدارة والمستثمرين، وتعزيز المساءلة (Jensen, 1976,P312)

هذه الأسس الثلاثة تُشكل الإطار النظري الذي يُبنى عليه النظام المقترح، وتُبرر دمج البعد البيئي في المحاسبة المالية التقليدية.

2 .مكونات الإطار المقترح لنظام التقارير المحاسبي البيئي

يقترح هذا البحث نموذجًا تكامليًا يتكون من **خمس مكونات رئيسية** مترابطة كما يلي:

1.2. الإطار التنظيمي: يتضمن القوانين والسياسات الوطنية التي تُلزم الشركات في قطاع الطاقة بإعداد تقارير بيئية سنوية وفق معايير معترف بها مثل GRI أو IFRS S2. كما يشمل إنشاء هيئة وطنية للرقابة على التقارير البيئية لضمان اتساقها وجودتها(OECD), 2023, p. 42))

2.2. الإطار المؤسسي: يتعلق ببنية الحوكمة داخل المؤسسة، مثل وجود لجان استدامة، ووحدات محاسبة بيئية متخصصة، ومراجعين بيئيين مستقلين(Elkington, 2018, p. 61) .

3.2. الإطار المحاسبي: يُعنى بتطوير دليل محاسبي خاص بالأنشطة البيئية، يتضمن حسابات الانبعاثات، الطاقة المستهلكة، النفايات المعاد تدويرها، والمياه المستخدمة. ويُدرج الأثر البيئي ضمن التقارير المالية الموحدة (Bebbington& Larrinaga, 2024, p. 124)

4.2. الإطار التكنولوجي: يرتكز على رقمنة البيانات البيئية عبر أنظمة معلومات محاسبية خضراء تعتمد على الذكاء الاصطناعي والتحليل البياني لتقليل الأخطاء وتحسين الموثوقية. (UNEP), 2023, p. 17))

5.2. الإطار التواصلي:يُركز على الإفصاح الشفاف عبر نشر التقارير في مواقع المؤسسات، وربطها بمؤشرات الأداء المستدام المعترف بها عالميًا مثل **SDGs** (GRI, 2022, p. 19)

3 .المبررات العلمية والعملية لاعتماد النظام المقترح

يستند اعتماد هذا النظام إلى مجموعة من المبررات، أهمها:

- **تحسين الشفافية والمساءلة :**من خلال توفير بيانات دقيقة عن الأداء البيئي تُسهل تقييم كفاءة المؤسسة من قبل المستثمرين والجهات الرقابية(KPMG, 2022, p. 53)

- **تعزيز الكفاءة البيئية :**إذ تسمح البيانات المنتظمة بتحديد مصادر الهدر الطاقوي وتحسين إدارة الموارد.

الامتثال للمعايير الدولية :مثل GRI وIFRS S2، ما يُسهل جذب الاستثمارات الأجنبية الخضراء.

- **تحقيق ميزة تنافسية :**حيث تُظهر الشركات الملتزمة بالاستدامة أداءً أفضل على المدى الطويل وتستفيد من حوافز ضريبية وتمويلات خضراء(Deloitte, 2023, p. 22)

4 .آليات التطبيق والمتابعة

لتفعيل النظام المقترح، يُوصى باتباع الخطوات التالية:

- **الإصدار الرسمي لمعيار وطني للإفصاح البيئي**، مستوحى من معايير GRI و.ISSB

- **تكوين لجنة وطنية مشتركة** بين وزارتي المالية والبيئة لمتابعة التنفيذ.

- **إدماج مؤشرات الأداء البيئي في القوائم المالية السنوية** لجميع مؤسسات قطاع الطاقة.

-**اعتماد برامج تدريبية** لتأهيل المحاسبين والمراجعين البيئيين

- **تطبيق المراجعة البيئية الخارجية** لضمان مصداقية المعلومات المنشورة.

الخاتمة

يُظهر هذا البحث أن بنا **نظام تقارير محاسبي يحقق الشفافية والكفاءة البيئية في قطاع الطاقة المستدامة** لم يعد خيارًا ثانويًا، بل أصبح ضرورة استراتيجية تمليها التحولات العالمية نحو اقتصاد أخضر منخفض الكربون. فالتحديات البيئية التي تواجه العالم اليوم — من تغير مناخي، واستنزاف للموارد، وتلوث بيئي — تفرض على المؤسسات الاقتصادية، خاصة في قطاع الطاقة، إعادة صياغة دورها في تحقيق التنمية المستدامة. وقد بينت الدراسة النتائج الموالية:

- أن النظام المحاسبي التقليدي، الذي يقتصر على القياس المالي للأداء، لم يعد كافيًا لتقييم القيمة الحقيقية للمؤسسة، إذ يهمل الجوانب البيئية والاجتماعية التي تشكل جزءًا أساسيًا من استدامة النشاط الاقتصادي، من هنا برزت أهمية إدماج **المحاسبة البيئية** ضمن التقارير المالية، باعتبارها أداة لقياس التأثير البيئي وتحليل كفاءة استخدام الموارد الطبيعية؛

- أظهرت نتائج التحليل المقارن أن المؤسسات العالمية الكبرى في قطاع الطاقة، مثل BPوTotalEnergies، قد قطعت شوطًا متقدمًا في تطبيق أنظمة التقارير المستدامة، بينما لا تزال المؤسسات الجزائرية في مرحلة أولية تتطلب تعزيز الأطر التشريعية والتنظيمية وتطوير القدرات البشرية؛

- النظام المقترح في هذا البحث — المكون من الأطر التنظيمي، المؤسسي، المحاسبي، التكنولوجي، والتواصلي — يمثل تصورًا متكاملًا لتحقيق شفافية أكبر في التقارير البيئية، وتوحيد البيانات المالية وغير المالية وفق معايير **GRI**و.**IFRS S2** كما أن التطبيق الناجح لهذا النظام يتطلب إرادة سياسية، ودعمًا حكوميًا، وتحفيزًا مؤسساتيًا لتشجيع الإفصاح البيئي والحوكمة المستدامة في قطاع الطاقة.

ومنه نوصي بما يلي:

- ضرورة دمج البعد البيئي في التشريعات المحاسبية الجزائرية بما يتوافق مع معايير GRI و.IFRS S2؛

-إنشاء هيئة وطنية للرقابة على الإفصاح البيئي تشرف على مراجعة التقارير السنوية؛

- اعتماد التقنيات الرقمية في جمع ومعالجة البيانات البيئية لرفع دقة التقارير؛

- تشجيع المؤسسات على نشر تقارير استدامة سنوية لتعزيز الشفافية وجذب المستثمرين؛

- إدراج مادة المحاسبة البيئية ضمن برامج تكوين المحاسبين والاقتصاديين في الجامعات الجزائرية؛

- هذه الإجراءات تمثل خطوة استراتيجية نحو بناء **نظام تقارير محاسبي وطني مستدام** يحقق الشفافية، الكفاءة البيئية، والمواءمة مع التوجهات الدولية في مجال الطاقة النظيفة.

ختامًا، يمكن القول إن تبني نظام تقارير محاسبي بيئي متكامل هو مفتاح التحول نحو اقتصاد جزائري مستدام قادر على تحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي، العدالة الاجتماعية، والحفاظ على البيئة، بما يتماشى مع التوجهات الدولية وأهداف التنمية المستدامة 2030.

قائمة المراجع:

أولاً: الكتب

1. Bennett, M., & James, P. (2017). *The Green Bottom Line: Environmental Accounting for Management*. Routledge.
2. Burritt, R. L., & Schaltegger, S. (2018). *Sustainability Accounting and Integrated Reporting*. Routledge.
3. Burritt, R. L., & Schaltegger, S. (2017). *Contemporary Environmental Accounting: Issues, Concepts and Practice*. Routledge.
4. Eccles, R. G., & Krzus, M. P. (2018). *The Integrated Reporting Movement: Meaning, Momentum, Motives, and Materiality*. Wiley.
5. Elkington, J. (2018). *The Triple Bottom Line: Rewriting the Future of Business*. Routledge.
6. Epstein, M. J., & Buhovac, A. R. (2014). *Making Sustainability Work: Best Practices in Managing and Measuring Corporate Social, Environmental, and Economic Impacts* (2nd ed.). Berrett-Koehler Publishers.
7. Horngren, C. T., Sundem, G. L., & Elliott, J. A. (2018). *Introduction to Financial Accounting* (12th ed.). Pearson Education.
8. Sullivan, R., & Mackenzie, C. (n.d.). *Responsible Investment and ESG Integration*. Routledge.

ثانياً: المقالات العلمية المحكمة

1. Adams, C. A., & Frost, G. R. (2020). Integrating sustainability reporting into management practices. *Accounting Forum, 44*(2), 150–165. https://doi.org/10.1016/j.accfor.2020.02.002
2. Bennett, M., & James, P. (2017). The green bottom line: Environmental accounting for management. *Routledge*.
3. Bebbington, J., & Larrinaga, C. (2024). Accounting and sustainable development: An exploration. *Accounting, Organizations and Society, 39*(6), 395–413.
4. Bushman, R. M., & Smith, A. J. (2003). Transparency, financial accounting information, and corporate governance. *Economic Policy Review, 9*(1), 65–87.
5. Burritt, R. L., & Schaltegger, S. (2010). Sustainability accounting and reporting: Fad or trend? *Accounting, Auditing & Accountability Journal, 37*(1), 829–846.
6. Burritt, R. L., & Christ, K. L. (n.d.). Industry 4.0 and environmental accounting: A new revolution? *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal, 7*(6), 863–876.
7. Clarkson, P. M., Li, Y., Richardson, G. D., & Vasvari, F. P. (2008). Revisiting the relation between environmental performance and environmental disclosure: An empirical analysis. *Accounting, Organizations and Society, 33*(4–5), 303–327.
8. Dissanayake, D., Tilt, C., & Xydias-Lobo, M. (2016). Sustainability reporting by public listed companies in Sri Lanka. *Journal of Cleaner Production*, 169–182.
9. Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015). ESG and financial performance: Aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment, 5*(4), 210–233.
10. Gray, R. (2002). The social accounting project and accounting organizations and society: Privileging engagement, imaginings, new accountings and pragmatism over critique? *Accounting, Organizations and Society, 27*(7), 687–708.
11. Gray, R. (2010). Is accounting for sustainability actually accounting for sustainability… and how would we know? *Accounting, Organizations and Society, 35*(1), 47–62.
12. Hahn, R., & Kühnen, M. (2013). Determinants of sustainability reporting: A review of results, trends, and gaps. *Journal of Cleaner Production, 59*, 5–21. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.005
13. Healy, P. M., & Palepu, K. G. (2001). Information asymmetry, corporate disclosure, and the capital markets: A review of the empirical disclosure literature. *Journal of Accounting and Economics, 31*(1–3), 405–440.

14. Jensen, M. C., & Meckling, W. H. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics, 4*(3), 305–360.
15. Kolk, A. (2008). Sustainability, accountability and corporate governance: Exploring multinationals' reporting practices. *Business Strategy and the Environment, 17*(1), 1–15.
16. Mathews, M. R. (1997). Twenty-five years of social and environmental accounting research: Is there a silver jubilee to celebrate? *Accounting, Auditing & Accountability Journal, 10*(4), 481–485.
17. Porter, M. E., & van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives, 9*(4), 97–118.
18. Qian, W., & Burritt, R. L. (2011). Environmental management accounting in local government: A case of waste management. *Accounting, Auditing & Accountability Journal, 24*(8), 1080–1110.
19. Tilt, C. A. (2009). Corporate responsibility, accounting and accountants. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, *22*(8), 88–93.

ثالثاً: التقارير والمنشورات المؤسسية

1. Bloomberg. (2023). *Global ESG Investment Report 2023*. Bloomberg Intelligence.
2. BP. (2023). *BP Sustainability Report 2023*. BP Publications.
3. Deloitte. (2023). *Implementing ISSB Standards: Global Insights 2023*. Deloitte Insights.
4. European Commission. (2021). *Directive on Corporate Sustainability Reporting (CSRD)*. Brussels: EU Publications.
5. Global Reporting Initiative (GRI). (2021). *Sector Standards for Oil and Gas*. GRI Publications.
6. Global Reporting Initiative (GRI). (2022). *GRI Standards 2022 Update*. GRI Publications.
7. IFRS Foundation. (2022). *IFRS Sustainability Disclosure Standards Overview*. IFRS Publications.
8. IFRS Foundation. (2023). *IFRS S1 and IFRS S2 Standards*. IFRS Publications.
9. International Energy Agency (IEA). (2023). *World Energy Investment 2023*. IEA Publications.
10. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). *Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2023*. IRENA Publications.
11. KPMG. (2022). *The KPMG Survey of Sustainability Reporting 2022*. KPMG International.
12. Ministère de la Transition Énergétique et des Énergies Renouvelables. (2023). *Stratégie Nationale de Transition Énergétique 2030*. Alger.
13. OECD. (2021). *Sustainable Energy Policies for a Green Recovery*. OECD Publishing.
14. OECD. (2023). *Green Finance and Sustainable Growth in MENA Countries*. OECD Publishing.
15. PwC (PricewaterhouseCoopers). (2023). *ESG Reporting: Building Trust through Transparency*. PwC Global Publications.
16. Sonatrach. (2022). *Rapport Annuel 2022*. Sonatrach Publications.
17. UNCTAD. (2021). *Guidance on Core Indicators for Entity Reporting on Contribution to Sustainable Development*. United Nations.
18. UNEP. (2020). *Environmental Accounting for Sustainable Development*. UNEP Publications.
19. UNEP. (2023). *Digital Transformation and Sustainability Reporting in Emerging Economies*. UNEP Publications.
20. UNIDO. (2019). *Environmental Management Accounting for Cleaner Production*. UNIDO Publications.
21. World Bank. (2022). *World Development Report 2022: The Role of Energy in a Sustainable Future*. World Bank Publications.
22. World Bank. (2022). *Sustainability in Developing Economies: Challenges and Policy Directions*. World Bank Publications.

23. World Bank. (2023). *Environmental Governance for Sustainable Energy Transition*. World Bank Publications.
24. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2002). *Eco-Efficiency: Creating More Value with Less Impact*. Geneva: WBCSD Publications

التمويل الأخضر ودوره في دعم التحول الطاقوي في الجزائر: دراسة تحليلية في ضوء متطلبات التنمية المستدامة

The Role of Green Finance in Supporting Algeria's Energy Transition: An Analytical Approach to Sustainable Development

منصوري منى[1] ، جامعي سارة[2]،

[1] جامعة 20 ات 1955 سكيكدة (الجزائر)، m.mansouri@univ-skikda.dz

[2] جامعة 20 ات 1955 سكيكدة (الجزائر)، s.djamai@univ-skikda.dz

ملخص:

يعدّ التمويل الأخضر ركيزة أساسية لتحقيق التحول الطاقوي في الجزائر، باعتباره آلية مالية تدعم الانتقال نحو الطاقات المتجددة وتعزّز استدامة التنمية الاقتصادية. حيث تهدف هذه الدراسة إلى تحليل دور التمويل الأخضر في دعم عملية التحول الطاقوي، اعتمادا على المنهج الوصفي التحليلي؛ من خلال استعراض الإطار المفاهيمي ومناقشة الواقع الجزائري، وصولًا إلى مقترحات توصية من شأنها تعزيز الاستفادة من هذا النوع من التمويل بما يخدم أهداف التنمية المستدامة. وتشير النتائج إلى أن الجزائر تملك إمكانات كبيرة في مجال الطاقات المتجددة؛ غير أن محدودية الأدوات التمويلية الخضراء، وضعف الأطر القانونية والتنظيمية، تمثلان عقبات رئيسية أمام الانتقال الطاقوي الفعّال. وهو ما يستلزم تبنّي آلية تشاركية شاملة تجمع بين السياسة الطاقوية والتمويل الأخضر، لتحقيق أهداف التنمية المستدامة في الجزائر.

الكلمات المفتاحية: التمويل الأخضر؛ التحول الطاقوي؛ الطاقات المتجددة؛ التنمية المستدامة؛ الجزائر.

تصنيفات JEL : G38،Q48،Q42، Q56، O55.

Abstract :

Green finance constitutes a fundamental pillar for achieving the energy transition in Algeria, as it serves as a financial mechanism that supports the shift toward renewable energy and enhances the sustainability of economic development. This study aims to analyze the role of green finance in supporting the energy transition process by employing a descriptive–analytical approach. It examines the conceptual framework of green finance, discusses the Algerian context, and formulates a set of recommendations to strengthen the effective use of this type of financing in alignment with sustainable development objectives. The findings indicate that Algeria possesses considerable potential in the field of renewable energy; however, the limited availability of green financial instruments and the weakness of legal and regulatory frameworks remain major obstacles to an efficient energy transition. Consequently, the study emphasizes the need for a comprehensive participatory mechanism that integrates energy policy and green finance to achieve the goals of sustainable development in Algeria.

Keywords: Green finance; energy transition; renewable energy; sustainable development; Algeria.

JEL Classification Cods : G38،Q48،Q42 ،Q56 ،O55.

المؤلف المرسل: منصوري منى، **الإيميل**: m.mansouri@univ-skikda.dz

مقدمة

يشهد العالم في الآونة الأخيرة تحولات جوهرية في أنماط إنتاج واستهلاك الطاقة، في ظل تزايد المخاطر المناخية وارتفاع الطلب العالمي على الطاقة النظيفة. وقد أفرزت هذه التحولات اتجاهاً عالمياً نحو الانتقال من نموذج اقتصادي يعتمد على الوقود الأحفوري إلى نموذج منخفض الكربون، يقوم على الطاقات المتجددة والتمويل الأخضر كركيزتين أساسيتين لتحقيق للتنمية المستدامة.

نتيجة لذلك، أصبحت قضية التحول الطاقوي في الدول النامية على غرار الجزائر، من أبرز الأولويات الاستراتيجية التي تستهدف تحقيق الأمن الطاقوي، مع مراعاة البعد البيئي والاجتماعي تماشيا مع اتفاقية باريس للمناخ وأجندة التنمية المستدامة 2030؛ خاصة بالنظر إلى طبيعة الاقتصاد الوطني الذي يعتمد بشكل كبير على قطاع المحروقات. وفي هذا الإطار، يظل التمويل الأخضر أحد العناصر الحاسمة في تمكين هذا التحول، لما يوفره من أدوات مالية مبتكرة قادرة على تعبئة الموارد نحو مشاريع الطاقة النظيفة، وتقليل الانبعاثات الكربونية. ومن هنا تبرز الحاجة إلى دراسة معمقة لواقع وآفاق التمويل الأخضر في الجزائر في ضوء متطلبات التنمية المستدامة.

إشكالية الدراسة:

في ضوء ما سبق يمكننا طرح التساؤل الرئيسي التالي:

كيف يمكن للتمويل الأخضر أن يساهم في دعم مسار التحول الطاقوي في الجزائر، وما هي أبرز التحديات والعوامل التي تؤثر في فعاليته ضمن مسار تحقيق التنمية المستدامة؟

فرضيات الدراسة:

- يُمثل التمويل الأخضر أداة رئيسية لتسريع الانتقال نحو الطاقات المتجددة في الجزائر من خلال توفير موارد مالية مستدامة.
- ضعف الإطار التشريعي والتنظيمي للتمويل الأخضر في الجزائر يُعدّ من أبرز العوائق أمام تمويل مشاريع التحول الطاقوي.
- تطوير أدوات مالية مبتكرة (كالسندات والصكوك الخضراء) وتوسيع الشراكات الدولية من شأنه أن يعزز قدرة الجزائر على تعبئة التمويلات وتنويع مصادرها لدعم التحول الطاقوي المستدام.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى:

- توضيح الإطار المفاهيمي لكل من التمويل الأخضر والتحول الطاقوي وبيان العلاقة التكاملية بينهما.
- تحليل واقع التمويل الأخضر في الجزائر وتحديد دوره في دعم مشاريع التحول الطاقوي.
- تشخيص أهم التحديات التي تواجه تطبيق آليات التمويل الأخضر واقتراح حلول عملية لتعزيز فعاليته.
- استشراف الفرص الممكنة والآفاق بتطوير منظومة تمويل أخضر مستدامة تواكب أهداف التنمية المستدامة وأجندة 2030.

أهمية الدراسة:

تنبع أهمية هذا البحث من كونه يُسهم في إثراء النقاش الأكاديمي حول التمويل الأخضر بصفته آلية مستحدثة لتحقيق التنمية المستدامة خاصة في الدول النامية؛ ويُبرز الدور الاستراتيجي للتمويل الأخضر في تحقيق تحول طاقوي فعّال في الجزائر. كما تكتسي أهميته البعد التطبيقي لكون نتائجه قد تُفيد صانعي القرار في صياغة سياسات مالية وتشريعية جديدة تدعم الاقتصاد الأخضر.

منهج الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج **الوصفي التحليلي**، من خلال تحليل الأدبيات الأكاديمية والتقارير الدولية ذات الصلة بالتمويل الأخضر والتحول الطاقوي، مع التركيز على البيانات الوطنية الجزائرية المتعلقة ببرامج الطاقات المتجددة وآليات التمويل المستخدمة، بهدف استنباط الروابط بين الإطار المالي والسياسات الطاقوية.

الدراسات السابقة:

- **Noureddine Abdelkader (2022), Green Finance and The Sustainable Development Goals: A Review of Some International Experiences, *Journal of Economics and Sustainable Development, University of El Oued, Algeria,* 5 (02):**

هدفت هذه الدراسة إلى تقديم مراجعة تحليلية لمدى ملاءمة آليات التمويل الأخضر لمتطلبات تحقيق أهداف التنمية المستدامة في السياق العربي، مع استخلاص دروس قابلة للتطبيق في الجزائر. اعتمادا على منهج وصفي-تحليلي (مراجعة أدبيات وطنية وإقليمية) بتحليل تجارب دولية واستخلاص عناصر النجاح والفشل. وقد توصلت إلى أن التمويل الأخضر يظهر كخيار استراتيجي لدعم التحول الطاقوي، لكن تطبيقه يواجه تحديات مؤسسية وقانونية في العديد من الدول العربية، مع غياب أطر تصنيف وطنية ومعايير توحيد تقارير استخدام العائدات.وتوصي الدراسة بتوجيه الجهود نحو تأسيس أطر تنظيمية وطنية(Green Taxonomy) ، تعزيز قدرات الجهات المالية، وربط برامج التمويل الأخضر بحزم حوافز ضريبية ومزايا تشجيعية لجذب رؤوس الأموال المحلية والدولية.

- **Bouznit, M., del P. Pablo-Romero, M., & Sánchez-Braza, A. (2020). Measures to Promote Renewable Energy for Electricity Generation in Algeria. *Sustainability, 4*(12):**

هدفت الدراسة إلى هدفت هذه الدراسة إلى تحليل الإطار التشريعي والمؤسساتي والمالي الذي يحكم قطاع الطاقات المتجددة في الجزائر، وتقييم الإجراءات الحكومية الهادفة إلى تعزيز الاستثمار في هذا المجال خلال الفترة 2015–2030، مع التركيز على أدوات الدعم المالي مثل نظام التعرفة التحفيزية (Feed-in Tariff) والحوافز الجبائية والمناقصات التنافسية. تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي من خلال دراسة النصوص القانونية، ومراجعة البرامج الوطنية، وتحليل البيانات المتعلقة بمزيج الطاقة الحالي والمستقبلي. أظهرت النتائج أن الجزائر تمتلك إمكانات ضخمة في مجال الطاقة الشمسية والرياح، غير أن التحول نحو الطاقات المتجددة ما يزال بطيئًا بسبب محدودية التمويل الأخضر وضعف الإطار التنظيمي القادر على جذب المستثمرين. وأوصت الدراسة بضرورة تفعيل أدوات التمويل الأخضر (مثل السندات الخضراء والصناديق المناخية) وتوسيع الشراكة بين القطاعين العام والخاص لتسريع تنفيذ المشاريع وتحقيق أهداف مزيج الطاقة بحلول عام 2030.

مصطلحات الدراسة

- التمويل الأخضر :(Green Finance) تمويل الأنشطة والمشاريع التي تهدف إلى حماية البيئة، أو تقليل الانبعاثات الكربونية، أو تعزيز استخدام الموارد الطبيعية بشكل مستدام.
- التحول الطاقوي :(Energy Transition) عملية الانتقال التدريجي من نظام يعتمد على الطاقات الأحفورية إلى نظام يقوم على الطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة.
- التنمية المستدامة :(Sustainable Development) هي تنمية تلبّي احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال المقبلة على تلبية احتياجاتها، مع تحقيق التوازن بين الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

1- الإطار المفاهيمي للتمويل الأخضر وعلاقته بالتحول الطاقوي

1-1- مفهوم التمويل الأخضر :

مع استمرار توسع الأبحاث المتوفرة حول التمويل الأخضر، يتزايد أيضًا الميل إلى فهم ومعرفة ما يعنيه هذا المفهوم، ونتيجة لذلك، فقد قدمت العديد من الدراسات وتقارير المنظمات بوضع تعريفات عديدة إما متداخلة أو متنوعة، الأمر الذي ساهم في كثير من الأحيان لسوء التفسير وسوء الاستخدام، في ظل غياب تعريف رسمي للتمويل الأخضر، مما يشكل تحديًا كبيرًا في فهم ماهيته ولذلك جرت عدة محاولات لتعريفه، ومع مرور الوقت فقد جوهره الحقيقي.

في هذا السياق نجد دراسة **Zhang et al. (2019)** والتي أشارت لوجود خلط كبير بين مفهوم التمويل الأخضر وتمويل المناخ على الرغم من الاختلاف الدقيق في التعريفين**(Zhang , Zhang , & Managi , 2019,P427)** ، إلا أن جوهر كلا المصطلحين هو أدوات التمويل للتعامل مع تغير المناخ وغيرها من أجل الاستدامة وبالمثل (**Khan**، **Riaz**، **Ahmed**، و **Saeed**، 2022،**P587**)، يشير دراسة **Muhammad Irfan & al** إلى أن "مفهوم التمويل الأخضر ليس واضحًا بعد، ولم يتوصل الباحثون بعد إلى توافق في الآراء بشأن تعريفه"، ولكن في وقت لاحق، يشير إلى أنه "... من الواضح أنه "تمويل التخفيف من آثار تغير المناخ "يتناسب مع نطاق وسياق التمويل الأخضر". ويشار أيضًا إلى أنه "على الرغم من أن التمويل الأخضر ليس له تعريف موحد بعد ويتداخل مع تمويل البيئة والمناخ والكربون، إلا أنه أداة تمويل أساسية لمعالجة التغير البيئي (**Irfan**، **Razzaq** ، و **Sharif** ، **P**,2022)

من خلال مراجعة الدراسات الأكاديمية التي تناولت المصطلح نجد أن أول منشور متعلق بالتمويل الأخضر كان عام 1997، بالرغم من ذلك فإن أول تعريف أكاديمي له كان عام 2012

على العموم فيما يلي تعريف التمويل الأخضر من قبل بعض المنظمات العالمية **(Singh Dhayal , Shashwat , & Kumar Giri , 2025)**:

تعريف منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية **(OECD)**: "التمويل الأخضر هو تمويل لتحقيق النمو الاقتصادي مع تقليل التلوث وانبعاثات الغازات الدفيئة وتقليل النفايات وتحسين الكفاءة في استخدام الموارد الطبيعية

بنك الشعب الصيني "تشير سياسة التمويل الأخضر إلى سلسلة من الترتيبات السياسية والمؤسسية لجذب استثمارات رأس المال الخاص إلى الصناعات الخضراء مثل حماية البيئة والحفاظ على الطاقة والطاقة النظيفة من خلال الخدمات المالية بما في ذلك الإقراض وصناديق الأسهم الخاصة والسندات والأسهم والتأمين "

مؤسسة التمويل الدولية **(2013) (IFC)**:" يتم تعريف التمويل الأخضر على أنه تمويل الاستثمارات التي توفر فوائد بيئية"

مجموعة العشرين لدراسة التمويل الأخضر**G20**:"" يتم تعريف التمويل الأخضر على أنه تمويل الاستثمارات التي توفر فوائد بيئية في السياق الأوسع للتنمية المستدامة بيئيا".

لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لآسيا والمحيط الهادئ**UNESCAP)** : التمويل الأخضر هو نوع من التمويل الموجه نحو المستقبل والذي يسعى في نفس الوقت إلى تطوير الصناعة المالية وتحسين البيئة والنمو الاقتصادي.

1-2- مفهوم التحول الطاقوي

ظهر مفهوم التحول في مجال الطاقة في ألمانيا والنمسا في أوائل ثمانينيات القرن الماضي. وأول من أنشأ هذا المصطلح: جمعية Öko-Institut الألمانية، حيث هدفت من خلال ذلك للتخلي عن الاعتماد على الوقود الاحفوري والانشطاري، مما يعني التحول من نظام الطاقة الحالي القائم على موارد غير متجددة إلى مزيج طاقة قائم على الموارد المتجددة .ويمثل هذا تحولاً جذرياً في سياسة الطاقة: تحول من سياسة تعتمد على إمدادات الطاقة إلى سياسة تحددها تلبية الطلب الاجتماعي على خدمات الطاقة، ومن الإنتاج المركزي من الموارد القابلة للنضوب إلى الإنتاج اللامركزي والمتجدد HAMAZ & AIT) TALEB, 2020,P259)

مفهوم التحول الطاقوي هو: يعد من بين الأعمدة الأساسية للانتقال البيئي، كونه يعبر عن المرور من نظام الوقود الأحفوري واستخدام الموارد غير المتجددة إلى مزيج الطاقة التي تقوم أساسا علة الموارد المتجددة، الى بعض أنواع الوقود

الانشطارية (المواد المشعة مثل اليورانيوم) ويوفر الانتقال الطاقوي استبدال الطاقة التقليدية تدريجيا عن طريق مصادر الطاقة المتجددة (بن عبو و طيب، 2018،ص38)

على العموم فيمكن القول أن التحول الطاقوي عملية متعددة الأبعاد ، ينبغي أن تسهم في بناء نموذج طاقة جديد يختلف عن النموذج الحالي، بحيث يهدف إلى تحليل كيفية التقارب نحو نظام طاقة أكثر دعما للبيئة وأكثر استدامة

1-3- دور التمويل الأخضر في دعم التحول الطاقوي:

بناء على الدراسات التطبيقية يمكن اجمال دور التمويل الأخضر في دعم التحول الطاقوي في النقاط التالية:

- ✓ **توجيه رأس المال إلى المشاريع منخفضة الكربون:** يوفر التمويل الأخضر مصادر تمويل أقل كلفة أو بمخاطر مدعومة للمشاريع المتعلقة بالطاقة المتجددة أو كفاءة الطاقة، مما يقلّل الحاجز المالي أمام تنفيذ هذه المشاريع) Elhaj, Mabrouk, & Alotaibi, 2025,PP12-13)
- ✓ **تحفيز الابتكار التقني والبُنى الصناعية الجديدة**: التمويل الأخضر يمكن أن يدعم الأبحاث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة، ويشجّع الشركات على التحول إلى عمليات أكثر نظافة، مما يؤدي إلى تحسين كفاءة الطاقة أو تغيير هيكل الطاقة (Ma,PP 12-16 و Jiang، 2025)
- ✓ **تحسين هيكل الطاقة وكفاءة الاستخدام:** من خلال تحويل الاستخدام نحو طاقة أقل كثافة كربونياً، وزيادة نسبة الطاقة المتجددة داخل مزيج الطاقة، وتحسين كفاءة الطاقة (أي استهلاك أقل لكل وحدة الإنتاج أو الناتج المحلي) (Wenhua , Qixiang , Naixin , & Jian , 2025)
- ✓ **إحداث تغييرات مؤسسية وتنظيمية:** التمويل الأخضر يُعبّر أيضاً عن تغيّر في السياسات المالية والتنظيمية، حيث الحكومات والمصارف المركزية تضع أطرًا وسياسات لمخاطر المناخ وتحدد أنشطة التمويل الضارة بالبيئة. (Park و Kim، 2020، P)
- ✓ **تعبئة رأس المال الخاصّ على نطاق** واسع — (Crowding-in) التمويل الأخضر (وخاصة سندات خضراء وصناديق استثمار متخصصة) يجذب مستثمرين كبار ويُسهِم في تمويل مشاريع طاقة متجددة واسعة النطاق التي تفوق قدرة القطاع العام وحده .
- ✓ **خفض مخاطر المشاريع (De-risking) لجذب المستثمرين** —أدوات مثل الضمانات، التسهيلات الائتمانية المدعومة، والصناديق المدمجة (blended finance) تقلّل المخاطر الأولية للمستثمرين في مشاريع الطاقة النظيفة، ما يزيد الاستثمارات الخاصة خصوصًا في الأسواق الناشئة .
- ✓ **تطوير أدوات وأسواق تمويل جديدة (مثل** السندات الخضراء، القروض الخضراء، وصناديق المناخ) —هذه الأدوات تُمكّن من ربط مصادر تمويل طويلة الأجل بمشروعات البنية التحتية الطاقوية المتجددة وتسهيل تجميع مشاريع صغيرة إلى محفظات قابلة للاستثمار.
- ✓ **دمج مخاطر المناخ في إدارة الاستقرار المالي — (Climate risk & stress-testing)** إدخال اختبارات الضغط المناخي وإدارة مخاطر المناخ في بنوك ومؤسسات مالية يشجّعها على إعادة توجيه محافظها بعيدًا عن الأصول كثيفة الكربون ودعم مشاريع الطاقة النظيفة .
- ✓ **دعم الوصول للطاقة والأنظمة الموزعة — (Off-grid & distributed solutions)** تمويل المشاريع الصغيرة والمتوسطة للطاقة المتجددة خارج الشبكة (خاصة في الريف والمناطق النامية) عبر آليات مخصّصة يساعد على نشر الكهرباء النظيفة بسرعة .
- ✓ تعزيز البحث والتطوير والابتكار الصناعي —القروض والمنح والتمويل المخاطرى يمكن أن تسرّع تطوير تقنيات تخزين الطاقة، الشبكات الذكية، والمنتجات المحلية التي تخفّض تكلفة التحول الطاقوي على المدى المتوسط-الطويل .

- ✓ تمويل تحوّل سلاسل الإمداد — (supply-chain decarbonization) التمويل الأخضر يمكن أن يُستخدم لدعم مشاريع تقليل الانبعاثات في قطاعات صناعية مرتبطة بالطاقة (مثل التعدين، الصلب)، وبالتالي خفض الانبعاث عبر سلسلة الإنتاج وليس فقط في مشروع الطاقة نفسه. (أمثلة وشواهد شراكات صناعية) .
- ✓ إدماج البعد الاجتماعي والعدالة — (Just transition / social inclusion) توجيه تمويل أخضر مُصمَّمًا يأخذ بعين الاعتبار العمال المتأثرين وتحويل القدرات يساعد على تقليل الآثار الاجتماعية السلبية للانسحاب من الوقود الأحفوري ويُسهِم في قبول سياسي واجتماعي أوسع .
- ✓ تحسين قدرة السوق على تقييم ومُقارنة المشاريع (شفافية ومقاييس الأثر) —تطوير معايير قياس الأثر والحوكمةESG-metrics) ، تصديق السندات الخضراء (يرفع ثقة المستثمر ويقلّل مخاطر الgreen-washing ، ما يجعل التمويل أكثر فعالية في التوجيه نحو مشاريع ذات أثر حقيقي.
- ✓ تعزيز المرونة والتكيّف المناخي للبُنى التحتية الطاقوية —التمويل الأخضر لا يقتصر على خفض الانبعاثات؛ بل يمول أيضًا تدابير تكيّف للبنية التحتية الطاقوية (مقاومة للكوارث، تأمين الشبكات)، ما يضمن استمرارية الطاقة النظيفة على المدى الطويل.
- ✓ **ضغط موازٍ على تقليل تمويل الوقود الأحفوري — (policy/prudential leverage)** إدماج معايير المناخ في سياسات الإقراض والرقابة قد يحدّ تدريجيًا من توافر رأس المال لأصول الوقود الأحفوري، وهذا دور تحويلي غير مباشر لكنه مهم. (مع ملاحظة أن بعض البنوك ما تزال تموّل الوقود الأحفوري بكثافة) .

2- التمويل الأخضر في الجزائر كرافعة للتحول الطاقوي

2-1- لمحة عن الأهداف الطاقوية والقدرات المتجددة في الجزائر

تُعتبر الجزائر دولةً نامية يعتمد اقتصادها بشكلٍ رئيسي على عائدات النفط والغازات الهيدروكربونية. ومن أجل مواجهة تحديات التغير المناخي، تسعى الجزائر خلال السنوات الأخيرة إلى إرساء أسس تحول طاقوي شامل، يوازن بين متطلبات الأمن الطاقوي الداخلي والالتزامات الدولية المتعلقة بخفض انبعاثات الكربون. فقد بدأت الدولة في وضع استراتيجيات طويلة المدى وأهداف طموحة لتنويع مزيجها الطاقوي، عبر تطوير مصادر الطاقة المتجددة خاصة الشمسية والريحية؛ بإنشاء محطات توليد جديدة بطاقة إجمالية قدرها 15 جيغاواط بحلول عام 2035 (تكملة لأبرز المشاريع الوطنية في مجال الطاقة المتجددة في الجزائر ألا وهو: البرنامج الوطني في الجزائر 2011-2030 الذي يهدف لتأسيس قدرة ذات أصول متجددة بحوالي 22000 ميغاوات، منها 12000 ميغاوات موجهة لتغطية الطلب الوطني على الكهرباء، 10000 ميغاوات موجهة للتصدير)؛ إضافة إلى مشاريع مرحلية ومبادرات مثل:" 1000ميغاواط للطاقة الشمسية "وتراخيص لمزايدات أكبر (دعوات لإنشاء مشاريع بسعة 2 جيغاواط). هذه الأهداف مدعومة بخطط تنفيذية وطنية مع التركيز على ولايات الجنوب.(IEA, 2025)

هذا ما أكدت عليه فعالية **Renpower Algeria 2023** التي تم تنظيمها بالجزائر العاصمة في سبتمبر 2023، مصرحة أن الجزائر تخطط لتركيب قدرات متجددة تبلغ 15 جيغاواط بحلول عام 2035، أي بمعدل يقارب 1000 ميغاواط سنويًا من الطاقات الجديدة، إضافةً إلى 1000ميغاواط خارج الشبكة في المناطق النائية والصحراوية بحلول عام 2030 . كما اتخذت الحكومة الجزائرية المزيد من الخطوات، حيث تم تأسيس مؤسسات متخصّصة مثل "وزارة الانتقال الطاقوي والطاقات المتجددة" وشركة "**Shaems**" المكلّفة بتطوير المشاريع الكبرى في هذا المجال. (Euroconvention Global, 2023)

وبالنسبة لمشروعي: **" 2000 ميغاواط"، و" Solar 1000 MW"** الذين تمت الإشارة إليهما آنفا؛ فقد تم التوقيع النهائي على العقود مع المؤسسات الوطنية والأجنبية الفائزة بهذه الصفقات في مارس 2024. حيث قامت وزارة الطاقة والمناجم من خلال **مجمع سونلغاز** (فرع الطاقات المتجددة) في سنة 2023، بإسناد مؤقت لصفقات المشاريع الوطنية والدولية الخاصة بإنجاز هذين المشروعين الإستراتيجيين في نمط EPC(الهندسة، التوريد، والإنشاء). أين يهدف مشروع 2000ميغاواط إلى إنشاء (15) محطة للطاقة الشمسية الكهروضوئية موزعة على اثنتي عشرة (12) ولاية، بطاقة تتراوح بين 80و220 ميغاواط

لكل محطة؛ في حين يتضمن مشروع " 1000 ميغاواطSolar" (05) محطات شمسية بطاقة تتراوح بين 50و300 ميغاواط موزعة على خمس ولايات.

وقد أطلقت الوزارة في 31ديسمبر 2023 من خلال مجمع سونلغاز، مناقصة جديدة لإنجاز محطة شمسية كهروضوئية بقدرة 200 ميغاواط مزودة بنظام لتخزين الطاقة في منطقة غار جبيلات بولاية تندوف، من أجل دعم مشروع استغلال منجم الحديد الجاري تطويره هناك. ومع إنجاز 21 محطة للطاقة الشمسية الكهروضوئية (بما في ذلك محطة غار جبيلات)، والتي تمثل قدرة إجمالية قدرها 3200ميغاواط، إلى جانب المشاريع الأخرى قيد التنفيذ؛ من المتوقع أن تتجاوز القدرة الإجمالية المركبة في الطاقات المتجددة عتبة 4000 ميغاواط خلال المراحل المقبلة. وهي من أكبر المشاريع التي تُظهر التحول من التخطيط إلى التنفيذ، حيث تندرج هذه المبادرات ضمن برنامج وطني طموح يهدف إلى جعل الطاقات المتجددة تمثل حوالي 30% من المزيج الكهربائي الوطني بحلول عام 2035. (Commission for Renewable Energy and Energy Efficiency CEREFE, 2024, P 1-6)

ورغم التقدّم المسجّل،إلا أن التحول الطاقوي في الجزائر لازال يواجه تحديات هيكلية تتعلق أساسًا بضعف تنويع أدوات التمويل، وغياب سوق مالية خضراء قادرة على تعبئة الاستثمارات اللازمة. إذ تشير تقديرات وزارة الانتقال الطاقوي إلى أن تحقيق الأهداف المسطرة يتطلب استثمارات كبيرة في الفترة المقبلة؛ وهو ما يجعل تطوير آليات التمويل الأخضر (مثل السندات الخضراء، وصناديق الاستثمار الطاقوي) ضرورة حيوية لتسريع وتيرة التحول.

2-2- واقع التمويل الأخضر لدعم التحول الطاقوي في الجزائر

يعد التمويل الأخضر أحد الركائز الضرورية لتفعيل عملية التحول الطاقوي في الجزائر، نظراً للحاجة إلى تعبئة موارد ضخمة للاستثمار في الطاقات المتجددة والبنية التحتية الطاقوية الجديدة. ولهذا تسعى الجزائر إلى توفير مصادر مختلفة للتمويل، حيث يمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسين:

أولا. مصادر تمويل محلية: ويمكن تلخيص أبرز هذه المصادر فيما يلي:

- **الرسوم والضرائب**: في إطار التوجه نحو الإصلاح الجبائي الأخضر الذي عمدت إليه الجزائر فقد تم إقرار مجموعة من الضرائب والرسوم البيئية كمحاولة لوضع حد لمختلف أنواع التلوث، وخاصة تلوث الماء والهواء، مثل: الرسم المتعلق بالنشاطات الملوثة والخطيرة على البيئة: حيث يقدر مبلغ الرسم ب 9000دج للمنشآت المصنفة ضمن الأنشطة الخاضعة للتصريح و20000دج بالنسبة للمنشآت المصنفة لرخصة رئيس المجلس الشعبي البلدي و120000دج للمنشآت المصنفة ضمن الأنشطة الخاضعة لرخصة الإقليم. وغيره من رسوم النفايات الصلبة والرسم الخاص بالانبعاثات الصناعية السائلة... إلخ. (official journals , 2025)

وفي إطار الحوافز التشريعية والضريبية وأدوات التمويل المختلطة المتعلقة بالتحول الطاقوي، تجدر الإشارة أيضا إلى أن مسودة قانون المالية لعام 2026 (**PLF 2026**) تأتي بتدابير تشجيعية للاستثمار في الطاقات المتجددة والهيدروجين الأخضر، وتقليل الرسوم الجمركية لمكونات الطاقة الشمسية، مع دعم التعاون بين القطاعين العام والخاص عبر أدوات مثل الصكوك السيادية الخضراء والضمانات الحكومية. كما تدرس الجزائر إصدار صكوك خضراء/إسلامية (sukuk) لتمويل مشاريع الطاقة المتجددة والبنى التحتية المرتبطة بها. (Invest, 2025)

- **الصناديق الحكومية المخصصة للطاقة المتجددة والكفاءة الطاقوية**: مثل: الصندوق الوطني للطاقات المتجددة **(FNRE)**، وتمويله عبر تخصيص 0.5% من الإتاوات البترولية، ثم الصندوق الوطني للطاقات المتجددة والتوليد المشترك**(FNREC)** ، ورفع نسبة التمويل الحكومي إلى 1%من الإتاوات البترولية، يهدف هذا الصندوق إلى تشجيع إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقات المتجددة ومن أنظمة التوليد المشترك للطاقة، إضافة إلى تحسين كفاءة تسيير الطاقة. (Bouznit, del P. Pablo-Romero , & Sánchez-Braza, 2020, p5)

ثانيا. مصادر التمويل الدولية والمنح والمنظمات متعددة الأطراف:

فعلى سبيل المثال، حصلت الجزائر سنة 2023 على تمويل من "الصندوق الأخضر للمناخ" Green Climate Fund (3.2 مليون دولار) لدعم خطة التكيّف مع تغيّر المناخ(Green Climate Fund, 2025) . حيث تعتمد الجزائر على التمويل الدولي لدعم التحول الطاقوي، من خلال شراكات استراتيجية ومشاريع مشتركة مع دول ومنظمات دولية مثل الاتحاد الأوروبي وألمانيا، وبرامج تمويلية عبر مؤسسات متعددة الأطراف (البنك الدولي، البنك الإفريقي للتنمية). كما تهدف إلى جذب استثمارات بقيمة 60 مليار دولار في مشاريع طاقة متنوعة بحلول عام 2029، مع التركيز على توسيع الطاقة المتجددة وتنويع مصادر الدخل لدعم أهدافها الطاقوية والبيئية . ومن أمثلة هذه الشراكات نذكر:

- **التمويلات المشتركة:** حيث تتلقى الجزائر تمويلات دولية مثل مشروع "طاقتي+" الذي يهدف إلى دعم التحول الطاقوي عبر الاستثمار في الطاقات المتجددة والهيدروجين الأخضر وكفاءة الطاقة؛ أين يساهم الاتحاد الأوروبي والحكومة الألمانية في تمويل المرحلة الحالية من المشروع .(وزارة المحروقات والمناجم ، 2025)
- **الشراكات الاستراتيجية:** حيث تسعى الجزائر إلى تعزيز دورها في سوق الهيدروجين الأخضر من خلال شراكات مع شركات دولية كبرى مثل إيني (Eni) وسينوبك (.(Sinopec كما تنضم لشبكات دولية مثل التحالف الأفريقي للهيدروجين الأخضر بهدف تعزيز التعاون الدولي وتبادل الخبرات والوصول إلى فرص تمويل واستثمار. (براهمي، 2025)

تعد مصادر التمويل هذه مفيدة لكنها تبقى محدود القيمة مقارنة بالحاجات الضخمة للمشاريع. كما أنها تتطلّب بنى تنفيذية ومتابعة دقيقة، وهو ما يُعد تحدياً في السياق المحلي.

من خلال ما سبق، نلاحظ أن الجزائر تواجه مرحلة انتقالية في مسارها الطاقوي؛ فبينما تضاعف الدولة أهداف تصاعدية طموحة للطاقات المتجددة؛ تبقى مسألة تعبئة التمويل هي العامل الحاسم الذي يفصل بين الخطط الإعلانية والتنفيذ الفعلي للمشروعات. والتمويل الأخضر هنا لا يُقصد به مجرد منح قروض أو إعانات، بل هو منظومة أدوات مالية ومؤسسية (تشمل السندات والصكوك الخضراء، صناديق الاستثمار المختلط، خطوط الائتمان الميسرة، ضمانات المخاطرة) مصممة خصيصًا لتمويل المشروعات منخفضة الانبعاثات والمستدامة، كالطاقة الشمسية والرياح وتخزين الطاقة.

وبالنظر إلى الواقع العملي، يمكن القول بأن منظومة التمويل الأخضر في الجزائر لازالت قيد التبلور والإنجاز، وهي ليست سوقًا متكاملة بعد؛ فهناك مبادرات ومشروعات حكومية واسعة، إضافة إلى توافر مؤسسات دولية وجهات تمويلية وإشرافية، لكن أدوات السوق المحلية كسوق سندات خضراء سيادية، أو صناديق رأس مال مخاطرة مخصصة لأعمال الخضراء، لا تزال محدودة الانتشار أو غير مكتملة الإطار التنظيمي والمؤسساتي. وهذا ما يفسّر التباين بين الطموح في الأهداف المعلنة والحجم الفعلي للقدرات المركّبة على أرض الواقع.

3-2- تحديات وفرص تعزيز التمويل الأخضر لتمكين التحول الطاقوي في الجزائر

رغم تبنّي الجزائر لعدد من المبادرات والسياسات الداعمة للتحول الطاقوي، إلا أن منظومة التمويل الأخضر ما تزال تعاني من مجموعة من العراقيل، أبرزها: (Ragab و Medhat، 2025)(OECD, 2022, pp 49-56)

- **ضعف الإطار القانوني والتنظيمي** :فالنظام المالي الجزائري لازال يفتقر إلى تشريعات واضحة تنظم أدوات التمويل الأخضر (كالسندات والصكوك الخضراء) أو آليات تصنيف المشاريع البيئية (taxonomy) ونظم تقارير استخدام العائد لتي تعد شرطًا لإصدار أدوات خضراء موثوقة؛ وهو ما يُضعف من ثقة المستثمرين المحليين والدوليين في جدوى تمويل المشاريع الخضراء؛
- **ضعف الضمانات والحوافز الجبائية والمالية**: فالبنوك والمؤسسات المالية المحلية تحتاج إلى آليات تقاسم مخاطر (ضمانات جزئية أو خطوط ائتمان ميسّرة) لتقليل كلفة رأس المال للمشاريع الخضراء؛ كما أن الجزائر لا تتوفر بعد

على منظومة تحفيزية قوية تشجع المؤسسات على توجيه استثماراتها نحو القطاعات الخضراء، سواء من خلال إعفاءات ضريبية أو تسهيلات ائتمانية للمشاريع المستدامة؛

- **محدودية القدرات المؤسساتية**: فهناك نقص في الكفاءات المحلية المتخصصة في تقييم وقياس المخاطر البيئية والجدوى الاقتصادية للمشاريع الخضراء، وكذا إعداد مستندات استثمارية مؤهلة للسندات أو الصناديق الخضراء. مما يجعل البنوك تميل إلى تمويل المشاريع التقليدية ذات العائد المضمون؛
- **محدودية الولوج إلى التمويل الدولي** :فرغم توفر صناديق دولية ضخمة مثل صندوق المناخ الأخضر **(GCF)** وصندوق البيئة العالمي**(GEF)** ، إلا أن الإستفادة منها كانت محدود بسبب ضعف المشاريع المؤهلة للتمويل الدولي، وصعوبات إعداد الملفات التقنية وفق المعايير العالمية.

في المقابل، فإن البيئة الاقتصادية والسياسية وغيرها من العناصر التمكينية في الجزائر؛ تتيح جملة من الفرص التي يمكن أن تشكل قاعدة لانطلاقة فعالة للتمويل الأخضر:

- **الإمكانات الكبيرة في قطاع الطاقات المتجددة** :تمتلك الجزائر موارد طبيعية هائلة في الطاقة الشمسية والرياح، (أكثر من 3,000 ساعة إشعاع شمسي سنويًا)، ما يجعل الاستثمار في هذه المجالات ذا جدوى اقتصادية عالية؛
- **الإرادة السياسية والتحول المؤسسي** :الأمر الذي دفع إلى تشكّل هياكل تنفيذية، كالمؤسسات الوطنية لإدارة المشروعات المتجددة (مثل "البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة 2035"، الذي يشجع على الشراكات بين القطاعين العام والخاص لتمويل مشاريع التحول الطاقوي)؛
- **تزايد الاهتمام الدولي بالاستثمار الأخضر** :فاستقطاب أدوات تمويل دولية هجينة (blended finance) سيعمل على تقليل مخاطر المشاريع الأولية وتشجيع دخول القطاع الخاص، حيث يمكن للجزائر الإستفادة من تزايد توجه مؤسسات التمويل الدولية نحو تمويل مشاريع منخفضة الكربون، خاصة ضمن برامج البنك الإفريقي للتنمية (AfDB)والبنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية(EBRD) ، اللذين يدعمان التحول الطاقوي في إفريقيا. Banque) africaine de développement (afdb), May 2020, pp 3-11)

بناءً على ما سبق، فإنّ تعزيز مسار التمويل الأخضر لتمكين التحول الطاقوي في الجزائر، يجب أن يتم ضمن خطة متكاملة تركز على عدة نقاط أبرزها:

- **إصلاح الإطار التشريعي والمؤسساتي: عن طريق** إعداد قانون وطني للتمويل الأخضر يحدد المفاهيم والآليات وأدوات التصنيف البيئي للمشاريع (Green Taxonomy) وفق المعايير الدولية. إضافة إلى إنشاء هيئة وطنية للتمويل المستدام تضم ممثلين عن وزارة المالية، وزارة الانتقال الطاقوي، والبنك المركزي؛ لتنسيق الجهود ومتابعة المشاريع الخضراء؛
- **طوير الأدوات المالية الخضراء:** بإطلاق السندات والصكوك الخضراء لتمويل مشاريع الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، مع ضمان دعم حكومي أو مؤسساتي أولي لخفض المخاطر. إضافة إلى تشجيع البنوك العمومية والخاصة على إنشاء محافظ استثمارية خضراء، وتخصيص نسب من التمويلات لمشاريع صديقة للبيئة.
- **تحفيز ريادة الأعمال والاستثمار الخاص:** بمنح حوافز ضريبية وجمركية للمؤسسات الناشئة في المجالات المتجددة وإعادة التدوير وكفاءة الطاقة. وإنشاء صناديق دعم وطنية بالشراكة مع المستثمرين الدوليين والبنوك التنموية لدعم الابتكار الأخضر.
- **تعزيز القدرات التقنية والمؤسساتية:** عن طريق تكوين الموارد البشرية المالية والتقنية في مجالات تقييم المشاريع البيئية وإدارة المخاطر المناخية، مع إدماج معايير الاستدامة في التسيير العمومي وعمليات المشتريات الحكومية (Green Procurement).

- **توسيع الشراكات والتعاون الدولي:** تعزيز فرص الولوج إلى صناديق التمويل الدولية (صندوق المناخ الأخضر (GCF)،صندوق البيئة العالمي(GEF)) عبر إعداد ملفات مشاريع مؤهلة بمعايير تقنية عالي؛ وتشجيع الشراكات مع المؤسسات المالية الإقليمية (البنك الإفريقي للتنمية، البنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية) لتنفيذ مشاريع تجريبية في الطاقة الشمسية والهيدروجين الأخضر.

إن التمويل الأخضر في الجزائر يمتلك منعطفًا واعدًا، وبالتركيز على النقاط المذكورة يمكن تحويل الإمكانات إلى حقيقة استثمارية قادرة على تسريع التحول الطاقوي وتقليل الاعتماد على عائدات الهيدروكربون. وهو ما يتطلب تنسيقًا جهويًا ودوليًا لإدخال سيولة وخبرة فنية، بالتزامن مع سياسات وطنية لإشراك ريادة الأعمال والقطاع الخاص كعناصر فاعلة في منظومة التمويل الأخضر.

خاتمة

إن الانتقال الطاقوي في الجزائر لم يعد خيارًا تقنيًا فحسب، بل يمثل رهانًا اقتصاديًا واستراتيجيًا طويل الأمد، يهدف إلى تقليص الاعتماد على المحروقات، وتعزيز الأمن الطاقوي، وتحقيق التنمية المستدامة وفق أجندة 2030؛ وهو ما يؤكده انفتاح الجزائر على التكنولوجيا الحديثة، بتوجهها نحو الاستثمار في الهيدروجين الأخضر وتخزين الطاقة. حيث يلعب التمويل الأخضر دورا محوريا في هذا الإطار، لتحقيق التحول الطاقوي المنشود.

وتؤكد هذه الدراسة، أن الجزائر لا تزال في خضم مرحلة انتقالية فيما يخص التمويل الأخضر: فهي تمتلك إرادة سياسية ومشروعات طاقوية متجددة، لكن آليات التمويل الأخضر ما تزال قيد التطوير ولم تصل بعد إلى مستوى ديناميكي فعّال يدعم التحول الطاقوي بشكل كامل ومستدام. فتحقيق هذا المستوى يتطلب تعزيز الإطار المالي والمؤسسي، وتحويل الرغبة إلى أدوات مالية واضحة قابلة للتطبيق، مع إشراك القطاع الخاص وريادة الأعمال الخضراء كمحرك للتغيير.

نتائج الدراسة: ويمكن تلخيص أبرز نتائج الدراسة فيما يلي:

- مازال واقع التمويل الأخضر في الجزائر يعاني ضعفًا واضحًا في الإطار التشريعي والتنظيمي، الأمر الذي يعيق تطوير أدوات مالية مخصصة لدعم المشاريع المستدامة. كما أن السوق المالية الجزائرية تفتقر إلى تنوع الأدوات التمويلية الخضراء، في ظل هيمنة النظام المصرفي التقليدي وغياب منتجات مالية مبتكرة موجهة للتحول الطاقوي؛
- تعجز الجزائر عن الاستفادة الكاملة من آليات التمويل الدولي بسبب محدودية الكفاءات التقنية والإدارية وضعف جاهزية المشاريع الوطنية لاستيفاء متطلبات الصناديق والمؤسسات المالية العالمية؛
- يعتمد تمويل مشاريع الطاقات المتجددة في الجزائر بدرجة كبيرة على الموارد العمومية، مع مشاركة محتشمة للقطاع الخاص والمستثمرين الأجانب، مما يبطئ وتيرة الانتقال نحو نموذج طاقوي أكثر استدامة؛
- تمتلك الجزائر إمكانات كبيرة في مجال الطاقة الشمسية والرياح تؤهلها لتكون مركزاً استثمارياً واعداً في الاقتصاد الأخضر مستقبلاً. كما يعكس التوجه الرسمي نحو التحول الطاقوي وجود إرادة سياسية واضحة، غير أن ترجمة هذه الإرادة إلى نتائج ملموسة تتطلب إصلاحات مؤسساتية ومالية عميقة تواكب متطلبات المرحلة؛
- يبرز التعاون الدولي كفرصة محورية يمكن أن تسهم في تسريع وتيرة التحول الطاقوي من خلال تعبئة التمويلات ونقل التكنولوجيا الخضراء ودعم القدرات المحلية في مجالات التمويل المستدام والطاقة النظيفة.

توصيات الدراسة: تم التوصل إلى العديد من التوصيات، نذكر من بينها:

- ضرورة تحديث الإطار القانوني والتنظيمي للتمويل الأخضر، من خلال وضع تصنيف وطني للأنشطة الاقتصادية المستدامة (Green Taxonomy)، وتنظيم إصدار أدوات مالية خضراء مثل السندات والصكوك الخضراء، بما

يتماشى مع المعايير الدولية للتمويل المستدام. كما يُستحسن إدماج البعد البيئي في السياسات المالية والجبائية عبر منح حوافز وضمانات للمؤسسات التي تستثمر في مشاريع الطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة.

- إنشاء صندوق وطني للتمويل الأخضر، يدعم المشاريع الصغيرة والمتوسطة ذات الطابع البيئي، ويُدار في إطار شراكة بين القطاعين العام والخاص، مع تشجيع البنوك والمؤسسات المالية على تطوير منتجات تمويلية خضراء منخفضة الفائدة.
- تعزيز القدرات المؤسساتية والفنية داخل الجهاز المصرفي والإدارات المعنية بالطاقة والبيئة، عبر تكوين الإطارات في مجالات تقييم المخاطر البيئية وتحليل الجدوى الاقتصادية للمشاريع الخضراء، إضافةً إلى دعم البحث العلمي والابتكار في مجالات التكنولوجيا النظيفة؛
- تشجيع الشراكات الدولية والإقليمية مع مؤسسات التمويل العالمية مثل البنك الإفريقي للتنمية، وصندوق المناخ الأخضر، والبنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية، بهدف تعبئة الموارد المالية ونقل المعرفة والخبرة اللازمين للتحول الطاقوي المنشود؛
- جعل التمويل الأخضر جزءاً من رؤية وطنية شاملة للتنمية المستدامة، تتكامل فيها السياسات القطاعية للطاقة، والمالية، والصناعة، والبيئة، ضمن إطار استراتيجي يضمن التحول نحو اقتصاد متنوع منخفض الكربون، قادر على خلق الثروة وحماية البيئة في آن واحد.

المصادر والمراجع:

أولا. المراجع باللغة العربية:

المواقع الإلكترونية:

- محمد الصالح براهمي. (07 10, 2025). *الشراكات الدولية تسرّع التحول الطاقوي في الجزائر*. تم الاسترداد من المستثمر: https://almostathmir.dz/%D8%A7%D9%84%D8%B4%D8%B1%D8%A7%D9%83%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D8%AF%D9%88%D9%84%D9%8A%D8%A9-%D8%AA%D8%B3%D8%B1%D9%91%D8%B9-%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%AD%D9%88%D9%84-%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D9%88/
- وزارة المحروقات والمناجم . (14 04, 2025). *مشروع TaqatHy يصبح TaqatHy+: الإطلاق الرسمي للمرحلة الممولة بشكل مشترك من طرف الاتحاد الأوروبي وألمانيا*. تم الاسترداد من https://www.energy.gov.dz/?article=taqathy-taqathy

ثانيا. المراجع باللغة الأجنبية

- Banque africaine de développement (afdb). (May 2020). *Algeria Renewable Energy Program (AREP) - Green Baseload - SEFA Appraisal Report.* Sustainable Energy Fund For Africa.
- Bouznit, M., del P. Pablo-Romero , M., & Sánchez-Braza, A. (2020). Measures to Promote Renewable Energy for Electricity Generation in Algeria. *Sustainability*, *4*(12).
- Commission for Renewable Energy and Energy Efficiency (CEREFE). (2024). *bilan De Capacités d'Energies renouvelables en Algérie à Fin 2023.* Alger.
- Euroconvention Global. (2023, 09 21). *Renpower Algeria – Paving the way for 15 GW of renewable projects by 2030*. Retrieved from https://euroconventionglobal.com/event/renpower-algeria-2023/?utm_
- Elhaj, M., Mabrouk, F., & Alotaibi, L. (2025). Financing the Green Transition: How Green Finance and Renewable Energy Drive CO2 Mitigation. *Energies* (18), 5563.
- Green Climate Fund. (2025, 10 10). *People's Democratic Republic of Algeria*. Retrieved from https://www.greenclimate.fund/countries/algeria
- IEA. (2025, 06 24). *Algeria Solar Intiative*. Retrieved 10 05, 2025, from International Energy Agency: https://www.iea.org/policies/19045-algeria-solar-intiative?utm_

- Invest, A. (2025, 10 11). *Energy transition: The 2026 draft finance bill introduces incentives*. Retrieved from https://algeriainvest.com/AlgeriaIC/public/en/premium-news/transition-energetique-le-plf-2026-instaure-des-mesures-incitatives?
- Ma, Z., & Jiang, X. (2025). The Impact of Green Finance on Energy Transition Under Climate Change. *Sustainability, 17*(15), 7112.
- OECD. (2022). *OECD Guidance on Transition-ENSURING CREDIBILITY OF CORPORATE CLIMATE*. paris: Green Finance and Investment.
- official journals . (2025, 10 09). Retrieved from General Secretariat of the Government : https://www.joradp.dz/HEN/Index.htm
- Ragab , S., & Medhat, E. (2025, 05). Powering The Future Of MENA Energy Transition. Retrieved from Economic Research Forum: https://erf.org.eg/publications/powering-the-future-of-mena-energy-transition-country-profiles-review-of-data-and-literature/
- Wenhua , X., Qixiang , Y., Naixin , C., & Jian , Y. (2025). Green Finance and Energy Structure Transition: Evidence from China. *Sustainability, 17*, 4838.

آليات تمويل المؤسسات الناشئة في مجال الطاقة المتجددة: دراسة حالة الولايات الأمريكية المتحدة

Financing Mechanisms for Renewable Energy Start-ups: The Case of the United States

صبرينة نقيقش[1]

[1] جامعة 20 أوت 1955-سكيكدة (الجزائر)، s.nekikeche@univ-skikda.dz

ملخص:

تهدف الدراسة لتعرف على الآليات المتبعة من قبل الولايات المتحدة الأمريكية في تمويل المؤسسات الناشئة في مجال الطاقات المتجددة. تم الاعتماد على المنهج الوصفي بغرض الاطلاع على الآليات المعتمدة في تمويل المؤسسات الناشئة في مجال الطاقات المتجددة ومنهج دراسة حالة الذي يظهر آليات تمويل المؤسسات الناشئة من قبل الولايات المتحدة الأمريكية في مجال الطاقات المتجددة.

توصلت نتائج الدراسة إلى أن الآليات المعتمدة في تمويل المؤسسات الناشئة من قبل الولايات المتحدة في مجال الطاقات المتجددة في الجمع بين التمويل الخاص (المتمثل في رأس المال المغامر وتمويل المشاريع) والتمويل الحكومي التحفيزي (المتمثل في قانون التضخيم the Inflation Reduction Act، قانون البنية التحتية المشترك بين الحزبين (the Bipartisan Infrastructure Law، قانون CHIPS والعلوم)

كلمات مفتاحية: الآليات التمويلية للمؤسسات الناشئة؛ المؤسسات الناشئة؛ الطاقات المتجددة؛ الولايات المتحدة.

تصنيفات JEL: Q48،Q42، G24

Abstract :

The primary goal of this study is to identify the mechanisms adopted by the United States in financing startups operating in the renewable energy sector. The research employed a descriptive methodology to survey the established financing mechanisms for renewable energy startups, alongside a case study approach to illustrate the practical application of these funding strategies by the U.S.

The study concludes that the mechanisms adopted by the United States to finance startups in the renewable energy sector effectively combine private financing (represented by Venture Capital (VC) and Project Finance) with stimulus governmental funding (represented by the Inflation Reduction Act (IRA), the Bipartisan Infrastructure Law (BIL), and the CHIPS and Science Act).

Keywords: Financing Mechanisms for Startups; Startups; Renewable Energy; United States.

JEL Classification Cods : G24, Q42, Q48

المؤلف المرسل: نقيقش صبرينة، **الإيميل:** s.nekikeche@univ-skikda.dz

1.المقدمة:

يشهد العالم اليوم اهتمام جلي نحو التحول للطاقات النظيفة، وتحقيق معدل مناخي عند 1.5 درجة مئوية للاحترار العالمي، إلا نجاح هذا الهدف يتحقق بتظافر الجهود السياسية، الاقتصادية والقطاع الخاص والعام، وهو ما أسهم في ظهور ما يعرف بتحالف المصارف لتحقيق الانبعاثات الصفرية ((Net-Zero Banking Alliance (NZBA في نيوزيلندا سنة 2021، الذي ضم 140 بنك سنة 2022 (يمكنك الاطلاع على المقال من خلال رابط الموقع لتفاصيل أكثر https://asuene.com/)[2] ، هو تحالف دعت إليه الأمم المتحدة بقيادة البنوك، شكل بهدف تسريع انتقال الاقتصاد الحقيقي بما يتماشى مع اتفاقية باريس، بهدف تصفير صافي الانبعاثات الكربونية في محافظ البنوك التمويلية بحلول عام 2050، تم اعتبار NZBA كقوة دافعة لمواءمة التمويل مع أهداف المناخ، والتخفيف من المخاطر المرتبطة بالوقود الأحفوري، مع التركيز على خفض الانبعاثات الكربونية، إلا أنه وفي أكتوبر 2025 تم الإعلان عن وقف عملياته كتحالف قائم على الأعضاء وتحول إلى مجرد إطار إرشادي، نتيجة انسحاب جل البنوك الأمريكية من التحالف بسب ضغوط سياسية لتتوالي انسحاب باقي البنوك الأوروبية.

تجدر الإشارة أن الرفع أو التعزيز من التمويل الأخضر لم يكن من مهام تحالف المصارف لتحقيق انبعاثات صفرية، فحتى كبرى المصارف لم تلزم نفسها بتمويل التحول نحو الطاقات النظيفة، بل سعت لخفض تمويل المشاريع التي تصدر انبعاثات كربونية، ورغم مشروعية الهدف والخطط الموضوعة لنجاحه شهد التحالف انهيار. إن التركيز على الخفض دون دعمه بأهداف إلزامية وواضحة لتمويل الأخضر يعزز من صعوبة حصول مشاريع الطاقات المتجددة وفي ظل التكاليف المرتفعة لتجسيدها على التمويل اللازم لنجاح عملية التحول، تظهر الدراسات العلمية والتقارير والنتائج المتداولة حول التحول نحو طاقات متجددة أن نجاح العملية للوصول للطاقات النظيفة لكل الدول وبتكاليف تتحملها الدول النامية لابد من الحصول على 60 % من التمويل من القطاع الخاص.

2.1.مشكلة الدراسة:

إن أزمة النفط لسنة 1973 أدت بالولايات المتحدة الأمريكية لوضع قوانين تدعم البحث والتطوير في الطاقات المتجددة وتمويلها، فهي تمثل أحد أكبر وأكثر الأسواق نضجاً للابتكار التكنولوجي والاستثمار في الطاقة النظيفة، وهو ما يجعل الولايات المتحدة الأمريكية في قائمة الدول الأولى التي تدعم التحول نحو مجال الطاقات المتجددة، من خلال دعم المؤسسات الناشئة، ومن هنا يمكن طرح الإشكالية التالي التي تسمح بالتعرف على آليات التمويل المعتمدة في الولايات المتحدة الأمريكية:

فيما تتمثل الآليات المعتمدة في تمويل المؤسسات الناشئة من قبل الولايات المتحدة الأمريكية في مجال الطاقات المتجددة ؟

3.1.فرضيات الدراسة:

وللإجابة على الإشكالية تم الاعتماد على الفرضية التالية:

-تتمثل الآليات المعتمدة في تمويل المؤسسات الناشئة من قبل الولايات المتحدة في مجال الطاقات المتجددة في الجمع بين التمويل الخاص والتمويل الحكومي التحفيزي.

[2] مقال بعنوان "**Why the Net Zero Banking Alliance Collapsed and What It Means for Sustainable Finance**"

4.1.أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى:

- تحديد مختلف آليات التمويل المتاحة والمستخدمة من قبل المؤسسات الناشئة في مجال الطاقة المتجددة بالولايات المتحدة الأمريكية؛
- تحديد التوجهات الحديثة والتحديات الرئيسية التي تواجه المؤسسات الناشئة في الحصول على التمويل المناسب ضمن السياق الأمريكي؛
- تقديم توصيات مستنبطة تساهم في تعزيز بيئة التمويل للشركات الناشئة في قطاع الطاقة المتجددة.

5.1.أهمية الدراسة:

تنبع أهمية الدراسة من الأهمية البالغة للموضوع الذي يساهم في التعزيز من التوجه نحو الطاقات النظيفة الذي لن يتحقق دون وجود تمويل حقيقي يلبي احتياجات المشاريع الناشئة لتقوية البنية التحتية الداعمة لجذب الاستثمار الخاص، وهذا بالاطلاع على الآليات التمويلية الموجهة للمؤسسات الناشئة في مجال الطاقات المتجددة في الولايات المتحدة الأمريكية.

6.1.المنهج المتبع في الدراسة:

تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي في جمع وتحليل الدراسات والأبحاث السابقة المتعلقة بتمويل المؤسسات الناشئة، وتمويل الطاقة المتجددة، وآليات التمويل في الولايات المتحدة.

7.1.الدراسات السابقة:

1.7.1. دراسة كل من Santiago Gómez-Valencia و Juan David Gonzalez-Ruiz و Nini-Johana Marín-Rodriguez بعنوان: Perspectives on project finance and renewable energy infrastructure research، منشورة في مجلة Journal of Infrastructure, Policy and Development سنة 2024

تهدف الدراسة لتسليط الضوء على العلاقة بين تمويل المشاريع والبنية التحتية للطاقات المتجددة امتدت فترة الدراسة من 1993 إلى مارس 2024، ركزت الدراسة على كل من المملكة المتحدة، الولايات المتحدة، أستراليا وألمانيا. سعت الدراسة للإجابة على مجموعة من الأسئلة أهمها -ما يخدم الدراسة- ما هو الوضع الراهن في مجال تمويل المشاريع والبنية التحتية للطاقة المتجددة؟. اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي.

توصلت الدراسة إلى أن التعقيد المتزايد لمشاريع الطاقة المتجددة، وزيادة تحمّل المستثمرين للمخاطر، والسياسات الداعمة، كلها عوامل تدفع إلى اعتماد التمويل متعدد الأطراف، تصنف مساهمة تمويل المشاريع للطاقات المتجددة في أربع مساهمات: حشد رأس المال، إدارة وتقييم المخاطر بفاعلية المرتبطة بمشاريع الطاقات المتجددة.

2.7.1. دراسة كل من Maximilian Klein، Florian Neitzert، Sascha Kraus بعنوان Start-Up Financing in the Digital Age – A Systematic Review and Comparison of New Forms of Financing Comparison of New Forms of Financing تم نشرها في مجلة The Journal of Entrepreneurial Finance The Journal of Entrepreneurial Finance سنة 2020

تهدف الدراسة لتسليط الضوء على أدوات التمويل التقليدية والمستحدثة للشركات الناشئة، وهل الرقمنة ساهمة في إحداث تغيير جوهري أم أنها تكمل الأساليب التمويلية الموجودة حاليا، تناولت الدراسة أشكال التمويل التقليدية التي تشمل كل من: التمويل القائم على حقوق الملكية (رأس المال المغامر، مستثمرو الملائكة، الأسهم الخاصة)، التمويل القائم على

الديون (القروض البنكية، الإعانات/المنح العامة، رأس المال المتوسط مثل السندات القابلة للتحويل)، وأشكال التمويل المستحدثة: التمويل الجماعي(التمويل الجماعي القائم على التبرعات، التمويل الجماعي القائم على المكافآة، التمويل الجماعي القائم على الإقراض، التمويل الجماعي القائم على حقوق الملكية)، التمويل القائم على البلوكشين (عروض العملات الأولية، عروض الرمز الأولي). توصلت الدراسة أن التمويل الائتماني التقليدي يظل التمويل الأساسي وأشكال التمويل الحديث ليس بديل له. توصلت الدراسة إلى أن الشركات تعتمد على التمويل الداخلي ثم على التمويل الديون الخارجي.

1.مفاهيم مرتبطة بمتغيرات الدراسة:

1.1.المؤسسات الناشئة:

تعبر الشركات الناشئة القوة الرائدة في الاقتصادات ذات النمو الديناميكي، فهي ضرورية للتوظيف والازدهار والنمو، تعد من أكثر الشركات غموضا في النظام الاقتصادي بأكمله من حيث المعلومات، بسبب حداثتها في السوق وما يرتبط بها من ضعف السمعة، صغر الحجم، نقص الربحية، نقص الأمان الكافي، وضعف صحة أرقام الميزانية العمومية، غالبا ما تحتاج الشركات الناشئة إلى رأس مال خارجي لبناء أعمالها بنجاح (Klein and other., 2020, P.59).

2.1.آليات تمويل الطاقات المتجددة:

1.2.1.التمويل الذاتي: يهدف التمويل الذاتي إلى استخدام الموارد الحالية باعتدال وزيادتها قدر الإمكان دون الحاجة إلى تمويل، يمكن استخدام مصادر خارجية وقصيرة الأجل ومتعددة من الأسهم لتمويل الشركة. ويعد رأس مال المؤسس وبيئته المقربة العائلة والأصدقاء، بالإضافة لرأس المال المدخر قبل التأسيس أحد المصادر الخارجية لتمويل التمويل الذاتي هو التأجير أو الشراء بالتقسيط (Klein and other., 2020, P.59).

2.2.1.المستثمرون الملائكيون(Business Angels - BA) : يتم من خلال توفير رأس مال مغامر مقابل حصص في الشركات الناشئة ذات إمكانات النمو الكبيرة. يمكنهم المساهمة بخبرة إضافية وشبكة علاقات ممتازة إلى جانب رؤوس أموالهم (Klein and other., 2020, P.59-60).

3.2.1.رأس المال الاستثماري: تعمل شركات رأس المال الاستثماري في شكل شركات استثمار عامة أو خاصة توفر رأس مال استثماري للشركات الناشئة، تجد الشركات الناشئة أن رأس المال الاستثماري جذاب للشركات الناشئة ذات طموحات النمو الكبيرة وما يرتبط بها من عدم يقين استراتيجي (Klein and other., 2020, P.60).

4.2.1.التمويل العقاري: هو شكل من أشكال تمويل الديون قصيرة الأجل والذي يعتمد على تحويل المستحقات تميل له الشركات ذات أهداف النمو العالية ومستويات الربح المنخفضة، ويحتمل أن يمثل التمويل العقاري للشركات الناشئة التي غالبا لا تحقق أي مبيعات على الإطلاق بديلا تمويليا ثانويا (Klein and other., 2020, P.62).

3.آليات تمويل المؤسسات الناشئة المعتمدة في أمريكا في مجال الطاقات المتجددة:

1.3.التمويل المصرفي العالمي لإمداد الطاقات (الطاقة الأحفورية، الطاقات المتجددة): تلعب البنوك دورا هاما في تحول الطاقة من خلال مساعدة الشركات والمشاريع على الحصول على رأس المال، يعكس هذا النشاط التمويلي تقدم الاقتصاد الأوسع نحو إزالة الكربون، بعد تقييم منصة BloombergNEF لحجم الأموال التي تستثمرها البنوك العالمية في التحول في مجال الطاقة خلص التقرير الرابع (2025) لنسبة تمويل البنوك لإمدادات الطاقة إلى أن حوالي 2000 بنك لم يحققوا سوى تقدم ضئيل العام الماضي في تمويل المزيد من الحلول منخفضة الكربون مقارنة بالأنشطة الداعمة للوقود الأحفوري، ونتيجة لذلك لم يقدم القطاع المصرفي بعد الأموال اللازمة للحد من تغير المناخ (مولت البنوك 89 سنتا من الطاقة منخفضة الكربون مقابل كل دولار للوقود الأحفوري- نقصد بالوقود الأحفوري fossil fuels (الطاقات غير المتجددة)- من

التمويل المصرفي في عام 2024، أي استثمرت البنوك العالمية الرائدة ما يقارب من 89 سنتا في شركات ومشاريع الطاقة منخفضة الكربون (يمكن تسميتها بالطاقة النظيفة) low-carbon energy -تشمل طاقة الرياح والطاقة الشمسية وشبكات الكهرباء- حسب مؤشر **ESBR**، تبرز هذه الأرقام القصور الذاتي في قطاع الطاقة واستراتيجيات التمويل المؤسسي على حد سواء) مع عمق الارتباط بين البنوك وشركات الوقود الأحفوري، وثبات هذا النموذج التمويلي لكون النسبة أقل من 1:1. أي أن لكل دولار يمول الوقود الأحفوري، يذهب أقل من دولار (حالياً حوالي 89 سنتاً) لتمويل الطاقة النظيفة (Bank Financing Shows Little Progress on Climate Goals: Five Things to Know, 2025).

الجدول(01): نسب تمويل الوقود الأحفوري والطاقات المتجددة

نوع التمويل	الوقود الأحفوري	الطاقة النظيفة / المتجددة
إصدار الدين	ارتفاع (18%)	ارتفاع (18%)
إصدار الأسهم	ارتفاع كبير (62%)	انخفاض (15%)
تمويل المشاريع	انخفاض (19%)	ارتفاع (11%)

Source: BloombergNEF,(2025), Bank Financing Shows Little Progress on Climate Goals: Five Things to Know,web: https://about.bnef.com/insights/finance/bank-financing-shows-little-progress-on-climate-goals-five-things-to-know/

نلاحظ من الجدول أن المستثمرين في الدين (سواء قروض أو سندات) على ثقة بإمكانية استرداد أموالهم حيث شهدت نسبة الاستثمار ارتفاع بنسبة 18 %، إلا أن حملة الأسهم في الأسواق المالية كان لها ثقة أكبر في الوقود الأحفوري حيث تم تسجيل ارتفاع بنسبة 62% مقابل انخفاض بـ 15% في الطاقات النظيفة (وهنا نطرح تساؤل حول الرغبة الحقيقة في الاستثمار لحملة الأسهم). أم تمويل المشاريع فسجل انخفاض في تمويل الوقود الأحفوري مقابل ارتفاع في الطاقات النظيفة مما يعكس قدرة مشاريع الطاقات المتجددة على توليد التدفقات النقدية لتغطية التمويل المقدم.

2.3.مؤشر التمويل المصرفي لإمدادات الطاقة العالمية (The global ESBR(Energy Supply Banking Ratio: وهو عبارة عن نسبة تمويل البنك لقطاع الطاقة منخفضة الكربون إلى تمويله لقطاع الوقود الأحفوري1:1.

الجدول(02): مؤشر التمويل المصرفي لإمدادات الطاقة العالمية لأكبر4 بنوك في الولايات المتحدة (مليار دولار)

اسم البنك	الطاقات المتجددة	الوقود الأحفوري	مؤشر ESBR
JPMorgan Chase (الولايات المتحدة الأمريكية)	39	57	0.69
Citi (الولايات المتحدة الأمريكية)	29	41	0.70
Bank of America (الولايات المتحدة الأمريكية)	27	40	0.68
Wells Fargo (الولايات المتحدة الأمريكية)	18	42	0.42

Source: BloombergNEF, IJGlobal, RAN, Urgewald. Not: changes relative to 2023 results are based on restated figures produced, 2025.

نلاحظ من المؤشر أن النسبة دائما أقل من 1:1 للمؤشر في كل البنوك الأمريكية أي أن تمويل مؤسسات الطاقات النظيفة أقل في أغلب البنوك العالمية مقارنة بتمويل مؤسسات الوقود الأحفوري. يشير الباحثون الذين وضعوا سيناريوهات لتحقيق هذه الأهداف إلى أن إمدادات الطاقة منخفضة الكربون تحتاج إلى رأس مال يفوق ما تحتاجه الوقود الأحفوري بنحو أربعة أضعاف هذا العقد، وهذا يتطلب نسبة **ESBR 4:1** وهي أرقام أعلى بكثير من الأرقام السائدة التي سجلها موقع BNEF.

هذا الأمر يقودنا لتسائل حول آليات التمويل الموجهة للمؤسسات الناشئة المتوفرة في الولايات المتحدة الأمريكية كآلية لتحقيق التحولات الطاقوية في ظل اتجاه مستثمرين الأسهم والبنوك إلى تمويل مؤسسات الوقود الأحفوري مقارنة بالطاقات المتجددة.

3.3.آليات تمويل القطاع الحكومي للمؤسسات الناشئة في مجال الطاقات المتجددة للولايات المتحدة الأمريكية:

سنت الولايات المتحدة 03 تشريعات فيدرالية رئيسية ذات صلة بتصنيع التكنولوجيا النظيفة في الولايات المتحدة، متمثلة في:

1.3.3.قانون التضخيم (the Inflation Reduction Act): يشمل قانون خفض التضخم (IRA) العديد من مجالات صُنع السياسات خارج نطاق تصنيع تكنولوجيا الطاقة النظيفة. تُعد حوافز التصنيع – وعلى الأخص توسيع ائتمان المشاريع المتقدمة المؤهلة الحالي (الذي يُدار بموجب المادة 48 Cمن قانون الإيرادات الداخلية)، وائتمان إنتاج التصنيع المتقدم الجديد (المادة 45) هي المكونات الأكثر صلة بالتشريع بالنسبة لتصنيع تكنولوجيا الطاقة النظيفة، مع وجود أحكام محددة لفئات المعدات الفردية، بالنسبة لتصنيع البطاريات، يوفر قانون خفض التضخم (IRA) ائتمانين ضريبيين للمصنعين المحليين للبطاريات ومكوناتها. يوفر ائتمان الإنتاج الضريبي 45 Xمبلغ 35 دولار أمريكي لكل كيلوواط/ساعة (kWh) لخلايا البطاريات، و10 دولارات أمريكية إضافية لكل كيلوواط/ساعة (kWh) لتصنيع الوحدة الكاملة (الموديول)، بالنسبة لمكونات الخلايا، يتم توفير ائتمان ضريبي إضافي لتكلفة الإنتاج بنسبة 10% لتصنيع الكاثودات والأنودات، وكذلك لعمليات معالجة المعادن الحيوية المطلوبة. يمثل ائتمان 48 Cائتماناً مخصصاً ومحدوداً بـ 10 مليارات دولار أمريكي، ويمكن تطبيقه على مجموعة من أنشطة تصنيع الطاقة النظيفة أو معالجة المواد الحيوية، ويمكن تطبيقه أيضاً على أنشطة إزالة الكربون الصناعي. لا يمكن استخدام حافزي 45 Xو 48 Cبالتزامن لنفس المنشأة (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2024, P.82-95) .

2.3.3.قانون البنية التحتية المشترك بين الحزبين (the Bipartisan Infrastructure Law): تُخصَّص غالبية محتوى وتمويل قانون البنية التحتية للحزبين (BIL) للبنية التحتية الأساسية، مثل الطرق والموانئ والسكك الحديدية، وليس للتصنيع بحد ذاته. ومع ذلك، هناك بعض الأحكام المخصصة لمنشآت التصنيع تحديداً، تم منح تصنيع وإعادة تدوير البطاريات(Battery Manufacturing and Recycling Grants) ، التي يديرها مكتب سلاسل التصنيع وإمدادات الطاقة (MESC)، مُصمَّمة لتقديم دعم مباشر للبحث والتوضيح للتقنيات الجديدة، وكذلك لإعادة تجهيز وبناء منشآت تصنيع على نطاق تجاري. يبلغ التمويل المتاح بموجب البرنامج 3مليارات دولار أمريكي في صورة منح، تستهدف المجتمعات التي أُغلقت فيها مناجم ومحطات توليد الطاقة بالفحم تحديداً، وتوفر 750مليون دولار أمريكي في صورة منح لدعم عمليات التصنيع لإنتاج أو إعادة تدوير منتجات الطاقة المتقدمة، مثل الكهرباء النظيفة، وأنشطة إزالة الكربون الصناعية، وتقنيات النقل النظيف، وإنتاج الوقود النظيف، إن برنامج تصنيع وإعادة تدوير الهيدروجين النظيف Clean Hydrogen Manufacturing) (Recycling Program، الذي يديره مكتب كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، يوفر 500مليون دولار أمريكي عبر آليات تمويل مختلطة (منح، وعقود، واتفاقيات تعاونية، وما إلى ذلك) لمجموعة من عمليات التصنيع المتعلقة بالهيدروجين، بما في ذلك تطوير مواد بديلة، وعمليات التصنيع، والتصميم، وإعادة التدوير لمختلف تقنيات ومكونات الهيدروجين

3.3.3.**قانون CHIPS والعلوم (the CHIPS and Science Act):** يُفوض قانون الرقائق والعلوم مبلغ 170مليار دولار أمريكي لتعزيز قدرات البحث والابتكار والتصنيع لأشباه الموصلات (Semiconductors) والمواد المستخدمة في صنعها. العنصر الأساسي

في القانون المتعلق بعمليات التصنيع هو الائتمان الضريبي للاستثمار في التصنيع المتقدم بنسبة 25%، والذي يندرج تحت المادة 48 Dالجديدة من قانون الإيرادات الداخلية. في حين أن أشباه الموصلات تُستخدم في مجموعة من القطاعات بما في ذلك تكنولوجيا النانو، والحوسبة الكمومية، والذكاء الاصطناعي، إلا أنها تُستخدم على نطاق واسع في تطبيقات الطاقة النظيفة، بما في ذلك السيارات الكهربائية(EVs) ، ومراقبة وتخزين الطاقة، وأنظمة التدفئة والإضاءة الذكية، والأنظمة الحاسوبية التي لا تُحصى والتي تُستخدم لتصميم ومراقبة وإدارة إنتاج واستخدام الطاقة النظيفة.

4.3.3. قروض وزارة الطاقة الأمريكية (DOE) : بموجب قانون الاستقلال والأمن لعام 2007، تقدم وزارة الطاقة الأمريكية (DOE)قروضاً ضمن برنامج قروض تصنيع مركبات التكنولوجيا المتقدمة Advanced Technology Vehicles) (Manufacturing Loan Programلشركات صناعة السيارات. وكما لوحظ في مراجعة عام 2019، كانت شركات فورد، ونيسان، وتسلا من بين المستفيدين من المشاريع، مثل بناء مصانع متقدمة لتصنيع البطاريات في الولايات المتحدة أو إعادة تجهيز المصانع القائمة لإنتاج السيارات الكهربائية. مع استمرار توفر الأموال المخصصة للبرنامج، قدم برنامج قروض تصنيع مركبات التكنولوجيا المتقدمة أول قرض له منذ عام 2010 في عام 2022، لشركة Ultium Cells، وهي مشروع مشترك بين إل جي إينرجي سوليوشن وجنرال موتورز- يعد هذا دليلاً على الاستمرارية التاريخية للدعم الحكومي،و وجود قروض حكومية مباشرة لـ تسلا في مراحلها المبكرة هو مثال حي على كيف أن التمويل الحكومي يساهم في بناء "أبطال التكنولوجيا " (Technology Champions)، إن الدعم الحكومي ضروري لنجاح الشركات الناشئة في الطاقة النظيفة.

أدت البرامج والتشريعات المذكورة أعلاه – وخاصة الأحكام المشمولة في قانون خفض التضخم – (IRA) إلى زيادة هائلة في جاذبية الولايات المتحدة كوجهة لعمليات تصنيع التكنولوجيا النظيفة. يُقدَّر الحجم الإجمالي للاستثمار في الطاقة النظيفة والتصنيع بـ 213مليار دولار أمريكي في الفترة 2023/2022 .ويُعد الاستثمار في منشآت تصنيع التكنولوجيا النظيفة تحديداً – بما في ذلك تقنيات الطاقة المتجددة، والبطاريات، والسيارات الكهربائية، والمحللات الكهربائية، وغيرها من التقنيات المخفضة لانبعاثات الغازات الدفيئة – هو أسرع قطاعات الاستثمار نمواً في قاعدة البيانات، حيث ارتفع من 17 مليار دولار أمريكي في 2022/2021 إلى 39 مليار دولار أمريكي في 2023/2022 .كما يتتبع مرصد الاستثمار النظيف إعلانات المشاريع، التي ارتفعت بشكل كبير منذ الربع الثالث من عام 2021. وعلى مدار العام التالي، أعلنت الشركات عن 73مليار دولار أمريكي في استثمارات تصنيع التكنولوجيا النظيفة، و 64مليار دولار أمريكي أخرى في الفترة 2023/2022، وهي زيادة بخمسة أضعاف عن المتوسط السنوي البالغ 12 مليار دولار أمريكي خلال السنوات الثلاث الماضية،عززت الحكومة الفيدرالية بشكل ملحوظ دعمها لجهود التعاون الدولي الرامية إلى خفض تكلفة تقنيات الطاقة النظيفة الرئيسية، وتهدف الأحكام التمويلية والتشريعية بموجب قانون الإيرادات الداخلية (الحوافز الضريبية) وقانون BIL إلى التوسع الهائل في نشر تقنيات الطاقة النظيفة وتعميمها، ويكمل قانون CHIPS والعلوم هذه الجهود في تطوير البحث والاستثمار في الصناعات المستقبلية.

ساهم البحث والتطوير والتوزيع المتعلق بالطاقة في الولايات المتحدة بـ 0.04% من الناتج المحلي الإجمالي، وهو أعلى من متوسط وكالة الطاقة الدولية. المتعلق بالطاقة من 7.7 مليار دولار أمريكي عام 2011 إلى 8.8 مليار دولار أمريكي عام 2022، وبلغ ذروته عام 2020 عند 9.2 مليار دولار أمريكي، وفقًا لأحدث تقديرات وكالة الطاقة الدولية. ويُخصص حوالي 30% من إجمالي التمويل للتقنيات متعددة التخصصات، يُضيف التمويل الجديد بموجب قانون خفض التضخم (IRA)

وقانون البنية التحتية للحزبين (BIL) حصة كبيرة من التمويل لتنفيذ مسؤوليات وزارة الطاقة الأمريكية (DOE) في مجال البحث والتطوير والتطبيق والتوضيح) ، تخصص ميزانية وزارة الطاقة الأمريكية الأخيرة للسنة المالية 2023 أكثر من 11.9 مليار دولار أمريكي لدعم البحث والتطوير والتوضيح(RD&D) ، ويُستكمل هذا المبلغ بـ 7.5 مليار دولار أمريكي لبرامج ابتكار الطاقة النظيفة التابعة لوزارة الطاقة ضمن قانون البنية التحتية للحزبين.(BIL) ، يوجد في الولايات المتحدة حوالي 1000 شركة ناشئة في قطاع الطاقة، وهو ما يُمثل حوالي 2.3% من إجمالي الشركات الناشئة في البلاد (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2024).

4.3. .آليات تمويل القطاع الخاص للمؤسسات الناشئة في مجال الطاقات المتجددة للولايات المتحدة الأمريكية:

عبّرت شركة ذات ثروات خاصة مقرها في منطقة آسيا والمحيط الهادئ عن رأيها بأن "الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية ESGهي خدعة عالمية ويجب إلغاؤها تمامًا. لن نقبل أبدًا العمل مع هذا الوباء المتفشي". فإن السبب الأول الذي تم اختياره لدمجهم لمعايير الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية في عملياتهم الاستثمارية هو رغبتهم في مواءمة رسالة أو قيم مؤسستهم مع ممارساتهم الاستثمارية. قد يوفر هذا مادة خصبة للمجموعات المناهضة لمعايير الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية التي تعتقد أن القيم هي التي تحرك هذه المعايير لا المصالح المالية. صرح أحد مستثمري رأس المال الاستثماري الأمريكيين: "لقد أدركنا أكثر أننا بحاجة إلى المزيد من الأشخاص لإحداث فرق من خلال التضحية ببعض العوائد من أجل مصلحة الكوكب"، كما صرحت إحدى شركات الأسهم الخاصة الأمريكية: "ببساطة، إذا كنت تستثمر لإحداث تأثير، فأنت تريد التأكد من أنك تحدث تأثيرًا." (O'Malley, 2025). يعتبر رأس المال المغامر أول مايستثمر فيه في المؤسسة الناشئة في الأسواق المالية، كما أن تمويل المشاريع أكثر صيغة تتناسب مع طبيعة المؤسسات الناشئة.

1.4.3.نشاط رأس المال الاستثماري: ظل نشاط صفقات رأس المال المغامر (VC) للتقنيات الحرارية الأرضية والنووية قوياً في الربع الثاني من عام 2025، مدفوعاً بالطلب المتزايد على الطاقة الأساسية الموثوقة ومنخفضة الكربون(Baseload Energy) ، يغذي هذا الطلب جزئياً التوسع السريع لمراكز البيانات وتطبيقات الذكاء الاصطناعي، بالإضافة إلى كهربة العمليات الصناعية - وكلاهما يتطلب مدخلات طاقة ثابتة، بالنظر إلى أكبر صفقات رأس المال المغامر من الربع الثاني من عام 2025، تم جمع أربعة من أصل سبع صفقات بقيمة 100 مليون دولار أو أكثر من قبل شركات الطاقة النووية، أمثلة عن حجم رأي المال المغامر المستثمر في مجال الطاقة النووية:

- TerraPower: تطور مفاعلاً سريعاً يعتمد على الصوديوم ومزود بوقود اليورانيوم عالي الجودة منخفض التخصيب (HALEU)، جمعت 650مليون دولار في تمويل رأس مال مغامر (VC) في مرحلة متأخرة لمواصلة تطوير مفاعل Natrium.
- Radiant Nuclear: تركز على المفاعلات الدقيقة المحمولة وتستخدم أيضاً وقودHALEU ، أغلقت جولة تمويل سلسلة C بقيمة 165مليون دولار.
- جمع مطورو الاندماج النووي (Fusion) حقق أيضاً صفقات كبيرةTAE Technologies جمعت 150مليون دولار في تمويل مرحلة متأخرة، و Proxima Fusion(المنبثقة عن معهد ماكس بلانك الألماني) حصلت على 147مليون دولار في

تمويل السلسلة.A (O'Malley, 2025)

الجدول (03): ملخص نشاط رأس المال المغامرVC في الطاقات النظيفة

المؤشر	الفترة الأكثر نشاطاً (Q2 2024 - Q3 2023)	الفترة الأخيرة (Q2 2025 - Q3 2024)	التغير (سنة بسنة)
عدد الصفقات الإجمالي (Deal Count)	1,025 صفقة	796 صفقة	-22.3%
قيمة الصفقات الإجمالية (Deal Value)	19.4$ مليار	17.0$ مليار	-12.6%
عدد عمليات التخارج (Exits)	36 تخارج	30 تخارج	-16.7%

Source: MacDonagh,J. (2025), Clean Energy VC Trends, the PitchBook Platform,P.24.

نلاحظ من الجدول أن الاستثمار في رأس المال المغامر قد انخفض بمقدار 22.3% بين الربع الثالث لسنة 2023-2024 ولسنة 2024-2025، وهو ما انعكس على حجم الصفقات، فقد سجلت انخفاض بمقادر 12.6% لنفس الفترة، في حين يعكس عدد عمليات التخارج قلت الأرباح الرأس مالية التي يسعى المستثمرين لتحقيقها، تعكس هذه القيم آراء المستثمرين في السوق المالي، الذي يظهر رغبة حملة الأسهم في تمويل الطاقات النظيفة لكن ليس على حساب عوائدهم المالية، وهو ما يجعل من رأس المال المغامر مصدر صعب الوصول له من قبل جل المؤسسات الناشئة في مجال الطاقات النظيفة في الولايات المتحدة، رغم وجود الدعم الحكومي.

2.3.4.تمويل المشاريع (تمويل المشاريع والبنية التحتيةProject & Infrastructure Finance) :

حصلت شركة الطاقة الحرارية الأرضية (Fervo Energy) على 205.6مليون دولار بالاعتماد على آلية تمويل المشاريع، هذا يثبت أن آليات تمويل المشاريع تعمل في قطاع الطاقة النظيفة، ويشير إلى أن البنوك والمؤسسات تضع ثقتها في جدوى مشاريع الطاقة الحرارية الأرضية المدعومة، تظهر التقارير أن صناديق البنية التحتية جمعت 892.0مليار دولار كالتزامات تراكمية حتى النصف الأول من 2024، هذا الرقم الهائل يوضح أن رؤوس الأموال المؤسسية الكبرى (صناديق التقاعد، الجامعات) تضخ مبالغ ضخمة لتمويل بناء البنية التحتية الفعلية للطاقة النظيفة (O'Malley, 2025).

تجدر الإشارة إلى أنه قبل الأزمة المالية العالمية(GFC) ، بسبب الاستثمار المضارب في مصادر الطاقة المتجددة، جعل المستثمرون يعتقدون أن إمدادات الوقود الأحفوري كانت على وشك النفاذ مع ارتفعت أسعار النفط الخام إلى مستويات غير مسبوقة، توقع بعض المحللين أن تصل أسعر البترول إلى 200دولار للبرميل، وكان من المتوقع أن تصبح مصادر الطاقة المتجددة هي البديل الفعال من حيث التكلفة، إلا أن الأزمة المالية العالمية 2008 تسببت في تراجع النشاط الاقتصادي، مما أدى إلى انخفاض في الطلب على الطاقة، وبالتالي تراجعت أسعار الوقود الأحفوري، مما جعل مصادر الطاقة المتجددة أكثر تكلفة نسبيا.

زيادة استخدام تقنيات مثل التكسير الهيدروليكي (hydraulic fracking) والحفر الأفقي واكتشاف المزيد من احتياطيات الوقود الأحفوري في الولايات المتحدة، تبين أن الإمدادات لم تعد تقترب من نهايتها، ولم تتحقق الميزة المتوقعة في التكلفة لمصادر الطاقة المتجددة إلا بعد سنوات عديدة، كما تم إعادة توجيه الإنفاق الحكومي الذي كان يدعم في السابق صناعة الطاقة المتجددة للمساعدة في استقرار الاقتصاد، مما زاد من الضغط الهبوطي على العوائد للممولين في مجال الطاقات المتجددة.

ومنه يمكن القول أن الولايات المتحدة الأمريكية قامت بتوفير دعم حكومي يشمل 03 تشريعات يوفر التمويل القاعدي للمؤسسات الناشئة في مجال الطاقات النظيفة، إلا أن نسب الاستثمار من قبل المستثمرين في الأسهم تبقى منخفضة في الطاقات الجديدة (بالتحديد رأس المال المغامر) مقارنة بالاستثمار في الوقود الأحفوري، إلا أن تمويل المشاريع ساهم في تمويل المؤسسات الناشئة في مجال الطاقات بمبالغ ضخمة، ومنه نقبل الفرضية البديلة: تتمثل الآليات المعتمدة

في تمويل المؤسسات الناشئة من قبل الولايات المتحدة في مجال الطاقات المتجددة في الجمع بين التمويل الخاص (المتمثل في رأس المال المغامر وتمويل المشاريع) والتمويل الحكومي التحفيزي (المتمثل في **قانون التضخيم the Inflation Reduction Act**، **قانون البنية التحتية المشترك بين الحزبين (the Bipartisan Infrastructure Law**، **قانون CHIPS والعلوم (the CHIPS and Science Act)**

الخاتمة:

يوجد في الولايات المتحدة حوالي 1000 شركة ناشئة في قطاع الطاقة، وهو ما يُمثل حوالي 2.3% من إجمالي الشركات الناشئة في البلاد، عملت على توفير تمويل متنوع ودعم حكومي قوي للمؤسسات الناشئة الناشطة في مجال الطاقات المتجددة، وهو ماساهم في ازدهار قطاع الطاقات النظيفة ومساهمته في الرفع من حجم الناتج المحلي. إلا أن المستثمرين في السوق المالي كان لهم توجه خاص، وقرار استثماري معتمد على تحقيق العوائد.

النتائج:

- تعمل الولايات المتحدة على تمويل المؤسسات الناشئة في الطاقات النظيفة من خلال قوانين وتشريعات تحفيزية تعزز من استقطاب ودعم المستثمرين؛
- أصدرت الولايات المتحدة قانون التضخم، البنية التحتية للحزبين، والرقائق والعلوم، بالإضافة لقروض وزارة الطاقة الحكومية؛
- يساهم سوق رأس المال من تمويل المؤسسات الناشئة من خلال الاستثمار في رأس المال المغامر، إلا أن نسب الاستثمار في الوقود الأحفوري أكثر ارتفاع من الطاقات النظيفة؛
- يسمح تمويل المشاريع توسيع مصادر الحصول بالنسبة للمؤسسات الناشئة في مجال الطاقات النظيفة؛
- على الرغم من التحفيز الحكومي شهد نشاط رأس المال المغامر انخفاض في عدد الصفقات بنسبة 22.3%، وانخفضت القيمة الإجمالية للصفقات بنسبة 12.6%.

التوصيات:

- إن نجاح عملية التحول نحو الطاقات النظيفة، مرتبط كليا بحجم الاستثمار الموجه له، وبالتالي وجب توفير دراسات تظهر نتائج التمويل الأخضر، مما يعزز من استمرار المستثمرين في تمويل المؤسسات الناشئة في الطاقات النظيفة؛
- يجب على الحكومات توفير الدعم والتحفيزات الضرورية والمرافقة الكاملة للمؤسسات الناشئة في مجال الطاقات النظيفة للرفع من قدرتها المالية مما يجعلها فرصة استثمارية للراغبين في الربح؛
- وجب على كل دولة تحديد مصادرها المتجددة واستغلالها في توليد الطاقة النظيفة وتوفير التمويل اللازم لعملية الابتكار والتطوير والتمويل المناسب لنجاح المؤسسة الناشئة.

المصادر والمراجع:

References

Bank Financing Shows Little Progress on Climate Goals: Five Things to Know. (2025, 09 15). Retrieved from BloombergNEF: https://about.bnef.com/insights/finance/bank-financing-shows-little-progress-on-climate-goals-five-things-to-know/

dfgf. (fgf). *gdf*. fdg: dfg.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. (2024). *United States 2024 Energy Policy Review*. IER. Retrieved from https://www.iea.org/reports/united-states-2024#overview

MacDonagh, J. (2025). *Clean Energy VC Trends.* PitchBook.

. Sascha Kraus و ، Hartmann-Wendels Thomas ،Neitzert Florian ،Klein Maximilian Start-Up Financing in the Digital Age – A Systematic Review and .(2020). Comparison of New Forms of Financing Comparison of New Forms of Financing. *The Journal of Entrepreneurial Finance*، *21*(2)، 46-98.

O'Malley, J. (2025). *Sustainable Investment Survey*. PitchBook. Retrieved from https://pitchbook.com/news/reports/2025-sustainable-investment-survey

National Forum on Energy Transitions: The Dynamics of New Practices Determining the Paths of National and Global Economies

Axis V - The accounting and financial framework for the sustainable energy sector

Title of the intervention :ImplementingAccountingFrameworks for the sustainable Energy Sector

Pr.Dr.DjemaaHaouam[1] Dr. Aida Belkhiri[2]

Abstract

Implementing accounting frameworks for the sustainable energy sector involves integrating standard financial reporting with specialized sustainability frameworks like the Greenhouse Gas Protocol for carbon emissions and other standards . These frameworks help companies quantify and report their environmental and social impacts, such as water scarcity, carbon emissions, renewable energy usage. This paper aims atthe possibility of implememting the accounting framework for the sustainable energy sector

To acheive this aim we used a descriptive research approach was used and information was gathered from different sources in order to answer the problematic.

This paper arrived at The implementation of a robust accounting framework for the sustainable energy sector is not merely a compliance exercise; it is a strategic imperative.

Keywords: Sustainability accounting, Sustainability Reporting, Energy Sector

الملخص

يتضمن تطبيق أطر المحاسبة لقطاع الطاقة المستدامة دمج معايير التقارير المالية مع أطر الاستدامة المتخصصة، مثل بروتوكول غازات الاحتباس الحراري لانبعاثات الكربون، وغيره من المعايير. تساعد هذه الأطر الشركات على تحديد آثارها البيئية والاجتماعية والإبلاغ عنها،

[1] Badji Mokhtar university Annaba
[2] Badji Mokhtar university Annaba

مثل ندرة المياه، وانبعاثات الكربون، واستخدام الطاقة المتجددة. تهدف هذه الورقة إلى إمكانية تنفيذ الإطار المحاسبي لقطاع الطاقة المستدامة

ولتحقيق هذا الهدف استخدمنا المنهج الوصفي في البحث وتم جمع المعلومات من مصادر مختلفة للإجابة على الإشكالية.

توصلت هذه الورقة إلى أن تنفيذ إطار محاسبي قوي لقطاع الطاقة المستدامة ليس مجرد تمرين امتثال؛ بل هو ضرورة استراتيجية.

الكلمات المفتاحية: محاسبة الاستدامة، تقارير الاستدامة، قطاع الطاقة

Introduction

The incorporation of sustainable development principles into accounting and corporate disclosure represents a significant advancement in business procedures in the last 20 years

The primary aim of an accounting framework for the sustainable energy sector is to measure, report, and disclose information related to energy generation, consumption, investment, and environmental impact to support decision-making, drive the transition to green energy, and meet the growing demand for transparent and comparable sustainability data. It provides standardized methods to track progress toward sustainable energy goals and ensures accountability from organizations in their contribution to mitigating climate change.

I mplementing a comprehensive accounting framework for the sustainable energy sector is a complex yet critical endeavor. It involves seamlessly integrating financial reporting with environmental and social dimensions to ensure transparency, accountability, and effective decision-making. The goal is to move beyond traditional financial metrics to encompass the broader impact of energy operations on the planet and society, driving both financial gains and genuine commitment to sustainability



An illustrative image of renewable energy infrastructure, emphasizing the sector's sustainable focus.

The rapidly evolving sustainable energy sector demands a sophisticated accounting framework that can accurately capture both its financial intricacies and environmental contributions. This framework moves beyond conventional accounting by integrating sustainability metrics, addressing the unique characteristics of renewable energy assets, and ensuring transparent reporting for all stakeholders. It's a critical tool for navigating the complexities of green finance, from project development to long-term operational sustainability
The accounting framework for the sustainable energy sector is a dynamic and evolving domain that marries conventional financial principles with critical sustainability considerations. It addresses the unique characteristics of renewable energy projects, environmental impacts, and societal expectations,

How to implement accounting framework for sustainable energy sector ?

This paper is divided into 4 sections :

1-Literature review on sustainability Accounting

2- Core Components of a Comprehensive Framework

3- Financial vs. Sustainability Reporting Differences

4- Implementation of effective accounting framework for sustainable energy

1-Literature review on sustainability Accounting

Sustainability accounting represents a crucial evolution in how organizations measure, manage, and communicate their impact on the planet and society. Moving beyond the narrow confines of traditional financial reporting, it integrates environmental, social, and governance (ESG) factors to provide a more holistic and accurate picture of an entity's long-term viability and value creation. This literature review synthesizes the key themes, developments, and challenges in sustainability accounting, drawing from recent scholarly works and industry trends.

1.1-Definition of sustainability : The concept of sustainability or sustainable development is defined in the Brundtland Report (Our Common Future) as "development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own ne**eds**[3].

1.2-Sustainability accounting : reflects the management of a corporation's environmental and social impacts arising from production of goods and services, as well as its management of the environmental and social capitals necessary to create long-term value. It also includes the impacts that sustainability challenges have on innovation, business models, and corporate governance and vice versa. Therefore, SASB's sustainability topics are organized under five broad sustainability dimensions as summarise in table01:

Table 01-SASB Universe of Sustainability Issues

Environment	**• GHG emissions** **• Air quality** **• Energy management** **• Fuel management** **• Water and wastewater management** **• Waste and hazardous materials management** **• Biodiversity impacts**
Social capital	**• Human rights and community relations**

[3] SASB CONCEPTUAL FRAMEWORK, February 2017,p4

	• Access and affordability • Customer welfare • Data security and customer privacy • Fair disclosure and labeling • Fair marketing and advertising
Human capital	• Labor relations • Fair labor practices • Diversity and inclusion • Employee health, safety, and wellbeing • Compensation and benefits • Recruitment, development, and retention
Business model and innovation	• Lifecycle impacts of products and services • Environmental and social impacts on assets and operations • Product packaging • Product quality and safety
Leadership and governance	• Systemic risk management • Accident and safety management • Business ethics and transparency of payments • Competitive behavior • Regulatory capture and political influence • Materials sourcing • Supply chain management

Source : Done by authors using SUSTAINABILITY ACCOUNTING STANDARDS BOARD

1.3-Purpose of sustainability Accounting an Disclosure

Market value typically differs from book value, in part, because traditional financial statements do not necessarily capture all of the factors that contribute to a company's long-term ability to create value. Much of this "value gap" is attributable to, or can be significantly impaired by the management or mismanagement of, environmental, social, and human capitals as well as corporate governance. Therefore, corporate reporting must extend beyond financial statements to facilitate the measurement and reporting of sustainability information that will enhance a decision maker's understanding of all material risks and opportunities. Like financial accounting, sustainability accounting has both

confirmatory and predictive value, so it can be used to evaluate past performance and be used for future planning and decision support. As a complement to financial

the SASB's approach to sustainability accounting consists of defining operational metrics on material, industry-specific sustainability topics likely to affect current or future financial value. Like financial accounting information, sustainability accounting information captures past and current performance, and can also be forward-looking to the extent that it helps management describe known trends, events, and uncertainties that may reveal an actual or potential impact on the financial condition or operating performance of a reporting entity. SASB metrics—both qualitative and quantitative— will thus be of interest to investors and creditors, thereby helping to communicate and to more completely represent company performance.

Thus, sustainability accounting facilitates a more complete understanding of the fundamentals of a reporting entity. For example, impacts associated with sustainability-related "known trends" may result from[4]:

- Management of critical capitals necessary for production of goods or services;
- Vulnerability to depletion or misuse of these capitals;
- Exposure to new or existing regulation or changing societal norms;
- Scenario-planning regarding alternative resources or business models;
- Risks associated with mismanagement of certain environmental, social, or governance issues; and
- Opportunities associated with global or industry sustainability challenges.

2-Core Components of a Comprehensive Framework

A truly effective accounting framework for the sustainable energy sector is built upon three interconnected pillars: financial accounting, environmental accounting, and sustainability reporting.

2.1-Financial Accounting: While fundamental, financial accounting in the sustainable energy sector requires specific considerations:

a- Strategic Investment Tracking and Capitalization

Accurate tracking of investments in renewable energy projects is paramount. This includes not only direct capital expenditures but also the accounting for

[4] SASB(2017),p5

various contractual agreements such as virtual power purchase agreements (VPPAs) and traditional power purchase agreements (PPAs). Establishing clear capitalization policies early in a project's lifecycle, before significant expenditures begin, is crucial to avoid undercapitalization and ensure proper financial recognition of assets. Depreciation of long-lived assets, considering their extended operational lifespan, forms a critical aspect of this.

b-Government Incentives and Revenue Recognition

The sustainable energy sector often benefits from government incentives and tax credits. The framework must clearly define policies for recognizing and accounting for these benefits, ensuring compliance with relevant GAAP or IFRS standards. Similarly, revenue recognition from the sale of renewable energy, renewable energy credits (RECs), and other environmental attributes must be consistently applied.

c-Consolidation and Intercompany Transactions

Many renewable energy projects involve complex ownership structures, including joint ventures and special purpose entities. The framework needs robust policies for consolidation, evaluating control and variable interest entities to ensure accurate financial reporting across the entire operational footprint. Diligent tracking of intercompany transactions and recurring true-ups is essential for maintaining transparency and accuracy.

2.2-Environmental Accounting:This pillar focuses on quantifying the ecological footprint of sustainable energy operations, providing crucial data for environmental responsibility and strategic decision-making.

a-Carbon Accounting and GHG Emissions Tracking: Implementing a comprehensive carbon accounting system is fundamental. This involves measuring and reporting greenhouse gas (GHG) emissions across all three scopes:

• Scope 1: Direct emissions from owned or controlled sources (e.g., fuel combustion in company vehicles).

• Scope 2: Indirect emissions from the generation of purchased electricity, heating, or cooling.

• Scope 3: All other indirect emissions in a company's value chain (e.g., emissions from suppliers, employee commuting).

Frameworks like the GHG Protocol and guidance from the Clean Energy accounting Project (CEAP) provide methodologies for robust emissions tracking and reporting.

Figure 1: Illustrating the importance of robust carbon accounting for navigating net-zero goals.



b-Energy Accounting and Resource Management: Beyond carbon, energy accounting systematically tracks an organization's energy usage, its sources, and associated costs. This provides valuable insights into operational efficiency, identifies high-consumption areas, and facilitates the setting and monitoring of energy reduction targets. Tracking water consumption, waste generation, and biodiversity impact are also critical components of a holistic environmental accounting system.

2.3-Sustainability Reporting: Communicating Value: This pillar focuses on transparently communicating the organization's environmental, social, and governance (ESG) performance to stakeholders,leveraging various established frameworks.

3-Comparative Analysis of Reporting Frameworks

Understanding the strengths and focus areas of various sustainability reporting frameworks is crucial for selecting the most appropriate ones for an organization's specific needs.

The sustainable energy sector is constantly evolving. The framework should include a roadmap for continuous improvement, adapting to new technologies, regulatory changes, and emerging best practices. This could involve short-term goals like data capture implementation, medium-term goals like publishing integrated sustainability reports, and long-term goals such as expanding to climate risk scenario planning

4-Financial vs. Sustainability Reporting Differences

Unlike traditional financial reporting, which focuses solely on historical financial data, sustainability reporting provides a broader view of a company's environmental, social, and governance (ESG) impact—helping stakeholders assess long-term value and non-financial risks.

financial reporting (governed by traditional IFRS Accounting Standards) and sustainability reporting (under IFRS SustainabilityDisclosure Standards) serve distinct but complementary purposes**.** below table02 abrief comparaison :

table 02 Comparison: Sustainability vs. Financial Reporting

Feature	**Traditional Financial Reporting**	**Sustainability Reporting**

Purpose	**Measure financial performance**	**Disclose ESG impact and risk**
Audience	**Investors, regulators**	**Stakeholders incl. employees, public, NGO**
Timeframe	**Past performance**	**Present and future impacT**
Reporting Standards	**IFRS**	**GRI, ISSB (IFRS S1–S2), TCFD**
Data Type	**Quantitative (financial)**	**Quantitative + Qualitative (non-financial**

4- Implementation of effective accounting framework for sustainable energy.

A structured approach is essential for successful implementation. The following steps outline the critical components of building an effective accounting framework for sustainable energy.

3.1-Rigorous Data Collection and Measurement

Accurate and granular data is the bedrock of any effective accounting system. For sustainableenergy, thismeans:

• EnergyConsumption and Generation: Utilizing smart meters, sensors, and advancedenergy management systems to collect real-time data on energy usage and generationfromrenewable sources.

• EnvironmentalMetrics: Tracking data related to carbonemissions, water usage, wastegeneration, and othermaterialenvironmental impacts.

• Value Chain Coverage: Ensuring data collection covers all relevant systems, equipment, and stages within the organization's value chain to provide a holisticenergy profile. These data points are vital for understandingoperationalefficiencies, identifying areas for improvement, and accuratelyreportingenvironmental performance.

3.2- In-DepthAnalysis and Opportunity Identification

Raw data isonly as valuable as the insights itprovides. Once collected, data must beanalyzed to:

• RevealConsumption Patterns: Identify trends, peaks, and anomalies in energyconsumption.
• UncoverInefficiencies: Pinpoint areas whereenergyiswasted or processescanbeoptimized.
• AssessRenewablePotential: Evaluate the feasibility of shifting to renewableenergy sources or enhancingexistingrenewablegeneration.
• PrioritizeSustainability Efforts: Identify and quantifymaterialenvironmental impacts, such as significantcarbonemissions, to prioritize interventions.

3.3-Adherence to FoundationalAccountingPrinciples The credibility of the accountingframeworkhinges on itsadherence to fundamentalprinciples:

• Materiality: Focusing on impacts that are significantenough to influence decisions.
• Completeness: Ensuring all relevant aspects of the value chain are included. • Consistency: Applyinguniformmethods and metrics over time for comparability.
• Transparency: Clearlydocumentingmethodologies, assumptions, and data sources.
• Accuracy: Employingrobustmeasurement and verification to minimizeerrors.

3.4-RobustGovernance and Management Alignment

Integrating the accountingframeworkwithin the existinggovernance structure is crucial. This involves:
• ExecutiveInvolvement: Securingcommitmentfromexecutive management to alignsustainability goals with business strategy.
• Project Appraisal: Leveraginggovernance structures to appraiseprojectsbased on both business and environmental value.
• Documentation: Meticulouslydocumentingmethodologies, assumptions, and reportingprocesses.



A solar power plant, representing a key component of the sustainable energysector.

4-SpecializedAccountingConsiderations

The sustainable energy sector, characterized by its innovative spirit and critical role in global climate goals, demands a specialized accounting framework that transcends traditional financial reporting. This framework must intelligently integrate financial performance with environmental and social impacts, providing a comprehensive and transparent view for all stakeholders. The dynamic nature of renewable energy projects, coupled with evolving regulatory landscapes and increasing investor scrutiny, necessitates a robust and adaptable system.

The sustainable energy sector presents unique accounting challenges that require specialized approaches

4.1-Accounting for Renewable Energy Credits and Power Purchase Agreements They are central to the financial and environmental landscape of renewable energy. Proper accounting for these elements is critical:
• RECs: These tradable certificates represent the environmental attributes of renewable energy generation. Accounting for RECs involves understanding their cost recognition, revenue recognition, and potential depreciation, considering their complex treatment as incentives, bundled

products, or separate commodities depending on contractual terms and regulatory frameworks.
• PPAs: For both physical and virtual PPAs, the accounting framework must accurately capture energy deliveries, associated financial instruments, and the recognition of revenue and costs. This includes ensuring that the treatment of RECs within PPAs is clearly defined and accounted for.

Conlusion

The implementation of a robust accounting framework for the sustainable energy sector is not merely a compliance exercise; it is a strategic imperative. By intelligently integrating financial rigor with comprehensive environmental and social impact reporting, organizations can unlock significant value. Such a framework fosters trust with investors, enhances operational efficiency, mitigates risks associated with climate change, and positions companies as leaders in the transition to a low-carbon economy. As the global push for sustainability intensifies, a transparent and accountable accounting system will be the bedrock upon which the green energy revolution continues to build and thrive.

References

1-Dimitris Balios(2025)**Accounting for a Sustainable Future: The Role and Impact of the European Sustainability Reporting Standards (ESRS),** European Journal of Accounting, Auditing and Finance Research, 13(7) ,14-26

2- Pedro da Silva Gomes(2023) **Sustainability Reporting: Analysis of Practices in the Energy Sector ,**

3-Dejun Zhou an others**(2013)Assessing the Role of Sustainability Disclosure on Firms' Financial Performance: Evidence from the Energy Sector of Belt and Road Initiative Countries,**

4- Frida Rudbo(2025),**Carbon Accounting Standards and Global Frameworks,** https://www.portal.cemasys.com/post/carbon-accounting-standards-and-global-frameworks

5- Muhammad Farhan Maulanaand others(2025) **The Effect of Sustainability Report, Green Accounting, and Leverage on Corporate Values in Energy Sector Companies,** International Journal of Applied Business & International Management (IJABIM) Vol. 10 No. 1, pp. 36-51,

6-Unlocking Sustainability: Crafting a Robust Accounting Framework for the Green Energy Revolution, https://ithy.com/article/sustainable-energy-accounting-framework-hcdbndkd

7- **Unveiling the Core of Sustainability Accounting: AComprehensive Literature Review**; https://ithy.com/article/literature-review-sustainability-accounting-j1zkd2
8- **SASB CONCEPTUAL FRAMEWORK, february 2017**
9- Charting a Sustainable Future: Implementing Accounting Frameworks for the Energy Sector ; https://ithy.com/article/sustainable-energy-accounting-framework-nzkkrk1o