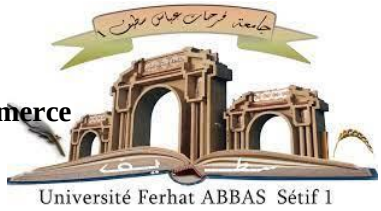
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة فرحات عباس / سطيف 1
كلية العلوم الاقتصادية، التجارية وعلوم التسيير
القسم: العلوم الاقتصادية




University Ferhat Abbas / Sétif 1
Faculty of Economic Sciences, Commerce & Management Sciences
Department: Economic Sciences

**أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم في العلوم الاقتصادية**

**التخصص:** إدارة الاعمال والتنمية المستدامة

فرع: الاقتصاد الدولي والتنمية المستدامة

**العنـــــــــوان:**

# استراتيجية تطوير استخدامات الطاقات المتجددة في القطاعات الاقتصادية على ضوء التجارب الحديثة

## دراسة حالة القطاعات الاقتصادية الوطنية: النقل، الصناعة، السكن

**خلال الفترة:** 2016-2000

**إعداد:**
إسماعيل زحوط

**المشرف:**
الأستاذ صالح صالحي

**لجنـــة المناقشـــة:**

| اللقب والاسم | الرتبة العلمية | المؤسسة الجامعية | الصفة |
|---|---|---|---|
| عماري عمار | أستـــــــاذ | جامعة سطيف 1 | رئيسا |
| صالحي صالح | أستـــــــاذ | جامعة سطيف 1 | مشرفا ومقررا |
| يرقي حسين | أستـــــــاذ | جامعة المدية | ممتحـــنا |
| حميدة مختار | أستـــــــاذ | جامعة الجلفة | ممتحـــنا |
| لطرش ذهبية | أستـــــــاذ | جامعة سطيف 1 | ممتحـــنا |
| ساري نصر الدين | أستـــــــاذ | جامعة تبسة | ممتحـــنا |

**السنة الجامعية: 2024 □ 2025**

# إِهْدَاء

إلى الوالده حفظها الله والى روح الوالد رحمه الله تتغشاه

الى كل إخوتى الافاضل

إلى زوجتى وأولادى

إلى كل من أوقد شعلة صغيره فى كنف الظلام..

إلى كل من حمل بذره التغيير وسقاها بروح العمل..

إلى كل من تجدد أمله بعد كل نكبة..

أهديكم هذا العمل.

إسماعيل بن أحمد

# شُكر وَعِرفَانْ

الحمد لله على توفيقه وبعد؛

فإنني أتقدم بوافر الشكر والإخلاص للأستاذ الفاضل **أ.د. صالح صالحي** الذي رافقني طيلة إعداد هذه الرسالة من إشراف وتوجيه وتصويب ومرافقة إخراجه بشكله هذا. وكذلك كل لجنة المناقشة التي أثرت الموضوع ووافقت عليه.

كما لا يفوتني أن أتقدم بالشكر لكل **من ساعدني إنجاز** هذا العمل.

إسماعيل بن أحمد.

# المقدمة

**تمهيد:**

انطلاقًا من أهمية تحقيق أهداف التنمية المستدامة الشاملة وتماشيا مع ضوابطها التي تتطلب إدارة كفؤة للموارد الطاقوية المتاحة واستخدام أساليب تقنية نظيفة بيئيا ومقبولة اقتصاديا واجتماعيا وفي إطار تكامل منظومة التنمية والطاقة والبيئة، فقد برزت لدى الدول والمنظمات العالمية أهمية العمل على تطوير استخدامات الطاقات المتجددة كبديل متمم للطاقات الناضبة في مختلف القطاعات الاقتصادية كقطاعات النقل والصناعة والسكن وتختلف هذه الأهمية حسب السياسات الطاقوية المتعبة عند كل دولة ومدى انخراطها في تحقيق أمنها الطاقوية ومقدار الاستثمار الذي توجهه لتنمية وتحسين كفاءة الطاقة عندها.

وبالحديث عن هذه القطاعات فان قطاع النقل الذي يعدّ مهما جدا في سياسات ترقية استخدامات الطاقة، ولهذا فمن خلال وظائفه من نقل يومي للسلع والبضائع والأفراد على الصعيدين الدولي والوطني فان أهميته واضحة من خلال مساهمته في تطوير الأنشطة والمشروعات الإنتاجية، وهو أيضا من بين ابرز القطاعات المستهلكة للطاقة الاحفورية في العالم بعد القطاع الصناعي، لا سيما مع تطور صناعات المركبات وتنامي حظيرة مركبات النقل بمختلف فروعه وتطوّر استخدامات الطاقة فيه وتزايد الغازات الملوثة الناتجة عنه، حيث تبيّن بعض التجارب الحديثة في دول صناعية متقدمة كألمانيا وأمريكا، إمكانية الوصول إلى خدمات طاقوية مستدامة في هذا القطاع عن طريق ترقية الكفاءة الاستخدامية للطاقات المتجددة فيه.

ولا يمكن الحديث عن أي استراتيجية لترقية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع النقل دون المرور على القطاع الصناعي الذي يعدّ محور التنمية المحلية والوطنية، حيث ترتكز تطوير الصناعات على مدى توفر الطاقة لا سيما التي تخص الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، كالصناعات البتروكيميائية والأسمدة والألمنيوم والحديد، ويستدل من الواقع الحالي لاستهلاك الطاقة في القطاع الصناعي إلى تدنّي مؤشرات كفاءة الطاقة في معظم الصناعات القائمة لا سيما في الدول الصناعية المتقدمة ناهيك عن الدول المتخلفة التي لا تتملك قاعدة صناعية كبيرة ولكنها تبقى محل اتهام بغياب عوامل مراقبة التلوث الصناعي في المناطق الصناعية المتاحة، وعلى ضوء هذا فانّ مجال تحسين كفاءة استخدام الطاقات المتجددة وترشيد استهلاكها في قطاع الصناعة يقتضي إيلاء هذا الموضوع المزيد من الاهتمام.

وبالإضافة الى قطاعي النقل والصناعة يأتي أيضا قطاع السكن كأحد أهم القطاعات الوطنية المعنية بترقية استخدامات الطاقة المتجددة فيها وذلك لتحقيق التنمية الإسكانية المستدامة، حيث أنّ الحفاظ على الطاقة في الأبنية لا يكون إلا بترشيد الاستهلاك وتحسين الكفاءة وهو امر مطلوب لتلافي هدر الموارد الطاقوية الناضبة وحفاظا على مصلحة الأجيال القادمة.

**1-إشكالية الدراسة:**

ومما سبق تتضح لنا معالم الإشكالية الأساسية لهذه الدراسة كالتالي:

**كيف يمكن ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في القطاعات الاقتصادية الوطنية؟ وكيف يمكن الاستفادة من التجارب الحديثة في هذا المجال؟**

**2. التساؤلات الفرعية:**

هذه الإشكالية الرئيسية تثير مجموعة من الأسئلة الفرعية:

أ- كيف يمكن أن تساهم الطاقات المتجددة في تحسين كفاءة الطاقة في القطاعات الاقتصادية المختلفة؟

ب- ما مدى استفادة الاقتصاد الجزائري من التجارب الحديثة في مجال ترقية الكفاءة الاستخدامية للطاقات المتجددة في القطاعات الاقتصادية الوطنية؟

ج- ماهي آفاق ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في القطاعات الاقتصادية على التنمية الوطنية المستدامة؟

د- ماهي السياسات الطاقوية الكفيلة بترشيد استهلاك الطاقة في القطاعات الاقتصادية الوطنية؟

**3. فرضيات الدراسة:**

سنحاول من خلال هذه الدراسة الانطلاق من الفرضيات التالية:

أ- يرتبط تطوير استخدامات الطاقات المتجددة في القطاعات الوطنية بكفاءة السياسة الطاقوية الوطنية الحالية؛

ب-يمكن تحقيق استدامة قطاع النقل في الجزائر عن طريق ترقية استخدامات الطاقات المتجددة المتاحة فيه؛

ت-يؤدّي تطوير استخدامات الطاقات المتجددة المتاحة في قطاع الصناعة في الجزائر إلى دعم تنافسيته وتحقيق التوزيع المكاني للصناعات الناشئة؛

ث-يساهم تطوير استخدامات الطاقات المتجددة المتاحة في قطاع السكن في الجزائر الوصول إلى التنمية الإسكانية المستدامة.

**4. أهداف الدراسة:**

تهدف هذه الدراسة أساسا للوصول إلى استراتيجية وطنية مستدامة تسمح بترقية استخدامات الطاقات المتجددة ورفع كفاءتها في القطاعات الاقتصادية الوطنية متمثلة في قطاعات: النقل، الصناعة والسكن، في ظل تزايد الوعي البيئي والمجتمعي وتطور الاستهلاك الداخلي للطاقة وتهديدات نضوب الموارد الطاقوية، ولتطوير أهدف الدراسة وربطه مع الواقع فسيتم التعرض لأهم التجارب الحديثة في مجال ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في القطاعات الاقتصادية الوطنية من خلال دراسات الحالة والنماذج والسياسات الدولية والإقليمية للشركات أو الحكومات مع محاولة تكييفها وتهذيبها لتتناسب مع خصوصيات الاقتصاد الجزائري وبنيته الهيكلية والسياسات الطاقوية المتبعة.

**5-حدود الدراسة:**

بعد الاطلاع على الدراسات السابقة والتشاور مع المشرف والباحثين في الاختصاص[1] فيما يخص بنية الدراسة وهيكلتها المنهجية والتطبيقية، لاسيما ما يتعلق بتطوير استخدامات الطاقات المتجددة في القطاعات الاقتصادية الوطنية ممثلة في القطاعات الأتية: قطاع النقل، قطاع السكن والقطاع الصناعي، فسيتم التطرق الى إيجابيات التجارب الحديثة وهذا خلال الفترة الزمنية 2000 إلى غاية 2016 وبالنظر الى الأسباب الموضوعية لتأخر الدراسة (فترة الكوفيد 19 ...الخ) فقد تم تحديد الفترة الزمنية من سنة 2000 الى غاية 2030.

**6. أهمية الموضوع:**

إنَّ أهمية قطاع الطاقات المتجددة واستخداماتها بالنسبة للقطاعات الاقتصادية كالنقل والصناعة والسكن، بالإضافة الى تطور مفهوم التنمية المستدامة الذي أصبح يشكل ضغطا أمام إهدار الطاقة بطرق غير مستدامة يشكلان اللبنة الأساسية لأهمية موضوع الدراسة، ناهيك عن عدة عناصر أخرى تبرز أبعاد تناوله بالنسبة للاقتصاد الوطني منها:

أ- وجود عدد قليل من الدراسات المتخصصة في اقتصاديات الطاقات المتجددة في هذا المجال لاسيما عندنا بالجزائر، كما أنه لا يخفى ايضا في الأعوام الأخيرة، الأهمية القصوى التي أصبحت تكتسيها البحوث والدراسات المتعلقة باقتصاديات الطاقات المتجددة من طرف الحكومات والشركات والباحثين، كما انه من الملاحظ ان جل المكتبات والمواقع الالكترونية للجامعات التي قمنا بزيارتها – سواء ميدانيا او الكترونيا- واطلعنا على محتوياتها فانه يغيب عنها الكتب والمصادر والبحوث التي تختص بالأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والمؤسساتية للطاقة المتجددة ويتوفر فقط الجانب التقني التقليدي او التي تمس الطاقات التقليدية؛

[1] المشرف المساعد بجامعة سكاريا- تركيا، أ.د. **سيفيم اتيلا ديمير**، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة سكاريا، تركيا.

ب- كون الجزائر من الاقتصاديات المعتمدة كليا على قطاع الطاقة ولا يمكن النهوض بالتنمية الوطنية او القطاعية إلا من خلال تطوير مساهمة الطاقات المتجددة فيها؛

ج- الاتجاه الدولي المتسارع نحو الطاقات المتجددة وبالتالي وجوب النظر والاهتمام بالتهديدات المتعلقة بالتنافسية الدولية بقطاع اقتصادي سيادي في الجزائر وهو قطاع الطاقة، هذا بالإضافة لارتباطه بالأمن القومي الطاقوية والعلاقات الجيوسياسية في الاقتصاد الدولي.

**7. دو افع اختيار الموضوع:**

إن اختيار هذا الموضوع نابع من عدة أسباب أهمها:

أ- أهمية قطاع الطاقة بالنسبة للأمن الاقتصادي الوطني الداخلي المرتبط باستدامة القطاعات والحياة الاقتصادية وتوطين التنمية، والخارجي المرتبط بالتبعية الاقتصادية والتنافسية الدولية والتجارة الدولية للطاقة وما لها من اثار سياسية قد تتحول الى مضايقات تتعلق بالأمن الخارجي؛

ب- أهمية الموضوع بالنسبة للاقتصاد الوطني في شقيه الاقتصادي والاجتماعي، وهذا كون الطاقات المتجددة أحد البدائل المهمة لإيصال الطاقة للريف والمناطق الجبلية والصحراوية المعزولة وهو ما سيساهم في دفع التنمية الريفية والصحراوية والجبلية وخلق أنشطة محلية؛

ج- حداثة مجال اقتصاديات الطاقات المتجددة مقارنة بالطاقات الاحفورية، مما يجعل الموضوع جدير بالبحث والاهتمام لا سيما فيما يتعلق بأفاق ومدى مساهمة الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة؛

د- قلة الدراسات والأبحاث المتخصصة التي تتطرق الى استخدامات الطاقات المتجددة في الجزائر وخاصة في القطاعات مثل الصناعة والنقل والسكن، فحتى الوزارات المعنية مازالت بعيدة كل البعد عن وضع استراتيجية لترقية وادماج الطاقات المتجددة فيها؛

هـ- المواصلة في نفس مجال الدراسة التي تطرقنا لها في مذكرة الماجستير والتي تطرقت الى استراتيجية ترقية استخدامات الطاقات الناضبة التقليدية، حيث تم استعراض التجربة الامريكية في هذا المجال وامكانيات الاستفادة منها مع وضع استراتيجية وطنية لترقيتها، ومنه فالاستمرار على نفس خط الدراسة السابقة سيؤدي الى بلورة شاملة حول موضوع اقتصاديات الطاقة ويقودنا الى الاختصاص أكثر في المجال، ومنه فإننا نسعى الى تقديم حلول ومرافقة مؤسسات الدولة من خلال البحوث والدراسات في مجال اقتصاديات الطاقات المتجددة.

**8. منهج الدراسة:**

إنّ المعالجة للإشـكالية الموضـوعة تتطلب إتباع المنهج الوصـفي التحليلي عند التعرض لمختلف المفاهيم في اقتصـاديات الموارد الطاقوية وسـبل ترقيتها واسـتراتيجيات ترقية كفاءة اسـتخداماتها والمحافظة عليها ضـمن ضـوابط التنمية المسـتدامة، بالإضـافة إلى الدراسـة التطبيقية القطاعية المقارنة عند التعرض لبعض التجارب ومحاولة المقارنة بينها للوصول إلى إيجابياتها وإمكانية التطبيق.

**9. الدراسات السابقة:**

فيما يخص الدراسات السابقة المتعلقة بهذا الموضوع، فبعد البحث تبين أنه توجد دراسات مقاربة في المجالات التقنية والهندسة الطاقوية - سيتم الاستئناس بها كدراسات سابقة والانطلاق من نتائجها، أما الدراسات المشابهة للموضوع فهي تكاد تكون نادرة –وفق ما وصلنا اليه من تحري وبحث - واغلبها عبارة عن مداخلات في مؤتمرات علمية تتطرق إلى مواضيع الطاقة بصفة تقنية وأخرى غير متخصصة وكذلك موضوع الطاقات المتجددة حيث تجمع في توصياتها على ضرورة التركيز على هذا المجال وإعطائه الأولوية اللازمة من اجل تحقيق الأهداف المرجوة، ولكن يمكن ذكر بعض الدراسات التالية لارتباطها بموضوع البحث سواء بشكل مباشر أو غير مباشر:

**الدراسة الأولى**

دراسة بعنوان:

" **Sustainable Societal Transformation: Shaping Renewable Energy Technologies in Transport.**"

"التحول المجتمعي المستدام: تشكيل تكنولوجيات الطاقة المتجددة في النقل".

للباحثين: Svetlana Kunskaja and Artur Budzyński من معهد الطاقات المتجددة ليتوانيا وجماعة بولندا، صادرة سنة **2024**.

https://doi.org/10.1051/matecconf/2023???01006

تناولت الدراسة تدقيقا لأنظمة النقل التقليدية والوقوف على بصمتها البيئية، والحاجة إلى بدائل مستدامة. فقد مهدت التطورات الأخيرة في تقنيات الطاقة المتجددة الطريق أمام المركبات الكهربائية وخلايا الوقود الهيدروجينية والوقود الحيوي والمركبات التي تعمل بالطاقة الشمسية والأنظمة الهجينة، والتي تقدم جميعها حلولاً صديقة للبيئة. ومع ذلك، فإن التكامل الناجح لهذه التقنيات في أنظمة النقل الحالية يطرح تحديات مثل تطوير البنية التحتية وصنع السياسات والإدراك العام والقبول المجتمعي. كما سلطت الدراسة الضوء على الاعتبارات الاقتصادية بما فيها التكاليف قصيرة الأجل والفوائد طويلة

الأجل، وتأثيرات أنماط النقل المستدام على الصحة والرفاهية. وباستخدام طريقة PESTEL، يمكن فهم التحول المعقد نحو تقنيات النقل المتجددة، وخاصة في سياقات مثل أوكرانيا. ونظرًا لمشهدها الاجتماعي والسياسي الفريد، فإن تحرك أوكرانيا نحو النقل المستدام يتأثر بعوامل متعددة، بما في ذلك اتفاقيات المناخ الدولية، وإعادة الهيكلة الاقتصادية، والإدراك العام، والتقدم التكنولوجي.

وبما أن قطاع النقل في أوكرانيا يعتمد بشكل كبير على الوقود الأحفوري، فقد توصلت الدراسة الى إمكانية التحول باستخدام موارده المتجددة الوفيرة الى تطوير استخدامات الطاقة المتجددة فيه، وهذا على الرغم من استمرار التحديات التكنولوجية واحتياجات النية التحتية إلا أن الاستثمارات الاستراتيجية واعتماد التقنيات المتجددة أمرًا أساسيًا لأوكرانيا لبناء إطار نقل مجتمعي مستدام.

## الـدراسة الثانيـة

بعنوان:

" Patrick Nussbaumer **"Energy for Sustainable Development – An Assessment of the Energy-Poverty-Development Nexus**" Autònoma de Barcelona" ,2021, Spain.

رسالة دكتوراه، معهد العلوم البيئية والتكنولوجية، جامعة برشلونة بإسبانيا، حيث حاول الباحث في هذه الدراسة الوصول إلى معرفة سبب انعدام إمكانية الحصول على خدمات الطاقة بأسعار معقولة وعادلة، وهذا من شأنه أن يكون عقبة رئيسية أمام التنمية البشرية والاجتماعية، والتنمية الاقتصادية و كذلك انعكاسها على تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية، كما قام أيضا من خلال هذه الدراسة بقراءة في دور الهيئات والمنظمات الدولية والقطرية للطاقة في تحقيق استقرار أسعار الطاقة وتوفير التمويل اللازم لخدمات الطاقة في البدان الأكثر فقرا، بالإضافة إلى محاولة وضع دراسة استشرافية حتى 2030 لإمكانية الوصول إلى الطاقة في دول الساحل الإفريقي وقد توصّل إلى جملة من النتائج أهمّها: الدور الكبير الذي تلعبه التنمية المستدامة في ربط العلاقة بين الطاقة و التنمية الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، وكذلك الدور الرئيس للمؤشرات الإحصائية في قياس مفهوم "فقر الطاقة" لدى الدول النامية وفي تخطيط الاستراتيجيات الطاقوية المختلفة لتحقيق أهداف الألفية الإنمائية.

## الدراسة الثالثة

**تقرير حكومي بريطاني بعنوان: Industrial Decarbonization Strategies**

**"استراتيجيات إزالة الكربون الصناعي"**

صادر عن وزير الدولة لشؤون الأعمال والطاقة والنمو النظيف لبريطانيا: The Rt Hon Anne-Marie Trevelyan MP **مارس 2021.**

يتطرق التقرير الى:

استراتيجية المملكة المتحدة في مكافحة تغير المناخ، فهي منذ عام 2019 أصبحت أول اقتصاد "صناعي" رئيسي في العالم يقر قوانين لإنهاء مساهمته في ظاهرة الاحتباس الحراري العالمي بحلول عام 2050. وللوصول إلى هذا الهدف قامت المملكة المتحدة بإحداث تغييرًا شاملاً ومنهجيًا في جميع القطاعات، بما في ذلك قطاع الصناعة.

تغطي هذه الاستراتيجية النطاق الكامل لقطاعات الصناعة في المملكة المتحدة: المعادن والمواد الكيميائية والأغذية والمشروبات والورق واللب والسيراميك والزجاج ومصافي النفط والتصنيع الأقل كثافة في استخدام الطاقة. حيث تمثل هذه الشركات الصناعية حوالي سدس انبعاثات المملكة المتحدة، ويعد تحويل عمليات التصنيع الخاصة بها أمرًا أساسيًا في تحقيق استدامة القطاع الصناعي.

إنّ هذه الاستراتيجية تهدف الى إيجاد توازن بين امتلاك قطاع صناعي مزدهر يتماشى مع هدف الصفر انبعاث من جهة، ودفع الحركية الاقتصادية والأعمال التجارية إلى الخارج من جهة اخرى، بالإضافة الى الوقوف على السياسات الحكومية اللازمة لذلك. ثم وضع خريطة طريق إرشادية للصفر انبعاث في قطاع الصناعة في المملكة المتحدة.

**10. محتويات الدراسة:**

من اجل الإجابة على اشكالية البحث والأسئلة الفرعية، سوف يتم تقسيم هذه الدراسة إلى خمسة فصول نتناول فيها:

- ✓ مقدمة عامة
- ✓ في **الفصل الأول** من البحث: سيتم التطرق فيه إلى الإطار الفكري والنظري لاقتصاديات الطاقة على وجه العموم، بالإضافة الى طرق قياس مخزوناتها في الطبيعة ومعدلات نفادها وتجددها. كما ستنطرق إلى التأصيل النظري للتنمية المستدامة وابعادها ومتطلباتها وضوابطها وأهم قضاياها.
- ✓ وفي **الفصل الثاني** للمفاهيم الخاصة بالكفاءة الاستخدامية للطاقات المتجددة واهم البرامج الطاقوية الداعمة للطاقات المتجددة ضمن متطلبات التنمية المستدامة.
- ✓ أما **الفصل الثالث** فسنتطرق من خلاله إلى استراتيجية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع النقل ضمن ضوابط التنمية المستدامة مع استعراض اهم التجارب الحديثة.
- ✓ وفي **الفصل الرابع** فسنستعرض من خلاله استراتيجية استخدامات الطاقات المتجددة في القطاع الصناعي ضمن ضوابط التنمية المستدامة مع استعراض اهم التجارب الحديثة.
- ✓ أما من خلال **الفصل الخامس** التطرق إلى استراتيجية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع السكن ضمن ضوابط التنمية المستدامة مع استعراض اهم التجارب الحديثة.
- ✓ وختاما نتائج **الدراسة ومناقشتها والتوصيات**
- ✓ **خاتمة**

# الفصل الاول

## مدخل لاقتصاديات

## الطاقات المتجددة

## تمهيد

تمثل الطاقات المتجددة اليوم، أحد أهم الحلول الواقعية والمستدامة لإشكاليات التنمية في العالم، سواء بالنسبة للحكومات في إطار تنفيذ برامجها التنموية خاصة التي تواجه بها صعوبات مثل التنمية الريفية والتنمية الجبلية والتنمية الصحراوية أو بالنسبة للمؤسسات الصناعية والفلاحية فيما يخص توفير الطاقة البديلة وتحسين استدامة انتاجها. وبالنظر الى خصائص الطاقة المتجددة وتنوع مصادرها فيمكن لها أن توفر حلول حسب الاحتياجات المختلفة، فعلى غرار الطاقة الناضبة نجد أن الطاقة المتجددة تتوفر بشكل غير قابل للنفاد مهما كانت درجة الاستخدام. وهي مستمدة عموما من قوى الطبيعة التي تتجدد مع كل يوم، مثل الشمس وضوء النهار والرياح وحرارة الأرض والمد والجز للبحار والمحيطات وحتى من بقايا وفضلات الحيوانات وبعض أنواع النبات وهذا ما يجعلها مفتاحًا مهما لكثير من الدول المتخلفة او التي تعاني الفقر الشديد. وهي من جهى أخرى أيضا بديل هام لتعويض استخدام الطاقة الناضبة كالبترول والغاز في المدن والقطاعات الاستراتيجية كثيفة الاستهلاك للطاقة مثل قطاعات الصناعة والنقل والسكن. ولهذا نجد أن مكانة الطاقات المتجددة بدأت تأخذ حيزا مهما في السياسات الطاقوية للحكومات والمنظمات الدولية ذات الصلة وحتى بالنسبة لمراكز البحث والجامعات وأدبيات اقتصاديات الطاقة.

وسنحاول من خلال هذا الفصل التطرق إلى النقاط التالية:

المبحث الأول: مفاهيم حول الطاقات المتجددة
المبحث الثاني: استخدامات الطاقات المتجددة وعوائقها
المبحث الثالث: استثمارات وتمويل استخدامات الطاقات المتجددة

## المبحث الأول: مفاهيم حول الطاقات المتجددة

يُعدُّ التوفيق بين مكونات المزيج الطاقوي (**Energy Mix**)*الخطوة الأولى لتحقيق التوازن في أي سياسة طاقوية، لا سيما وأن مساهمة الطاقات المتجددة بالنسبة للمزيج الطاقوي في العالم لا تزال تشكل ما يقارب25 % [1] فقط وهي نسبة تتوزع على مختلف مصادر الطاقات المتجددة وتختلف حسب السياسة الطاقوية لكل دولة معتمدة في ذلك حسب ما تتوفر عليه من موارد طاقوية متجددة.

من جهة أخرى فانّ هذه المصادر الطاقوية المتجددة أصبحت كفرص واعدة لتأمين الاحتياجات الطاقوية والتنموية بالنسبة للدول الصناعية المتقدمة بحيث تمنحها ميزة الاستقلال الطاقوي وتوفر بدائل عن استيراد المحروقات من الدول المصدرة للطاقة التي (اغلبها هذه الدول هي دول نامية خاصة دولة منظمة الأوبك *(**OPEC**)، وبالتالي فاستغلال الطاقات المتجددة وترقية كفاءة استخدامها هو عنصر بالغ الأهمية بالنسبة للأمن الطاقوي للدول.

وسنحاول من خلال هذا المبحث بالتفصيل والتحليل تناول النقاط التالية:

المطلب الاول: مفهوم الطاقة المتجددة وتصنيفاتها
المطلب الثاني: خصائص الطاقة المتجددة وأشكالها
المطلب الثالث: احتياطات العالم من الطاقات المتجددة

### المطلب الاول: مفهوم الطاقات المتجددة وتصنيفاتها

تختلف مفاهيم الطاقة المتجددة في أدبيات اقتصاديات الطاقة وفق عدة تصورات وأسس ترتبط إما بنوع هذه الطاقة أو خصائصها أو مصادر تجددها أو تصنيفها وفيما يلي سنتعرف أولا على مفهوم الطاقة في حد ذاتها ثم نصل الى التصنيفات المرتبطة بها لنستعرض التعريفات المتعلقة بالطاقة المتجددة وما تتضمنه من مفاهيم وخصائص وتقسيمات.

* **مزيج الطاقة** عبارة عن مجموعة من مصادر الطاقة الأولية المختلفة التي تنتج منها الطاقة الثانوية للاستخدام المباشر - عادة الكهرباء -.

[1] BP, **annual report, Statistical Review of World Energy 2019**, (June 2019).

* **"منظمة الدول المصدرة للنفط"** The **O**rganization of the **P**etroleum **E**xporting **C**ountries وهي هي منظّمة عالمية تضم اثني عشر دولة تعتمد على صادراتها النفطية اعتمادا كبيرا لتحقيق مدخولها. ويختصر اسمها إلى منظمة الأوبك ويعمل أعضاء الأوبك لزيادة العائدات من بيع النّفط في السّوق العالمية. تملك الدّول الأعضاء في هذه المنظّمة 40% من الناتج العالمي و70% من الاحتياطي العالمي للنّفط. تأسّست في بغداد عام 1960، وكانت تضم كلا من السعودية، وإيران، والعراق، والكويت وفنزويلا، ومقرّها في فيينا.

## الفرع الأول: تعريف الطاقة وتصنيفاتها

تشكل الطاقة اليوم سمة رئيسية للقرن الحديث، حتى صار يسمّى عصرنا الحالي بـ"عصر الطاقة"، فقد أصبح معيار استهلاك الطاقة مقياسا لتقدم الأمم والشعوب من خلال ما يبرزه من تطور للبنى التحتية للمدن وكبرها ودرجة تطورها، بالإضافة الى حجم القواعد الصناعية وتشابكها، فما هي الطاقة[2]؟

### أولا: مفهوم الطاقة

كلمة الطاقة هي الترجمة الحرفية لكلمة Energy أو Énergie أو Energia باللغات الأوروبية الحديثة، وهي مشتقة من الكلمة اليونانية القديمة Energos أو Energia 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[3].

وتعرف الطاقة بأنها الشغل المنجز بواسطة استعمال الأجهزة والماكينات التي تعمل باستخدام أحد أنواع الوقود: كالنفط والغاز والكهرباء والخشب وغيرها، لتقديم الخدمات الضرورية للحياة، وببساطة هي القدرة على أداء شغل أو عمل، والطاقة الكلية لأي جسم تعتمد على موضعه وحالته الحركية وحالته الداخلية وتركيبته الكيميائية وكتلته[4].

وتعرف أيضا بأنها: " الطاقة التي لا تنفد بالاستخدام الإنساني لها، لأنها تتجدد باستمرار"[5]

يمكن أن نقول: " أنه لا شيء في الوجود الطبيعي إلا للمادة والطاقة " ولذلك يقال: إن المادة لا تفنى وكذلك أيضا: الطاقة لا تفنى، ولكن يمكن أن تتحول من شكل إلى شكل آخر[6].

### ثانيا: تصنيفات الطاقة

ويمكن تصنيف الطاقة الى أربعة أصناف، مثلما يوضحه الشكل الموالي (1-1):

---

[2] حسن أحمد شحاتة، **التلوث البيني ومخاطر الطاقة**، الدار العربية للكتاب، القاهرة، يناير2002، ص25.

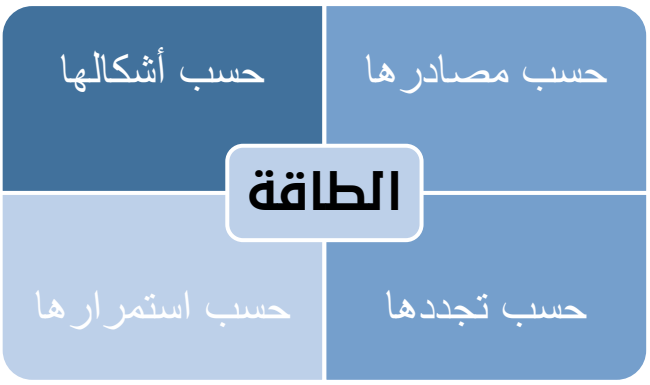
[3] عبد الرؤوف رهبان، **الأهمية النسبية النوعية لموارد الطاقة (دراسة في جغرافية الطاقة)**، مجلة جامعة دمشق، المجلد 27، العدد الأول والثاني، 2011، ص3.

[4] عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، **ترشيد استهلاك الطاقة**، دار مجدلاوي للنشر والتوزيع، عمان، 1996، ص11.

[5] Nabila RAHMINE et Rachida IHADADENE , **Energie Renouvelables**, Pages Bleues, Algérie, 2018, p35.

[6] حسن أحمد شحاتة، **مرجع سابق**، ص27.

**الشكل 1-1:** تصنيفات الطاقة




**المصدر:** إعداد الباحث بالاعتماد على معطيات تقرير الهيئة الحكومية الدولية للتغير المناخي المناخ (IPCC)، الأمم المتحدة، تقرير حول: **مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من آثارتغير المناخ**، نشر للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2011.

وللتوسع أكثر في تصنيفات الطاقة يمكن شرحها في الاتي:

1- **حسب مصادرها واستخداماتها وهي** [7]:

أ- **طاقة أولية Primary Energy:** وهي المصدر الرئيسي للطاقة سواء كانت مستخرجة من تحت الأرض (البترول، الغاز الطبيعي والفحم) أو متواجدة في الكون عموما (كالطاقة الشمسية، الحرارية والرياحية وغيرها).

ب- **طاقة ثانوية Secondary Energy:** وهي ناتجة عن تحول الطاقة الأولية بهدف استعمالها مثل المنتجات البترولية، الغاز الطبيعي والكهرباء.

ت- **طاقة نهائيةFinal Energy :** وهي الطاقة الثانوية بعد الضياع الطاقوي الناتج عن عمليات النقل والتوزيع.

ث- **طاقة نفعية Useful Energy:** وهي طاقة جاهزة للاستعمال من طرف المستهلك، مثل الطاقة الميكانيكية للسيارة أو شدة الضوء.

2- **حسب امكانية تجددها واستمراريتها:**

وهما الطاقة الناضبة (أو المستنفدة) والطاقة المتجددة، وتشمل الأولى مصادر الطاقة المستخدمة منذ القدم من فحم وبترول وغاز طبيعي، إضافة إلى بعض الأنواع الحديثة مثل: الطاقة النووية، وقد سميت كذلك لمحدودية موادها الأولية واقترانها بزمن نفادها حيث لا يمنعك تعويضها مجددا في زمن قصير، أما النوع الثاني

[7] Djamila Ait Akil, **étude de développement de l'infrastructure électrique en Algérie, contribution à la résorption des déséquilibres régionaux, analyse rétrospective (1970-1995) et perspectives**, thèse de magister, Institute des sciences économiques, alger,1999, p11.

فهو طاقة متجددة ونظيفة غير مستنفذة مثل الطاقة الشمسية، الطاقة الحرارية، طاقة المياه وطاقة الرياح ... الخ. وفي الجدول الموالي رقم (1-1) سنحاول تلخيص الفرق بين الطاقة المتجددة والطاقة التقليدية.

**الجدول 1-1:** الفرق بين الطاقة المتجددة والطاقة التقليدية

| أوجه المقارنة | الطاقة المتجددة | الطاقة التقليدية |
|---|---|---|
| رصيد تواجدها | موارد يتزايد الرصيد المتاح منها مع تزايد النمو الطبيعي. | رصيدها في الطبيعة ثابت. |
| طبيعتها | موارد غير ناضبة فهي غير معرضة للنفاد. | موارد ناضبة معرضة للنفاد. |
| العدالة في توفرها | موجودة في كل أنحاء العالم وهو ما يوفر إمكانية انتاجها والاستفادة منها في مختلف البلدان النامية والمتقدمة على حد سواء. | تفاوت في توزيع الموارد الطاقوية غير المتجددة، فهي لا تتوفر في كل دول العالم. |
| حجم الاعتماد عليها | استخدامها يقتصر على نسبة ضئيلة لمتطلبات الطاقة في العالم. | تحتل نسبة كبيرة في توفير متطلبات الطاقة في العالم. |
| أثرها على البيئة | تعتبر طاقة صديقة للبيئة فهي نظيفة ولا تؤدي الى تلويث البيئة. | تعتبر طاقة ملوثة للبيئة وتساهم في تغير المناخ وتزايد الاحتباس الحراري نتيجة الانبعاث الغازات الدفيئة بنسب كبيرة منها. |

**المصدر:** زبير عياش، مناصرة سميرة، مداخلة بعنوان: **الغاز الصخري طاقة بديلة ذات آثار مضرة بالبيئة- نظرة حول التجربة الأمريكية-**، المؤتمر الأول حول السياسات الاستخدامية للموارد الطاقوية بين متطلبات التنمية القطرية وتأمين الاحتياجات الدولية، كلية العلوم الاقتصادية، جامعة سطيف، يومي07-08 أفريل 2015، ص6.

من خلال هذه المقارنة فان مستوى رفاهية الافراد يتعلق أيضا بالطاقة المتوفرة لدى الافراد كما ونوعا[8]، هذه الطاقة مبنية على أساس اختيار طرق الإنتاج، التوزيع والاستهلاك وكفاءة الاستخدام الكفيل بتحقيق التنمية المستدامة من خلال نظام طاقوي مستدام.

[8] الهيئة الحكومية الدولية للتغير المناخي المناخ (IPCC)، الأمم المتحدة، **تقرير حول: مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من آثار تغير المناخ**، نشر للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2011، ص 7.

### الفرع الثاني: مفهوم الطاقة المتجددة

هناك اتفاق واسع حول مفهوم وتعريف الطاقة المتجددة في ادبيات اقتصاديات الطاقة[9]، فعلى سبيل المثال تعرفها الوكالة الدولية للطاقة (IEA) بأنها "الطاقة المستمدة من العمليات الطبيعية التي يتم تجددها بمعدل أسرع من استهلاكها "[10]،ويندمج في هذا التعريف الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الأرضية والطاقة المائية والكتلة الحيوية كأمثلة للطاقة المتجددة، أما بالنسبة للاتحاد الأوربي فالطاقة المتجددة تشمل طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة المائية والمد والجزر والطاقة الحرارية الأرضية، الوقود الحيوي والجزء المتجدد من النفايات كطاقة متجددة[11]؛ وهو نفس ما جاء في برنامج الأمم المتحدة للبيئة بخصوص مفهوم الطاقة المتجددة[12]، وتعرف أيضا بأنها الطاقة التي تتولد من مصدر طبيعي لا ينضب، وهي متوفرة في كل مكان على سطح الأرض أو حوله ويمكن تحويلها بسهولة إلى طاقة[13] .

وبالعودة الى تاريخ بداية الاهتمام بالطاقة المتجددة، فيمكن الرجوع إلى أزمة الطاقة لعام 1973 وانعكاساتها على اقتصاديات الدول المتقدمة، حيث كان من الضروري التعجيل بالبحث عن بدائل للحد من استيراد النفط وتغطية الحاجة الصناعية المتزايدة نحو الطاقة، ومع تنامي الوعي البيئي والتأكد العلمي من علاقة التغير المناخي بحرق مصادر الطاقة الاحفورية وكذا الاستنزاف الكبير الحاصل في المصادر المختلفة له، زاد الاهتمام اكثر بمصادر الطاقة المتجددة واصبح أكثر الحاحا لتوجيه جهود البحث العلمي نحو هذا المجال من أجل وضع مختلف أنواعها في خدمة اقتصاديات الدول.

تساهم الطاقة المتجددة بحوالي 18% من حجم الاستهلاك العالمي من الطاقة عام 2018، هذا الاخير الذي ارتفع حوالي ضعف متوسط العشر سنوات السابقة له، أي من 2008 الى2019[14] .وبمقارنة نمو حصة الطاقة المتجددة بالنسبة للاستهلاك الاولي للطاقة نجد ان تضاعف بشكل محسوس جدا فقد كانت في عقد السبعينات تشكل ما نسبته 1.5% من إجمالي استهلاك الطاقة العالمية. ومما يزيد من توسع الطاقات المتجددة

---

[9] Harjanne, Atte, and Janne M. Korhonen. "**Abandoning the concept of renewable energy**." Energy Policy 127 (**2019**): 330-340, P 332.

[10] **Ibid**, depending **on**: IEA, 2018b. IEA FAQ on **Renewable energy**. URL: ⟨https://www.iea.org/about/faqs/renewableenergy/⟩ (Accessed 4 April 2018).

[11] **Ibid**, depending **on**: Web resource. URL: ⟨http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?Tab=table&init=1&language=en&pcode=tec00115&plugin=1⟩ (Accessed 30 August 2018).

[12] Frankfurt School, **Global Trends in Renewable Energy Investment 2018**, Frankfurt School – UNEP Collaborating Centre, Frankfurt School of Finance & Management, Frankfurt, 2018, P 15.

[13] فروحات حدة، **الطاقة المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر**، مجلة الباحث، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، العدد 2012/11، ص149، نقلا عن: منظمة الدول المصدرة للبترول OPEC، لتقرير **السنوي الثالث والثلاثون**، العدد: 33، ص: 112.

[14] BP **Statistical Review of World Energy, 68th edition,** 2019, P **8-9.**

هو أنها تحظى اليوم، بدعم كبير من قبل الجهات المانحة والمنظمات الدولية حتى باتت البرامج والمشاريع التنموية كافة تأخذ في اعتبارها موضوع البيئة ومكافحة غاز ثاني أوكسيد الكربون ضمن مكوناتها المختلفة.

تتميز الطاقة المتجددة بعدة مميزات نذكر منها[15]:

• تعد طاقة محلية وطبيعية متيسرة للأفراد والشعوب والدول كافة بشكل وفير وبخاصة في المناطق الأقل حظا من ناحية التطور الاقتصادي؛

• تعتبر سليمة من الناحية البيئية –نسبيا- ولا تتسبب في إصدار غازات تضر بطبقة الأوزون أو تؤدي الى ارتفاع درجة حرارة الأرض كغاز ثاني أوكسيد الكربون؛

• تناسب الإمكانات البشرية والتكنولوجية والاقتصادية لدى الدول النامية؛

• لا مركزية وبالتالي تمنح لمستخدميها استقلالية خاصة عن الشبكة المركزية لتوزيع الطاقة.

**الفرع الثالث: إحلال مصادر الطاقة المتجددة مكان المصادر الناضبة**

إن دراسة إمكانية إحلال مصادر الطاقة المتجددة مكان المصادر الطاقوية التقليدية والاحفورية هو أمر ضروري بالنسبة للسيناريوهات المستقبلية*، إذ يجب دراسة خصوصية أي سياسة او استراتيجية طاقوية وفق ما هو متاح من مصادر في الدولة بالنظر الى التكلفة الاقتصادية من جهة والاثار البيئية والاجتماعية من جهة أخرى، فعلى سبيل المثال إحلال مصادر الطاقة المتجددة مكان المصادر الطاقوية الناضبة في الصين يتطلب النظر في مكونات المزيج الطاقوي لديها ، حيث نلاحظ ان هناك توقع لانخفاض هيمنة الفحم كمصدر طاقوي تقليدي من 60 ٪ في عام 2019 إلى 35 ٪ في عام 2040 ويتوقع أيضا ارتفاع مساهمة الغاز الطبيعي إلى 14 ٪ في عام 2040، اما حصة مصادر الطاقة المتجددة فقد كانت 3٪ في عام 2017 ويتوقع ان ترتفع الى 18٪ في عام 2040.[16] وعليه يجب تطوير استخدامات أهم مصدر طاقوي متجدد يمكنه ان يحل تدريجيا مكان استخدام الفحم وهكذا حسب خصوصية كل حالة.

[15] نبيل جعفر عبد الرضا، **اقتصاد الطاقة**، دار الكتاب الجامعي، لبنان، 2017، ص 343.

* توصل الباحث في دراسته السابقة: إسماعيل زحوط، رسالة ماجستير بعنوان: **استراتيجية ترقية استخدامات الموارد الطاقوية الناضبة ضمن ضوابط التنمية المستدامة: دراسة مقارنة بين الجزائر والولايات المتحدة الأمريكية**، نوقشت علنا بتاريخ: 2013/06/19، مدارس الدكتوراه الاقتصاد الدولي والتنمية المستدامة، كلية الاقتصاد جامعة فرحات عباس سطيف. الى أن الطاقات المتجددة المتاحة هي بديل مكمّل وليس بديل كامل للطاقات الناضبة في المديين القصير والمتوسط وعليه فأي سياسة او استراتيجية وطنية للطاقة يجب ان تبنى على مزيج طاقوي متكامل ومتدرج في ترقية استخدامات الطاقات المتجددة عبر فترات زمنية وفق التكنولوجيا والتقنية والاستثمار المتاح.

[16] BP Energy Outlook 2019, **Insights from the Evolving transition scenario –China 2019-2040**, P2.

من جهة أخرى يعتبر النفط الخام المصدر الأساسي في تلبية احتياجات العالم من الطاقة، حيث وصلت حصته من اجمالي المزيج الطاقوي في العالم إلى نحو 32% عام 2018 [17]، في حين تستحوذ المصادر الأخرى على النسب المتبقية بمعدلات متفاوتة. ويعد النفط في مناطق إنتاجه الرئيسة في العالم الأقل كلفة بين مصادر الطاقة الأخرى، فضلا عن ذلك ارتفاع الاستثمارات المطلوبة لإنتاج مصادر الطاقة الأخرى وانعكاس ذلك على تكلفة الوحدة المنتجة مما يخفض القدرة التنافسية لهذه المصادر في سوق الطاقة[18].

وعلى الرغم مما وصلت اليه التكنولوجيا والتقنيات الحديثة فيما يخص توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية إلى النصف خلال العقدين الماضيين إلا أنّ تلك التكاليف لا تزال مرتفعة مقارنة تكاليف الوقود الاحفوري أو حتى مع الطاقات المتجددة الأخرى[19].

وبالحديث عن الغاز الطبيعي نجد أنه هو المصدر الطاقوي الناضب الأكثر مثالية لإحلاله مكان النفط والفحم من حيث محافظته على البيئة من جهة وانخفاض تكاليف انتاجه من جهة أخرى، ولهذا نجد أن العديد من الدول تعتمد سياسات مشجعة لاستخدامات الغاز الطبيعي في قطاع النقل كرفع الضرائب عن السيارات والحافلات التي تعمل بالغاز الطبيعي وكذلك قطاع السكن في مجالات التدفئة المركزية وغيرها. لكن هذا لا ينفي عيوبه الكثيرة مثل سرعة نضوب أباره والحاجة الى مزيد من الاستكشافات، كما انه مصدر طاقوي موسمي يزداد الطلب عليه في فترة الشتاء ويقل في الصيف، كما ان عملية نقله والمحافظة على ضغطه تضفي تكاليف إضافية مقارنة بالنفط او الفحم.

أما بالنسبة للفحم الذي يشكل استهلاكه أكبر نسبة في العالم بعد استهلاك النفط كمورد طاقوي، فهو لا يتطلب استثمارات عالية او تقنيات او أي تكنولوجيات مقارنة بالمصادر الأخرى. الا أن انتاجه واستخدامه يتعارض مع المبادئ التي تعدو اليها التنمية المستدامة وخاصة بروتوكول كيوتو ومعاهدة باريس للمناخ*، بالإضافة الى الاثار السلبية على العاملين في المناجم والاشعاعات الضارة بالمناخ والملوثة للأراضي والبيئة المجاورة.

ويتقاطع الفحم في هذا مع الطاقة النووية بالنسبة لمخاطرها العالية المرتبطة بالإشعاعات واحتمال انفجار المفاعلات مثلما حدث في ولاية بنسلفانيا بأمريكا أين تم اخلاء مدينة كاملة من سكانها. وكذلك هو الامر بالنسبة للنفايات النووية الصادرة عن استخدامها وهي بقايا ملوثة لها اخطار عالية وتكاليف جد مرتفعة لمعالجتها قبل

---

[17] Enerdata, **Global Energy Statistical Yearbook, 2019**, Web resource: ⟨https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html⟩ (Accessed 29 January 2020).

[18] نبيل جعفر عبد الرضا، **اقتصاد الطاقة**، دار الكتاب الجامعي، لبنان، 2017، ص 358.

[19] معهد فرانهوفر الألماني للنظام الطاقوي الشمسي Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE، **دراسة حول: كلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية**، نوفمبر 2013، ألمانيا، ص 4.

* يحث اتفاق باريس الأطراف في الاتفاقية (UNFCCC) على اتخاذ إجراءات لخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري تحقيقاً للهدف المتفق عليه والرامي إلى المحافظة على متوسط الزيادة العالمية في درجات الحرارة دون درجتين سلسيوس (3.6 درجة فهرنهايت)، قياساً بمستويات ما قبل العصر الصناعي.

التخلص منها. كما انها تحتاج غالبا الطاقة النووية الى كوادر متكونة وخبرات عالية المستوى وتقنيات باهضة الثمن، لهذا فمع انها مصدر غير منتهي لتوليد الطاقة خاصة الطاقة الكهربائية مثلما هو الحال بفرنسا وبعض الدول الصناعية الكبرى الى انها لازالت تحت ضغط الراي العام لاستبدالها بموارد متجددة.

يمكن القول انه بالرغم مما وصلت اليه التكنولوجيا في مجال الطاقات المتجددة الا انه يلاحظ بقاء التكاليف عالية مقارنة بالمصادر الاحفورية للطاقة، وهو ما يرجح أن النفط والفحم والغاز الطبيعي سيظلون مهيمنين على حصة الأسد بالميزان الطاقوي العالمي الى الأمد الطويل.

وبالعودة لإمكانية احلال الطاقة الشمسية محل النفط او الفحم نجد ان لا تزال طاقة محدودة نسبيا، فجدواها الاقتصادية رغم الدعم الحكومي والمجتمع الدولي مرتفعة مقارنة بالمصادر الناضبة، بالإضافة الى الصعوبات التقنية والمشاكل الفنية التي تؤثر على تكلفتها مثل تعطل أنظمتها وتراجع مردودية الالواح والخلايا الشمسية في ظل الحرارة المرتفعة جدا (اكثر من 49 درجة مئوية)، وكذلك اثناء تطاير الرمال في الصحاري مما يستدعي تكاليف إضافية لتنظيف الالواح بشكل دائم، اما في المناطق الساحلية فقوة التشميس عادة ما تكون ضعيفة وهو ما يجعلها تشتغل بالطاقة الدنيا لها مما يشعف مردوديتها الطاقوية.

وبإسقاط الموضوع على طاقة الرياح فهي أيضا مصدر محدود وباهض الثمن مقارنة بباقي المصادر الطاقوية المتجددة كالطاقة الشمسية والكتلة الحيوية والطاقة الكهرومائية وغيرهم فمردوديتها الطاقوية تزداد في أوقات الذروة فقط وهي ساعات قليلة جدا، ومنه فان إحلال طاقة الرياح بشكل تام محل أي مصدر من مصادر الطاقة الناضبة هو امر مستحيل تقنيا واقتصاديا في المديين القصير والمتوسط الى غاية تطور التكنولوجيات والتقنيات المرتبطة بالعمل في الظروف المناخية المختلفة.

وواقعيا نجد ان الغاز الطبيعي هو المشكل الأول لتطور نمو الطاقات المتجددة وليس العكس، حيث نجد ان تكاليف انتاج الطاقة الكهربائية على سبيل المثال من الغاز الطبيعي اقل بكثير من نظيرتها من مصادر كطاقة الرياح او الطاقة الشمسية، وهو المنطق الذي قد يجعل الحكومات تتعامل بالمتاح، لا سيما انه يشترك معها في نظافته كمصدر للطاقة ويتفوق عليها في سهولة الإنتاج وقلة التكاليف وعدم الحاجة للتقنيات العالية مع وجود أيضا عيوب ومعيقات تحد من تطوره، وهذا التحليل تؤكده التقارير الدولية المختلفة حول الطاقة فيما يخص سيناريوهات استهلاك مصادر الطاقة المختلفة، حيث تظهر أيضا استمرار سيطرة استخدام مصادر الطاقة الناضبة على المتجددة في المديين القصير والمتوسط بالنسبة للحكومات خاصة النفط والفحم والغاز الطبيعي، لكن الاستثمار الكبير على الطاقات المتجددة يعني أيضا انها ستغير ميزان الطاقة العالمية ولو في الأمد الطويل مع تطور العلم والتكنولوجيا.

إذا يظهر من كل التحليل السابق أن النفط الخام هو الأقل تكلفة والاقل مشاكل تقنية وفنية يليه الفحم والغاز الطبيعي، وهو ما يرجحه ليحظى أيضا بالأولوية على مصادر الطاقة الأخرى للأسباب التالية[20]:

أ- ان إمكانية المصادر الأخرى الناضبة والمتجددة مقارنة بالنفط مازالت محدودة مع أن الفحم والغاز الطبيعي هما الأكثر قدرة على الاحلال محل النفط لاعتبارات عديدة فنية واقتصادية؛

ب- إن عنصر التكلفة والاسعار الحالية لمصادر الطاقة البديلة لا تسمح لها بمنافسة النفط والغاز الطبيعي والفحم، وعليه فإن هناك صعوبات في دخولها سوق استهلاك الطاقة بحصة عالية بهذا المستوى المرتفع من التكاليف؛

ت- إن العديد من مصادر الطاقة المتجددة مازالت في طور البحث والتطوير؛

ث- إن العوامل الاقتصادية وغير الاقتصادية لازالت تؤدي دورا كبيرا في تقرير إمكانية الإحلال.

## المطلب الثاني: خصائص الطاقة المتجددة وأشكالها

للتعرف على الطاقة المتجددة يجب معرفة خصائص كل مصدر من مصادرها بالنسبة للطاقات الناضبة، وأشكالها المختلفة وهو ما تتطرق اليه اقتصاديات الطاقة المتجددة.

### الفرع الاول: اقتصاديات الطاقة المتجددة

تعد اقتصاديات الطاقة Energy Economy مجالًا علميًا واسعًا يتضمن موضوعات متعلقة بإمداد الطاقة وتامين استخدامها في المجتمعات. ونظرًا لتنوع القضايا والأساليب المطبقة والمشتركة مع عدد من التخصصات الأكاديمية، لا تقدم اقتصاديات الطاقة نفسها باعتبارها مجالًا أكاديميًا قائمًا بذاته، لكنها تخصص فرعي تطبيقي للاقتصاد من قائمة الموضوعات الرئيسية للاقتصاد، يرتبط بعضها بقوة باقتصاديات الطاقة[21].

أما تعبير اقتصاديات الطاقة المتجددة Renewable Energy Economy فهو مصطلح حديث يقصد به إنتاج الطاقة المتجددة واستثمارها واستهلاكها وترقية استخداماتها واستثمار العوائد الناجمة عنها، ويشمل ذلك جميع الوسائل والإجراءات التي تهدف إلى زيادة مردود استخدام الطاقة المتجددة وخفض ضياعها إلى الحد الأدنى من دون التأثير في معدل النمو الاقتصادي، والاستخدام الأمثل للطاقة بأقل كلفة ممكنة.كذلك فإن اقتصاد الطاقة المتجددة يهدف من جهة أخرى إلى استخلاص أكبر قدر ممكن من الطاقة المتجددة من مصادرها الأولية مع الحفاظ على البيئة وترقية البعد الاجتماعي لها ضمن ضوابط التنمية المستدامة[22].

---

[20] **بالتصرف عن:** نبيل جعفر عبد الرضا، **مرجع سبق ذكره**، ص 366.

[21] Sickles & Robin, **energy economics**, The New Palgrave Dictionary of Economics, 2nd Edition, 2008, P243.

[22] بالتصرف عن:

- **موسوعة المعرفة**،(https://www.marefa.org) ، (تاريخ الاطلاع: 31 جانفي 2020 على الساعة 16:56).

في الشكل الموالي رقم 1-2 يمكن أن نوضح أكثر التداخلات التكاملية لمفهوم اقتصاديات الطاقة المتجددة.

**الشكل 1-2:** اقتصاديات الطاقة المتجددة

**المصدر:** إعداد وتصميم الباحث باستخدام برنامج **Adobe Illustrator cc 2021**

من خلال الجدول نلاحظ أن اقتصاد الطاقة المتجددة يمكن تحقيقه عبر توافق النقاط التكاملية بين الاستخدام الأمثل للطاقة وتحقيق الفعالية الطاقوية وزيادة المردودية الطاقوية لأي مصدر من مصادر الطاقة المتجددة، حيث ان أي سياسة طاقوية متجددة يجب أن تنطلق من دراسة المصدر الطاقوي المتجدد (شكله) وعملية انتاجه (نظم الإنتاج والتصنيع ... الخ) وسبل استخداماته في القطاع الخاص به كالنقل او السكن او غيرهما ودراسة السوق الخاصة به (الطلب والعرض والتكاليف والاستثمارات) وفق خصوصية كل بلد.

بالرجوع للطلب العالمي على الطاقة الأولية نجد انه في تزايد مستمر على المدى القصير والمتوسط، حيث قدرت وكالة الطاقة الدولية بزيادة مقدرة 35% الى غاية 2030 أي نمو بمقدار 1.5% سنويا، حيث نجد

- **الموسوعة العربية**،(http://www.arab-ency.com) ، (تاريخ الاطلاع: 31 جانفي 2020 على الساعة 17:09).

انه زاد في جميع أنحاء العالم بنسبة 2.3 ٪ مقارنة بعام 2018، وهو أسرع وتيرة خلال هذا العقد[23]، وهو أداء استثنائي مدفوع باقتصاد عالمي قوي واحتياجات أقوى للتدفئة والتبريد في بعض المناطق، وفضلا عن الاستهلاك المجحف للطاقة الاحفورية، وما يترتب عليها من آثار تغير المناخ والاضرار بالبيئة، وفي طرق استخدام الطاقة النووية كان لابد من الإسراع في تقييم التكلفة الاقتصادية لمصادر الطاقة المتجددة، وتأثيراتها الحالية والمستقبلية باعتبارها البديل عن الطاقة الاحفورية.

**الفرع الثاني: خصائص مصادر الطاقة المتجددة**

تتمتع الطاقات المتجددة بمجموعة من الخصائص وعلى رأسها أنها طاقات غير ناضبة، وإنما هي متجددة المخزون باستمرار كما أنها غير ملوثة للبيئة نسبيا بالإضافة إلى خصائص أخرى يتمتع بها كل نوع على حدة، وهذا ما سنتعرض له في الاتي[24]:

1- هي مصادر دائمة طويلة الأجل: إذ انها تتميز بالاستدامة والاستمرارية في التجدد مهما كان الاستغلال؛

2 - مصادر الطاقة المتجددة لا تتوافر بشكل منتظم طوال الوقت: فهي تتوافر أو تختفي بشكل خارج قدرة الانسان على التحكم فيها، فهي تتأثر بتعاقب الليل والنهار، المكان الجغرافي، الموسم والارتفاع عن سطح البحر، درجة تلوث الجو. الخ

3 - شدة الطاقة في المصادر المتجددة ليست عالية التركيز: وبالتالي تتطلب استعمال العديد من الأجهزة ذات المساحة والاحجام الكبيرة، وان هذا أحد أسباب ارتفاع التكلفة الأولية لأجهزة الطاقة المتجددة، وهو ما يشكل في الوقت نفسه أحد العوائق أمام انتشارها السريع.

4 - تتوافر أشكال مختلفة من مصادر الطاقة المتجددة الأمر يستلزم استخدام تكنولوجيا ملائمة لكل شكل: فالطاقة الشمسية هي طاقة الموجات الكهرومغناطيسية المكونة لأشعة الشمس، وتتجسد على الأرض بعدة أشكال منها الضوء والحرارة، أما الطاقة الهوائية فهي طاقة حركة الهواء نفسه، وهي بذلك طاقة ميكانيكية وبالنسبة للطاقة في البحار والمحيطات فإنها طاقة حرارية .

ويمكن ذكر خصائص كل شكل من أشكال الطاقة المتجددة وفق الاتي[25]:

---

[23] IEA, **Global energy demand rose by 2.3% in 2018, its fastest pace in the last decade**, 26 March 2019, ⟨https://www.iea.org/news/global-energy-demand-rose-by-23-in-2018-its-fastest-pace-in-the-last-decade⟩ (Accessed 03 February 2020, 03:34 PM).

[24] محمد صلاح السباعي بكري الشربيني، **استثمارات الشركات المتعددة الجنسيات في تكنولوجيا الطاقة المتجددة**، دار الفكر الجامعي، مصر، 2017، ص 135.

[25] بالاعتماد على كل من:

- محمد صلاح السباعي بكري الشربيني، نفس المرجع السابق، ص 136-138.
- IRENA, IRENA Renewable Energy Statistics Training, **Overview of renewable energy**, 2019.

**أولا- خصائص الطاقة الكهرومائية:**

هي الطاقة الناتجة عن دفع المياه للتوربينات، وهلي على نوعين: الاتية من تدفق الأنهار والشلالات والاتية من الخزانات وتتميز بانها: عالية الاستثمار، منخفضة التكلفة وسهلة التحكم فيها، كما يمكن تخزينها، ويحسب عليها انها غير ملوثة للبيئة عموما لكن لها بعض القضايا البيئية والاجتماعية.

**ثانيا- خصائص الطاقة البحرية:**

وهي الطاقة الاتية من المحيطات (سواء الميكانيكية او الحرارية او الطاقة الكيميائية) وفيها خمسة أنواع رئيسية:

- طاقة المد والجزر: وهي الطاقة الميكانيكية المستخدمة لتوليد الكهرباء اثناء المد والجزر، تشبه خصائص القوة الكهرومائية لكنها أكبر من حيث القوة القاعدة؛
- طاقة المحيطات: وهي أيضا طاقة ميكانيكية مستخدمة لتوليد الطاقة من عمق المحيطات عبر توربينات مختلفة، وهي تمتاز بالقوة القاعدية دون الحاجة الى بناء سدود او حواجز مائية.
- طاقة الأمواج: تمتاز بمصادر متنوعة حسب نوع المحيطات او البحار وتعمل بالطاقة الميكانيكية أيضا؛
- تحويل الطاقة الحرارية(OTEC) : توليد الطاقة من اختلاف درجات الحرارة بين السطح والمحيطات العميقة؛
- طاقة قوة التدرج الملحي للبحار.

**ثالثا- خصائص طاقة الرياح**

هي الرياح التي تدفع التوربينات لتوليد الطاقة وهي على نوعين: على اليابسة Onshore وعلى الشواطئ والبحار Offshore، من خصائصها أنها:

- طاقة متجددة لا ينتج عن استخدامها أي غازات ملوثة لديها بعض القضايا البيئية؛

• 95% من الأراضي المستخدمة كحقول للرياح يمكن استخدامها في أي أغراض أخرى كالزراعة والرعي كما يمكن وضع التوربينات فوق المباني؛

• توفر طاقة الرياح إمكانيات كبيرة لإنتاج الكهرباء حيث قدرت منظمة المقاييس العالمية حجم الطاقة الكهربائية الممكن توليدها بواسطة الرياح على نطاق عالمي بحوالي 20 مليون جيغاواط وهي إمكانية ضخمة في حالة تحقق استغلالها؛

- منخفضة التكلفة (البرية).

رابعا- خصائص الطاقة الشمسية

تتميز الطاقة الشمسية بالعديد من الخصائص الإيجابية التي تجعلها مفضلة عن غيرها من مصادر الطاقة المتجددة الأخرى منها:

- الطاقة الشمسية نظيفة لا ينتج عن استخدامها واستهلاكها تلوث؛
- هي مصدر متجدد لا ينضب ولا يحتاج الى وقت او سبب للتجدد؛
- لا تخضع الطاقة الشمسية لسيطرة النظم السياسية أو الدولية أو المحلية التي قد تحد من التوسع في استغلال أي كمية منها؛
- توافر الطاقة الشمسية في جميع الأماكن؛
- بساطة التكنولوجيا المستخدمة في تحويل الطاقة الشمسية إلى أشكال الطاقة الأخرى بالإضافة إلى توافر عامل الأمان بالنسبة للعاملين في مجال إنتاج الطاقة الشمسة من الشمس مقارنة بالعاملين في استغلال الطاقة التقليدية؛

**خامسا- خصائص طاقة الحرارة الجوفية**

البخار و / أو الماء الساخن المأخوذ من الآبار ويستخدم لإنتاج الكهرباء ومصدره الحرارة بشكل عام، يتميز بتكلفته البسيطة ولكن استخداماته محدودة جدا نظرا لفعاليته.

سادسا- خصائص الطاقة الكتلة الحيوية

الطاقة الحيوية هي الطاقة المستمدة من المواد غير الاحفورية ذات الأصل البيولوجي، يتم إنتاج الطاقة الحيوية من احتراق الوقود الحيوي وله العديد من الاستخدامات المختلفة (الحرارة والكهرباء والنقل)، تتميز بأثارها البيئية والاجتماعية.

سابعا- خصائص الهيدروجين

- الهيدروجين عنصر قابل للاحتراق ذو محتوى حراري عال ولا ينتج عن احتراقه أي غازات ملوثة؛
- مصدر غير ناضب ومتوفر بكلمات كبيرة في الطبيعة وخصوصا مياه البحار والمحيطات وأن احتراقه يتولد عن الماء النقي الذي يمكن أن نستخلص منه الهيدروجين مرة أخرى؛
- سهولة نقله وتخزينه؛

• يمكن استخدامه في المنازل بدلاً من الغاز الطبيعي وبصورة خاصة لأغراض الطبخ والتسخين والتدفئة. كما يمكن استعماله كوقود لمختلف وسائل النقل دون إجراءات تغيير جذرية في المحركات المعمول بها حاليًا.

وفي الجدول الموالي 2-1 يمكن تلخيص خصائص أهم مصادر الطاقة المتجددة استخداما.

**الجدول 1-2: خصائص** اهم مصادر الطاقة المتجددة

| | *طاقة الرياح* | *الشمسية* | *الكتلة الحيوية* |
|---|---|---|---|
| **اقتصاديا** | يختلف حسب الموقع. يعتمد أيضًا على تكاليف النقل وفرص التخزين ومجموعة البدائل | يختلف حسب الموقع. يمكن أن تتنافس الطاقة الشمسية المركزة مع الوقود الأحفوري في بعض المواقع الغنية بالشمس بسعر 35 دولارًا أمريكيًا لكل طن من ثاني أكسيد الكربون | يختلف حسب المحصول والموقع. في هذا الوقت، تعتبر الكتلة الحيوية غير فعالة اقتصاديًا ولديها انبعاثات أعلى.<br>الأمل هو مع التكنولوجيا الحيوية وعزل ثاني أكسيد الكربون / التخزين. |
| **المخاطر / المنافع المشتركة** | قليلة انبعاث الكربون<br>هناك معارضة عالية من دعاة حماية البيئة لأسباب كثافتها مما يؤثر على المناظر الطبيعية | المخاطر المرتبطة بقوة الاشعاع بواسطة الليزر أو الميكروويف.<br>مخاطر الطاقة الشمسية أو الأقمار الصناعية التي تتعرض للهجوم | الآثار السلبية على أسعار المواد الغذائية وتوافرها. |
| **الانتشار** | التحسينات في التكنولوجيا المرتبطة بها مثل النقل وتخزين الطاقة سوف تسهل الانتشار | يعتمد على التقنيات المتاحة | يعتمد على توفر منتجات التكنولوجيا الحيوية الجديدة |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **مقياس** | مصادرها المحتملة يمكن أن تلبي جميع احتياجات الطاقة في العالم. | الطاقة الشمسية المتاحة تتجاوز احتياجات الطاقة الإجمالية في العالم. | من المحتمل أن تلبي الطاقة المستمدة من الكتلة الحيوية أكثر من 50٪ من احتياجات الطاقة في العالم. |
| **الميزة النسبية للموقع** | معظمهم من البلدان في المناطق القارية والمعتدلة | معظمها في المناطق الاستوائية | معظمها من البلدان ذات قاعدة برية كبيرة للمحاصيل الحقلية والأشجار قليلة العمر. |

**Source:** Pasquale Scandizzo & Luigi Paganetto, **Technology cycles and technology revolutions,** Chapter · January 2010, P 5.

### الفرع الثالث: أشكال الطاقة المتجددة

يمكن أن توجد الطاقة المتجددة على عدة أشكال مختلفة حسب مصدرها، ولعل أهم الاشكال الأساسية للطاقة المتجددة هي الاتية[26]:

1. الطاقة الاشعاعية (الطاقة الشمسية) ؛
2. طاقة الهواء (طاقة الرياح)؛
3. طاقة نباتية والبقايا العضوية (طاقة الكتلة الحيوية)؛
4. الطاقة من المياه (الطاقة المائية بكل اشكالها)؛
5. الطاقة الداخلية للأرض (الطاقة الجيوحرارية)؛
6. الطاقة الميكانيكية (طاقة حركية ينتج عنها طاقة في شكل كهرباء عادة مثل الطاقة الكهرومائية).

### المطلب الثالث: احتياطات العالم من الطاقات المتجددة

من الضروري التعرف على القدرات المتاحة للطاقات المتجددة في العالم واحتياطاتها قبل التطرق الى وضعيتها في الجزائر وهو أمر مهم في بناء أي استراتيجية طاقوية محلية، وهو يرتبط بالاقتصاد الدولي وبالإمدادات والسوق الطاقوية العالمية، وهو أحد المؤشرات الدالة على مدى مقدار تحكم الدولة في امنها الطاقوي من خلال

[26] بالتصرف عن:

- Nabila RAHMINE et Rachida IHADADENE, **Op.cit.** (B.3**. Les différentes formes d'énergies renouvelables**), P 35.
- هشام حريز، **دور إنتاج الطاقة الطاقات المتجددة في إعادة هيكلة سوق الطاقة**، مكتبة الوفاء القانونية، مصر، 2014، ص 103.

نسبة مساهمتها في ميزان الطاقة العالمي. وفيما يلي لمحة عن واقع الطاقات المتجددة ففي العالم وقدراتها في تعويض الطاقة التقليدية.

### الفرع الاول: لمحة عن و اقع الطاقات المتجددة في العالم

تشير التطورات في قطاع الطاقات المتجددة أن طاقة الرياح والطاقة الفوتوفولطية (الطاقة الشمسية الضوئية) هما اهم مصدرين متجددين استخداما امام العالم، خاصة انه يتم توليد أكثر من 20% من الكهرباء من هذين المصدرين وحدهما في العديد من البلدان. كما ان نجاعة السياسات الطاقوية المستدامة تقتضي المزيد من الإجراءات والالتزامات الحكومية في دمج مصادر الطاقة المتجددة في الاستخدام النهائي للطاقة، كما يتعين وضع استراتيجية كفيلة بتخفيض انبعاثات الكربون في مجالات التدفئة والتبريد والنقل وبالتالي ضمان طاقة متجددة نظيفة.

من جهة أخرى وبصفة عامة، يمكن القول انه لا يزال الوقود الاحفوري مسيطرا على ميزان الطاقة العالمي فهو اهم مصدر طاقوي على المستوى العالمي، وهذا راجع الى كونه مدعوم حكوميا بدرجات كبيرة في عدد معتبر من البلدان وعليه فان نمو استخدامات الطاقات المتجددة في القطاعات الاستراتيجية مثل قطاع الصناعة وقطاع النقل وقطاع السكن هو بحاجة الى اطر سياسية وتنظيمية طموحة لخلق تنافسية في قطاع الطاقة المتجددة.

يمكن القول أيضا ان مصادر الطاقة المتجددة ساهمت بما يقدر بأكثر من 26 ٪ من انتاج الكهرباء العالمية في نهاية عام 2018 [27]، كما شهدت مساهمتها نموا اقل في قطاعات التدفئة والتبريد والنقل، بسبب عدم وجود دعم قوي للسياسات الطاقوية الحكومي وبطئ التطورات في الابتكارات والتكنولوجيات الجديدة.

مقارنة بالسنوات الأخيرة يمكن القول انه قد توسع استخدام الطاقة المتجددة بشكل بارز في الميزان الطاقوي العالمي، فاستخداماتها تنمو ولو بشكل متوسط، حيث سجلت زيادة اضافية بـ 181 جيغاواط عام 2018، كما نمت الطاقة العالمية المتجددة إلى حوالي 2.378 جيغاواط في نفس العام وهي نفسها للسنة الرابعة على التوالي، تتمثل في حوالي 100 جيغاواط من الطاقة الفوتوفولطية وهو ما يمثل 55 ٪ من قدرة الطاقة المتجددة، تليها طاقة الرياح بـ 28% ثم الطاقة الكهرومائية بـ 11 % [28]. وفي 2019 قامت أكثر من 90 دولة بتثبيت ما لا يقل عن 1 جيغاواط من توليد الطاقة من مصادر متجددة، في حين تجاوزت 30 دولة على الأقل 10 جيغاواط من القدرات المتجددة، من جهة أخرى هناك عدد متزايد من البلدان لديها في نفس العام (2018)

[27] REN21**, Renewables 2019 Global Status Report**, 2019, P 17.
[28] REN 21, **Op.cit**., P 16.

أكثر من 20٪ مصادر الطاقة المتجددة فيما يخص انتاج الكهرباء. كما يجب التنويه انه لا يزال استخدام مصادر الطاقة المتجددة في مجال التدفئة والتبريد ضعيفا بسبب نقص الدعم السياسي وبطيء التطور التكنولوجي، فاستخدامات الطاقة المتجددة لا تمثل سوى حوالي 10 ٪ من اجمالي الطلب العالمي على التدفئة والتبريد في عام 2018.

وتشير إحصائيات القدرة الإنتاجية للطاقة المتجددة 2019 -وهي التقارير الأشمل والأحدث من نوعها حول بيانات توليد الطاقات المتجددة- إلى نمو القطاع في جميع مناطق العام وان كانت بسرعات متفاوتة؛ حيث كانت أوقيانوسيا المنطقة الأسرع نموا بنسبة 17,7%، تلتها آسيا بنسبة 61 % من إجمالي مشاريع الطاقة المتجددة التي دخلت حيز التشغيل في عام 2018 ونسبة نمو 11,4% وحلت أفريقيا في المرتبة الثالثة بنسبة نمو 8,4% وفي المحصلة فإن مصادر الطاقة المتجددة ساهمت بنحو ثلثي القدرة الإنتاجية – من الطاقات الجديدة- في عام 2018 [29]، وهذه الاحصائيات مهمة لنا في الفصول القادمة التي سنتطرق فيها الى استخدام الطاقة المتجددة في القطاعات الاستراتيجية الوطنية في الجزائر كقطاع النقل وقطاع السكن وقطاع الصناعة.

**الفرع الثاني: القدرة الاستخدامية للطاقة المتجددة في تعويض المصادر الناضبة**

يعد الاهتمام المتزايد بتطوير استخدامات مصادر الطاقة المتجددة في مختلف القطاعات راجع لإمكانياتها وخصوصياتها كسرعة التجدد والاستدامة وسهولة استعمالها في المناطق النائية والمعزولة وبصمتها البيئية، وهي ايضا أحد أهم العوامل التي تضعها كبديل أمام مصادر الطاقة الناضبة – في المدى المتوسط والطويل-، إلا أن الامر مرتبط أساسا بمدى التزام الحكومات بالسياسات الطاقوية الداعمة للطاقات النظيفة والخطط والأهداف المسطرة من جهة وتطور التكنولوجيات والتقنيات ذات الصلة من جهة أخرى، حيث ستؤثر على تخفيض تكاليفها ورفع الاستثمارات المتعلقة بها.

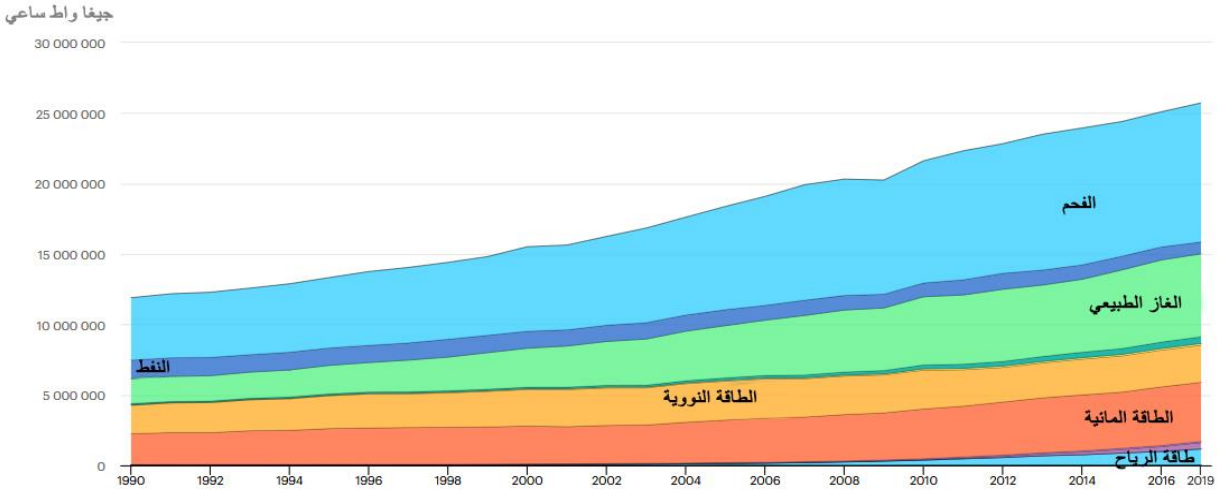
كما أن التوجه الحالي لتعويض الطاقات الناضبة بالمصادر المتجددة يصب في مجال إنتاج الكهرباء من المصادر الطاقوية المتجددة أو على الأقل الطاقة الهجينة (مزيج مركب بين طاقة متجددة كالطاقة الشمسية والغاز الطبيعي كطاقة ناضبة)، وعليه فإن هناك أهمية لدراسة استخدامات الطاقات المتجددة ومساهمتها في انتاج الكهرباء النظيفة في العالم.

بالعودة لإنتاج الكهرباء من مختلف المصادر فلقد ارتفع توليد الكهرباء في العام 2019 بأكثر من 3.7٪، وهو أحد أقوى معدلات النمو التي شهدها قطاع الطاقة الكهربائية منذ 20 عامًا، نسبتها الأكبر من الصين (التي

[29] الوكالة الدولية للطاقات المتجددة IRENA، **مقال صحفي بعنوان: الطاقة المتجددة تستأثر الآن بثلث القدرة الإنتاجية العالمية للطاقة**،2019، متاح **على الرابط:**
⟨https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Press-Release/2019/Apr/IRENA_Renewable-Capacity-Growth-2018_Press-Release_Arabic.pdf⟩ (Accessed 09 February 2020, 03:01 PM).

تمثل أكثر من نصف النمو) والهند والولايات المتحدة والشكل الموالي (1-3) يوضح انتاج الكهرباء من مختلف المصادر المتجددة والناضبة.

**الشكل 1-3:** انتاج الكهرباء من مختلف المصادر 1990-2019

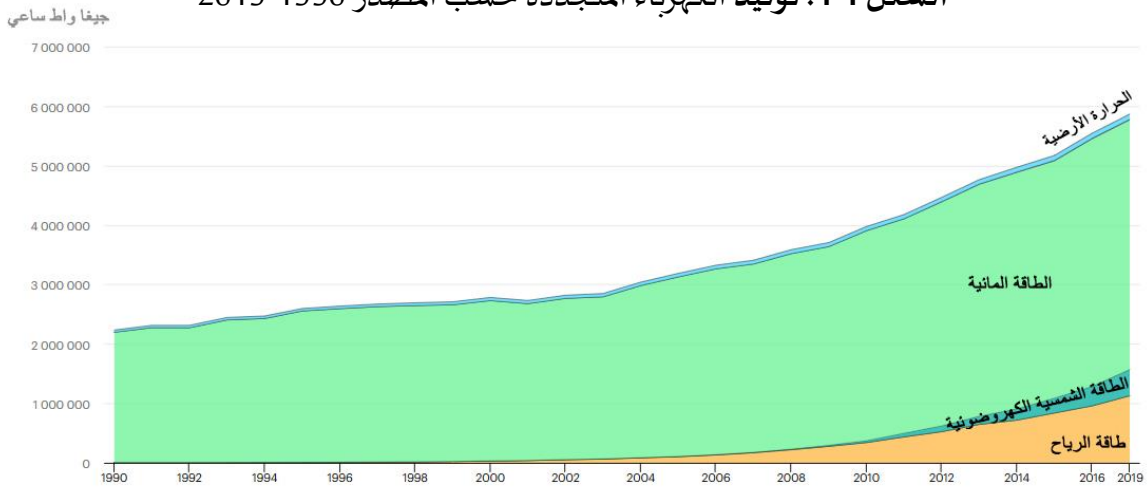



المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على:

IEA, **Electricity Information 2019**, ⟨ https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/electricity-statistics ⟩ (Accessed 13 February 2020, 06:16 PM).

من خلال المنحنى نجد أن المصادر التقليدية للطاقة مازالت المصدر الأول لإنتاج الطاقة الكهربائية في العالم خاصة مع تزايد الطلب على الطاقة بالنظر لنمو قطاع الصناعات وكبر المدن وتعدد الاحتياجات التنموية حيث يسيطر الفحم ثم الغاز الطبيعي الذي يعد أيضا مصدر طاقوي منافس للطاقة المتجددة وهذا راجع لأسباب تقنية وتكنولوجية واقتصادية، وفي المقابل هناك تحسن ملحوظ في انتاج الكهرباء من مصادر متجددة ولتوضيح هذا يمكن النظر الى الشكل الموالي رقم 1-4 حيث يوضح توليد الكهرباء المتجددة من المصادر الطاقوية المتجددة.

**الشكل 1-4: توليد** الكهرباء المتجددة حسب المصدر 1990-2019



**المصدر:** إعداد الباحث بالاعتماد على:

IEA, **Electricity Information 2019**, ⟨ https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/electricity-statistics ⟩ (Accessed 16 February 2020, 05:28 PM).

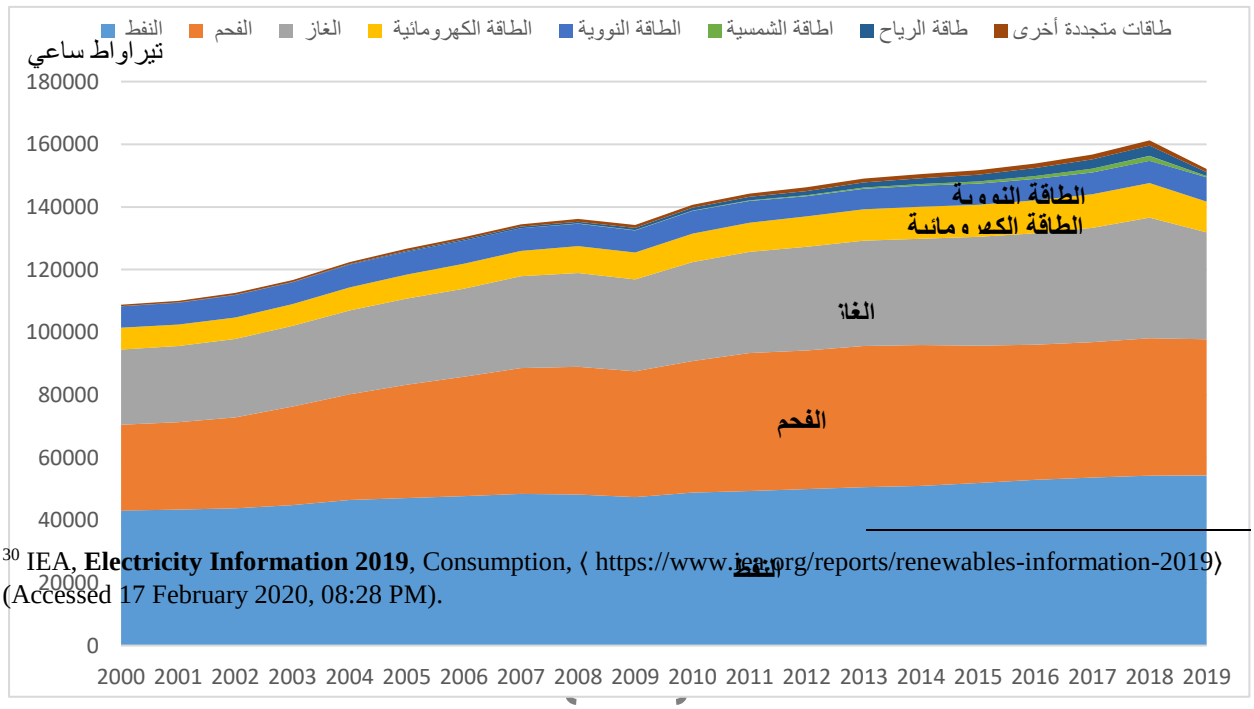
من خلال الشكل نلاحظ ان الطاقة المائية هي أكبر مصدر لتوليد الطاقة المتجددة وهذا راجع لبساطة التكنولوجيات المختلفة وقلة التكاليف وسهولة الاستثمار، تليها طاقة الرياح والطاقة الشمسية الحرارية بنسبة أقل والامر يختلف حسب إمكانيات وموارد كل دولة.

## الفرع الثالث: الخارطة العالمية للطاقات المتجددة

للوقوف على استخدامات الطاقات المتجددة في القطاعات الاستراتيجية مثل قطاع النقل وقطاع الصناعة وقطاع السكن لابد من دراسة الخارطة العالمية للطاقات المتجددة ومعرفة اقتصاديات قدراتها واستهلاكها العالمي حسب كل مصدر، وهو ما سيتم التطرق إليه في هذا الفرع.

على المستوى العالمي، يتم استهلاك غالبية مصادر الطاقة المتجددة في قطاع السكن والقطاع التجاري والقطاع العام، وهذا مردّه للاستخدام الواسع للوقود الحيوي في القطاع السكني في البلدان النامية، يمثل القطاع التحويلي (الكهرباء والتدفئة) حوالي 38.6 ٪ من استهلاك الطاقة المتجددة في جميع أنحاء العالم، و41.7 ٪ من الاستخدامات في قطاع السكن والقطاع التجاري والقطاع العام[30]. الشكل الموالي يوضح لنا استهلاك الطاقة في العالم حسب المصدر وهو امر مهم للتعرف على الخارطة العالمية للطاقات المتجددة.

**الشكل رقم 1-5:** استهلاك الطاقة في العالم حسب المصدر 2000 - 2019

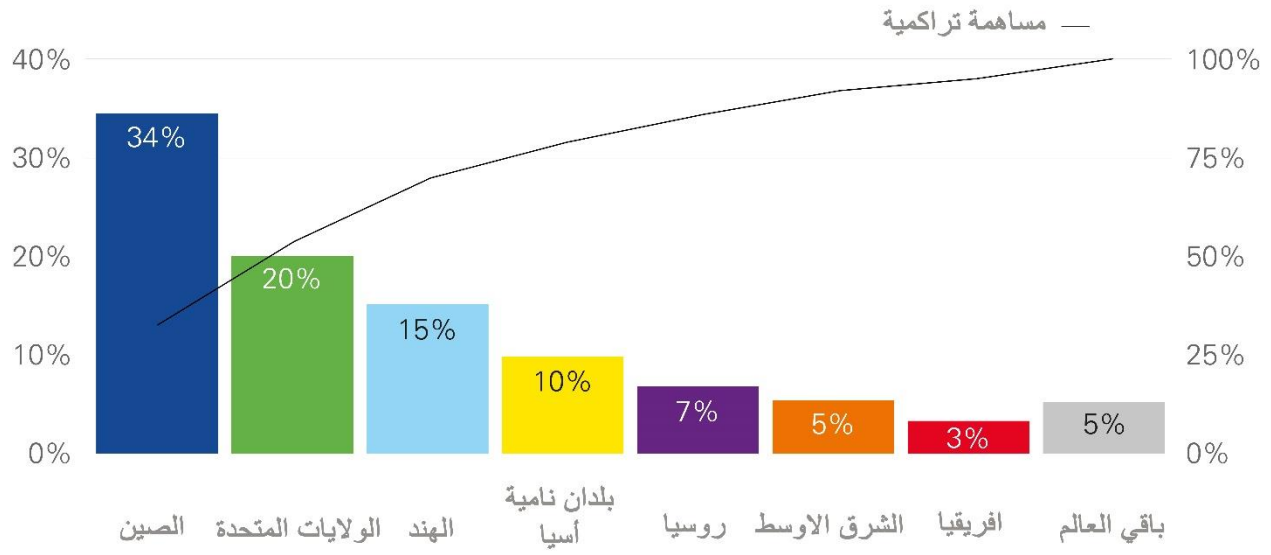



[30] IEA, **Electricity Information 2019**, Consumption, ⟨ https://www.iea.org/reports/renewables-information-2019⟩ (Accessed 17 February 2020, 08:28 PM).

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على: BP, annual report, **Statistical Review of World Energy 2019**

من خلال الشكل نجد أن استهلاك الطاقة في العالم لازال تهيمن عليه المصادر التقليدية كالنفط والفحم والغاز أما المصادر المتجددة فنجد أن الطاقة الكهرومائية هي اهم مصدر متجدد يتم استهلاكه ضمن المزيج الطاقوي العالمي، وعلى العموم فاستهلاك الطاقة العالمي قد تزايد بشكل ملحوظ حيث خلال العشرين سنة الماضية فقد تضاعف بزيادة 1.5%سنويا [31] وهذا مرده أيضا للتغير المناخي حيث تزيد وتنقص بحسب الحاجة الى التدفئة والتبريد ويختلف الامر أيضا حسب الدولة والمنطقة واحتياجاتها الطاقوية وفق ما يوضحه الشكل التالي:

**الشكل 1-6: المساهمة** في نمو استهلاك الطاقة الأولية في عام 2018




المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على:
⟨https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/primary-energy.html⟩ (Accessed 18 February 2020, 05:42 PM).

نلاحظ من خلال الشكل السابق ان الصين والولايات المتحدة والهند قد شكلت مجتمعة أكثر من ثلثي الزيادة العالمية في الطلب على الطاقة وهو امر راجع للتطور الصناعي والكثافة السكانية، مع زيادة الاستهلاك الأمريكي بأسرع معدل له منذ 30 عامًا. وقد زاد استهلاك جميع أنواع الطاقة ولكن نجد الغاز كان الأكثر نموا (168 مليون طن سنويًا تمثل 43٪ من الزيادة العالمية)، كما نجد ان كل أنواع الطاقة قد تزايد استهلاكها

[31] **انظر الى:**
⟨ https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/primary-energy.html⟩ (Accessed 18 February 2020, 04:59 PM).

والطلب عليها بشكل أسرع من متوسطها لعشر سنوات سابقة، باستثناء مصادر الطاقة المتجددة، على الرغم من أن مصادر الطاقة المتجددة لا تزال تمثل ثاني أكبر زيادة في نمو الطاقة بـ 71 مليون طن مكافئ أي 18 ٪ من الزيادة العالمية[32] ويمكن تفسير هذا بما تم ذكره سابقا خاصة المردودية الاقتصادية، الكفاءة مقارنة بالموارد الناضبة، ارتفاع التكاليف والحاجة للتكنولوجيا والمهارات وتوفر موارد منافسة مثل الغاز وغياب السياسات الحكومية الرشيدة المتعلقة بالاستدامة خاصة في الدول النامية*.

كما نلاحظ أيضا ضعف الاستهلاك بأفريقيا والشرق الأوسط والبلدان النامية الاسيوية رغم انها أكبر منتج ومصدر للطاقة بالعالم وتتوفر بها أكبر الاحتياطيات المؤكدة، كما لها قدرات طبيعية عالية في مجال الطاقات المتجددة وهذا له أيضا تفسيرات مختلفة منها ضعف التنمية بصفة عامة وغياب سياسات للتحول الطاقوي.

**ثانيا: خارطة القدرات العالمية للطاقة المتجددة**

من خلال تحليل الخرائط العالمية لتوزع القدرات للطاقة المتجددة نجد أن كل منطقة/دولة تتميز بخصوصيات محددة حسب كل مصدر طاقوي متجدد ومن خلال الاتي سنتطرق الى القدرات العالمية لأهم المصادر:

**1- توزع القدرات العالمية للطاقة الشمسية**

الطاقة الشمسية هي تحويل ضوء الشمس إلى أشكال طاقة قابلة للاستخدام، مثل الطاقة الفوتوفولطية (PV) والكهرباء الحرارية الشمسية، التدفئة والتبريد بالطاقة الشمسية وهي كلها تقنيات باستخدام الطاقة الشمسية[33]، ويمكن للطاقة الشمسية ان تقدم حلول طاقوية لعدة دول ومناطق معزولة وفقيرة تحتاج للتنمية فهي عامل مهم في التنمية الجبلية والصحراوية والريفية لدعم الكهرباء الفلاحية وانارة البيوت وتسخين المياه في وقت الشتاء.

من خلال المرفق رقم 1 الذي يوضح متوسط قدرة التشميس في المدى الطويل في العام واليوم حسب الخارطة العالمية نجد أن منطقة الشرق الأوسط وشمال افريقيا فيما يسمى بالصحراء الكبرى للعالم -وجزء من استراليا وامريكا - تشكل أكثر منطقة ساخنة لمدة طويلة في العام حيث يمكن تصل بين 2100 – 2700 كيلوواط ساعي/م2 في العام و بين 6.0 و 7.5 كيلوواط ساع / م2 في اليوم* والامر يتناقص تدريجيا في جنوب أمريكا اللاتينية،

---

[32] ⟨ https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/primary-energy.html⟩ (Accessed 19 February 2020, 02:17 PM).

* مازالت ترى بعض الحكومات في الدول النامية ان الالتزام بأهداف التنمية المستدامة سيخلق المزيد من الضغوط والعوائق أمام التنمية وهي تتهم الدول المتقدمة في عدم مساعدتها في تطبيق وتبني مفاهيم التنمية المستدامة.

[33] ⟨ https://www.iea.org/fuels-and-technologies/solar⟩ (Accessed 20 February 2020, 01:14 PM).

*تؤكد هذا دراسة الباحثة نادين ماي، أطروحة دكتوراه بعنوان: التوازن البيئي للكهرباء الشمسية المتصلة بين شمال افريقيا واوربا، جامعة برانشوينغ التقنية، المانيا، اوت 2015. وهي الدراسة التي استمد منها لاحقا مشروع ديزرتيك. الدراسة متاحة على الربط:
⟨https://www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Resources/dokumente/institut/system/projects/Ecobalance_of_a_Solar_Electricity_Transmission.pdf⟩ (Accessed 20 February 2020, 01:51 PM).

وكلما توجهنا الى الشمال كلما تناقصت نسبة التشميس حتى نصل الى دول ومناطق لا تسطع الشمس فيها الا قليلا في العام.

### 2- توزع القدرات العالمية للطاقة الرياح

تعد طاقة الرياح بشقيها البرية والبحرية من اهم الطاقات المتجددة الواعدة بالنسبة للعالم، فتقنياتها بشكل متسارع كما انها تساهم في سلسلة إمداد عالمية واسعة النطاق، وتتوقع الوكالة الدولية للطاقة أن تنمو طاقة الرياح البحرية off-shore أكثر مع تطور توربينات الرياح الكبيرة في المدى القصير.

ولإعطاء نظرة عامة حول توزع قدرات طاقة الرياح بالعالم يمكن النظر الى الملحق رقم 2، حيث نجد أن هناك العديد من الدول التي تستطيع أن تثبت بها مزارع خاصة بالرياح خاصة في شمال امريكا اللاتينية وشمال أسيا واوربا والشروق الأوسط وشمال افريقيا والجدولين المواليين يوضحان أكبر المزارع للرياح البرية والبحرية في العالم.

**الجدول 1-3:** أكبر مزارع الرياح البرية onshore في العالم

| اسم مزرعة الرياح | الإنتاج ميغاواط/سا | الدولة |
|---|---|---|
| **مزرعة رياح قانسو** | 6,000 | الصين |
| **مزرعة رياح ألتا** | 1,320 | الولايات المتحدة |
| **مزرعة رياح جايسالمر** | 1,064 | الهند |
| **مزرعة رياح مسطح الرعاة** | 845 | الولايات المتحدة |

المصدر:

- The Guardian, ⟨ https://www.theguardian.com/world/2012/mar/19/china-windfarms-renewable-energy⟩ (Accessed 20 February 2020, 02:52 PM).
- ⟨ https://www.business-standard.com/article/companies/suzlon-creates-country-s-largest-wind-park-112051100101_1.html⟩ (Accessed 20 February 2020, 02:52 PM).

**الجدول 1-4: أكبر** مزارع الرياح البحرية off-shore في العالم

| اسم مزرعة الرياح | الإنتاج ميغاواط/سا | الدولة |
|---|---|---|
| **لندن اري** | 630 | المملكة المتحدة |
| **غابارد الكبرى** | 504 | المملكة المتحدة |
| **انهولت** | 400 | الدنمارك |
| **بارود 1** | 400 | ألمانيا |

المصدر:

- ⟨https://web.archive.org/web/20160304205435/http://www.londonarray.com/wp-content/uploads/First-foundation-installed-at-London-Array.pdf⟩ (Accessed 20 February 2020, 03:47 PM).
- ⟨https://web.archive.org/web/20141006114736/http://www.dongenergy.com/anholt/en/projektet1/constructionofthewindfarm/pages/factsonanholtoffshorewindfarm.aspx⟩ (Accessed 20 February 2020, 03:47 PM).
- https://web.archive.org/web/20151004124233/http://www.bard-offshore.de/en/media/press-releases/details/article/pionier-windparkprojekt-bard-offshore-1-auf-hoher-see-erfolgreich-errichtet.html (Accessed 20 February 2020, 03:47 PM).

من الملاحظ من الجدولين أن أكبر المزارع لطاقة الرياح تتواجد بالدول التي تمتلك تكنولوجيات وقواعد ومنشآت صناعية متطورة، وهذا من بين أحد العوائق التي تحول دون تثبيت مزارع الرياح بالدول النامية لارتفاع التكاليف والمهارات والتقنيات المرافقة لها.

## المبحث الثاني: استخدامات الطاقات المتجددة وعوائقها

تختلف استخدامات الطاقة المتجددة حسب الحاجة لها من جهة وحسب المصادر الطاقوية المتجددة (المتاحة) من جهة أخرى، وسيتم التطرق في هذا المبحث الى اهم الاستخدامات والعوائق التي تواجهها.

### المطلب الأول: استخدامات الطاقة المتجددة في اهم القطاعات الاقتصادية

يمثل الوصول إلى الطاقة ركيزة أساسية لرفاهية الإنسان والتنمية الاقتصادية وتخفيف وطأة الفقر كما أنّ ضمان حصول الجميع على إمكانية الوصول للطاقة الكافية لاحتياجاته يمثل تحديًا مستمرًا وملحًا للتنمية العالمية.

إن موازنة التحدي بين التنمية والبيئة توفر لنا هدفًا نهائيًا يتمثل في ضمان حصول الجميع على طاقة مستدامة كافية للحفاظ على مستوى معيشة مرتفع، فالاستخدام الأمثل للطاقة مهما كان نوعها يعتبر عاملا مهما في زيادة كفاءتها، وسنحاول تقسيم استخدامات الطاقة المتجددة الى ما يلي:

**الفرع الأول: الاستخدامات المنزلية**

للطاقة دور حاسم في سياق التنمية العالمية حيث ان تلعب دورا مهما في تحسين مستويات المعيشة من خلال توفير الوقت في الأعمال المنزلية (غسل الملابس أو الطهي) وزيادة الإنتاجية؛ وكذلك تحسين خدمات الرعاية الصحية والتعليم؛ أو الاتصالات الرقمية إلى الشبكات المحلية والإقليمية والعالمية.

من جهة أخرى تستهلك المباني بشكل أساسي في القطاع السكني حوالي 13.6 في المائة من الطاقة الكهربائية و40% من الطاقة الحرارية، وتعد الكهرباء، الغاز الطبيعي (عبر الانابيب او القارورات)، الفيول، الفحم، الخشب وأيضا البطاريات الكهربائية، هي أسس الطاقة في قطاع العائلات والتي نستطيع تصنيفها في اربع استخدامات أساسية هي[34]:

1. التدفئة: تمثل الأكثر استعمالا في المنازل، تقدر بحوالي 60% من هذه الاستخدامات؛
2. الانارة، الأدوات الكهرومنزلية، السمعي البصري والتبريد تقدر بحوالي 20%؛
3. الماء الساخن الصحي يقدر بحوالي 15%؛
4. المطبخ: يستخدم فيه حوالي 5%.

الاستخدام المنزلي للطاقة لا يمثل الا حوالي 20% من الطاقة المستهلكة في الدول المتطورة، وهي مختلفة كما ونوعا عنها في الدول النامية[35]. كما يؤدي تطوير استخدامات الطاقة المتجددة في القطاع المنزلي الى تحسين الكثير من الاحتياجات وتوفير طاقة بديلة ونظيفة تستخدم في التدفئة والطهي وتسخين المياه وحتى التبريد في أوقات الحر داخل المباني، وقد ظهرت الكثير من المصطلحات التي تشجع ادماج استخدامات الطاقة في القطاع المنزلي كالمباني الذكية والمباني الخضراء.

**الفرع الثاني: الاستخدامات الفلاحية**

[34] هشام حريز، **دور إنتاج الطاقة الطاقات المتجددة في إعادة هيكلة سوق الطاقة**، مكتبة الوفاء القانونية، مصر، 2014، ص 105.
[35] Chems-eddine CHITOUR, **l'énergie : les enjeux de l'an 2000**, OPU, Alger, 1994, P40.

يتطلب انجاح القطاع الفلاحي الطاقة كمدخل مهم لتحسين انتاجيته ورفع مردوديته، فالطاقة تستخدم مباشرة كوقود أو كهرباء لتشغيل الآلات والمعدات، ولتسخين المباني الباردة والإضاءة في المزارع، وبشكل غير مباشر في الأسمدة والكيماويات المنتجة خارج المزرعة.

يمكن للطاقات المتجددة أن تشكل عاملا مهما لتحسين الإنتاج الفلاحي وعصرنة قطاعة الزراعة بالإضافة الى الحفاظ على البيئة وخلق فرص العمل والدخل الطويل الاجل للفلاحين، كما تعد الطاقة المتجددة محركا أساسيا لمضخات مياه السقي التي غالبا ما تكون مصادرها الطاقة الشمسية وهي بديل متوفر وأرخص مقارنة بالوقود بالنسبة للسقي وتوفير المياه لتربية الحيوانات والرعي.

وعموما يمكن تقسيم استهلاك الطاقة في القطاع الفلاحي الى قسمين[36]:

**أولا- الاستخدام المباشر:** مثل الوقود للآلات (الجرارات، مضخات المياه...)، الكهرباء للإنارة، الفيول والغاز والخشب من اجل التدفئة وطبخ الأغذية؛

**ثانيا- الاستخدام غير المباشر:** يتمثل فيما هو ضروري لصناعة الوسائل والمواد المستعملة في صناعة أغذية الانعام والاسمدة..

### الفرع الثالث: الاستخدام الصناعي

تمثل الصناعة التحويلية حوالي ثلث إجمالي استخدام الطاقة في جميع أنحاء العالم ويرتبط ما يقرب من ثلاثة أرباع استخدام الطاقة الصناعية بإنتاج سلع كثيفة الاستهلاك للطاقة، بما في ذلك المعادن الحديدية وغير الحديدية والمواد الكيميائية والكيماويات البتروكيماوية والمواد المعدنية غير المعدنية واللب والورق. حيث تشكل تكلفة الطاقة نسبة كبيرة من إجمالي تكاليف الإنتاج، لذلك تولي الشركات والمؤسسات اهتمامًا خاصًا لتخفيضها عبر تحسين كفاءة استخدام الطاقة وادماج الطاقة المتجددة في العملية الصناعية بالإضافة الى تطبيق تقنية اصطياد وتخزين الكربون (CCS) وهو ما سيحد من انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عنها.

وعلى الرغم من أن الطاقة المتجددة قد حظيت باهتمام جيد لتوليد الطاقة الا ان استخدامها في القطاع السكني لم يلقى نفس الاهتمام في القطاع الصناعي، حيث نجد ان الطاقة المتجددة تلعب دورًا صغيرًا نسبيًا في الصناعة اليوم تمثله الكتلة الحيوية التي تعتبر الأكثر مساهمة في مجال استخدامات الطاقة المتجددة في القطاع الصناعي، فقد وفرت حوالي 8٪ من استخدامها النهائي للطاقة في عام 2007[37].

### الفرع الرابع: الاستخدام في قطاع النقل

[36] هشام حريز، **مرجع سابق**، ص 106.

[37] UN, Industrial Development Organization, **Renewable Energy in Industrial Applications (An assessment of the 2050 potential)**, 2019, p 9.

يوجد في العالم اليوم (2020) ما يفوق مليار سيارة ركاب تسير في شوارع وطرق العالم، تم الوصول إلى المليار وحدة في عام 2010 لأول مرة على الإطلاق كما تم انتاج 12 مليون سيارة في العام 2019[38].

وهذه الأرقام قد تزايدت خلال العقود القليلة الماضية، مدفوعًة بارتفاع النمو الاقتصادي في جميع أنحاء العالم. في الصين وحدها، تم بيع أكثر من 21 مليون سيارة ركاب في عام 2018، ارتفاعًا من 6 ملايين فقط في عام 2008 وهي كلها مؤشرات بأن حضيرة السيارات في العالم في تزايد رهيب جدا وهو ما يطرح السؤال حول مصادر طاقة هذه السيارات ومساهمتها في تلويث الجو والاحتباس الحراري.

يعد قطاع النقل مسؤول عن ثلث الطلب العالمي على الطاقة وسدس قطاع مسؤول عن انبعاثات الغازات الدفيئة في العام. كما أنه القطاع الأقل استخدامًا للطاقة المتجددة ففي عام 2016، جاء 4٪ فقط من استهلاك الطاقة في قطاع النقل من مصادر الطاقة المتجددة[39].

**المطلب الثاني: عوائق استخدامات الطاقة المتجددة**

تواجه تطور استخدامات الطاقة المتجددة عدة عوائق وتحديات تختلف حسب طبيعتها، وفي هذا المطلب سيتم التطرق الى أهمها فيما يلي:

**الفرع الأول: التكاليف العالية**

أدى توسع استخدامات الطاقة المتجددة في مختلف القطاعات الاقتصادية خاصة في الدول المتقدمة وتسارع تطور التقدم التكنولوجي المستخدم في بعض مصادر الطاقة المتجددة الى تخفيض بعض التكاليف العالية بالمقارنة عما كانت عليه سابقا، فنجد مثلا أن أسعار الوحدات الكهروضوئية الشمسية قد انخفضت بحوالي 80 ٪ منذ نهاية عام 2009، في حين انخفضت أسعار توربينات الرياح بنسبة 30-40 ٪ ومع ذلك، ما زال النقاش العام حول الطاقة المتجددة يعاني من تصور قديم بأن الطاقة المتجددة ليست تنافسية، مما يشكل عائقًا كبيرًا امام انتشارها. وبالنظر الى تكاليف الطاقة المتجددة نجد أنها تتعلق بـ: الاستثمار في البنية التحتية، والعمليات اليومية، وتكاليف العرض في السوق والتكاليف البيئية لمصادر الطاقة المختلفة[40].

إذا فالنقاش يتعلق أساسًا بالمنظور الاقتصادي والمالي وهو مرتبط بين الفعالية والتكاليف لتكنولوجيات الطاقة المتجددة، كما أنّ الحوافز الاقتصادية المختلفة قد تؤدي الى تعزيز الاتجاه الدولي نحو

[38] World Meters' Organization ,2020, ⟨https://www.worldometers.info/cars/⟩ (Accessed 22 February 2020, 06:25 PM).

[39] IRENA , **Running on Renewables: Transforming Transportation Through Renewable Technologies**, 14 January 2018, ⟨ https://irena.org/newsroom/articles/2018/Jan/Running-on-renewables-transforming-transportation-through-renewable-technologies⟩ (Accessed 22 February 2020, 06:25 PM).

[40] Meier, P. Vagliasindi, & others, **The Design and Sustainability of Renewable Energy Incentives: An Economic Analysis,** World Bank, 2015, P 190.

استخدام مصادر الطاقة المتجددة. من جهة أخرى يمكن القول أن الأشكال الأولية للطاقة مجانية وغير نهائية من الناحية العملية، لكن المعدات والمواد اللازمة لجمع الطاقة ومعالجتها ونقلها إلى المستخدمين ليست واحدة، فهي تختلف حسب المصدر الطاقوي. وعموما فان تكاليف الطاقة المتجددة أعلى من تكلفة الطاقة الاحفورية والطاقة النووية. بالإضافة إلى ذلك، على عكس التقنيات التقليدية المتاحة، لا يزال التقدم في تقنيات الطاقة المتجددة المختلفة يتطلب استثمارات كبيرة. غالبًا ما يستخدم الاقتصاديون ما يسمى تكاليف الطاقة المستوية* (أو التكلفة المستوية للكهرباء ) عند مقارنة التقنيات المختلفة.

تمثل تكلفة الطاقة المستوية[41]، التكلفة الإجمالية لبناء وتشغيل محطة كهرباء جديدة، مقسمة الى دفعات سنوية متساوية (إضافة الى الاقساط السنوية المهتلكة) على انتاج الكهرباء السنوي المتوقع. وهو ما يعكس جميع التكاليف بما في ذلك رأس المال الأولي، عائد الاستثمار، التشغيل المستمر، الوقود والصيانة، وكذلك الوقت اللازم لبناء المصنع وعمره المتوقع، كما يأخذ في الاعتبار التقاط الكربون وعزله (CCS**) ومن خلال الجدول الموالي رقم 1-5 الذي يوضح لنا تكاليف انتاج الكهرباء العالمية من مختلف المصادر المتجددة في عام 2018 وكذلك الشكل التالي رقم 1-7 الذي يبرز التكلفة العالمية المستوية للكهرباء في تقنيات توليد الطاقة المتجددة على نطاق المنفعة 2010-2018، يمكن ان نلاحظ تطور تكاليف الكهرباء من مصادر متجددة ومقارنتها ضمن نطاق تكاليف انتاج الكهرباء من الوقود الاحفوري.

**الجدول 1-5:** تكاليف الكهرباء العالمية من مصادر متجددة في عام 2018

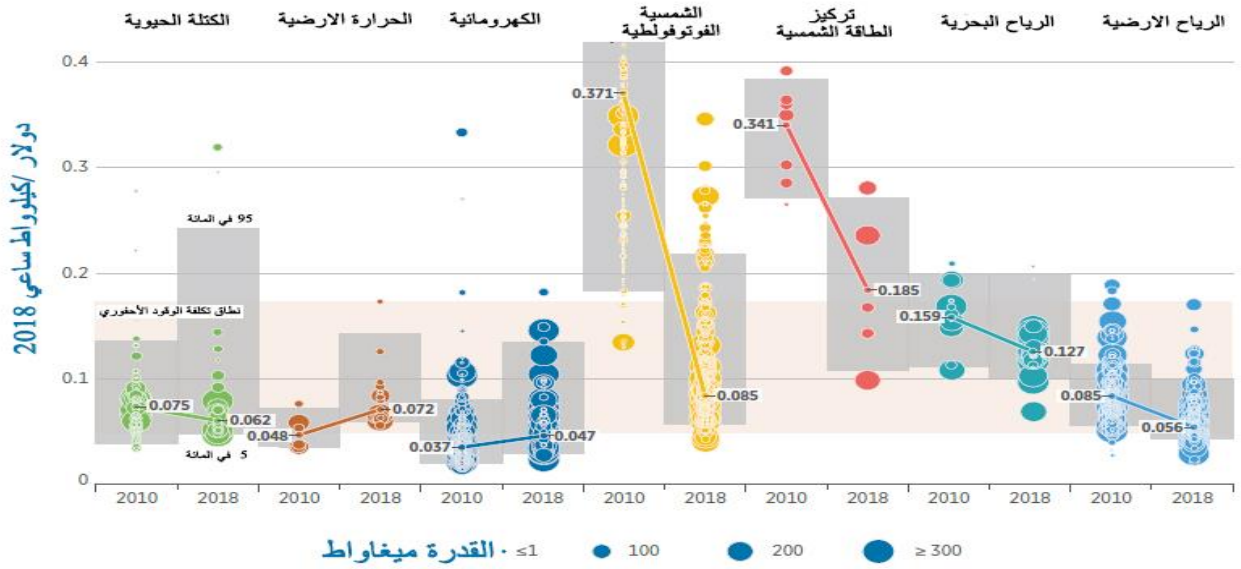
| | المرجح المتوسط للتكلفة العالمية (دولار/كيلوواط ساعي) 2018 | تكلفة الكهرباء: 5 و95 النسب المئوية (دولار / ك.و.س) 2018 | التغيير في تكلفة الكهرباء 2017-2018 |
|---|---|---|---|
| **الطاقة الحيوية** | 0.062 | 0.243–0.048 | %14– |
| **طاقة الحرارة الأرضية** | 0.072 | 0.143–0.060 | %1– |
| **الطاقة الكهرومائية** | 0.047 | 0.136–0.030 | %11– |
| **الخلايا الشمسية الضوئية** | 0.085 | 0.219–0.058 | %13– |

* levelized energy costs LEC (or levelized cost of electricity, LCOE).
[41] ⟨ http://www.renewable-energysources.com/⟩ (Accessed 2 March 2020, 03:21 PM).
** **Carbon Capture and Storage.**

| | | | |
|---|---|---|---|
| تركيز الطاقة الشمسية | 0.185 | 0.272–0.109 | %26– |
| طاقة الرياح البحرية | 0.127 | 0.198–0.102 | %1– |
| طاقة الرياح البرية | 0.056 | 0.100–0.044 | %13– |

المصدر: IRENA, **renewable power generation costs in 2018**, 2019, P 10.

**الشكل 1-7:** التكلفة العالمية المستوية للكهرباء في تقنيات توليد الطاقة المتجددة على نطاق المنفعة 2010-2018




المصدر: IRENA, **renewable power generation costs in 2018**, 2019, P 12.

من خلال الجدول 1-5 والشكل 1-7 نلاحظ ان التكلفة العالمية المستوية للكهرباء (LCOE) الناتجة عن مصادر طاقة الكتلة الحيوية والطاقة الحرارية الأرضية والطاقة الكهرومائية والطاقة الريحية البرية والبحرية كانت جميعها ضمن نطاق تكاليف توليد الطاقة الكهربائية من الوقود الأحفوري. كما انه منذ عام 2014، انخفض كل من متوسط التكلفة الإجمالية للوزن العالمي للطاقة الضوئية الشمسية الفوتوفولطية ضمن نطاق تكلفة الوقود الأحفوري.

وانخفض أيضا متوسط التكلفة العالمية المرجحة لتكنولوجيا الطاقة الشمسية وطاقة الرياح الحديثة والطاقة الشمسية الكهروضوئية بين عامي 2010 و2018. وهو ما يفسره التقدم السريع في نشر بعض تكنولوجيات الطاقة المتجددة ومجموعة من العوامل التي عززت –أحيانا كانت ضمن العوائق- تنمية مصادر

الطاقة المتجددة ونشرها وهي ذات طابع تكنولوجي وغير تكنولوجي، وتشمل التكاليف والقدرة على تحملها والتمويل والنضج التقني والادماج في نظم الطاقة الكهربائية والاستدامة البيئية والمهارات.

ويلاحظ أيضا ان تكاليف تكنولوجيات الطاقة المتجددة كانت أعلى في العادة من تكاليف الوقود الاحفوري الا انه تم تقريب الفجوة فيما يتعلق بالطاقة الشمسية الفوتوفولطية وطاقة الرياح فيما يخص انتاج الطاقة الكهربائية، واهم الأسباب التي ساهمت في هذا هي إجراءات خفض التكاليف وحوافز النشر المنفذة في عدد متزايد من البلدان، فعلى سبيل المثال انخفض متوسط تكاليف الطاقة الشمسية الفوتوفولطية بين 2008 و2015 بحوالي 80%، ومن جهة أخرى فان التكاليف الحالية لإمداد الطاقة خارج نطاق الشبكة المتاحة للكهرباء تكون فيها التكنولوجيات في كثير من الأحيان باهظة التكلفة خاصة بالنسبة للمجتمعات الريفية في العديد من البلدان النامية.

يشكل التمويل عائقا كبيرا لنشر تكنولوجيات الطاقة المتجددة في العديد من البلدان لان الامر يتطلب التدخل الحكومي على مستوى السياسات لتوفير قدر أكبر من الثقة للمستثمرين في هذا المجال خاصة في البلدان النامية[42].

**الفرع الثاني: العقبات التقنية والتكنلوجية**

لا تزال تقنيات الطاقة المتجددة تواجه عددًا من الحواجز والعقبات خاصة التقنية منها ومع ذلك، فإن التحدي الرئيسي هو في المقام الأول العقبات الاقتصادية، لأن مسألة تكاليف تكنولوجيات الطاقة المتجددة أمر حيوي ومحوري للتنبؤ بمدى سرعة انتقال الطاقة الحالية الذي سوف يحدث[43] وكذلك بالنسبة لتطوير التكنولوجيات وازاحة العقبات التقنية من خلال تمويل مشاريع البحث والتطوير، حيث ان نقص الاستثمار وقدرات البحث والتطوير جعل الطاقات المتجددة غير قادرة على التنافس تجاريا مع الوقود الأحفوري. كما ان الحكومات وشركات الطاقة تبتعد عن الإنفاق على البحث والتطوير لأن الطاقة المتجددة مازالت في مراحل التطوير الأولى ولهذا فالمخاطر المرتبطة بالاستثمار بهذه التكنولوجيا مرتفعة[44].

كما انه لا توجد معايير وإجراءات وإرشادات كافية في تقنيات الطاقة المتجددة من حيث المتانة والموثوقية والأداء ، وما إلى ذلك ، مما يمنع الطاقة المتجددة من تحقيق تسويق واسع النطاق وأهم قضية فنية رئيسية تواجهها الطاقة المتجددة اليوم هي مشكل تخزين الطاقة فإمدادات الشمس أو الرياح ليست مستمرة على الرغم من وفرتها الدائمة و كذلك الامر بالنسبة لشبكات الكهرباء، حيث لا يمكن أن تعمل ما لم تكن قادرة

---

[42] المجلس الاقتصادي والاجتماعي للأمم المتحدة، **دور العلم والتكنلوجيا والابتكار لتحقيق زيادة كبيرة في حصة الطاقة المتجددة بحلول عام 2030**، 2018، ص 15، **نقلا عن:**

- IEA, 2016, **Next-Generation Wind and Solar Power: From Cost to Value** (OECD/IEA, Paris).

[43] Timmons, D. Harris, J. M. & Roach, B, **The Economics of Renewable Energy**, 2014, P 31.

[44] Seetha Raman and others, Elsevier, **breaking barriers in deployment of renewable energy**, 2019, P16.

على تحقيق التوازن بين العرض والطلب، وهذه المشكلة لا تحل الا عن طريق تطوير بطاريات كبيرة يمكنها تعويض الأوقات التي لا يتوفر فيها مورد متجدد وهو ما يطرح مجددا مشكل تكنولوجيات وتقنيات انتاجيات بطاريات صالحة لمدة أطول وعمر اكبر والاستثمارات المرتبطة بها[45].

الفرع الثالث: الطاقة الفنية المؤهلة

تلعب الطاقة الفنية المؤهلة دورا محوريًا في الانتقال العالمي من الوقود الأحفوري إلى مصادر الطاقة المتجددة، حيث اكدت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) أنه في عام 2012 كان هناك ما يقارب 5.7 مليون شخص يعملون في قطاع الطاقة المتجددة[46]. وبالرغم من التطورات في قطاع الطاقة المتجددة، فاليوم لا يزال هناك نقص حاد في الطاقة الفنية المؤهلة لتطوير وتصميم وبناء وتشغيل وصيانة مشاريع الطاقة المتجددة خاصة في الدول النامية، وهي واحدة من بين أكبر الحواجز أمام تطور استخدامات الطاقة المتجددة في مختلف القطاعات الاستراتيجية.

من جهة أخرى لقد أدى الازدهار في تقنيات الطاقة الشمسية الضوئية وطاقة الرياح على وجه الخصوص، إلى زيادة الطلب على الفنيين المهرة – لتثبيت مشاريع الطاقة الكهروضوئية، وصيانة وتشغيل منشآت طاقة الرياح، كما ان هناك أيضا حاجة ملحة للمهنيين المدربين في المؤسسات التعليمية لتدريس دورات الطاقة المتجددة، وحاجة أخرى للخبراء المختصين لتقييم مقترحات مشاريع الطاقة المتجددة بدقة بالنسبة للحكومات او المؤسسات.

يمكن أن يؤدي ضعف التعليم أو التدريب بالنسبة للطاقات الفنية المؤهلة إلى تأخير المشاريع وإخفاق التشغيل وتذبذب الصيانة، مما يؤثر بدوره على ربحية المشروعات ويعطي انطباعات مضللة حول موثوقية الطاقة المتجددة ككل، لهذا فتطوير استخدامات الطاقة المتجددة في قطاعات الصناعة والنقل والسكن تحتاج زيادة التعليم والتدريب في قطاع الطاقة لليد العاملة المؤهلة.

**المبحث الثالث: استثمارات وتمويل استخدامات الطاقات المتجددة**

سيتم التطرق في هذا المبحث الى الاستثمارات العالمية في مصادر الطاقة المتجددة وأسواق تكنولوجيا الطاقة المتجددة.

[45] Dorcas Kariuki, Barriers to Renewable Energy Technologies Development, Keele University, ⟨https://www.energytoday.net/economics-policy/barriers-renewable-energy-technologies-development/⟩ (Accessed 4 March 2020, 03:20 PM).

[46] IRENA, **Skills and Education Needed for a Robust Renewable Energy Workforce,** 2013, ⟨https://www.energytoday.net/economics-policy/barriers-renewable-energy-technologies-development/⟩ (Accessed 4 March 2020, 03:20 PM).

## المطلب الأول: الاستثمارات العالمية في مصادر الطاقة المتجددة

للوقوف على مدى تطور استخدامات الطاقة المتجددة لا بد اولا من تحليل تطور الاستثمار العالمية في مجال الطاقة المتجددة ومقارنته بمنافسه من الطاقات التقليدية والاحفورية.

### الفرع الأول: تطور الاستثمار في مجال الطاقة المتجددة

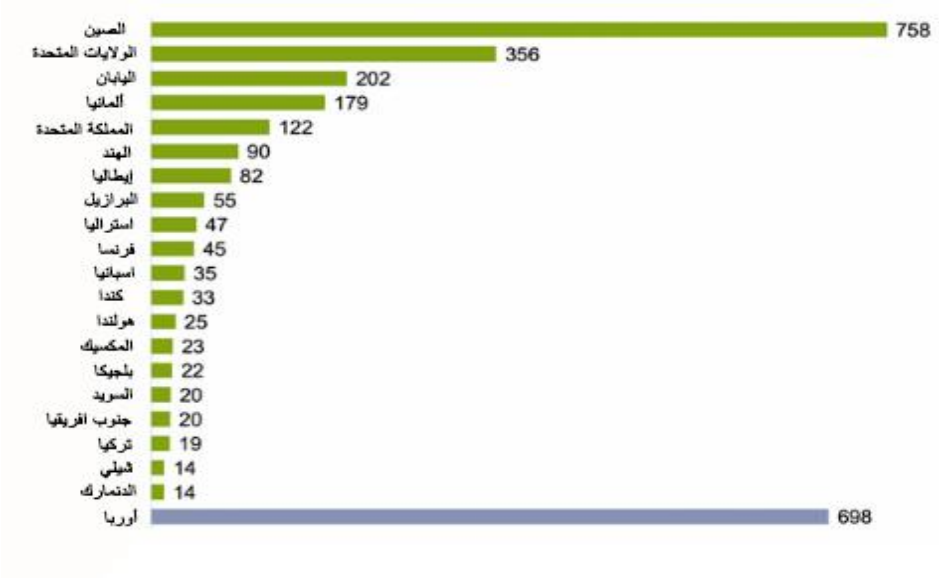
في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، لم يكن واضحا إذا كانت مصادر الطاقة المتجددة ستتنافس مع الوقود الأحفوري في توليد الطاقة! فقد كانت مصادر الطاقة المتجددة الجديدة تسمى بشكل روتيني "الطاقة البديلة"، لان مساهمتها كانت جد ضئيلة بالإضافة الى انه لم يكن هناك أي تأكيد لتكنولوجيات حديثة قد تلعب دورا مهما في إحداث الفارق في العقود المقبلة، كما كانت هناك مشكلة تتعلق بالشبكات الكهربائية، حيث كان من الصعب لديها امتصاص وتخزين الطاقة من مصادر متجددة مثل الرياح والطاقة الشمسية، في المقابل كانت وحدات كبيرة من الفحم المركزي والغاز والنفط والطاقة النووية والطاقة الكهرومائية تلعب دورا كبيرا في امداد الشبكات الكهربائية.

ومع ذلك، في الفترة 2000-2009، شهدت اهتمام متزايد بتكنولوجيا الطاقة المتجددة من جانب الحكومات والمستثمرين وحتى الافراد خاصة مع تطور مفاهيم التنمية المستدامة والمخاوف من تغير المناخ وهو ما أدى الى تحولات كبيرة في مجال الاستثمار العالمي في الطاقات المتجددة.

لقد زاد حجم الاستثمار في قطاعات مثل الرياح والطاقة الشمسية والوقود الحيوي حيث سجل عام 2009 على سبيل المثال رقماً قياسياً عالميا للاستثمار قدره 147 مليار دولار في الطاقة الجديدة للطاقة المتجددة (باستثناء المشاريع الكبيرة للطاقة الكهرومائية) .[47] وفيما يلي يوضح الشكل 2 المبلغ المستثمر في طاقة الطاقة المتجددة في أكبر 20 سوق حتى نهاية النصف الأول من عام 2019).

[47] Frankfurt School, **Global Trends in Renewable Energy Investment 2018**, OpCit, P 14-15.

**الشكل 1-8:** الاستثمار في الطاقة المتجددة من 2010 الى النصف الاول من 2019 أفضل 20 دولة، مليار دولار




المصدر: UN Environment, Frankfurt School-UNEP Centre, BloombergNEF

من خلال الشكل 1-8 نجد ان الصين تحتل المرتبة الأولى في الاستثمارات العالمية في مجال الطاقة المتجددة منذ عام 2010، حيث بلغت استثماراتها 758 مليار دولار، أي ما يقرب من 31 ٪ من الإجمالي العالمي، في حين احتلت الولايات المتحدة المرتبة الثانية بمبلغ 356 مليار دولار أي 14 ٪ من الإجمالي العالمي. كما نلاحظ من نفس الشكل ان هناك سبعة دول أوروبية في أكبر 20 دولة مستثمرة في الطاقة المتجددة على رأسها ألمانيا بـ 179 مليار دولار تليها المملكة المتحدة بمبلغ 122 مليار دولار. كما ان أوروبا استأثرت بالاستثمار كتكتل خلال الفترة من عام 2010 إلى النصف الأول من عام 2019 بنحو 698 مليار دولار، أي حوالي 28 ٪ من المجموع العالمي. وقد شهدت حوالي 15 دولة أوروبية طفرات في مجال الاستثمار في القدرات الطاقوية خلال العقد السابق، فنجد ان ألمانيا وإيطاليا، على سبيل المثال يبلغ إجماليهما السنوي 30 مليار دولار أو أكثر خلال عام واحد على الأقل بين عامي 2009 و2011 مع تطور متسارع لبناء أنظمة الطاقة الشمسية في كلا الدولتين.

من جهة أخرى نجد أفضل 20 دولة قد ضمت عدد من الدول النامية، بقيادة الهند بـ 90 مليار دولار مع دول أخرى جاءت في الجزء الأخير من القائمة، ومع ذلك فان معظم حالات الاقتصاديات النامية فقد اقتصرت على استثمارات خفيفة في مصادر الطاقة المتجددة، ولهذا يمكن القول ان هذا التوجه العالمي للاستثمارات الدولية في مجال الطاقة المتجددة أدى الى إنحفاض تكاليف الطاقة الشمسية وطاقة الرياح إلى مستويات تنافسية ابتداء من 2015.

### الفرع الثاني: الوسائل القانونية لتشجيع الاستثمار في مجال الطاقات المتجددة

يحتاج تشجيع الاستثمار في مجال الطاقات المتجددة الى عدة مجالات مهمة، من بينها الوسائل القانونية التي كانت دائما تشكل احد الحواجز امام الاستثمارات الأجنبية او حتى المحلية في قطاع الطاقة المتجددة، والسبب في ذلك هو أن المستثمرين غير مستعدين للمجازفة برؤوس أموالهم في بيئة قانونية غير مستقرة ومنفرة للاستثمار حيث تخلق مناخ غير ملائم للاستثمار بشكل عام، مما يوحي بعدم وجود ضمانات او حوافز كافية لتشجيع الاستثمارات، واحسن مثال على هذا هو دولة ألمانيا التي تعد من بين الدول التي حققت تقدم في مجال التشريعات المتعلقة بتشجع وترقية استخدامات الطاقة المتجددة في القطاعات الاقتصادية بها، حيث استخدمت القوانين كوسيلة لتنمية وتطوير هذا المجال[48].

وبصرف النظر عن المعاهدات المناخية الدولية (اتفاق باريس الأخير)، فإن الإطار التشريعي الدولي لا يحتوي على وثيقة محددة وملزمة تحكم قطاع الطاقة المتجددة[49]. إلا أنّ هناك ميثاق الطاقة الدولي الذي يدعو الى التعاون في تطوير مصادر الطاقة المتجددة لتعزيز أمن الطاقة والنمو الاقتصادي المستدام.

وعندما يتعلق الأمر بالإطار المؤسسي-التشريعي، نجد ان الوكالة الدولية للطاقة المتجددة[50] مثلا تلعب دورًا محوريًا عبر دعم 177 دولة من الدول الأعضاء بها، لتحقيق أعلى استخدام للطاقة المتجددة من خلال السياسات والمعرفة الفنية التي تقدمها في شكل كتيبات عملية لوضع السياسات والمنشورات الفصلية والبيانات والتقارير حول استخدام مصادر الطاقة المتجددة في جميع أنحاء العالم. وعلى مستوى الاتحاد الأوروبي، نجد انه ينظم توجيه الطاقة المتجددة عبر تشجيع استخدام الطاقة من المصادر المتجددة، حيث اقترحت المفوضية الأوروبية مؤخرًا تشريعات جديدة[51]، تنص على التوجه والتركيز على "هدف استخدام اعلى للطاقة متجددة الملزمة" لعام 2030، أي أن 27٪ من الطاقة المستهلكة على مستوى الاتحاد الأوروبي يجب أن تكون من مصادر الطاقة المتجددة. ومع ذلك، يمكن للدول الأعضاء تحديد أهداف –وطنية- أكثر طموحًا، مع الحد من الإنتاج غير المستدام للوقود الحيوي والبيولوجي والوقود الحيوي.

---

[48] **بالتصرف عن:** صدام فيصل، **الاستثمار في مشاريع الطاقة المتجددة**، منشورات زين الحقوقية، لبنان، 2017، ص 73.

[49] International Energy Charter, **agreed text for adoption in The Hague at the Ministerial Conference on the International Energy Charter** on 20 May 2015, available at: ⟨www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Legal/IEC_EN.pdf ⟩ (Accessed 4 March 2020, 05:41 PM).

[50] International Renewable Energy Agency **(IRENA)**, available at: ⟨http://www.irena.org/Publications/Publications.aspx?mnu=cat&PriMenuID=36&CatID=141&type=Handbooks⟩ (Accessed 4 March 2020, 06:20 PM).

[51] European Union (EU), **Renewable Energy Directive**, DIRECTIVE 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, **on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently**, repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, 23 April 2009.

## المطلب الثاني: دراسة لأسواق تكنولوجيات الطاقة المتجددة

### الفرع الأول: حالة السوق الطاقوي

يشهد سوق تكنولوجيات الطاقة المتجددة (RE) ارتفاعًا، ويشهد العالم انتقالًا جديدًا للطاقة مع العديد من العوامل والدوافع التي تدفعه. ولفهم هذه الظاهرة بشكل صحيح، من الضروري إدراك العلاقة بين تطور الاقتصاديات وتحولات الطاقة المختلفة عبر التاريخ. من المهم أيضًا فهم الأساس المنطقي للانتقال الحالي إلى مصادر الطاقة المتجددة واقتصادها

### الفرع الثاني: المنافسة في السوق - مصادر الطاقة المتجددة الوقود الحفري

مع التطور المستمر لأسواق الطاقة فمن المنطقي ان التنافسية بين مختلف المصادر ستؤثر على التكاليف، وهو ما سيدفع السوق إلى زيادة حجم مصادر الطاقة المتجددة وارتفاع الاستثمارات والقدرات الإنتاجية لها، مما يؤدي إلى تحقيق وفورات الحجم (أي سيحدث انخفاض في أسعار الطاقة والتكاليف الفعلية للتكنولوجيا المرافقة لها) وهو ما سيقود الى زيادة أحجام السوق الطاقوية مما يؤدي في النهاية إلى حلقة تغذية رجعية لتطوير استخدامات مصادر الطاقة المتجددة.

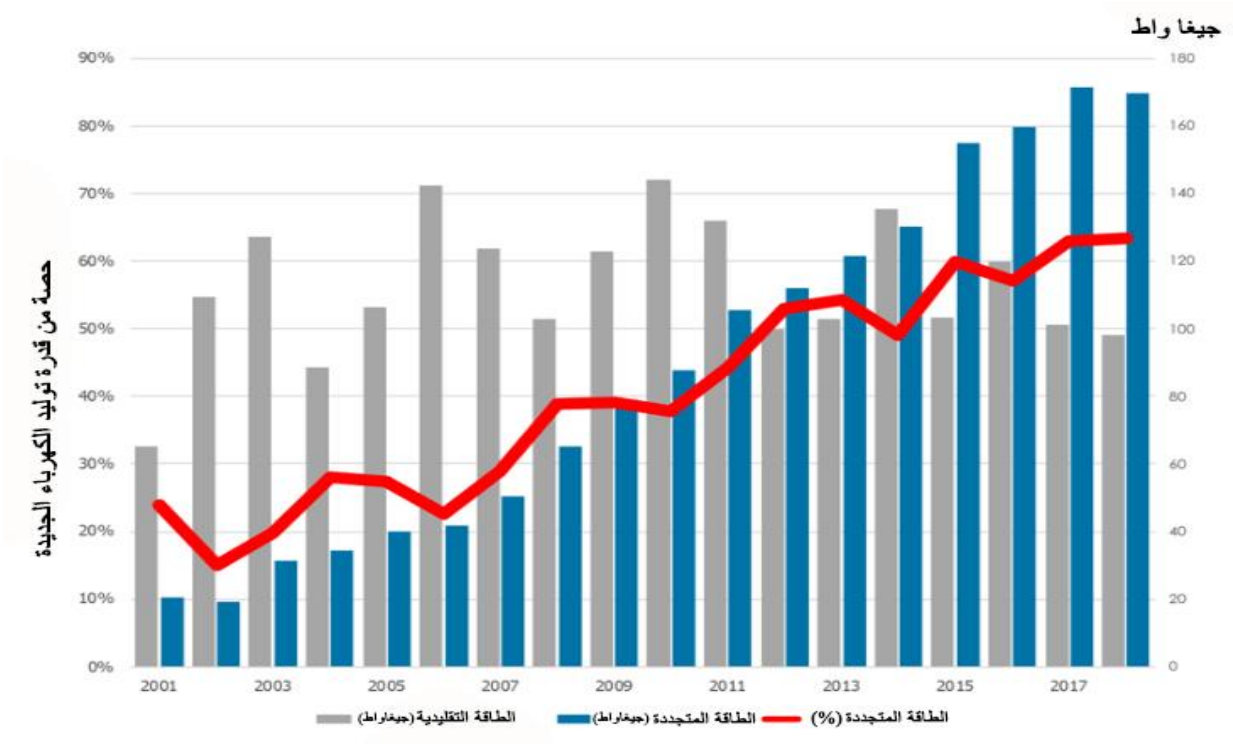
ان الضغط المستمر على أسعار السوق والارباح يجبر الأطراف ذات المصلحة داخل السوق الطاقوية على التغيير بسرعة، حيث ان تكاليف الطاقة المتجددة لا تزال في انخفاض مستمر ومن المتوقع أن تنخفض أكثر خلال السنوات القليلة القادمة[52]. علاوة على ذلك، فان الالتزامات العامة للحكومات والشركات اتجاه الطاقة المتجددة والتقنيات الناضجة التي صاحبت التطور الاقتصادي في مصادر الطاقة المتجددة أدت الى زيادة الاستثمارات في مصادر الطاقة المتجددة بسرعة من خلال تحويل صناعة الطاقة المتجددة إلى قطاع تنافسي للغاية مقارنة بموارد الطاقة الأخرى بل حتى انها بدأت تتنافس ضد بعضها البعض داخل قطاع الطاقة المتجددة نفسه[53].

خلال الأعوام الأخيرة بدأت استثمارات الطاقة المتجددة تتجاوز استثمارات الوقود الأحفوري وهو ما تم تسجيله ابتداء من 2017[54]، حيث تم تحفيز سوق الطاقة المتجددة من خلال زيادة الابتكار والمنافسة ودعم

[52] REN21, **Renewables Global Futures Report: Great Debates towards 100% Renewable Energy**,2017, P12. Available at: ⟨http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/10/GFR-Full-Report-2017_webversion_3.pdf ⟩ (Accessed 9 March 2020, 07:31 PM).
[53] REN21, **Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Renewable Energy Policies in a Time of Transition,**2018, P 30. Available at: ⟨ http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/04/17-8622_Policy_FullReport_web_.pdf ⟩ (Accessed 9 March 2020, 07:38 PM).
[54] Ibid.

السياسات الطاقوية المتجددة وبالتالي تم تحقيق تقدم تكنولوجي ملموس مع انخفاض واضح في التكاليف مما دفع مصادر الطاقة المتجددة إلى تجاوز أي مصدر تكنولوجي آخر كما يوضحه الشكل الموالي1-9.

**الشكل 1-9: تطور** مساهمة الطاقات المتجددة والطاقات التقليدية في انتاج الطاقة الكهربائية 2001- 2018




**Source:** UN Environment, Frankfurt School-UNEP Centre, Bloomberg NEF

على الصعيد العالمي، بلغ إجمالي طاقة توليد الطاقة المتجددة 2351 جيغاواط في نهاية عام 2018 حوالي ثلث إجمالي الطاقة الكهربائية المركبة. تمثل الطاقة الكهرومائية أكبر حصة بسعة مثبتة تبلغ 1172 جيغاواط - حوالي نصف المجموع. تمثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية معظم الباقي بقدرات تبلغ 564 جيجا وات و480 جيغاواط على التوالي. وشملت مصادر الطاقة المتجددة الأخرى 121جيغاواط من الطاقة الحيوية و13 جيغاواط من الطاقة الحرارية الأرضية و500 ميغاواط من الطاقة البحرية (المد والجزر وطاقة المحيطات).

## خلاصة الفصل الأول

من خلال الفصل الأول تم التطرق الى المداخل النظرية والتطبيقية لاقتصاديات الطاقة المتجددة، حيث تم توضيح المفاهيم الأساسية لأنواع الطاقة المتجددة، وقوفا على مصادرها المتنوعة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية والطاقة الحرارية الجوفية ومختلف الأنواع الاخرى، مع تبيان الاختلافات بينها ومقوماتها والسمات الفريدة لهذه الطاقات مثل الاستدامة البيئية ودورها في تقليل الانبعاثات الكربونية بالإضافة الى وفرتها في الطبيعة وقدرتها على التجدد مقارنة بالطاقات الناضبة.

يعد استخدامات الطاقة المتجددة في القطاعات المختلفة أمر بالغ الأهمية لدراستها وخاصة مجالاتها المختلفة بما في ذلك توليد الكهرباء والتدفئة، وهذا لما لها من الفوائد التي تقدمها في مجال تعزيز كفاءة الطاقة وتخفيض الاعتماد على الوقود الأحفوري. ومن جهة أخرى تم الوقوف على العوائق الرئيسية أمام تبني هذه الطاقات وتطوير استخداماتها، وعلى رأسها تأتي التحديات التقنية وتكاليف التكنولوجيا العالية، وضعف البنية التحتية، فضلًا عن اعتماد بعضها على ظروف بيئية متغيرة قد تؤثر على إنتاجيتها.

في السياق ذاته، لابد من الوقوف على بعض الجوانب المالية وأسواق الطاقة المتجددة والاستثمارات العالمية فيها والجوانب التقنية والتشريعية التي تؤثر في توسع استخدام الطاقة المتجددة، ويأتي هنا دور الحكومات في تذليل هذه العقبات من خلال سن قوانين داعمة وتقديم حوافز مالية. ولهذا لابد من التركيز على أهمية الاستثمارات وتمويل مشاريع الطاقة المتجددة والصناعات المرتبطة بها، وتوفير أدوات التمويل المتنوعة المتاحة، مثل القروض المدعومة وإنشاء صناديق الاستثمار الأخضر. ولا يخفى دور القطاع الخاص في دعم التوجه نحو تعزيز وتطوير استخدامات الطاقة المتجددة لما يحوزه من إمكانيات وموارد.

# الفصل الثاني

## واقع قطاع الطاقات المتجددة

## في الجزائر

## تمهيد

تحاول الجزائر مؤخرا الوصول الى نسب متقدمة من استخدامات الطاقات المتجددة في مختلف القطاعات الاستراتيجية الوطنية عبر تنويع مصادر الطاقة المتجددة ورفع نسبتها في ميزان الطاقة الوطني مقارنة الى نسبة استخدامات الطاقات الناضبة. وفي هذا الصدد اعتمدت الجزائر جملة من الاجراءات لتعزيز استخدام الطاقة المتجددة وتوسيع نطاقها. سنتطرق لأهمها، لا سيما ما يخص واقع موارد الطاقات المتجددة في الجزائر والبرنامج الوطني المعتمد في مجال ترقية استخدامات الطاقة المتجددة وكذلك مختلف السياسات الطاقوية المرافقة، وهذا من خلال التطرق إلى النقاط التالية:

المبحث الأول: تطور استخدامات الطاقات المتجددة في الجزائر.

المبحث الثاني: برنامج الطاقات المتجددة.

المبحث الثالث: السياسات والاستراتيجيات المتبعة في مجال ترقية الطاقات المتجددة

المبحث الرابع: الاستثمارات في قطاع الطاقات المتجددة

## المبحث الأول: تطور استخدامات الطاقات المتجددة في الجز ائر

الطاقة المتجددة هي نوع من الطاقة التي يتم توليدها من مصادر طبيعية متجددة مثل الشمس والرياح والماء والحرارة الأرضية أي من المصادر التي لا تنفد[1]. وتتمتع الجزائر بموارد وفيرة من هذه المصادر، مما يجعلها قادرة على استغلال الطاقة المتجددة بشكل فعال وتحقيق التنمية المستدامة.

تاريخيًا، كانت -ولازالت- الجزائر تعتمد بشكل كبير على الطاقة الاحفورية الناضبة مثل النفط والغاز الطبيعي. ومع ذلك فان السياسات الطاقوية في السنوات الأخيرة -تحاول- وتدعم بشكل ملحوظ التحول نحو زيادة استخدام الطاقة المتجددة لتنويع مصادر المزيج الطاقوي الوطني والحد من الاعتماد على الطاقات الناضبة والتقليدية.

### المطلب الأول: تاريخ استخدام الطاقات المتجددة في الجز ائر

بالتطرق الى بدايات الانطلاق في الإجراءات والسياسات في مجال تطوير استخدام الطاقة المتجددة وتعزيز كفاءة الطاقة، نجد ان قطاع الطاقة في حد ذاته لم ينظم نفسه بشكل فعّال إلا في بداية منتصف الثمانينيات من القرن الماضي. حيث تزامن ذلك مع إنشاء المؤسسات العمومية الأولى المكلفة بتطوير استخدام الطاقات المتجددة وتعزيز كفاءتها ومتابعتها. ونذكر:

#### الفرع الاول: التطور المؤسساتي في استخدامات الطاقة المتجددة بالجز ائر

#### أولا: المركز الوطني لتطوير الطاقة المتجددة CDER

تأسس المركز فعليًا في عام 1988، إلاَّ أنَّ جذوره تعود إلى مشروع إنجاز الإليودين[2] (الفرن الشمسي) الذي نفذ بين عامي 1952 و1954 في بوزريعة، بأعالي الجزائر العاصمة. حاليًا يُعرف باسم "مركز تنمية الطاقات المتجددة"، يظل المركز حتى اليوم رائدًا في تعزيز استدامة النشاطات العلمية في مجال الطاقات المتجددة. ومع ذلك، شهد هذا الكيان عدة تغييرات في وضعه والإشراف عليه. يُلخص الجدول التالي بإيجاز جميع المراحل التي مر بها هذا المركز:

---

[1] **بالتصرف عن:** صبحي أحمد الدليمي ومنى علي دعيج الكناني، **الطاقة المتجددة: مفهومها، مصادرها، أهميتها**، دار إبصار ناشرون وموزعون، الطبعة1، 2022، ص 13.

[2] **الموقع الرسمي لمركز تنمية الطاقات المتجددة**، متاح على:<<https://www.cder.dz/spip.php?rubrique49 >>، بتاريخ 13 نوفمبر 2023، الساعة 01:28.

**الجدول 2-1:** مراحل انشاء المركز الوطني لتطوير الطاقة المتجددة CDER

| تاريخ الانشاء | الهيئة/المؤسسة |
|---|---|
| 1962-1959 | معهد الطاقة الشمسية بجامعة الجزائر |
| 1972-1962 | معهد الطاقة الشمسية |
| 1981-1972 | محطة الطاقة الشمسية |
| 1982-1981 | مركز البحث في الطاقات الجديدة |
| 1988-1982 | محطة التجريب للمعدات الشمسية |
| 1988 | إنشاء مركز تنمية الطاقات المتجددة. تم وضعه تحت وصاية المفوضية السامية للبحث. |
| 1988 | إلحاق وحدة تنمية الأجهزة الشمسية الواقعة بتيبازة إلى مركز تنمية الطاقات المتجددة. |
| 2002 | إنشاء وحدة البحث التطبيقي في الطاقات المتجددة بغرداية وإلحاقها بمركز تنمية الطاقات المتجددة |
| 2003 | أصبح مركز تنمية الطاقات المتجددة مؤسسة عمومية ذات طابع علمي وتكنولوجي ذو اختصاص بين القطاعات. ووضع تحت وصاية وزارة التعليم العالي والبحث العلمي |
| 2004 | إنشاء وحدة البحث في الطاقات المتجددة في الوسط الصحراوي وإلحاقها بمركز تنمية الطاقات المتجددة. |
| 2007 | إنشاء الفرع التجاري دراسات وإنجازات في الطاقات المتجددة وإلحاقه بمركز تنمية الطاقات المتجددة. |

**المصدر:** معطيات الموقع الرسمي لمركز تنمية الطاقات المتجددة، متاح على:<<https://www.cder.dz/spip.php?rubrique49>>، بتاريخ 13 نوفمبر 2023، الساعة 01:37.

يتطلع مركز تنمية الطاقات المتجددة إلى وضع وتنفيذ برامج بحثية وتطوير علمي وتكنولوجي في مجالات أنظمة الطاقة، وذلك من خلال استخدام مصادر متنوعة مثل طاقة الشمس الضوئية، وطاقة الرياح، وطاقة الحرارة، وطاقة الحرارة الأرضية، وطاقة الحيوية البيئية[3].

كما يشارك المركز كمركز علمي دائم في البرنامج الوطني للبحث وتطوير التكنولوجي، وفقًا لبرنامج خماسي مخصص للبحث العلمي والتطوير التكنولوجي وفق الأولويات الاقتصادية والاجتماعية للتنمية الوطنية.

**ثانيا: الوكالة الوطنية لتعزيزوترشيد استخدام الطاقة APRUE**

هي مؤسسة عمومية ذات طابع صناعي وتجاري، أحدثت بموجب مرسوم رئاسي سنة 1985، تشرف عليها حاليا وزارة التحول الطاقوي والطاقات المتجددة .(MTEER) وتتمثل مهمتها الرئيسية في تنفيذ السياسة الوطنية لإدارة الطاقة، من خلال تعزيز كفاءة استخدام الطاقة. تتمثل مهمتها الأساسية في[4]:

- تعزيز توفير الطاقة في جميع قطاعات النشاط؛
- تعبئة مختلف أصحاب المصلحة حول القضايا والتحديات المرتبطة بكفاءة الطاقة؛
- تعزيز الشراكة في إنشاء مشاريع كفاءة الطاقة، وتوفير الرؤية للمستثمرين المحتملين؛
- المساهمة في ظهور تنمية مستدامة لكفاءة الطاقة؛
- تحسين وتعزيز قدرات أصحاب المصلحة في هذا المجال.

يُلخص الجدول التالي بإيجاز جميع المراحل التي مر بها هذا المركز:

[3] **الموقع الرسمي لمركز تنمية الطاقات المتجددة**، مرجع سبق ذكره، تاريخ الاطلاع: 13 نوفمبر 2023، الساعة 02:52.
[4] الموقع الرسمي للوكالة الوطنية لتعزيز وترشيد استخدام الطاقة، **نبذة عن الوكالة ومهامها**، متاح على:
<<https://aprue.org.dz/index.php/fr/presentation/creation>>، بتاريخ 20 نوفمبر 2023، الساعة 01:01.

**الجدول 2-2:** الوكالة الوطنية لتعزيز وترشيد استخدام الطاقة APRUE

| التاريخ | الحدث |
|---|---|
| 1985 | إحداث الوكالة الوطنية لتشجيع وترشيد استعمال الطاقة (APRUE) |
| 1999 | صدور القانون 99-09 المتعلق بإدارة الطاقة |
| 2000 | إحداث حساب تخصيص خاص رقم 101.302 بعنوان "الصندوق الوطني لإدارة الطاقة FNME" |
| 2008 | إطلاق البرنامج الوطني الأول لإدارة الطاقة"PNME" |
| 2015 | مصادقة الحكومة على برنامج تطوير الطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة بحلول عام 2030 |
| 2020 | إنشاء وزارة التحول الطاقوي والطاقة المتجددة " MTEER" |
| 2021 | نقل APRUE تحت إشراف MTEER. |

المصدر: معطيات الموقع الرسمي للوكالة الوطنية لتعزيز وترشيد استخدام الطاقة، نبذة عن الوكالة ومهامها، متاح على: << https://aprue.org.dz/index.php/fr/presentation/creation>>، بتاريخ 20 نوفمبر 2023، الساعة 01:01.

### ثالثا: محافظة الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية CEREFE

هي مؤسسة عمومية ذات شخصية معنوية واستقلال مالي تم إنشاؤها، لدى الوزير الأول بمقتضى المرسوم تنفيذي رقم 19-280 المؤرخ في 21 صفر عام 1441 الموافق ل 20 أكتوبر2019 المعدل والمتمم بالمرسوم التنفيذي رقم 95.21 المؤرّخ في26 رجب عام 1442الموافق 10 مارس 2021، تتمثل مهمتها الأساسية في[5]:

- التنمية الوطنية والقطاعية للطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية؛
- تقييم السياسة الوطنية في مجال الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية المسخرة لتنفيذها ومدى تأثيرها؛

[5] **الموقع الرسمي لمحافظة للطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية**، متاح على:<< https://www.cerefe.gov.dz/ >>، بتاريخ 20 نوفمبر 2023، الساعة 01:44.

- إعداد تقارير التقييم السنوية ذات الصلة.

حسب التقرير الصادر عن محافظة الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية لسنة 2024 والذي يتطرق الى إنجازات الطاقة المتجددة وتقييم قدراتها في الجزائر خلال الفترة 2020-2023 وهي التي حققتها مختلف القطاعات خلال عام 2023 وخلال الفترة من 2020 إلى 2023، إذ يظهر لنا الجدول (2-3) تلخيص التركيب التراكمي في نهاية عام 2023 وتطور إجمالي القدرة المركبة التراكمية للطاقات المتجددة باستثناء الطاقة الكهرومائية.

**الجدول 2-3:** التقييم الشامل للإنجازات حسب القطاع في مشاريع الطاقة المتجددة (ميغاواط).

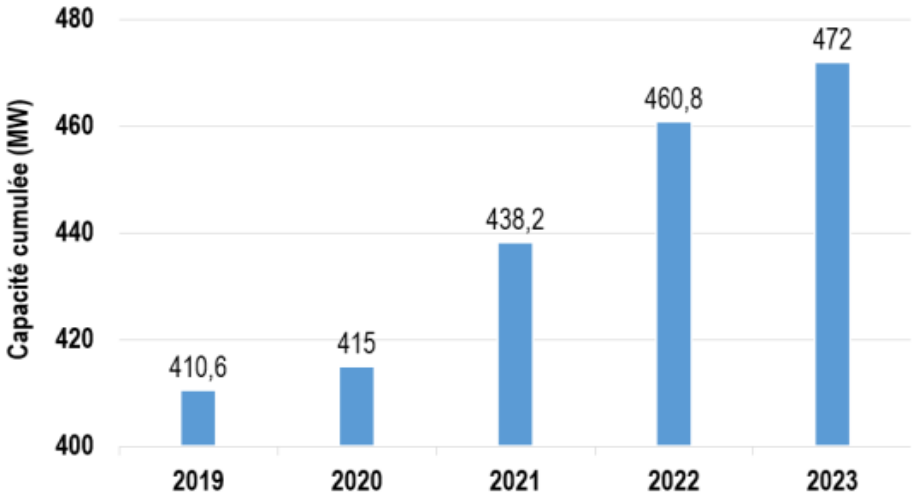
| القطاعات الممسوحة | 2023 | 2020-2023 | التراكمي في نهاية عام 2023 |
|---|---|---|---|
| MICLAT | 5,10 | 14,95 | 24,06 |
| MEM | / | 28 | 546,56 |
| MESRS | / | / | 0,15 |
| MFEP | / | / | 0,012 |
| MCA | / | / | 0,02 |
| MPT | 0,75 | 2,93 | 3,24 |
| MADR | 0,25 | 0,53 | 4,73 |
| MHUV | 3,455 | 7,054 | 8,045 |
| MCPE | / | / | 0,027 |
| MTPIB | 0,67 | 1,44 | 1,69 |
| MT | 0,34 | 2,60 | 2,91 |
| MH | / | 0,189 | 0,424 |
| MTA | / | 0,022 | 0,633 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| MEER | 0,282 | 0,516 | 0,516 |
| Autre | 0,32 | 4,54 | 7,91 |
| المجموع (ميغاواط) | 11,17 | 62,8 | 600,9 |
| المجموع باستثناء الطاقة الكهرومائية (ميغاواط) | | | 472 |

Source : Commissariat Aux Energies Renouvelables Et A L'efficacité Energétique, **Bilan des Capacités d'Energies Renouvelables Installées en Algérie à Fin 2023**, Septembre 2024, P6.

يمكن توضيح الجدول من خلال الشكل التالي (2-1):

**الشكل 2-1:** تطور القدرات التراكمية للطاقة المتجددة (باستثناء الطاقة الكهرومائية) مثبتة حتى نهاية عام 2023.



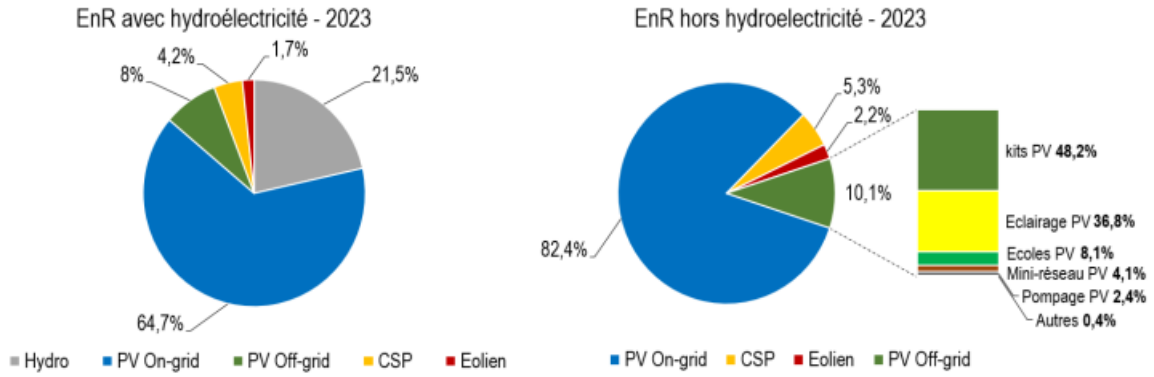

Source: CEREFE, Op.cit., P6.

من خلال قراءة أرقام ومعطيات الجدول السابق 2-3 والشكل 2-1 نجد أنّ إجمالي قدرة الطاقات المتجددة التراكمية والمثبتة حتى نهاية عام 2023، قد بلغ معدل انجازها 600.9 ميغاوات منها 472 ميغاوات خارج استخدامات الطاقة الكهرومائية. أما في نهاية عام 2023، فالملاحظ سيطرة وزارة الطاقة والمناجم بسعة 417.6 ميغاواط وبنسبة 88.5% من الطاقة الاستيعابية للمجموع التراكمي للطاقات المتجددة (استثناء الطاقة الكهرومائية) متفوقة على باقي القطاعات الاخرى، تليها وزارة الداخلية والجماعات المحلية والتهيئة العمرانية (MICLAT)بحصة 5.1% ووزارة السكن والعمران والمدينة (MHUV) بحصة قدرها 1.7%. أما القطاعات الأخرى المتبقية فهي مجتمعة تشكل 4.7% فقط من إجمالي قدرة الطاقة المتجددة.

يمكن تقدير قدرة مشاريع الطاقة المتجددة الجديدة التي تم تركيبها في الجزائر خلال عام 2023 بنحو 11.17 ميغاوات، وهو ما يمثل نموًا بنسبة +2.4٪ تقريبًا مقارنة بتلك المتراكمة في نهاية عام 2022. ويعود هذا

النمو بشكل أساسي إلى التركيبات التي تقوم بها وزارة الطاقة على التوالي وزارة الداخلية والجماعات المحلية بقدرة 5.1 ميغاوات (45.7%) ووزارة السكن والعمران والمدينة بقدرة 3.45 ميغاوات، وهو ما يمثل حصة 31% من التطورات الجديدة في عام 2023 (انظر الشكل2-2). أمّا خلال الفترة 2020 إلى 2023، بلغت القدرة المركبة للطاقات المتجددة حوالي 62.8 ميغاوات، وهو ما يمثل نموًا بنسبة +15% مقارنة بتلك المتراكمة في نهاية عام 2019. وكانت القطاعات الأكثر مساهمة في هذا النمو من حيث القدرة المركبة منذ عام 2020 الى نهاية عام 2019 هي على التوالي وزارة الطاقة والمناجم بقدرة 28 ميغاواط (45%)، تليها وزارة الداخلية والجماعات المحلية والتهيئة العمرانية بقدرة 14.95 ميغاواط (23.8%)، ثم وزارة السكن والعمران والمدينة (MHUV) بقدرة 7 ميغاوات (11.2%).

**الشكل 2-2:** تطور القدرات التراكمية للطاقة المتجددة (باستثناء الطاقة الكهرومائية) مثبتة حتى نهاية عام 2023.




Source : CEREFE, Bilan des Capacités d'Energies Renouvelables Installées en Algérie à Fin 2023, Op.cit., P7.

### رابعا: وزارة التحول الطاقوي والطاقة المتجددة MTEER

صدر قرار إنشاء وزارة التحول الطاقوي والطاقة المتجددة MTEER بمقتضى المرسوم التنفيذي رقم 20-322 المؤرخ في 06 ربيع الثاني عام 1442 الموافق 2020/11/22 الذي يحدد صلاحيات وزير الانتقال الطاقوي والطاقات المتجددة حيث تهدف الى[6]:

- تنفيذ انتقال طاقوي قائم على النجاعة الطاقوية والطاقات المتجددة ويستجيب للطلب من حيث الاستهلاك الداخلي ويتطلع لتصدير الطاقة كعامل للتنويع خارج المحروقات؛
- تنفيذ برنامج وطني لتطوير الطاقات المتجددة مع التركيز على الطاقة الشمسية (3.000 ساعة من الشمس في السنة) والرياح مع آفاق للتصدير؛

[6] **الموقع الرسمي لوزارة التحول الطاقوي والطاقة المتجددة MTEER**، متاح على:<< https://mteer.gov.dz/index.php/ar/ >>، بتاريخ 18 نوفمبر 2023، الساعة 08:52.

- مراجعة سياسة الاعانات المعممة في إطار مقاربة دقيقة على أساس المساواة والفعالية؛
- تطوير شراكة خاص وطني/خاص دولي مع سونلغاز في مجال تطوير الطاقات المتجددة؛
- تشجيع استعمال الطاقات المتجددة في القطاع الاقتصادي بواسطة اجراءات تحفيزية، وكذلك في الانارة العمومية؛
- تعميم تقنيات جديدة لاقتصاد الطاقة لاسيما الأنظمة الذكية للإنارة سواء على مستوى المنازل أو الادارات أو القطاع الاقتصادي؛
- ضمان توفير الكهرباء والغاز لجميع المواطنين من خلال تسريع تنفيذ برنامج الربط بالكهرباء والغاز، لاسيما في المناطق الجبلية الريفية والصحراء.

**الفرع الثاني: التطورالاستخدامي حسب موارد الطاقات المتجددة في الجز ائر**

على الرغم من اعتماد الجزائر على استخدام الطاقات الناضبة الاحفورية في مجال توليد الطاقة، الا أنها قامت بتنفيذ عدة برامج قطاعية تهدف إلى نشر الحلول الطاقوية المتمحورة حول مصادر متجددة بالإضافة الى تطوير استخدامات إمكاناتها في مجال الطاقة المتجددة في السنوات الأخيرة. وقد تم تحديد أهدافاً طموحة في مجال ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في القطاعات الاستراتيجية الوطنية بحلول عام 2030[7]، تهدف اساسا للوصول إلى قدرة طاقة نظيفة تبلغ 22000 ميغاواط. وتتوقع توليد معظم طاقتها المتجددة من خلال تقنية الطاقة الشمسية الكهروضوئية، بسعة تبلغ حوالي 14000 ميغاواط، تليها طاقة الرياح بسعة 5000 ميغاواط. وبالنظر إلى قدرتها المتجددة التي بلغت 600.9 ميغاواط في نهاية عام 2023، فان الجزائر تسعى لرفع قدراتها وزيادة الاستثمار في البنية التحتية للطاقات المتجددة.

فيما يلي نظرة عامة على تطور استخدامات الطاقة المتجددة في الجزائر حسب موردها الأصلي.

**أولا: الطاقة الشمسية**

سجلت الجزائر إنتاجًا للطاقة المتجددة بلغ 721 جيغاوات ساعي في عام 2020، بعد ذروة بلغت 840 جيغاوات ساعي سُجلت قبل عام واحد. وتعد الطاقة الشمسية هي المصدر الأساسي في مجال ترقية استخدامات الطاقة المتجددة نظرا لتوفر تكنولوجياتها وسهولة تعبئة القدرات منها كما أنها تسمح بالتهجين مع الغاز الطبيعي المسال كما هو الحال بمحطة حاسي الرمل الهجينة، وتمثل وحدها ما يقرب من 660 جيغاوات ساعة من توليد الطاقة المتجددة في عام 2020. وبفضل المساحات الصحراوية الشاسعة وساعات سطوع

[7] Statista Research Department, **Renewable energy in Algeria - statistics & facts**, published online Jul 8, 2024, seen: Sep 22, 2024 , 2.38 AM.

الشمس الطويلة، تتمتع الجزائر بإمكانات شمسية كبيرة. وهذا يفسر سبب سعي الدولة والقطاعات الوصية بالطاقة بشكل أساسي إلى تحسين البنية التحتية للطاقة الشمسية الكهروضوئية لدفع انتقال الطاقة النظيفة بدلاً من التركيز على محطات الطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح. وعلى الرغم من أن الجزائر تنتج حاليًا طاقة نظيفة أقل من دول مجاورة لها كمصر والمغرب، إلا أنها تعتبر أكبر سوق للطاقة المتجددة في شمال إفريقيا، وإمكاناتها المتجددة منها الطاقات النظيفة تفوق كل هذه الدول حسب تقارير الوكالة الدولية للطاقة.

**ثانيا: الطاقة الرياحية**

تتمتع الجزائر بمواقع مثالية لاستغلال الرياح في توليد الكهرباء. حيث نجد انه تم بناء محطات رياح كبيرة في البلاد، كما نها تمتلك إمكانات واعدة في مجال طاقة الرياح تبلغ نحو 35 تيراواط/ساعة سنويا. ويشهد أكثر من نصف الولايات الصحراوية وبالهضاب العليا سرعة رياح كبيرة. كما تمّ بناء أول مزرعة رياح في أدرار بطاقة مركبة تبلغ 10 ميغاواط بتمويل كلي من شركة سونلغاز. ومن المقرر تطوير عدة مزارع للرياح خلال الفترة 2025-2030 بطاقة تبلغ نحو 1700 ميغاواط[8].

وتعمل الجزائر على زيادة الاستثمارات في مشاريع الطاقة الرياحية ووضع خطط لتوسيع استخدام الرياح في توليد الكهرباء.

**ثالثا: الطاقة الهيدروكهربائية**

تمتلك الجزائر نظامًا نهريًا غنيًا ومناطق ساحلية طويلة، مما يوفر إمكانية استخدام الطاقة الهيدروكهربائية بشكل كبير. تم تشييد سدود ومحطات هيدروكهربائية، مثل سد قندوز بطاقة إنتاجية تبلغ 1.2 جيجاوات، وسد بني هارون بطاقة إنتاجية تصل إلى 420 ميغاوات. تستهدف الحكومة زيادة استخدام الطاقة الهيدروكهربائية عبر تنفيذ مشاريع جديدة وترقية البنية التحتية القائمة.

**رابعا: الطاقة الحرارية الأرضية**

تمتلك الجزائر موارد حرارية أرضية قوية في بعض المناطق، ويمكن استغلال هذه الموارد في توليد الكهرباء. تم إجراء بعض الدراسات الأولية حول استخدام الطاقة الحرارية الأرضية في البلاد، وتعتزم الحكومة استكشاف المزيد من الفرص وتطوير تقنيات استخراج الطاقة الحرارية الأرضية.

[8] Salman Zafar, **Renewable Energy in Algeria**, October 15, 2023, online: https://www.ecomena.org/renewables-algeria/ seen: Sep 22, 2024, 3:18 AM.

تهدف الجزائر إلى زيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيجها الطاقوي وتحقيق أهداف التنمية المستدامة. وتدرس الحكومة أيضًا إمكانية تصدير الطاقة المتجددة إلى الدول المجاورة والمساهمة في تطوير القطاع في المنطقة.

## المطلب الثاني: تحليل للتطورات التكنولوجية والابتكارات في مجال الطاقات المتجددة في الجز ائر

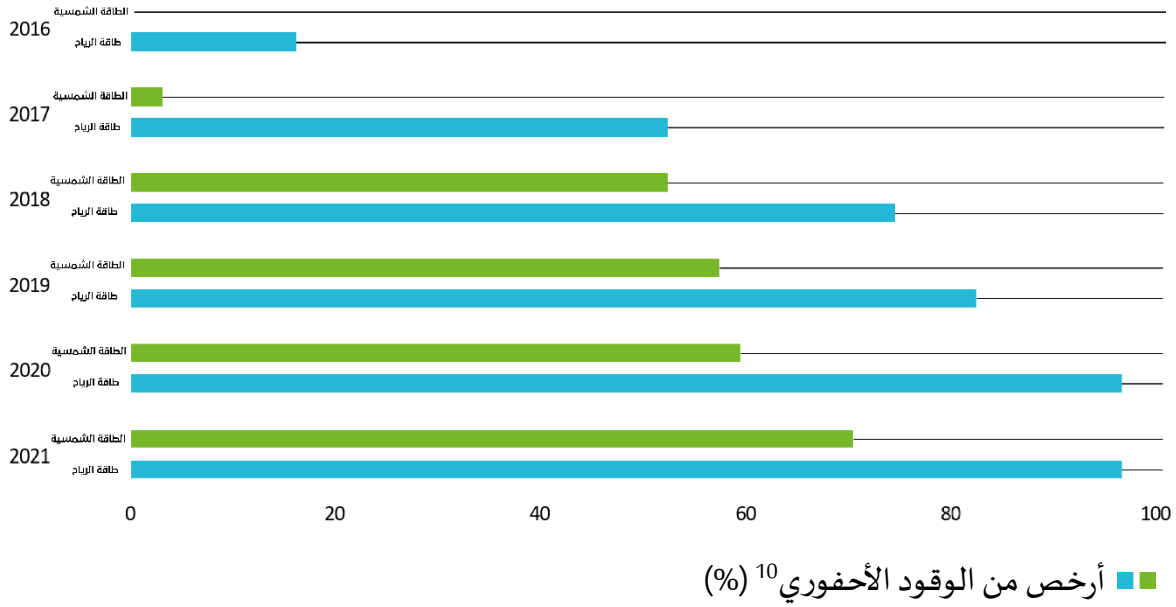
تظهر التطورات التكنولوجية والابتكارات في مجال الطاقات المتجددة في الجزائر تقدمًا واعدًا نحو تحقيق أهداف استدامة الطاقة وتنويع مصادرها وهو ما سيساهم قطعا في تحقيق التوازنات البيئية-التنموية في مختلف القطاعات الاستراتيجية الوطنية قطاع الصناعة والنقل، بالإضافة الى خلق مناصب العمل ولا يكون هذا الا من خلال التحكم في تكاليف التطورات المرتبطة بالتكنولوجيا والابتكار في مجال الطاقات المتجددة.

### الفرع الاول: التطورات المرتبطة بتكاليف بتكنولوجيات الطاقة المتجددة

يعتبر انخفاض تكلفة تكنولوجيات الطاقة المتجددة مفتاحًا أساسيًا في تعزيز استخداماتها ومواجهة التحديات المتعلقة بتغير المناخ والتأثيرات البيئية المرتبطة بها. فقد شهدت تكاليف توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح انخفاضًا بنسبة تقدر بحوالي 13% بين عامي 2020 و2021[9]. وهذا يعني أن 70٪ (96٪) من القدرة الجديدة لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية (وطاقة الرياح) المثبتة في عام 2021 ستكون أرخص في السنوات الموالية لها وبالتالي ستصبح خيارات الطاقة المتجددة أكثر تنافسية من الخيارات التقليدية التي تعتمد على الوقود الأحفوري (الشكل الموالي رقم 2-3). وهذا يفتح الباب أمام توجيه حوافز توفير التكاليف نحو تعزيز اعتماد تقنيات توليد الطاقة ذات الانبعاثات المنخفضة، بدلاً من الاعتماد -فقط- على الأنظمة التشريعية أو الضرائب لتقليل الانبعاثات. ورغم هذا التقدم الإيجابي، قد لا يستمر الانخفاض في التكلفة الذي سُجل في عام 2021 في المديين القصير والمتوسط، نتيجة للارتفاع المحتمل في تكاليف المواد الخام والتي لم تنعكس بعد على المستهلكين. ونظرًا لتفوق تكاليف الوقود الأحفوري بشكل كبير على زيادات أسعار السلع الأساسية، يظل المستقبل غير مؤكد، ويتأثر بالتقلبات الجيوسياسية وتأثيرها المتغير الذي يصعب التنبؤ به على أسعار الوقود الأحفوري وأسواق الطاقة المتجددة الموجهة لاستخدامات القطاعات الثلاث (الصناعة والسكن والنقل).

[9] Soumitra Dutta & others, **Global Innovation Index 2023**, Innovation in the face of uncertainty, 16th Edition, WIPO, P 35.

**الشكل 2-3:** حصة قدرة توليد الطاقة المتجددة المثبتة حديثًا والتي تكون أرخص من الخيار الأرخص الذي يعمل بالوقود الأحفوري، 2016-2021.




**المصدر:** قاعدة بيانات تكاليف الطاقة المتجددة للوكالة الدولية للطاقة المتجددة اربنا **نقلا عن:**

Soumitra Dutta & others, **Global Innovation Index 2023**, Innovation in the face of uncertainty, 16th Edition, WIPO, P 35.

يمكن التطرق على سبيل المثال الى تكنولوجيات السيارات الكهربائية والتكاليف المرتبطة باستخدامات الطاقة فيها من خلال تحليل تكاليف تكنولوجيات بطاريات السيارات الكهربائية.

**أولا: تكنولوجيا السيارات الكهربائية**

يشهد الطلب على السيارات الكهربائية ارتفاعًا سريعًا، حيث ارتفعت حصة السوق العالمية لمبيعات السيارات الكهربائية من 4 في المائة في عام 2020 إلى نسبة مذهلة تبلغ 14 في المائة في عام 2022، خلال فترة قدرها عامين فقط. ومن اللافت للنظر أن مبيعات السيارات الكهربائية تجاوزت 10 ملايين وحدة، مما يعكس زيادة كبيرة بنسبة 55 في المائة بين عامي 2021 و2022، بينما انخفضت مبيعات السيارات التقليدية بنسبة 3 في المائة. واستمر هذا النمو على الرغم من الارتفاع غير المسبوق في أسعار البطاريات الكهربائية الذي لوحظ في عام 2022.

علاوة على ذلك، يمتد اتجاه السيارات الكهربائية إلى ما هو أبعد من السيارات، حيث يُتوقع أن تحذو الحافلات والشاحنات الكهربائية حذوها، في حين تشهد المركبات الكهربائية ذات الثلاث عجلات بالفعل طفرة في الأسواق

[10] يعبر **"أرخص من الوقود الأحفوري"** عن حصة مشاريع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح المضافة حديثًا بتكلفة (متساوية) أو أقل لتوليد الكهرباء من خيار الجيل الجديد الأرخص الذي يعمل بالوقود الأحفوري.

الرئيسية مثل الهند، حيث سجلت أكثر من نصف المركبات ذات الثلاث عجلات في عام 2022 كسيارات كهربائية.

يؤدي الزخم الإيجابي في اعتماد السيارات الكهربائية إلى توليد تأثيرات إيجابية على إنتاج البطاريات وسلاسل التوريد. وكانت برامج السياسات الطموحة، مثل قانون الصناعة الصفرية الصافية في الاتحاد الأوروبي وقانون خفض التضخم في الولايات المتحدة، قد دفعت إلى استثمارات كبيرة مخططة من قبل الشركات المصنعة للسيارات الكهربائية والبطاريات الكبرى.

للتمتع بالمزايا البيئية الكاملة لانتقال السيارات إلى التشغيل بالطاقة الكهربائية، يُعتبر من الأهمية بمكان التعامل في وقت واحد ليس فقط مع مصادر الكهرباء المستخدمة لشحن السيارات الكهربائية، ولكن أيضًا مع استخراج المواد الخام والتخلص من البطاريات.

ومع ذلك، اعتبارًا من عام 2022[11]، فإن 2.1 في المائة فقط من سيارات العالم الموجودة على الطرق هي كهربائية .وهذا يعني وجود مخزون يبلغ 26 مليونًا من المركبات الكهربائية، نصفها موجود في الصين (13.8 مليونًا). واحتفظت أوروبا بمكانتها باعتبارها ثاني أكبر سوق للسيارات الكهربائية على مستوى العالم، حيث تمثل 30 في المائة من المخزون العالمي في عام 2022. وتظل المركبات الكهربائية هي المؤشر الأسرع نموًا (+59.9 في المائة وأكثر من خمسة أضعاف المخزون في عام 2018، ومن المتوقع تحقيق المزيد من النمو، بغض النظر عن الشكوك المحيطة بالجاذبية المستقبلية للمركبات التقليدية التي تعمل بالبنزين أو الديزل.

**ثانيا: تكاليف تكنولوجيات البطاريات الكهربائية**

قاد التقدم التكنولوجي المستمر في مجال تكنولوجيات البطاريات الكهربائية إلى انخفاض مستمر في تكلفة بطاريات الليثيوم-أيون Lithium-ion على مدى العقد الماضي، مما ساهم في تقليل تكاليف السيارات الكهربائية. وعلى الرغم ممن هذا الانخفاض المتزايد منذ عقد الا أنه ظهر اتجاه تصاعدي في تكلفة المواد الخام وبعض مكونات صناعة هذه البطاريات، جنبًا إلى جنب مع تأثير ارتفاع التضخم الذي انعكس على اسعارها، في فترة الكوفيد، مما أسفر عن أول زيادة في تكلفة مجموعة بطاريات الليثيوم أيون - حيث ارتفعت بنسبة 7.1% في عام 2022 مقارنة بالعام السابق (من 141 دولارًا إلى 151 دولارًا لكل كيلوواط-ساعة)[12]. ويُشير السيناريو إلى أن الأسعار كان يمكن أن ترتفع بشكل أكبر لولا استخدام متزايد لمواد البطاريات البديلة ذات التكلفة المنخفضة مثل فوسفات أيون الليثيوم في عمليات الإنتاج واستمرار الحد في استخدام الكوبالت باهظ الثمن.

[11] Soumitra Dutta & others, **Global Innovation Index 2023,** Op cit, P37.

[12] Soumitra Dutta & others, **Global Innovation Index 2023,** Op cit, P36.

وفيما يتعلق بتوقعات تكاليف البطاريات بصفة عامة، يُتوقع أن تظل نسبياً مستقرة خلال نهاية 2023، على عكس الانخفاضات الكبيرة التي شهدتها في السابق. ومع بداية عام 2024، ومع تخفيض أسعار الليثيوم وتوفر سعة إضافية للاستخراج والتكرير، من المتوقع استئناف الانخفاض في أسعار البطاريات. ويُتوقع أن يكون يوم وصول حزم البطاريات إلى سعر 100 دولار أمريكي لكل كيلوواط-ساعة (مقارنة بالسعر الحالي البالغ 151 دولارًا أمريكيًا لكل كيلوواط-ساعة).

## الفرع الثاني: التطورات المرتبطة بتقنيات تكنولوجيات الطاقة المتجددة

هناك عدد من تقنيات الطاقة الناشئة التي يمكن أن تلعب دورًا مهمًا في مستقبل استخدامات الطاقات المتجددة في مختلف القطاعات الاستراتيجية، ولكن يصعب وضع توقعات حقيقية لمستقبل الطاقات المتجددة في ظل التطور الرهيب في مجال التكنولوجيا المرافقة لها.

### أولا: أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية

التقنية الكهروضوئية(PV) ، المعروفة بتوليد الطاقة من الشمس، ليست تقنية حديثة. نشأت هذه التقنية في الولايات المتحدة الأمريكية في عام 1954 عندما طور باحثون من Bell Labs أول خلية شمسية من السيليكون. رغم تاريخها الطويل، ما زالت تعد في مراحلها الأولية في مجال توليد الكهرباء على مستوى المرافق الكبيرة، جزئياً بسبب ارتفاع تكاليف المواد شبه الموصلة المستخدمة فيها. يُشار إلى أن الأنظمة الكهروضوئية باتت فعالة من حيث التكلفة في العديد من التطبيقات الصغيرة مثل الآلات الحاسبة، الساعات، إشارات الطرق السريعة المتحركة وأنظمة شحن البطاريات للقوارب والمركبات الترفيهية.

تعد تكاليف الطاقة الكهروضوئية في تناقص مستمر، مع تمتع هذه التقنية بخصائص جذابة مثل عدم تلوث الهواء وتوليد الطاقة الأعلى في فترات الصيف حيث يكون الطلب على الكهرباء أعلى. ويمكن لهذه الأنظمة أن تلعب دوراً في خفض الطلب على الكهرباء في أوقات الذروة، خصوصاً إذا ما توفرت حوافز كافية للمستهلك.

### ثانيا: مولدات الرياح الحضرية

تتميز غالبية مولدات الرياح المتعارف عليها بشفرات ذات محور أفقي، ومع ذلك، هناك اتجاه نحو تطوير توربينات رياح ذات محور عمودي للتركيب على الأسطح. تبرز جهود شركة McKenzie Bay International في هذا المجال[13]، حيث تقوم بتقييم موارد الرياح لعدة مواقع من ضمنها مجمع سكني يتألف من 22 طابقًا في وسط مدينة تورونتو، وخمسة مواقع أخرى في ميشيغان. علاوة على ذلك، تجري الدراسات

[13] Available online at: https://www.michigan.gov/-/media/Project/Websites/mpsc/workgroups/dgpi/emerging_technologies, Jul 05, 2024 , 02.00 PM.

لاستخدام توربينات الرياح ذات المحور العمودي في برج الحرية المزمع بناؤه في موقع أبراج التجارة العالمية السابق في نيويورك، حيث يُخطط لهذا البرج أن يصل ارتفاعه إلى 70 طابقًا ويُتوقع أن تزود توربينات الرياح الموضوعة في قمته حوالي 20% من احتياجات المبنى للكهرباء. في حال نجح تسويق هذه التقنية، من المحتمل أن تكون هذه الأنظمة تنافسية من الناحية الاقتصادية في العديد من التطبيقات.

موازيًا لذلك، هناك تطور في إنشاء مولدات الرياح الصغيرة الجديدة المخصصة للاستخدام المنزلي. فمثلًا، تعمل شركة Aerotecture في إلينوي على تطوير مولد رياح بقوة 1500 واط مصمم للمناطق الحضرية. يمكن تركيب هذا المولد على خط سقف المنزل ويتميز بسرعات بدء تشغيل منخفضة. تزعم الشركة المصنعة أن السرعات المنخفضة والبنية الصلبة للمولد تلغي مخاوف الصيانة والضوضاء وتحسن الأداء على مدار السنة. ومع ذلك، من غير المحتمل أن تسهم هذه الأنظمة في تخفيض أحمال الذروة بشكل كبير دون دمج أنظمة تخزين البطاريات.

**ثالثا: مولدات الرياح البحرية**

تشير الخرائط الجديدة لموارد طاقة الرياح في الجزائر إلى وجود إمكانيات ضخمة لاستغلال طاقة الرياح في المناطق البحرية. تتميز هذه المناطق بسرعات رياح مواتية بشكل كبير لتطوير مشاريع طاقة الرياح. على الرغم من ارتفاع التكاليف المرتبطة بالتطوير البحري مقارنة بالمشاريع البرية في الوقت الحالي، إلا أنه من المتوقع أن تتجاوز الكفاءة العالية لمزارع الرياح البحرية هذه التكاليف الزائدة.

يدعم التوجه في أوروبا هذه الفرصة، حيث زادت القدرة المركبة لتوليد طاقة الرياح البحرية من العدم في أوائل التسعينيات إلى 613 ميجاوات في أكتوبر 2004. كما تسعى أوروبا الآن لاستكشاف أو تطوير 20,000 ميجاوات إضافية من الطاقة البحرية.

**رابعا: خلايا الوقود**

خلايا الوقود، التي تستخدم لتوليد الكهرباء، تعمل باستخدام الهيدروجين أو مشتقاته من وقود آخر مثل الميثانول، الإيثانول، الغاز الطبيعي، البنزين، أو الديزل. الحرارة الزائدة الناتجة من خلايا الوقود يمكن استغلالها في تسخين الماء أو للتدفئة. تم تركيب أكثر من 2500 نظام خلية وقود في جميع أنحاء العالم كمصادر طاقة ثابتة في أماكن متعددة مثل المستشفيات، دور الرعاية، الفنادق، مباني المكاتب، المدارس، محطات توليد الطاقة، وحتى في صالة مطار، سواء كمصدر طاقة رئيسي أو كنظام احتياطي.

## المطلب الثالث: دراسة للأثر البيئي والاقتصادي لاستخدام الطاقات المتجددة في الجز ائر

تعدّ الطاقة المتجددة مصدرًا لا ينضب للطاقة، وهي طاقات نظيفة لا تسبب تلوثا يذكر للبيئة كما أنها لا تطلق الغازات الدفيئة التي تؤدي الى تغير المناخ، وقد بُذِلت جهود حثيثة في نهاية السبعينيات لاستغلال هذه الطاقات والتقليل من الاعتماد عل الوقود الاحفوري لارتفاع أسعار الطاقة وأيضا لتخفيف أثار التلوث البيئي الناتج عن فرط الاستغلال. لكن سرعان ما تلاشى هذا الاهتمام مع انخفاض أسعار النفط في الثمانينات والتسعينيات إلى أدنى مستوياته وتوقف الدعم الحكومي لاستعمال هذه الطاقة. وقد عاد الاهتمام بقوة الان بسبب ارتفاع أسعار النفط من جهة وتطور السياسات الطاقوية الدولية التي تدعو للتوجه نحو تطوير استخدامات الطاقات المتجددة[14].

لكن لا بد من القول إنه على الرغم من أن استخدام الطاقات المتجددة في مختلف القطاعات الاستراتيجية يحمل العديد من الفوائد، ومع ذلك، يمكن أن يسفر عن آثار بيئية سلبية في بعض الحالات. ويمكن توضيح الآثار البيئية والاقتصادية الإيجابية أو السلبية المحتملة لاستخدامات الطاقة المتجددة في كل من قطاع الصناعة وقطاع النقل وقطاع السكن وفق الفروع التالية:

### الفرع الاول: الاثار البيئية والاقتصادية المترتبة عن استخدامات الطاقة المتجددة في قطاع الصناعة

استخدام الطاقة المتجددة في قطاع الصناعة يمكن أن يؤدي إلى العديد من الآثار البيئية والاقتصادية المترتبة، ويمكن تلخيصها كما يلي:

**أولا- الآثار البيئية:**

1- تقليل انبعاثات الكربون: استخدام مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية والرياح يقلل من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المسببة لتغير المناخ، مما يساهم في الحد من الظواهر الجوية الضارة وتحقيق أهداف تقليل انبعاثات الكربون.

2- تقليل استهلاك المياه: بعض تقنيات الطاقة المتجددة تتطلب أقل كميات من المياه مقارنة بالطاقة التقليدية، مما يقلل من تأثير استخدام المياه في العمليات الصناعية.

3- تحسين جودة الهواء: تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري في الصناعة يقلل من انبعاثات الملوثات الهوائية، مما يحسن جودة الهواء ويقلل من تلوث الهواء.

[14] **بالتصرف عن:** حافظ جاسم عرب المولى، **دور الطاقات المتجددة في التحول إلى الاقتصاد الأخضر وتحقيق التنمية المستدامة**، شركة دار الأكاديميون للنشر والتوزيع، الأردن، 2022، ص 170-171.

4- تقليل تأثير الفاقد: تقنيات الطاقة المتجددة تكون عادة أكثر كفاءة من حيث الاستخدام وتقلل من الفاقد في عمليات الإنتاج.

**ثانيا- الآثار الاقتصادية:**

1 .توفير تكاليف الطاقة: استخدام الطاقة المتجددة يمكن أن يقلل بشكل كبير من تكاليف الطاقة للشركات، مما يزيد من ربحيتها وتنافسيتها.

2 .تعزيز الابتكار وخلق فرص عمل: تطوير وتصنيع تقنيات الطاقة المتجددة يخلق فرص عمل في مجالات البحث والتطوير والهندسة والإنتاج.

3 .تقليل التبعيات: تقليل الاعتماد على واردات الوقود الأحفوري يمكن أن يقلل من تأثيرات التقلبات في أسعار الطاقة العالمية على الاقتصاد المحلي.

4 .تعزيز الاستدامة: استخدام الطاقة المتجددة يعزز الاستدامة الاقتصادية عبر توفير الطاقة بشكل مستدام وتقليل التأثيرات البيئية السلبية.

بشكل عام، يمكن أن يكون استخدام الطاقة المتجددة في قطاع الصناعة مفيدًا بشكل كبير من الناحية البيئية والاقتصادية، حيث يقلل من التلوث ويوفر تكاليف الطاقة ويعزز الاستدامة. تحقيق هذه الفوائد يتطلب توجيه الاستثمارات نحو تقنيات الطاقة المتجددة وتشجيع الابتكار في هذا القطاع.

**الفرع الثاني: الاثار البيئية والاقتصادية المترتبة عن استخدامات الطاقة المتجددة في قطاع النقل**

استخدام الطاقة المتجددة في قطاع النقل يمكن أن يكون له آثار بيئية واقتصادية متعددة، والتي يمكن تلخيصها على النحو التالي:

**أولا- الآثار البيئية**

1- تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري: استخدام مصادر الطاقة المتجددة مثل الكهرباء المنتجة من الشمس أو الرياح يمكن أن يقلل بشكل كبير من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الملوثة للبيئة، مما يساهم في التخفيف من تغير المناخ.

2- تحسين جودة الهواء: استخدام السيارات الكهربائية والمركبات الهجينة تقلل من انبعاثات العادم وتحسن جودة الهواء في المدن، مما يقلل من مشكلات التلوث البيئي وأمراض الجهاز التنفسي.

3- الحد من تلوث الضجيج: المركبات الكهربائية عادةً هادئة وأقل ضجيجًا من المركبات التقليدية التي تعتمد على محركات داخلية، مما يسهم في تحسين البيئة الصوتية في المجتمعات المحيطة.

4- حماية التنوع البيولوجي: تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري في قطاع النقل يقلل من آثار استخراج وحرق الوقود على النظم البيئية والتنوع البيولوجي.

**ثانيا- الآثار الاقتصادية**

1- توفير تكاليف الوقود: المركبات الكهربائية والمركبات التي تعمل بالهيدروجين تكون أكثر كفاءة من ناحية استهلاك الوقود، مما يقلل من تكاليف الوقود للمستهلكين والشركات.

2- تعزيز الابتكار والوظائف: تطوير تقنيات الطاقة المتجددة في قطاع النقل يشجع على الابتكار ويخلق فرص عمل في مجالات مثل تصميم المركبات الجديدة وتصنيع البطاريات والبنية التحتية للشحن الكهربائي..

3- تعزيز الاستدامة: استخدام الطاقة المتجددة في قطاع النقل يسهم في تحقيق أهداف الاستدامة والالتزام بالتشريعات البيئية والاقتصادية.

4- تقليل تبعيات الوقود: توفير تكاليف الوقود يمكن أن يؤدي إلى تقليل التبعيات الاقتصادية المرتبطة بالاستيراد والاعتماد على الوقود الأحفوري.

إذا تم تنفيذ استخدام الطاقة المتجددة في قطاع النقل بشكل مستدام، فإنه يمكن أن يكون له آثار إيجابية كبيرة على البيئة والاقتصاد. ومع ذلك، قد تكون هناك تحديات تتعلق بالتكنولوجيا والبنية التحتية والتمويل تحتاج إلى تجاوزها لتحقيق هذه الفوائد بشكل كامل.

**الفرع الثالث: الاثار البيئية والاقتصادية المترتبة عن استخدامات الطاقة المتجددة في قطاع السكن**

استخدامات الطاقة المتجددة في قطاع السكن تساهم بشكل كبير في تقليل التأثيرات البيئية وتوفير الفوائد الاقتصادية. فيما يلي بعض الآثار البيئية والاقتصادية المترتبة عن استخدام الطاقة المتجددة في قطاع السكن:

**أولا- الآثار البيئية**

1- تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون :($CO_2$) استخدام مصادر الطاقة المتجددة مثل الألواح الشمسية وأنظمة الطاقة الشمسية الحرارية يساهم في تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، مما يساعد في التخفيف من تغير المناخ.

2- تقليل استهلاك الطاقة: التوجه نحو الطاقة المتجددة يشجع على ترشيد استهلاك الطاقة في المنازل من خلال تحسين العزل واستخدام أنظمة تدفئة وتبريد فعالة من حيث الطاقة.

3- تقليل التلوث البيئي: تقليل الاعتماد على وقود الاحتراق الداخلي في أنظمة التدفئة والتبريد يساهم في تقليل تلوث الهواء والضوضاء.

4- حماية الموارد الطبيعية: الاعتماد على الطاقة المتجددة يقلل من استنزاف الموارد الطبيعية مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي.

**ثانيا- الآثار الاقتصادية**

1- توفير تكاليف الطاقة: استخدام الطاقة المتجددة يمكن أن يقلل من فواتير الكهرباء والغاز للمستهلكين، مما يوفر الأموال على المدى الطويل.

2- تعزيز القطاع الصناعي: تطوير وتصنيع تكنولوجيا الطاقة المتجددة يخلق فرص عمل في الصناعة ويعزز الابتكار والبحث والتطوير.

3- زيادة قيمة العقارات: المنازل التي تمتلك أنظمة الطاقة المتجددة تزيد من قيمة العقار وجاذبيتها للمشترين.

4- تحسين الاستدامة المالية: استخدام الطاقة المتجددة يساعد في تحقيق الاستدامة المالية عبر توفير النفقات الكبيرة على الوقود وتقليل التأثيرات الاقتصادية لارتفاع أسعار الطاقة.

إجمالاً، يُظهر استخدام الطاقة المتجددة في قطاع السكن العديد من الفوائد البيئية والاقتصادية، بما في ذلك تقليل الانبعاثات الضارة وتحسين كفاءة استخدام الطاقة وتوفير التكاليف. هذه الآثار تساهم في تحقيق أهداف الاستدامة وتعزيز الاقتصاد الأخضر.

## المبحث الثاني: برامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية في الجز ائر

اعتمدت الجزائر على عدة برامج تخص تطوير استخدامات الطاقة المتجددة ورفع الفعالية الطاقوية وفق أهداف زمنية محددة، سنتطرق اليها باختصار فيما يلي:

### المطلب الأول: برنامج تنمية وتعزيز الطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة PNEREE

تم اعتماد البرنامج الوطني الأول المتخصص في تنمية وتعزيز الطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة في الجزائر، المعروف باسم PNEREE، من قبل الحكومة في 3 فيفري 2011. حيث أن الهدف من هذا البرنامج هو

تحقيق نسبة 40٪ من إجمالي قدرة إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة بحلول عام 2030. وقد استند هذا الهدف إلى تقديرات الإمكانيات الطاقوية لمصادر الطاقة المتجددة.

يتمحور على تأسيس قدرة ذات أصول متجددة مقدرة بحوالي 22.000 ميغا واط وهذا خلال الفترة الممتدة ما بين 2011 و2030 , منها 12.000 ميغاواط موجه لتغطية الطلب الوطني على الكهرباء و10.000 ميغاواط للتصدير. بالنسبة للتصدير فهو مشروط بوجود طلب شراء مضمون على المدى الطويل، متعاملين مخلصين وأوفياء وكذلك التمويلات الخارجية.

لأفضلية هذا البرنامج، فان الطاقات المتجددة تتواجد في صميم السياسات الطاقوية والاقتصادية الجزائرية من الان والى غاية سنة 2030 , سيكون حوالي 40 من انتاج الكهرباء موجه للاستهلاك الوطني من اصول متجددة وبالفعل، تصبو الجزائر الى ان تكون فاعلا اساسيا في انتاج الكهرباء انطلاق من طاقة شمسية كهروضوئية وحرارية واللتين سوف تكونان محرك لتطوير اقتصادي مستدام من شانه التحفيز على نموذج جديد للنمو.

الامكانيات الوطنية من الطاقات المتجددة هامة جدا ولا سيما بالطاقة الشمسية، لذا تعتبر الجزائر هذه الطاقة بمثابة فرصة ومحرك للتطور الاقتصادي والاجتماعي وهذا من خلال اقامة صناعات خلاقة للثورة ومناصب الشغل. مقارنة بإمكانياتها من طاقات الرياح والكتلة الحية والحرارة الجوفية والكهرباء المائية المتواجدين بدرجة اقل اهمية هذا لا يمنع من إطلاق عدة مشاريع لإنجاز مزارع لطاقة الرياح وانشاء مشاريع تجريبية في الكتلة الحية والحرارة الجوفية. ويتكون برنامج تطوير الطاقات المتجددة من ثلاثة فصول التالية:

1_القدرات الواجب وضعها حسب مجال نشاط طاقوي.

2_برنامج الفعالية الطاقوية.

3_القدرات الصناعية الواجب تطويرها لمرافقة البرنامج.

يشتمل البرنامج من الان والى اية 2020 على انجاز ستين 60 محطة شمسية كهروضوئية وشمسية حرارية وحقول لطاقة الرياح ومحطات مختلطة. ويكون انجاز مشاريع الطاقات المتجددة لإنتاج الكهرباء المحصصة للسوق الوطنية على ثلاث مراحل:

_المرحلة الأولى: ما بين 2011 و 2013, وتخصص لإنجاز المشاريع الريادية (النموذجية) لاختبار مختلف التكنولوجيات المتوفرة.

_المرحلة الثانية: ما بين 2014 و 2015, سوف تتميز بالمباشرة في نشر البرنامج.

_المرحلة الأخيرة: ما بين 2016 و 2020، و سوف تكون خاصة بالنشر على المستوى الواسع.

هذه المراحل تجسد استراتيجية الجزائر التي تهدف الى تطوير جدي لصناعة حقيقية للطاقة الشمسية مرفقة ببرنامج تكويني وتجميع للمعارف والتي تسمح باستغلال المهارات المحلية الجزائرية وترسيخ النجاعة الفعلية، لا سيما في مجال الهندسة وادارة المشاريع. ويسمح كذلك برنامج الطاقات المتجددة في احتياجات الكهرباء بالسوق الوطني الى خلق عدة الاف من مناصب الشل المباشرة وغير المباشرة.

حاليا، الجزائر مكتفية تقريبا من حيث الاحتياجات الطاقوية وهذا عن طريق المحروقات، وخصوصا منها الغاز الطبيعي، الذي يعتبر الطاقة الاكثر توفرا، ولهذا لا يتم الاستعانة بأشكال الطاقات الأخرى إلا عندما يكون الغاز غير متوفر على المدى الطويل، فمواصلة العمل بالنموذج الوطني لاستهلاك الطاقة الحالي سوف يحدث مشاكل في التوازن بين العرض والطلب لهذا المصدر من الطاقة.

سوف تقدر مستويات الاحتياجات السوق الوطني من الغاز الطبيعي ب 45 مليار م لسنة 2020 و55 مليار م لسنة 2030 , وتضاف إلى هذه الاحتياجات الأحجام المخصصة للتصدير التي تساهم مداخيلها في تمويل الاقتصاد الوطني.

وفي نفس السياق، سيقدر انتاج الكهرباء ما بين 75 و80 تيراواط ساعي في سنة 2020 وما بين 130 إلى 150 تيراواط ساعي في سنة 2030. وفي هذا الاتجاه يشكل الادماج الكبير للطاقة المتجددة في المزج الطاقوي. رهانا اساسيا قصد الحفاظ على موارد الطاقة الاحفورية والتنويع في فروع انتاج الكهرباء والمساهمة في التنمية المستدامة.

كل هذه الاعتبارات تبرر ابتداء من اليوم، الادماج الكبير للطاقات المتجددة ضمن استراتيجية العرض الطاقوي على المدى الطويل، مع منح دور هام للاقتصاد في الطاقة والفعالية الطاقوية. ويسمح هذا القسم الاخير، من خلال التحكم الجيد في وتيرة نمو الطلب، بتخطيط جيد للاستثمارات الضرورية لتلبية الاحتياجات الطاقوية. برنامج الفعالية الطاقوية أساسا في إنجاز الاعمال الاتية:

- تحسين العزل الحراري للمباني؛
- تطوير سخان الماء الشمسي؛
- تعميم استعمال المصابيح ذات الاستهلاك المنخفض؛
- استبدال كلي لمجموعة المصابيح الزئبقية بمصابيح تشتل بالصوديوم؛
- ترقية غاز البترول المميع، الغاز الطبيعي الوقود؛

- ترقية التوليد المشترك للطاقة؛
- التحويل ان أمكن الى الدورة المدمجة لمحطات توليد الكهربائية؛
- إنجاز مشاريع تكييف الهواء بالطاقة الشمسية؛
- تحلية مياه البحر.

ويتسم برنامج تطوير الطاقات المتجددة بطابع وطني مشتمل على أغلبية القطاعات الحيوية. ويتم تنفيذه تحت وصاية وزارة الطاقة والمناجم، لكونه متفتح للمتعاملين العموميين والخواص.

من جهة اخرى، تترجم ارادة السلطات العمومية لترقية الطاقات المتجددة، من خلال انشاء محافظة للطاقات المتجددة والتي ستتكفل بتنسيق الجهد الوطني في هذا المجال. في الإطار هذه الديناميكية لترقية وتطوير الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية، تسجل هذه الوثيقة جهود تحديد مشاريع وطموحات الجزائرية في مجال التنمية المستدامة والطاقات الخضراء.

**الفرع الأول: تعريف ببرنامج الطاقات المتجددة**

تعتزم الجزائر على ان تسلك نهج الطاقات المتجددة قصد ايجاد حلول شاملة ودائمة للتحديات البيئية والمشاكل للحفاظ على الموارد الطاقوية ذات الأصول الاحفورية.

ان هذا الخيار الاستراتيجي تحفزه الامكانيات الهامة للطاقة الشمسية. وتشكل هذه الاخيرة المحور الاساسي للبرنامج المسخر للطاقة الشمسية الحرارية والكهروضوئية كحصة معتبرة ويجب ان يبلغ انتاج الطاقة الشمسية من الان والى غاية سنة 2030 أكثر من 37 من مجمل الانتاج الوطني للكهرباء.

وبالرغم من القدرات الضعيفة، فان البرنامج لا يستثنى طاقة الرياح التي تشكل المحور الثاني للتطور والتي يجب ان تقارب حصتها 3 من مجمل الانتاج الوطني للكهرباء في سنة 2030.

تنوي الجزائر تأسيس بعض الحدات التجريبية الصيرة بهدف اختبار مختلف التكنولوجيات في ميادين طاقات الكتلة الحية، الحرارة الجوفية وتحلية المياه المالحة عن طريق مختلف فروع الطاقات المتجددة.

- يعرف برنامج الطاقات المتجددة بالمراحل التالية:
- من الان والى غاية سنة 2013 , يتوقع تأسيس قدرة إجمالية تقدر ب 110 ميغاواط؛
- في افق 2015 , يتم تأسيس قدرة إجمالية تقارب ب 650 ميغاواط؛

- من الان والى غاية 2020 , ينتظر تأسيس قدرة إجمالية بحوالي 2.600 ميغاواط للسوق الوطني واحتمال تصدير ما يقرب من 2000 ميغاواط؛
- من الان والى غاية سنة 2030 من المرتقب تأسيس قدرة تقدر بحوالي 12.000 ميغاواط للسوق الوطني ومن المحتمل تصدير ما يقرب من 10.000 ميغاواط.

ملخص هذا البرنامج يكون حسب كل نوع من فروع الانتاج ومتمثل كالتالي:

**1- الطاقة الشمسية الكهروضوئية**

يقصد بالطاقة الشمسية الكهروضوئية، الطاقة المسترجعة والمحولة مباشرة الى كهرباء انطلاقا من ضوء الشمس عن طريق الالواح الكهروضوئية، وهي ناتجة عن التحويل المباشر في نصف ناقل للفوتون الى الكترون. وبالإضافة إلى مزايا التكلفة المنخفضة لصيانة الانظمة الكهروضوئية، فان هذه الطاقة تلبي بشكل جيد احتياجات المناطق المعزولة التي يكون وصلها بالشبكة الكهربائية مكلفا جدا.

تعتبر الطاقة الشمسية الكهروضوئية مصدر طاقة غير ملوثة. ونظرا الى مقاسات مكوناتها فهي تتلاءم لاستعمال مبتكر وفني في الهندسة المعمارية.

تستند الاستراتيجية الطاقوية للجزائر على التسريع في تطوير الطاقة الشمسية. فالحكومة تخطط الى إطلاق عدة مشاريع شمسية كهروضوئية بقدرة كاملة تبلغ حوالي 800 ميغاواط، ذروة من الان الى غاية سنة 2020. وكذا انجاز مشاريع اخرى ذات قدرة 200 ميغاواط، ذروة في الفترة الممتدة بين 2021 و2030.

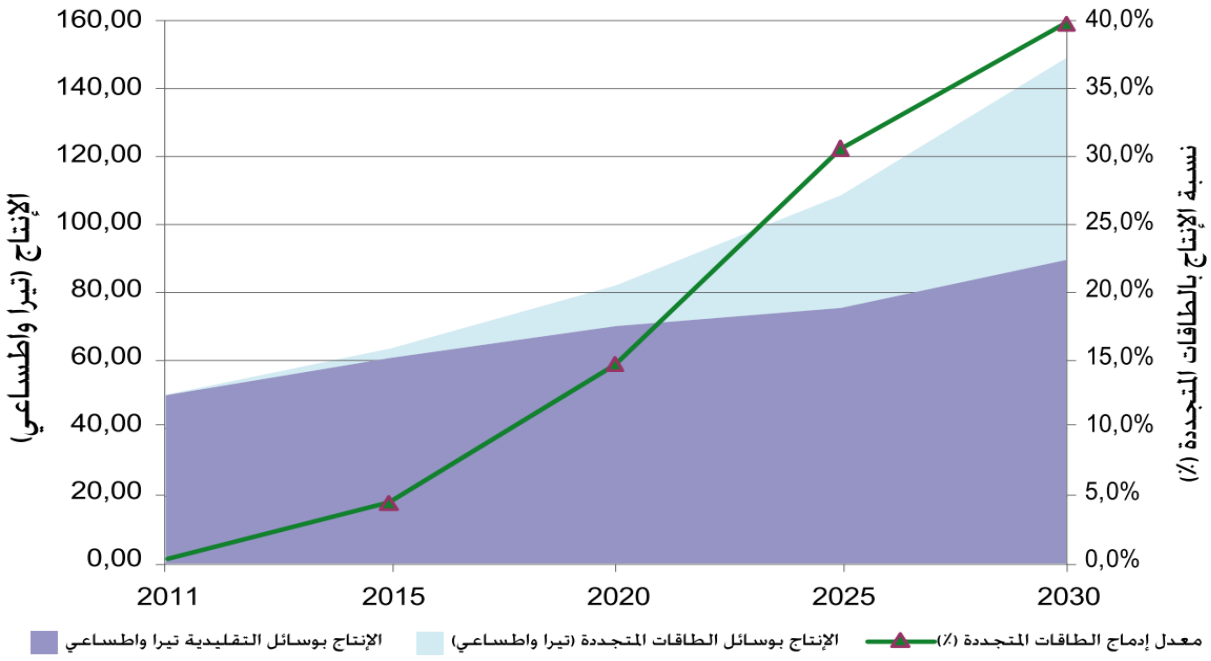
**2- الطاقة الشمسية الحرارية**

الطاقة الشمسية الحرارية هي تحويل اشعة الشمس الى طاقة حرارية. ويمكن استعمال هذا التحويل بصفة (التدفئة بناية مثلا) او بصفة غير مباشرة (مثل انتاج بخار الماء لتدوير المولدات التوربينية وبالتالي الحصول على الطاقة الكهربائية) او باستعمال الحرارة التي تنتقل عن طريق الاشعة بدلا من الاشعة نفسها، فان هذه الطرق لتحويل الطاقة تتميز عن اشكال الطاقة الشمسية الاخرى مثل الخلايا الكهروضوئية.

ويتم تركيز الطاقة الإشعاعية المباشرة بواسطة مجمع فوق محول للحرارة حيث تنتقل الى السائل، بتبخيره مباشرة او بنقل الحرارة الى مولد بخار. ولجميع الاجهزة عدد مشترك من الاجزاء، مجمع يركز الحرارة، سائلا او ازا ناقل للحرارة ينقلها الى اية نقطة الاستخراج، مبذرة، مكثفة، تربينه ومولد كهربائي. يمكن للطاقة الشمسية الحرارية، التي تعرف بتسمية "الطاقة الحرارية المركزة "، تلبية الطلب قيما يخص الكهرباء ليلا ونهارا كونها مجهزة بوسائل تخزين حرارية او مهجنة مع طاقات أخرى مثل الغاز. وتعتزم الجزائر تثمين امكانياتها من الطاقة الشمسية والتي تعتبر من بين الاهم في العالم، بالشروع في انجاز مشاريع هامة في الطاقة الشمسية الحرارية.

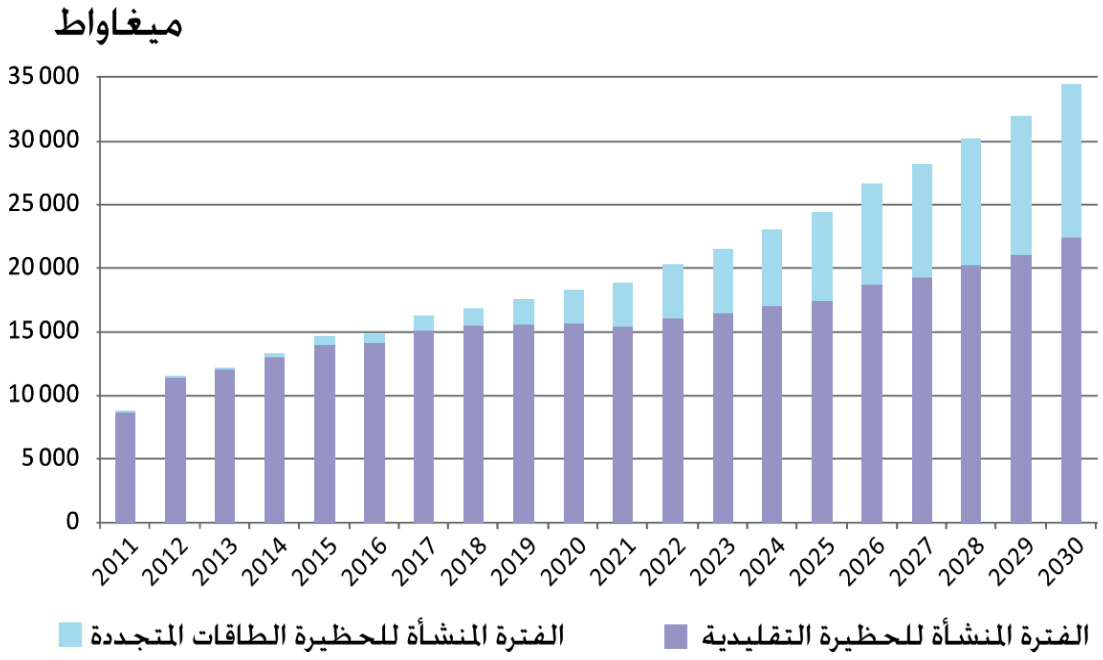
سوف يتم الشروع في انجاز مشروعين نموذجيين لمحطتين حراريتين ذوات تركيز مع التخزين بقدرة اجمالية قدرها حوالي 150 ميغاواط لكل وحدة في الفترة الممتدة ما بين 2011 و2013 هذان المشروعان يضافان الى المحطة المختلطة بحاسي الرمل ذات القدرة الانتاجية ب 150 ميغاواط منها 25 ميغاواط من الطاقة الشمسية.

**الشكل 2-4:** تغلغل الطاقات المتجددة في الانتاج الوطني (تيرا واط ساعي)




في المرحلة الممتدة ما بين 2016 و2020 , سيتم انشاء تشغيل أربع محطات شمسية حرارية مع تخزين بقدرة اجمالية تبل حالي 1200 ميغاواط. يتوقع في برنامج الفترة الممتدة بين 2021 و2030 امشاء قدرة تبلغ حوالي 500 ميغاواط في السنة وهذا الى غاية سنة 2023 ثم 600 ميغاواط في السنة الى غاية سنة 2030.

**الشكل 2-5:** هيكلة حظيرة الإنتاج الوطني (ميغا واط)




### 3- طاقة الرياح

تعريفا، طاقة الرياح هي الطاقة التي تنتجها الرياح. فهي نتاج عمل مولدات الهواء والآلات الكهربائية التي تحركها الرياح لإنتاج الكهرباء. تسمح المروحة التي تدور بفعل قوة الرياح بإنتاج الطاقة الميكانيكية أو الكهربائية في اي مكان تهب فيه الرياح بشكل كاف. تقوم طاقة الريح بتدوير شفرات مروحة الدوار والذي يكون مرتبط بمولدة تحول الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية. وتتعلق اساس كمية الطاقة المنتجة بواسطة المروحة الهوائية بسرعة الرياح وكذلك بالمساحة التي تمسحها شفرات المروحة وكثافة الهواء.

يرتقب برنامج الطاقات المتجددة في المرحلة الاولى الممتدة ما بين 2011 و2013 , تأسيس أول مزرعة هوائية بقدرة تبلغ ب 10 ميغا واط بأدرار. وانجاز بين فترة 2014 و2015 مزرعتين هوائيتين تقدر طاقة كل واحدة منهما ب 20 ميغاواط. وسوف يشرع في اجراء دراسات لتحديد المواقع الملائمة لإنجاز مشاريع أخرى في الفترة الممتدة ما بين 2016 و2030 بقدرة تبلغ حوالي 1.700 ميغاواط.

### الفرع الثاني: برنامج ترقية الفعالية الطاقوية

يستجيب برنامج الفعالية الطاقوية إلى إرادة الجزائر في تشجيع الاستعمال بأكثر مسؤولية للطاقة واستغلال جميع الطرق للمحافظة على الموارد وترسيخ الاستهلاك اللازم والأمثل.

يكمن الهدف من الفعالية الطاقوية في إنتاج نفس المنافع او نفس الخدمات. ولكن باستعمال اقل طاقة ممكنة ويتضمن هذا البرنامج اعمالا تشجع على اللجوء الى اشكال الطاقة الاكثر ملائمة لمختلف الاستعمالات والتي تتطلب تغيير السلوكيات وتحسين التجهيزات.

ويتمثل برنامج العمل في مجال الفعالية الطاقوية فيما يلي:

1- العزل الحراري للمباني

يعتبر قطاع البنايات في الجزائر من القطاعات الاكثر استهلاكا للطاقة. ويبلغ أكثر من 42 من الاستهلاك النهائي، وتسم اعمال التحكم في الطاقة المقترحة لهذا القطاع ولا سيما بإدخال العزل الحراري في المباني، بتقليص استهلاك الطاقة المرتبطة بتدفئة وتكييف السكن بحوالي 40.

2- تطوير سخان الماء الشمسي

ادخال سخان الماء الشمسي في الجزائر ما يزال في الطور الأول ولكن القدرات في هذا الميدان جد معتبرة. وفي هذا الاتجاه، يرتقب تطوير سخان الماء الشمسي كبديل تدريجي لسخان الماء التقليدي. ان اقتناء سحان الماء الشمسي سيدعم من طرف الصندوق الوطني للتحكم في الطاقة.

3- تعميم استعمال المصابيح ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة

تهدف استراتيجية العمل في الحظر التدريجي لتسويق المصابيح ذات التوهج (المصابيح الكلاسيكية المستعملة عادة في البيوت) وهذا في افاق سنة 2020. وبالموازاة مع ذلك، فانه من المزمع تسويق بضعة ملايين من المصابيح ذات الاستهلاك المنخفض. من جهة اخرى فان الانتاج المحلي للمصابيح ذات الاستهلاك العيف سوف يحض بتشجيع ولا سيما من خلال خلق شراكة بين المنتجين المحليين والأجانب.

4- إدخال النجاعة الطاقوية في الإنارة العمومية

تعتبر الانارة العمومية من ضمن أحد المراكز الاكثر استهلاكا للطاقة لدى املاك الجماعات المحلية. وغالبا ما يكون مسؤولو هذه الجماعات المحلية على غير دراية بإمكانيات تحسين أو تخفيض الاستهلاك الطاقوي لهذا المركز. ويتمثل برنامج التحكم في الطاقة الموجه للجماعات المحلية في تعويض كل المصابيح من النوع الزئبقي (الكثيرة الاستهلاك للطاقة) بمصابيح الصوديوم (الاقتصادية).

5- ترقية الفعالية الطاقوية في القطاع الصناعي:

يمثل الاستهلاك الطاقوي للقطاع الصناعي حوالي الربع من مجمل الاستهلاك النهائي الوطني للطاقة. ومن اجل أكثر فعالية طاقوية، فانه يرتقبك التمويل المشترك للتدقيق الطاقوي ودراسات الجدوى التي تسمح للمؤسسات بالتعريف الدقيق للحلول التقنية والاقتصادية الأكثر ملائمة لتقليص استهلاكها الطاقوي.

- التمويل المشترك للتكاليف الإضافية بإدخال الفعالية الطاقوية للمشاريع القابلة للاستمرار تقنيا واقتصاديا

أ- ترقية غاز البترول المميع / الوقود:

يرتقب أفاق 2020 أن تصل حصة سوق غاز البترول المميع كوقود إلى النسبة 20 بالمائة في حظيرة السيارات ينتظر من هذا البرنامج منح مساعدات مالية مباشرة للمستفيدين في تحويل نمط استهلاك سيارتهم إلى غاز البترول المميع / الوقود.

ب- ترقية الغاز الطبيعي / الوقود:

تمت في بداية التسعينيات إجراء دراسة تحويل العربات السياحية التي تسير بالوقود إلى الغاز الطبيعي. ولقد تم إنجاز المنشآت من طرف سونلغاز لتوزيع هذا الوقود من اجل حظيرة تجريبية. ومن المنتظر حتى سنة 2013 تشغيل عشرات الحافلات بالغاز الطبيعي كوقود في مدينة الجزائر وتعميمها على المدن الجزائرية الكبرى الأخرى وهذا من الآن وإلى غاية سنة 2020

6- إدخال التقنيات الأساسية لتكييف الهواء بالطاقة الشمسية

إن استعمال الطاقة الشمسية للتكييف هو تطبيق يستوجب ترقيته خاصة في جنوب البلاد لا سيما وان الاحتياجات إلى التبريد تتزامن من معظم الأوقات مع توفير الإشعاع الشمسي (التسيير بخيوط أشعة الشمس). ومن جهة أخرى يمكن لحقل اللواقط الشمسية ان يفيد في إنتاج الماء الساخن الصحي وتدفئة البيانات خلال فصل البرودة وبهذا يكون المردود الإجمالي للمنشاة مهما جدا.

من الأن والى غاية سنة 2013 سيتم الشروع في الدارسات لاكتساب والتحكم في تقنيات التبريد بالشمس وتسمح بتحديد الآلية الأكثر ملائمة للوضع الجزائري ويتضمن مشروعين نموذجين للتكيف عن طريق أجهزة ذات امتزاز تحمل على مكيفات شمسية في البنايات بجنوب البلاد.

**الفرع الثالث: برنامج تطوير القدرات الصناعية**

عملا على مرافقة وإنجاح برنامج الطاقات الجديدة والمتجددة تعترم الجزائر تقوية النسيج الصناعي حتى يكون في طليعة التغيرات الإيجابية سواء على الصعيدين الصناعي والتقني أو على الصعيدين الهندسي والبحثي. كما إن الجزائر عازمة على استثمار جميع الأقسام المبدعة وتطويرها محليا.

**1- الطاقة الشمسية الكهروضوئية**

يرتقب في الفترة الممتدة بين 2011 و 2013 نسبة 60 بالمائة من إدماج الصناعة الجزائرية و سيتم بلوغ هذا الهدف الطموح بفضل إنشاء مصنع لإنتاج الألواح الكهروضوئية بقدرة تعادل 120 ميغا واط/الذروة السنة من طرف مجمع سونلغاز عبر شركتها الفرعية " الرويبة – إنارة " و الذي يرتقب الشروع في تشغيله نهاية 2013 كما ستتميز هذه الفترة أيضا بإعمال تقوية النشاط الهندسي و دعم تطوير الصناعية الكهروضوئية من خلال تكوين شراكة تجمع مختلف الفاعلين ( الرويبة – للإنارة , سونلغاز , مركز البحث و تطوير الكهرباء و الغاز, مركز تطوير الطاقات المتجددة و وحدة تطوير تكنولوجيا السليسيوم ) بالشراكة مع مراكز للبحوث .

يتمثل الهدف في الفترة الممتدة بين 2014و 2020 إلى بلوغ نسبة 80 بالمائة من إدماج القدرات الجزائرية ولهذا الغرض يرتقب بناء مصنع لإنتاج السليسيوم. ومن جهة أخرى ينتظر إنشاء شبكة وطنية للمقاولة لصناعة مناوبات التيار، البطاريات والمحولات والكوابل والأجهزة الأخرى التي تدخل في بناء المحطات الكهروضوئية.

كما يجب ان تتوفر لدى الجزائر في نفس الفترة قدرات في التصميم والتزويد والإنجاز قادرة على بلوغ نسبة إدماج قدرها 60بالمئة من طرف مؤسسات جزائرية وكما يرتقب إنجاز مركز للموافقة على المنتجات الخاصة بتجهيزات طاقات متجددة وفي الفترة الممتدة بين 2021 و2030 سيتمثل الهدف في بلوغ نسبة إدماج تفوق 80 بالمئة ولهذا فانه يجب توسيع القدرة على إنتاج الخلايا الكهروضوئية لبلوغ 200 ميغا واط /الدورة في السنة وسوف تتميز هذه الفترة بتطوير شبكة وطنية للمقاولة لصناعة الأجهزة الضرورية في بناء محطات شمسية كهروضوئية كما ستتميز بالتحكم الكامل في نشاطات الهندسة والتزويد وبناء محطات ووحدات تحلية المياه الصالحة ويرتقب خلال نفس هذه الفترة القيام بالتصدير ليس للكهرباء المنتجة من الطاقات المتجددة فحسب بل وأيضا للمهارة والأجهزة التي تدخل في إنتاج الكهرباء انطلاقا من الطاقات المتجددة

**2- الطاقة الشمسية الحرارية**

ستعرف الفترة الممتدة بين 2011 و2013 انطلاق دراسات من اجل الصناعة المحلية للأجهزة الخاصة بفرع الطاقة الشمسية الحرارية.

وفي الفترة الممتدة بين 2014و 2020 يرتقب بلوغ نسبة إدماج تقدر بـ 50 بالمائة من خلال إنجاز ثلاثة مشاريع أساسية والتي سوف تتم بالتوازي مع أعمال الدعم القدرات الهندسية:

أ- بناء مصنع لصناعة المرايا

تشييد مصانع لصناعة أجهزة السائل الناقل للحرارة وأجهزة تخزين الطاقة.

ب- بناء مصنع لصناعة أجهزة كتلة الطاقة

تطوير نشاط الهندسة وقدرات التصميم والتزويد والإنجاز.

كما يجب أن تفوق نسبة الإدماج في الفترة الممتدة بين 2021 و2030 إلى 80 بالمائة بفضل تجسيد المشاريع الآتية:

ج- توسيع قدرة صنع المرايا

توسيع قدرة صنع الوسائل الناقلة للحرارة وأجهزة تخزين الطاقة.

د- توسيع قدرة صنع أجهزة كتلة الطاقة

صنع وتزويد وإنجاز محطات عن طريق الإمكانيات الخاصة.

**3- طاقة الرياح**

يرتقب في سنة 2013 الشروع في دراسات لإقامة صناعة الطاقة الريحية وفي الفترة الممتدة بين 2014 و2020 يكون الهدف هو التوصل إلى نسبة إدماج تقدر بـ 50بالمائة وسوف تتميز هذه الفترة بالنشاطات الآتية:

أ- تشييد مصنع لصناعة الأعمدة ودوارات الرياح

إنشاء شبكة وطنية للمقاولة من الباطن لصناعة أجهزة أرضية رافعة.

الرفع من كفاءة نشاط الهندسة وقدرات التصميم والتزويد والإنجاز من اجل بلوغ نسبة إدماج تقدر بـ 50 بالمائة من طرف المؤسسات الجزائرية. ويجب أن تفوق نسبة الإدماج 80 بالمائة في الفترة الممتدة بين 2021 و2030 بفضل توسيع قدرات صناعة الأعمدة ودوارات الرياح وتطوير شبكة وطنية للمقاولة من الباطن لصناعة أجهزة رافعة كما يرتقب تصميم وتزويد وإنجاز دوارات الرياح بإمكانيات خاصة والتحكم في نشاطات الهندسة والتزويد وبناء محطات ووحدات تحلية المياه الصالحة.

## المبحث الثالث: السياسات والاستر اتيجيات المتبعة في مجال ترقية الطاقات المتجددة

في الجزائر، تم تبني عدة سياسات واستراتيجيات لترقية استخدامات الطاقات المتجددة، يمكن ذكر ما يلي:

### المطلب الأول: الاستر اتيجيات الوطنية لتطوير الطاقات المتجددة

تم وضع الاستراتيجية الوطنية لتطوير الطاقات المتجددة للفترة من 2011 إلى 2030 ضمن البرنامج الوطني للطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية. تهدف الاستراتيجية إلى زيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة إلى 27% بحلول عام 2030. وتشمل الاستراتيجية تنمية مشاريع توليد الكهرباء من الشمس والرياح والماء والحرارة الأرضية، وتعزيز استخدام الطاقة الشمسية الحرارية والطاقة الهيدروكهربائية. تهدف هذه الاستراتيجية الى:

#### الفرع الاول-تنمية البنية التحتية للطاقات المتجددة

من خلال تعزيز القدرات التقنية والبنية التحتية لتوليد وتوزيع الطاقة المتجددة في البلاد. يتضمن ذلك إنشاء محطات توليد الكهرباء من مصادر متجددة مثل الشمس والرياح والماء والحرارة الأرضية، وتطوير شبكات الكهرباء اللازمة لنقل وتوزيع هذه الطاقة.

#### الفرع الثاني - دعم البحث والتطوير والابتكار

من خلال تشجيع البحث العلمي والتطوير التكنولوجي والابتكار في مجال الطاقات المتجددة. يهدف ذلك إلى تطوير تكنولوجيا جديدة وتحسين الكفاءة والاستدامة في استخدام الطاقات المتجددة.

#### الفرع الثالث- تعزيز التعاون الدولي

يسعى البرنامج الوطني للطاقات المتجددة إلى تعزيز التعاون الدولي في مجال الطاقات المتجددة من خلال التعاون مع المؤسسات الدولية والدول الأخرى. يتضمن ذلك تبادل المعرفة والخبرات وتنفيذ مشاريع مشتركة لتطوير واستخدام الطاقات المتجددة.

#### الفرع الر ابع – التوجه الحالي للجز ائر في مجال تطوير استخدامات الطاقة المتجددة

إن النهج العام والاستراتيجية التي تنوي وزارة الطاقة والمناجم الجزائرية اتباعها تتحدد بموجب المرسوم رقم 07-266، المؤرخ في 9 سبتمبر 2007 الذي يصف وظيفة ودور الوزارة فيما يتعلق بنوايا الجزائر للتوجه نحو استخدامات الطاقة المتجددة. وبشكل خاص، في المادة 1، تلتزم الوزارة بإعداد البحوث السياسية والاستراتيجيات؛ وإنتاج وتثمين الموارد الهيدروكربونية والمعدنية والطاقية؛ ودمج الصناعة المعنية في هذا القطاع، بينما تلتزم في المادة 5 أيضًا بإجراء الدراسات والبحوث اللازمة والترويج لمصادر الطاقة المتجددة.

وقد شرعت الجزائر في مجال الطاقات المتجددة من أجل توفير حلول عالمية ومستدامة للتحديات البيئية والحفاظ على موارد الوقود الأحفوري. ولتحقيق هذين الهدفين، أطلقت الجزائر برنامجًا طموحًا لتطوير الطاقة المتجددة، والذي تبنته الحكومة في فبراير/شباط 2011 (خطة تطوير الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة 2011-2030 (وتم مراجعته في مايو/أيار 2015 من حيث بعض التعديلات على أهداف الطاقة المتجددة.

وتم وضع بعض سياسات الطاقة لدعم تنفيذ مصادر الطاقة المتجددة منذ عام 2004 (قانون تعزيز الطاقة المتجددة، يوضحها الجدول التالي:

**الجدول رقم 2-4:** السياسة الطاقية الجزائرية سارية المفعول

| Title | Year | Policy type |
|---|---|---|
| Renewable Energy and Energy Efficiency Development Plan 2015–2030 | 2015 | *Policy support*: strategic planning |
| Feed-in tariff for solar PV installations | Apr 2014 | *Economic instruments*: fiscal/financial incentives |
| Renewable Energy and Energy Efficiency Development Plan 2011–2030 | Feb 2011 | *Policy support*: strategic planning |
| Renewable Energy National Fund | 2009 | *Policy support*: institutional creation. *Economic instruments*: fiscal/financial incentives |
| Law 04-92 on the Diversification of Power Generation Costs (REFIT) | 2004 | *Economic instruments*: fiscal/financial incentives |
| Law 04-90 on Renewable Energy Promotion in the Framework of Sustainable Development | 2004 | *Regulatory instruments*: codes and standards *Policy support*: institutional creation *Research, development, and deployment (RD&D)*: research program, technology deployment, and diffusion |
| Law 99-09 on the Management of Energy | 1999 | *Policy support*: strategic planning, institutional creation |

*Source: Elaboration on [30].*

**المصدر:** البيانات المقدمة من وكالة الطاقة الدولية.

يهدف البرنامج الطموح الجديد لتطوير الطاقة المتجددة 2015-2030 إلى الوصول إلى مساهمة مصادر الطاقة المتجددة من حيث القدرة الكهربائية بنسبة 37٪ (22 جيغاوات) بحلول عام 2030 مع تحقيق أكثر من 4.5 جيغاوات قبل عام 2020. وبالتالي، يجب أن تصل حصة الطاقة المتجددة في توليد الكهرباء إلى 27٪ (20٪ سابقًا) بحلول عام 2030. وقد تم تضمين هذه الأهداف في المساهمة المحددة وطنياً، والتي أرسلتها الجزائر إلى أمانة اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ كمساهمة في تحقيق اتفاق باريس والجدول الموالي يوضح ذلك (جدول 2-5).

**الجدول 2-5: برنامج** الطاقة المتجددة الجزائري 2015-2030 (ميغاواط).

| | 1° step: 2015–2020 | 2° step: 2021–2030 | Total |
|---|---|---|---|
| Photovoltaic | 3000 | 10,575 | 13,575 |
| Wind | 1010 | 4000 | 5010 |
| CSP | - | 2000 | 2000 |
| Cogeneration | 150 | 250 | 400 |
| Biomass | 360 | 640 | 1000 |
| Geothermal | 5 | 10 | 15 |
| Total | 4525 | 17,475 | 22,000 |

Source: Cecilia Camporeale & others, Chapter: Beyond the Hydrocarbon Economy: The Case of Algeria, IntechOpen, Sustainable Energy Investment - Technical, Market and Policy Innovations to Address Risk, 2020, P10.

ولتحقيق ذلك، يجب دعم الجزائر من خلال تدخل مركز وشبكة تكنولوجيا المناخ. سيساعد مركز وشبكة تكنولوجيا المناخ سوق الطاقة الكهروضوئية في الجزائر بمشروع محدد لتصميم وبناء محطة طاقة كهروضوئية على الأرض بقدرة 1 ميغاوات وبمشروع لا يزال في مرحلة التنفيذ يركز على إنشاء مختبر للاعتماد ومراقبة جودة الطاقة الكهروضوئية[1615]. وبهذه الطريقة، يمكن للجزائر تحقيق هدفها في مجال الطاقة المتجددة، وتعزيز المعرفة الوطنية، وبناء كفاءة محددة في هذا القطاع.

**المطلب الثاني: القو انين والتشريعات الجز ائرية والجانب المؤسساتي في مجال الطاقات المتجددة:**

تعد الأطر التشريعية والمؤسساتية من اهم الجوانب التي تساهم في تعزيز استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع النقل. يمكن ذكر الجانب المؤسساتي فيما يلي:

**الفرع الأول - إطار العمل المؤسسي**

- وزارة الطاقة والتعدين هي المسؤولة الرئيسة عن قطاع الطاقة والتعدين: للقرار رقم 07-266 لسنة 2010(. وتوجد إدارتان تابعتان للوزارة هما (:طبقا )1(إدارة الكهرباء والغاز، )2(إدارة الطاقة المتجددة وكفاءة استخدام الطاقة .

ويعتبر مركز تنمية الطاقات المتجددة هو الهيئة الاستشارية الرئيسة للحكومة في هذا الشأن. ويشارك المركز في عدد من مشروعات الطاقة المتجددة، كما يسهم في تنمية القدرات ونقل التكنولوجيا بالاشتراك مع معاهد بحثية وشركات دولية.

[15] Grin J, Rotmans J, Schot J. **Transition to sustainable development: New direction in the study of long term .transformative change. In: Routledge Study in Sustainability Transformation**. NY/London: Routledge; 2010

[16] Kemp R. **Technology and the transition to environmental sustainability: The problem of technology regime shift.** Futures. 1994;26:1023-1046

وتعمل وحدة تطوير المعدات الشمسية على تشجيع استخدام الطاقة الشمسية واختبار معداتها.31

- في عام 2002 تأسست شركة "الجزائر للطاقة الجديدة"، بواسطة شركتي سوناطراك وسونلغاز وشركة خاصة) بنسب ،45 ،45 10 في المائة من الشركة على الترتيب (لنشر استخدام الطاقة الشمسية وإنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة؛
- في عام 2013 نشئت شركة جديدة لنشر استخدام الطاقة المتجددة في المناطق النائية "كشركة تابعة لمجموعة سونلغاز ومسؤولة عن تنفيذ الخطة الوطنية للطاقة المتجددة" لتحل محل شركة الجزائر للطاقة الجديدة.

**الفرع الثاني - تشريعات/لو ائح/سياسات نشر استخدام الطاقة المتجددة[17]**

- القانون رقم 01-02 (2002) (بشأن الكهرباء والغاز، المادة 26؛ المرسوم رقم 218-13 (2013) بشأن تعريفات التغذية للكهرباء المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة؛
- القانون رقم 09-04 لعام ،2004 المتعلق بالترويج للطاقة المتجددة في إطار التنمية المستدامة، والمرسوم التنفيذي 69-15 بشأن الإجراءات التي تثبت منشأ معدات الطاقة المتجددة}
- المرسومين التنفيذيين رقمي ،428-06 429-06 المؤرخين 26 نوفمبر ،2006 وأمر ،21/02/2008 بشأن ضمان ربط محطات الطاقة المتجددة بالشبكة.
- مرفق تنظيم الكهرباء هو الجهة المسؤولة عن التصديق على طلبات تعريفة التغذية الخاصة بالطاقة المتجددة حسب السعة المركبة للمشروع، وذلك ِللأوامر الصادرة في 2 فبراير 2014 1 سبتمبر ،2014 وكذلك المرسومين وفقا التنفيذيين ،92-2004 ،218-2013 بالإضافة إلى القانون 01-02 الذي يحدد إطارها وتنظيمها القانوني.

بالإضافة إلى ما سبق على المستوى التشريعي والتنظيمي نجد ان الجزائر أصدرت عدة قوانين تتعلق بتطوير القطاع ضمن ضوابط التنمية المستدامة نذكر منها:

2-3-أ القانون رقم 01-13 المؤرخ في 2001/08/07 المتعلق بتوجيه وتنظيم النقل البري18: يهدف هذا القانون الى تحديد المبادئ والقواعد العامة التي تحكم نشاط النقل البري للأشخاص والبضائع، تم من خلاله التركيز على الحفاظ على البيئة ودعم النقل الجماعي على الفردي.

17 اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي أسيا، **الطاقة المتجددة: التشريعات والسياسات في المنطقة العربية**، 2019، الأمم المتحدة، ص 24-25.
18 الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية / العدد 44، الأربعاء 18 جمادى الأولى عام 1422هـ الموافق لـ 8 غشت سنة 2001 م، ص 04-12.

2-3-ب القانون رقم 03-10 المؤرخ في 19 يوليو 2003 يتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة[19] (ترشيد الطاقة): يعزز هذا القانون ترشيد الطاقة وكفاءتها في جميع القطاعات، بما في ذلك قطاع النقل. يشجع على استخدام المركبات والتقنيات الموفرة للطاقة ويضع معايير كفاءة الطاقة للمركبات والمعدات الأخرى.

2-3-ج القانون رقم 04-09 المؤرخ في 2004/08/14 المتعلق بتعزيز الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة[20] وكذلك تثمين مصادر الطاقات المتجددة عبر تعميم استخداماتها في كل القطاعات.

2-3-د القانون رقم 11-09 المؤرخ في 3 رجب عام 1432 الموافق 5 يونيو سنة 2011، يعدل ويتمم القانون رقم 01-13 المؤرخ في 17 جمادى الأولى عام 1422 الموافق 7 غشت سنة 2001 والمتضمن توجيه النقل البري وتنظيمه[21]، حيث نجد أن اغلب التعديلات التي قام بها المشرع تتعلق أساسا بالمخالفات والعقوبات، الموجهة للحفاظ على النظام والسلامة داخل اليات النقل، في حين لم تكن هناك أي تعديلات تتعلق بتطوير الطاقات المتجددة او التنمية المستدامة.

2-3-هـ الخطة الوطنية لتطوير الطاقة المتجددة (PNED)[22]: تهدف هذه الخطة، التي تم إطلاقها في عام 2011، إلى زيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة في الجزائر إلى 40٪ بحلول عام 2030. وتتضمن الخطة عدة إجراءات تتعلق بقطاع النقل، مثل الترويج للمركبات الكهربائية والهجينة وتطوير الوقود الحيوي. تُظهر هذه الخطة طموح الجزائر لتعزيز الطاقة المتجددة وكفاءة الطّاقة، لا سيما في قطاع النقل. ومع ذلك، لا تزال مواكبة القوانين لمثل هذه البرامج يمثل تحديًا مهما وهو ما يقتضي مزيد من الجهود لضمان تنفيذها الفعّال.

2-3و البرنامج الوطني للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (PNEREE)[23]: يهدف هذا البرنامج، الذي تم إطلاقه في عام 2015، إلى تطوير مشاريع الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة في الجزائر. يتضمن البرنامج العديد من المشاريع المتعلقة بقطاع النقل، مثل تطوير الوقود الحيوي والترويج للمركبات الكهربائية والهجينة.

وعموما بشأن النهوض بالسيارات الهجينة والكهربائية في الجزائر، فان قانون المالية لسنة 2023 24قدم امتيازات جمركية جاءت في دفتر شروط استيراد سيارات أقل من 3 سنوات والذي يلزم وكلاء الاستيراد

---

19 الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية / العدد 43، الأحد 20 جمادى الأولى عام 1424هـ الموافق لـ 20 يوليو سنة 2003 م ، ص 6-22
20 الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية / العدد 52، الأربعاء 02 رجب عام 1425هـ الموافق لـ 18 غشت سنة 2004 م ، ص 9-11
21 الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية / العدد 32، 6 رجب عام 1432هـ الموافق لـ 8 يونيو سنة 2011 م ، ص 10-12.
22 **البرنامج الوطني للطاقات المتجددة**، الصفحة الرسمية لمركز تنمية الطاقات المتجددة CDER، متاح على الرابط:
<https://www.cder.dz/spip.php?article5106 >، تاريخ الاطلاع: 01 افريل 2023 على الساعة: 03:40.
23 **البرنامج الوطني للطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة** ، الصفحة الرسمية للمحافظة للطاقات المتجددة والفعالية الطاقويةCEREFE، متاح على الرابط:
<https://www.cder.dz/spip.php?article5106 >، تاريخ الاطلاع: 01 افريل 2023 على الساعة: 03:40.
24 قانون رقم 22-24 مؤرخ في اول جمادى الثانية عام 1444 هـ الموافق ل 25 ديسمبر 2022، يتضمن قانون المالية لسنة 2023.
(*) تتكون شبكة الطرق الجزائرية حاليا من 1216 كيلومتراً من الطريق السيار شرق غرب وأكثر من141000 كم طريق منها ما يفوق 117000 كم معبدة، بالإضافة الى 11589 من الهياكل الهندسية منها 3147 على الطريق السيار شرق غرب وهو ما يجعل الجزائر تصنف في المرتبة 44 دوليا و2 افريقيا بعد مصر، **المصدر:** الموقع الرسمي لوزارة الاشغال العمومية والمنشآت القاعدية الجزائر على الربط التالي:
<http://www.mtp.gov.dz/?p=786>، تاريخ الاطلاع: 02 افريل 2023 على الساعة: 02:39.

بتحقيق نسبة 15 بالمائة مركبات هجينة و/أو كهربائية من مجموع المركبات المستوردة، وهو الامر الذي يهدف إلى تشجيع استخدام السيارات الهجينة والكهربائية في الجزائر. الا ان هذا المسعى لايزال يحتاج الى تحيين وإيجاد قوانين جديدة فيما يخص تحديث حضيرة السيارات من التقليدية الى الهجينة والكهربائية.

**الفرع الثالث: مجموعة من النصوص الأخرى المتعلقة بالطاقة**

يمكن لنا تلخيص أهم القوانين والتشريعات المتعلقة بالطاقة ضمن الجدول التالي:

| المرسوم / القانون | تاريخ الصدور | العنوان/الموضوع |
|---|---|---|
| مرسوم عدد 235 | مؤرخ في 25 أوت 1985 | بإحداث وكالة للنهوض وترشيد الطاقة |
| مرسوم تنفيذي رقم 04-314 | مؤرخ في 25 سبتمبر 2004 يعدل ويتمم المرسوم رقم 85-235 مؤرخ في 25 أغسطس 1985 | المعدل والمتمم بإحداث وكالة لتشجيع وترشيد استعمال الطاقة |
| المرسوم رقم 87-182 | 182 المؤرخ 18 أغسطس 1987 | يتعلق بالزيوت المعتمدة على ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCB) والمعدات الكهربائية المحتوية عليه والمواد الملوثة بهذا المنتج |
| مرسوم تنفيذي رقم 93-161 | مؤرخ في 10 يوليو 1993 | يتعلق بتنظيم تصريف الزيوت ومواد التشحيم في البيئة الطبيعية |
| المرسوم التنفيذي رقم 93-184 | الصادر في 27 يوليو 1993 | بشأن انبعاث الضوضاء |
| القانون رقم 99-09 | المؤرخ في 28 يوليو 1999 | المتعلق بإدارة الطاقة |
| مرسوم تنفيذي رقم 90 | مؤرخ في 24 أبريل 2000 | يتعلق بالضوابط الحرارية في المباني الجديدة |
| مرسوم تنفيذي رقم 04-149 | مؤرخ في 19 ماي 2004 | يتعلق بضبط شروط وضوابط تطوير البرنامج الوطني لتدبير الطاقة |
| مرسوم تنفيذي رقم 15-319 | مؤرخ في 13 ديسمبر 2015 | يتعلق بضبط شروط تشغيل حساب التخصيص الخاص رقم 302-131 بعنوان "الصندوق الوطني لتسيير الطاقة والطاقات المتجددة والتوليد المزدوج". |

| | | |
|---|---|---|
| مرسوم تنفيذي رقم 16-121 | مؤرخ في 6 أبريل 2016 | يعدل ويتمم المرسوم التنفيذي رقم 15-319 الصادر في أول ربيع الأول 1437 الموافق 13 ديسمبر 2015 بتحديد شروط تشغيل حساب التخصيص الخاص رقم 302-131 بعنوان "الصندوق الوطني لإدارة الطاقة والطاقات المتجددة والتوليد المشترك للطاقة". |
| مرسوم تنفيذي رقم 17-168 | مؤرخ في 22 ماي 2017 | يعدل ويتمم المرسوم التنفيذي رقم 15-319 الصادر في أول ربيع الأول 1437 الموافق 13 ديسمبر 2015 المتعلق بضبط شروط تشغيل حساب التخصيص الخاص رقم 302-131 بعنوان "الصندوق الوطني لإدارة الطاقة والطاقات المتجددة والتوليد المشترك للطاقة". |
| مرسوم تنفيذي رقم 05-16 | مؤرخ في 11 يناير 2005 | يحدد قواعد محددة لكفاءة الطاقة تنطبق على الأجهزة التي تعمل بالكهرباء والغاز والمنتجات البترولية. |
| مرسوم تنفيذي رقم 05-495 | مؤرخ في 26 ديسمبر 2005 | يتعلق بالرقابة على الطاقة في المؤسسات التي تستهلك كميات كبيرة من الطاقة. |

**المصدر:** إعداد الباحث اعتمادا على الصفحة الرسمية للجريدة الرسمية Joradp.dz

## المبحث الرابع: الاستثمارات في قطاع الطاقات المتجددة

تشهد الجزائر في الأعوام الأخيرة توجه واضح لدعم استخدامات الطاقة المتجددة في مقابل الطاقات الاحفورية والناضبة، وفي هذا المسعى تعرف الاستثمارات في قطاع الطاقات المتجددة تحسن جد ملحوظ.

**المطلب الاول: أهمية قطاع الطاقات المتجددة بالنسبة للاقتصاد الوطني**

تقدم الجزائر مجموعة من الحوافز المالية والضريبية لتشجيع الاستثمار في مجال الطاقات المتجددة[25]. يشمل ذلك إعفاءات ضريبية لمدة معينة، وتسهيلات في التراخيص والمصادقات البيئية، وتسهيلات في الوصول إلى التمويل والقروض. تهدف هذه السياسات والاستراتيجيات إلى خلق بيئة مشجعة لتطوير الطاقات المتجددة في الجزائر وزيادة حصتها في قطاع الطاقة ومن ثم فان الجزائر تركز على استقطاب المستثمرين وتعزيز التعاون الدولي في هذا المجال، بهدف تحقيق التنمية المستدامة وتنويع مصادر الطاقة.

من جهة أخرى فان قطاع الطاقات المتجددة يلعب دورًا أساسيًا في دعم الاقتصاد الوطني بطرق متعددة تعكس أهميته، ويمكن ذكر هذه الأهمية فيما يلي:

- تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية:

تعتمد الجزائر بشكل رئيسي على تصدير الوقود الأحفوري مثل النفط والغاز الطبيعي وإنتاج الطاقة الكهربائية من نفس المصادر الناضبة، وهو ما يرهن الاقتصاد الوطني ويشكل عبئا ماليًا على ميزان المدفوعات. إذ يمكن لإدماج الطاقات المتجددة (مثل الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة المائية) ضمن ميزان الطاقة الوطني من تقليل الاعتماد على الوقود الاحفوري وتحقيق مزيد من الاكتفاء الذاتي في مجال الطاقة.

- خلق فرص عمل جديدة:

يعتبر قطاع الطاقات المتجددة مصدرًا رئيسيًا لفرص العمل. فمشاريع إنتاج وتوزيع الطاقة المتجددة تتطلب أيدي عاملة مؤهلة في مجالات متعددة مثل الهندسة، والتركيب، والصيانة. كما أن الاستثمار في الطاقات المتجددة يحفز القطاع الصناعي ويساهم في توفير فرص عمل مستدامة ومستقرة، مما يساهم في خفض معدلات البطالة.

- تحفيز النمو الاقتصادي المستدام:

من خلال الاستثمار في الطاقات المتجددة، يمكن تحقيق نمو اقتصادي مستدام لا يعتمد على موارد غير متجددة. حيث يساهم هذا النوع من النمو في استقرار الاقتصاد على المدى البعيد ويعزز من قدرة الاقتصاد الوطني على مواجهة الأزمات المالية والتقلبات السوقية والحرب الروسية-الأوكرانية أفضل دليل حديث عل التقلبات المنجرة من حروب الطاقة.

[25] CEREFE (Commissariat Aux Energies Renouvelables Et A L'efficacité Energétique), **Bilan des Capacités d'Energies Renouvelables Installées en Algérie à Fin 2023**, 2024, P 1-2.

- تحسين التوازن البيئي[26]:

الطاقة المتجددة تساهم في الحد من الانبعاثات الضارة وتقليل التلوث البيئي، مما يؤدي إلى تحسين صحة السكان وتقليل الإنفاق على قطاع الصحة الذي يتكبد تكلفة كبيرة نتيجة الأمراض الناجمة عن التلوث. كما يعزز هذا القطاع من صورة الجزائر كدولة مسؤولة بيئيًا على الصعيد الدولي.

- جذب الاستثمارات الأجنبية والمحلية:

تعد الطاقات المتجددة من القطاعات الجاذبة للاستثمارات الأجنبية والمحلية. فالشركات الدولية تتطلع إلى استثمار رؤوس أموالها في دول تتبنى سياسات دعم الطاقة المتجددة، حيث تعتبر هذه الاستثمارات أقل خطورة وأكثر استدامة. بالإضافة إلى ذلك، فإن وجود بنية تحتية للطاقة النظيفة يشجع على نمو الصناعات الأخرى، مما يعزز من فرص الاستثمار الأجنبي المباشر خاصة (الاستثمار الأخضر).

- تنويع مصادر الدخل الوطني:

من خلال تنمية قطاع الطاقات المتجددة، يمكن للدولة تحقيق تنويع في مصادر دخلها بعيدًا عن الاعتماد الكلي على تصدير المواد الخام أو استيرادها. هذا التنويع يعزز استقرار الاقتصاد الوطني ويجعله أقل تأثرًا بتقلبات أسعار الطاقة العالمية، من جهة أخرى تطوير استخدامات الطاقات المتجددة يصل بأقل تكلفة الى المناطق الجبلية والصحراوية المترامية ومناطق الظل.

- تشجيع الابتكار والتكنولوجيا:

قطاع الطاقات المتجددة يدفع عجلة الابتكار والتطور التكنولوجي من خلال الأبحاث والتطوير في مجالات تخزين الطاقة، وتحسين كفاءة الألواح الشمسية، وتطوير تقنيات توربينات الرياح. هذا التطور التكنولوجي يساهم في تعزيز البنية التحتية للابتكار على المستوى الوطني ويخلق بيئة محفزة للبحوث العلمية.

- دعم التنمية المحلية والمناطق النائية:

يمكن للطاقة المتجددة أن توفر الكهرباء للمناطق النائية التي يصعب إيصال الشبكة التقليدية إليها، مما يساهم في تنمية هذه المناطق اقتصاديًا واجتماعيًا. يساعد هذا على تحسين مستوى معيشة السكان المحليين وتعزيز التنمية الشاملة في كافة أرجاء الدولة. فتطوير استخدامات الطاقات المتجددة يصل بأقل تكلفة الى المناطق الجبلية والصحراوية المترامية ومناطق الظل.

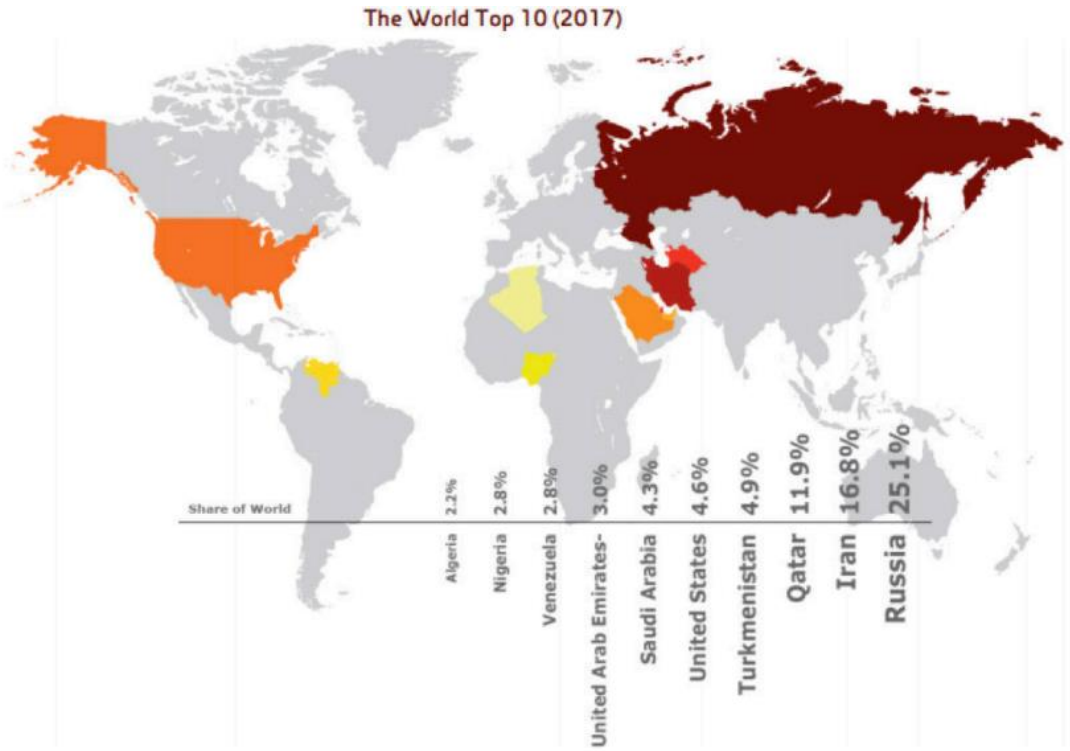
[26] الوكالة الدولية للطاقات المتجددة IRENA، **تقرير حول: تكاليف توليد الطاقة المتجددة لعام 2021**، ص7.

ومن خلال ما سيأتي سنحاول التطرق الى وضعية إمدادات الطاقة واستهلاكها بالجزائر من خلال ما يلي:

**الفرع الأول: إمدادات الطاقة واستهلاكها**

تعتبر الجزائر من بين الدول المعرضة لظواهر التصحر، وبشكل خاص فهي بالنسبة لمساحتها الشاسعة وموقعها عرضة للتأثيرات المتعددة لتغير المناخ، مما يهدد بتقويض التنمية الاقتصادية والاجتماعية، مثلها مثل باقي البلدان الأخرى في أفريقيا والمتوسطية.

**الشكل 2-6:** أكبر 10 دول تمتلك احتياطيات في العالم في عام 2017



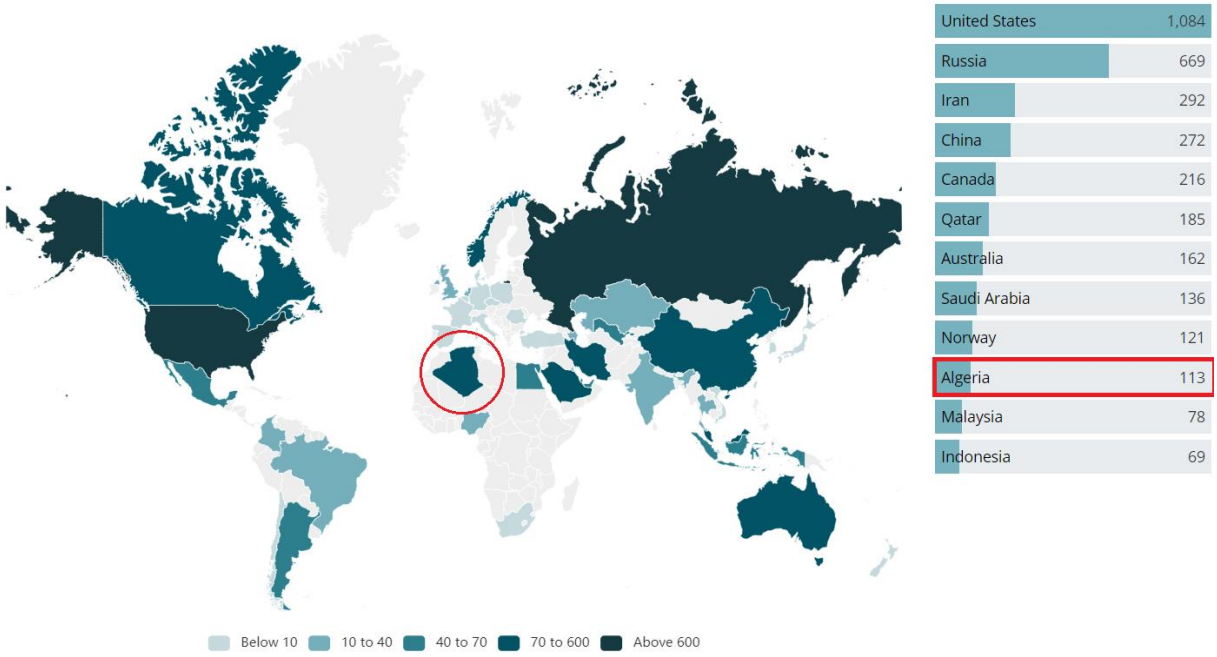

Source: ENI (2018b)

يشكل قطاع الطاقة المحروقات الركيزة الأساسية للاقتصاد الوطني سواء بالنسبة لموازنة الدولة، عن طريق عائدات التصدير، أو عبر توفير مصادر الوقود الأحفوري للاستخدام الداخلي ودعم القطاعات الاستراتيجية الوطنية كالصناعة والنقل والسكن.

ولتقليص اعتماد الاقتصاد الجزائري الشديد على صادرات المحروقات ولتقليص تأثراته بتقلبات الأسعار العالمية للمحروقات، تعتزم الجزائر تطوير مواردها من الطاقة غير التقليدية خاصة الطاقات المتجددة. حيث تسعى لتطوير الصناعات خارج قطاع المحروقات عبر تطوير قوانين وأنظمة ووضع سياسات اقتصادية رشيدة والتركيز على النمو الاقتصادي الذي تقوده الدولة. وعلى الرغم من هذه المساعي الواضحة

الا أنه انخفضت صادرات المحروقات بسبب استنزاف الحقول ونفاد بعضها وتطور النمو الداخلي مما أدى الى زيادة الطلب المحلي عل الطاقة[27].

**الشكل 2-7:** انتاج الغاز الطبيعي في العالم (أكبر10 دول منتجة لسنة 2023)




**Source:** World Energy & Climate Statistics – **yearbook 2024**

بعد انتعاش إنتاج الغاز الطبيعي في عام 2021، ظل إنتاج الغاز العالمي مستقرًا في عامي 2022 و2023. لكنه سرعان ما عاود ارتفاع إنتاج الغاز العالمي بشكل طفيف في عام 2023 (+0.7٪)، بعد ركود في عام 2022 (-0.1٪). وفي الواقع، تم تعويض النمو المطرد في إنتاج الغاز في الولايات المتحدة (+4.7٪، تقريبًا بنفس سرعة متوسطه في الفترة 2010-2019) بانخفاض بنسبة 5.5٪ في روسيا بسبب انخفاض الصادرات إلى الاتحاد الأوروبي.

كما تباطأ إنتاج الغاز في الشرق الأوسط (+2.7٪، أقل من متوسطه التاريخي)، بسبب تباطؤ حاد في إيران (+1.3٪ في عام 2023 مقارنة بأكثر من 5٪ سنويًا عادةً) واستقرار الإنتاج في المملكة العربية السعودية. زاد إنتاج الغاز بنسبة 3.5٪ في آسيا، وارتفع بنحو 6٪ في الصين والهند، وبنسبة 2.1٪ في إندونيسيا، بينما انخفض بنسبة 1.5٪ في ماليزيا. وظلت مستقرة في أفريقيا (ارتفاع بنسبة 8.3٪ في الجزائر يقابله انخفاض بنسبة 11٪ في مصر)، وفي أمريكا اللاتينية على الرغم من ارتفاع بنسبة 8.6٪ في البرازيل، وفي أستراليا (+ 0.8٪ فقط).

[27] Central Intelligence Agency U.S (CIA), **Algeria - 2022 World Factbook Archive, 2022**, available: < https://www.cia.gov/the-world-factbook/about/archives/2022/countries/algeria/#energy>, Sep 25, 2024, 12:35.

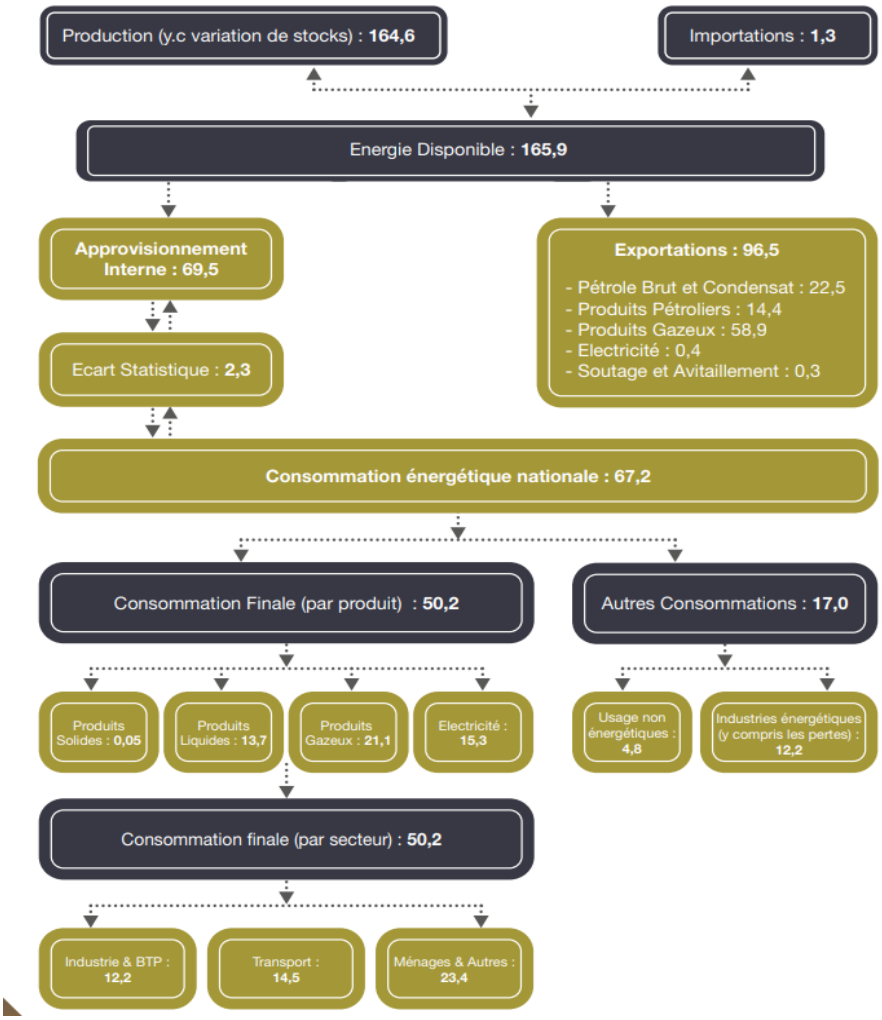
وانخفض إنتاج الغاز بنسبة 9.3٪ في أوروبا، وانهار في هولندا (-34٪) مع إغلاق حقل جرونينجن وانخفض بنسبة 5.6٪ في النرويج (بسبب برامج صيانة الحقل وعام قياسي 2022)[28].

تحتل الجزائر مراكز في مهمة بالنسبة للإحصائيات المتعلقة بمناخ الاستثمار في قطاع الطاقة، فهي تأتي في المرتبة العاشرة كأكبر احتياطي من الغاز الطبيعي في العالم بما في ذلك ثالث أكبر احتياطي من الغاز الصخري - وهي تاسع أكبر منتج للغاز الطبيعي (انظر الشكل 2-6 والشكل 2-7 على التوالي)؛ وتحتل المرتبة 7 بين مصدري الغاز؛ وثالث أكبر دولة من حيث سعة تسييل الغاز الطبيعي[29] وسابع أكبر دولة من بين منتجي سوائل الغاز الطبيعي، وأيضًا المرتبة السادسة عشر من بين دول العالم في مجال احتياطيات النفط المؤكدة[30].

تتواجد احتياطيات المحروقات التقليدية المكتشفة في الجزائر حتى الآن في أكثر من 200 حقل نفط وغاز، منها 73 تقع في حوض إليزي، و57 في أحواض الصحراء الوسطى، و34 في أحواض الجزء الغربي من الصحراء، و31 في حوض وادي للمايا31. كما يمكن أن تزيد الأحجام بسبب تطوير الاكتشافات المستقبلية و/أو الابتكارات التكنولوجية.

[28] **Source:** World Energy & Climate Statistics – yearbook 2024, 2024, available at: < https://yearbook.enerdata.net/natural-gas/world-natural-gas-production-statistics.html>, Sep 25, 2024, 12:59.
[29] ENI, **Annual-Report-2023**, 2024, P 36.
[30] Central Intelligence Agency U.S (CIA), Op.cit.
[31] Zhour Abada, Malek Bouharkat, **Study of management strategy of energy resources in Algeria, Energy Reports**, 2018, P6.

**الشكل 2-8:** ملخص تدفقات الطاقة (M Tep) - عام 2021




**Source:** Ministère de l'Energie. **Bilan Energétique National—Année 2021.Edition** 2022, P4.

لا يزال ميزان الطاقة في الجزائر منخفضًا خاصة في إنتاج الكهرباء من مصادر متجددة. إذ أنّ الشرط الرئيسي لزيادة إمكانات الطاقة المتجددة في الجزائر واستخداماتها هو دعم السياسات وتشجيع إدخال إمكانيات تكنولوجية لتهجينها مع الطاقات التقليدية، بما في ذلك توليد الكهرباء من قبل القطاع الخاص.

لدى الجزائر أسباب أخرى لتطوير صناعتها من الطاقة الشمسية، فهي توفر تحرير المزيد من الغاز للتصدير، وكذلك الإرادة السياسية والاقتصادية لتنويع الهيكل الصناعي من خلال تطوير صناعة جديدة في مواجهة انخفاض محتمل في إمدادات النفط والغاز[32]. في عام 2021، بلغ إنتاج الطاقة الأولية 164.6 مليون طن مكافئ نفطي مع زيادة إنتاج الغاز التي تغطي الانخفاض الطفيف في السوائل (النفط والغاز البترولي المسال) بسبب اتفاق أوبك على خفض إمدادات النفط. تضاعفت مساهمة الكهرباء الأولية مقارنة بعام 2020 بفضل القدرة الجديدة للطاقة المتجددة: 5 محطات كهروضوئية جديدة، بما يعادل 125 ميغاواط في المجموع. ظل

[32] International Bank for Reconstruction and Development/**The World Bank (2023).**

الغاز الطبيعي المصدر الرئيسي يليه النفط. تم استخدام حوالي 6.2٪ من إنتاج الغاز لإنتاج الكهرباء (17.5 مليون طن مقابل 16.5 مليون طن في عام 2020).

كما لا تزال حصة الطاقات المتجددة في ميزان الطاقة منخفضة خاصة في توليد الكهرباء، على الرغم من الإمكانات الكبيرة للبلاد. وفي الواقع، تتمتع الجزائر بإمكانات كبيرة فيما يتعلق بالطاقة الشمسية مع متوسط سطوع الشمس السنوي البالغ 2000 ساعة وإقليم يتكون من 86٪ من الصحراء الكبرى، تقدر الطاقة الشمسية بالجزائر بحوالي 1700 كيلووات ساعة / متر مكعب / سنة في الشمال و2650 كيلووات ساعة / متر مكعب / سنة في الجنوب، وهو ما يتوافق مع سعة أعلى بثماني مرات من احتياطيات الغاز الطبيعي في البلاد[33].من جهة أخرى فانّ إمكانية الجزائر من مصادر الطاقة المتجددة الأخرى متواضعة بالمقارنة مع امكانياتها من الطاقة الشمسية، وخاصة الطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح، حيث تتراوح سرعة الرياح بين 2 و 6 أمتار في الثانية فقط. وتقدر إمكانات الكتلة الحيوية، التي تشمل إعادة تدوير النفايات الناتجة عن الأنشطة البشرية والنفايات الحضرية والزراعية، بنحو 1.33 مليون طن من النفط المكافئ سنويًا. وتتمتع الطاقة الحرارية الأرضية بآفاق أكثر إيجابية مع إدراج 200 ينبوع ساخن[34].

**المطلب الثاني: الاستثمارات الوطنية والأجنبية**

إن جذب الاستثمارات الأجنبية في الجزائر هو أمر بالغ الأهمية لتعزيز الانتقال نحو نموذج جديد للاستدامة سواء من أجل احترام الالتزامات الدولية لمكافحة تغير المناخ (أي اتفاق باريس) أو لضمان استدامة الاقتصاد الجزائري. وللقيام بذلك، من الضروري مناقشة وإشراك أصحاب المصلحة المعنيين في تحديد تلك العقبات التي تعوق النمو المستقر.

ولعل تأطير السياق الاقتصادي والمؤسسي الذي يمكن للشركات التي تهدف إلى الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة أن تعمل فيه في الجزائر، مع مراعاة الحواجز ذات الصلة ومجالات التميز. ستقود الى تطوير مقترحات لسوق وظيفية وفعالة لجودة مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة. إنّ أهم الأطراف في مجال الاستثمار في قطاع الطاقات المتجددة هم السلطات المحلية والشركات الجزائرية والأجنبية المهتمة باستثمارات مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة.

في أحد الدراسات البحثية الألمانية[35] وكذلك في تقرير حول الفعالية الطاقوية ومناخ الاستثمار في الطاقات المتجددة في الجزائر[36] تم التطرق الى وضعية وادوار الأطراف ذات المصلحة فيما يخص مناخ الاستثمار في قطاع

[33] Abada Z. and M. Bouharkat (2018); Sulmont N. and F. Meley (2013).
[34] Ibid.
[35] سيبيل راكيل ارسيل وجوليا تيرابون بفاف، دراسة ألمانية حول تغير المناخ والطاقة والبيئة، بعنوان: **التحول المستدام لنظام الطاقة الجزائري: تطوير نموذج مرحلي**، Friedrich-**Ebert-Stiftung**، ماي 2021.
[36] MEETMED, **Country Report on Energy Efficiency and Renewable Energy Investment Climate**, Algeria, 2020.

الطاقات في الجزائر والتي يمكن الاستئناس بها لأهميتها بالنسبة لدراستنا ، حيث تم توجيه استبيانين لكلا الطرفين أي السلطات المحلية المعنية بالاستثمار في قطاعات الطاقات المتجددة والشركات الطاقوية المستثمرة في المجال:

**1- استبيان للسلطات المحلية**

بالنظر إلى الاستبيان المخصص للسلطات المحلية، كان الهدف الرئيسي هو تقييم فعالية وكفاية السياسات الوطنية والمحلية لزيادة الاستثمارات الأجنبية المباشرة في مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة. وعلى وجه الخصوص، يستكشف الاستبيان كيفية دمج قضايا المناخ ومعالجتها في الحوكمة الجزائرية، والأدوات المالية المتاحة لنشر مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، وهيكل توزيع واستهلاك الكهرباء، والآليات التي يتم تنفيذها لتعزيز انتشار مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة. وإلى جانب الأدوات الأخرى مثل المقابلات وورش العمل والزيارات الميدانية، تساهم الردود على هذا الاستبيان في تحديد عوامل النجاح الرئيسية والعقبات التي تحول دون تقدم تطوير مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة في الجزائر. تم تنظيم الاستبيان في الأقسام الستة التالية:

- حوكمة المناخ
- الحوافز المالية لمصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة
- التقييس والترخيص والتخطيط
- سوق إنتاج الكهرباء
- استهلاك الكهرباء
- الترويج والمعلومات

**2 - استبيان موجه للشركات**

بالإضافة إلى الاستبيان الموجه للسلطات المحلية، تم ترتيب استبيان للشركات. وكان هدف الاستبيان هو الحصول على معلومات حول وجهة نظر الشركات حول جاذبية الجزائر كدولة للاستثمار فيها. وعلى وجه التحديد، طُلب من الشركات الإشارة إلى أهمية العقبات التي تحول دون تعزيز مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة في الجزائر من خلال النظر في الجوانب الاقتصادية والمالية، والحواجز التكنولوجية والبنية التحتية، والحواجز المؤسسية والتنظيمية، والحواجز المرتبطة بنقص الوعي العام ونشر المعلومات حول هذا الموضوع. ويتمثل هدف آخر في توصيف الشركات التي تمت مقابلتها من حيث استثماراتها الماضية والمستقبلية في كل من الطاقة المتجددة وتدخلات كفاءة الطاقة. علاوة على ذلك، يبحث الاستبيان في كيفية إدارة الشركات لآليات نقل المخاطر في مشاريع الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة. وينقسم الاستبيان إلى 4 أقسام:

1. نبذة عن الشركات

2. الاستثمارات في الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة

3. حواجز الاستثمار

4. آليات نقل المخاطر

**الفرع الأول: حوكمة المناخ في الجز ائر**

إنّ الحديث عن القضايا المتعلقة بالمناخ وكيفية مواجهتها من قبل الجزائر أمر مهم بالنسبة لبيئة ومناخ الاستثمار. حيث نجد أن المناطق التي تتلقى أكثر من 400 ملم من الأمطار سنويًا تقتصر على شريط يصل عمقه إلى 150 كيلومترًا من خط الساحل. كما تقلبات المناخ والأحداث الجوية المتطرفة تشكل تحديات خطيرة بالنسبة للساكنة ومناطق الظل التي يعاني فيها الساكنة من انعدام الأمن الغذائي وتباطؤ التنمية الاجتماعية والاقتصادية. وبالنظر إلى كيفية تأثير حالة المناخ على رفاهية السكان والاقتصاد الجزائريين، فلابد من تضمين أي أجندة السياسية لهذا الهدف من إجراءات يتم إعدادها خصيصًا للتخفيف من الظروف المناخية الصعبة التي تميز معظم الأراضي الوطنية.

قامت الجزائر، بإضفاء الطابع الرسمي على استراتيجية مناخية وطنية في الخطة الوطنية للمناخ. وهي تتضمن 156 إجراءً، مقسمة إلى ثلاثة أجزاء: تدابير التكيف، وتدابير التخفيف، وجزء ثالث مخصص لحوكمة الخطة. ويهدف المشروع بشكل رئيسي إلى تعزيز تعبئة الموارد المائية، ومحاربة الفيضانات، وحماية السواحل، ومحاربة الجفاف والتصحر، وزيادة قدرة النظم الإيكولوجية والزراعة على الصمود في وجه التغيرات المناخية.

بالإضافة إلى ذلك، فانَّ القضايا المتعلقة بالمناخ تندرج ضمن تنفيذ البرنامج الوطني لكفاءة الطاقة والطاقات المتجددة بحلول عام 2030، الذي اعتمدته الحكومة في عام 2015. ويهدف هذا البرنامج إلى تحقيق ما يلي:

- 27٪ من إنتاج الكهرباء الوطني من مصادر الطاقة المتجددة بحلول عام 2030؛
- خفض الغازات المسببة للاحتباس الحراري بمقدار 200 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون؛
- تعميم تركيب الإضاءة الفعالة خاصة بالنسبة للإنارة العمومية (وزارة الداخلية)؛
- العزل الحراري للمساكن بين عامي 2021 و2030؛
- زيادة حصص غاز البترول المسال والغاز الطبيعي في استهلاك الوقود بين عامي 2021 و2030.

بالنظر إلى اتفاقيات التعاون الثنائية أو المتعددة الأطراف بشأن التخفيف من آثار تغير المناخ، فإن الجزائر، كدولة نامية، لا تشارك في المسؤولية التاريخية عن تراكم الغازات المسببة للاحتباس الحراري، وباعتبارها مصدرًا صغيرًا للغازات المسببة للاحتباس الحراري، فإن مسؤوليتها الحالية محدودة للغاية. ومع ذلك، فان قضايا المناخ تكتسب أهمية متزايدة في الأجندة السياسية من أجل تلبية التوقعات المشروعة للتنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة بالجزائر.

اعتمدت الجزائر اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ. وكجزء من اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، يمكن للجزائر الوصول إلى الموارد المالية، القادمة من الشركاء الثنائيين والمتعددي الأطراف، إلى نظام نقل التكنولوجيات النظيفة بشروط ميسرة وإلى آليات لتعزيز القدرات التقنية.

كما اعتمدت الجزائر اتفاق باريس بشأن تغير المناخ، حيث حددت لنفسها خفضًا لمواردها الخاصة من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بنسبة 7٪ على أساس مخطط "العمل كالمعتاد" 'Business-As-Usual'، خلال الفترة 2021-2030.

**الفرع الثاني: الحو افز المالية لمشاريع الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة في الجز ائر**

من المهم معرفة تصورات السلطات فيما يتعلق بتوفير الإعانات والمنح الوطنية لدعم الاستثمارات في مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة.

**أولا- الإعانات والمنح الوطنية**

تكمن الإعانات الموجهة للمستثمرين المحليين من خلال الصندوق الوطني لإدارة الطاقة والطاقات المتجددة والتوليد المشترك، وهي متاحة للمستثمرين المحليين في القطاعات الصناعية والبناء (العزل الحراري والإضاءة عالية الأداء وتركيب سخانات المياه بالطاقة الشمسية) والإضاءة العامة والنقل. بالإضافة إلى ذلك، هناك أيضًا دعم مخصص للمستثمرين الأجانب في مجال الطاقة.

كما أنّ المعلومات المتعلقة بالدعم المالي متاحة بوضوح من خلال المراسيم الوزارية المشتركة المؤرخة في 22 ديسمبر 2016(وكذلك المرسوم التنفيذي بشأن الصندوق المخصص للطاقات المتجددة والتوليد المشترك وكفاءة الطاقة[37]) ونصوصه التنفيذية، والتي تحدد مستوى وأساليب التمويل. يمكن توضيح هذه النصوص على وجه التحديد فيما يلي:

- تصنيف الدخل والنفقات المستحقة على حساب الائتمان رقم 302-131 بعنوان "الصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة والتوليد المشترك(NFEEREC) - "؛

[37] **القانون رقم 09 – 09 والقرار التنفيذي رقم 11-423** المتعلق بنشاء الصندوق الوطني للطاقة المتجددة والتوليد المشترك «في ديسمبر .2011»

- الشروط والأحكام الخاصة بمراقبة وتقييم حساب الائتمان رقم 302-131: "الصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة والتوليد المشترك" (NFEEREC).

**ثانيا- تسهيلات الائتمان (الاقتراض)**

طُلب من السلطات المحلية (من طرف المستثمرين الأجانب) معرفة مدى توافر أسعار الفائدة المنخفضة لدعم إنتاج مصادر الطاقة المتجددة وتنفيذ كفاءة الطاقة. وبالنظر للدائرة البنكية في الجزائر نجد أن الائتمان منخفض الفائدة حاليًا لا تدعمه البنوك نظرًا لعدم وجود إطار تنظيمي محدد (قانون النقد والقرض).

**ثالثا - الإعفاء الضريبي على استثمارات الطاقة المتجددة**

توفر الجزائر العديد من الاعفاءات الضريبية لمنتجي الطاقة المتجددة ومزايا ضريبية للشركات التي تقرر الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة. وتنبع المزايا الرئيسية من القانون رقم 16-09 المؤرخ في 31 أغسطس 2016 المتعلق بتشجيع الاستثمار. بالإضافة إلى ذلك، سمحت أحكام المادة 37 من قانون المالية لعام 2019 لـ "تصنيع الألواح الشمسية" باستغلال نظام الضرائب التفضيلية المعروف باسم CKD[38] ، من خلال توفير معدلات مخفضة للرسوم الجمركية وضريبة القيمة المضافة (5٪ و9٪ على التوالي)، وبالتالي تشجيع المستثمرين على التحرك نحو هذا القطاع البكر وكذلك التكامل المحلي. يجدر الذكر أنه قبل قانون المالية لعام 2019، كانت الخلايا الكهروضوئية (المدخلات) والألواح الكهروضوئية (المنتج النهائي) مصنفة تحت نفس البند الفرعي للضريبة وبالتالي تخضع لنفس معاملة الضريبة وهو الوضع الذي ثبط منذ فترة طويلة أي مبادرة استثمارية في الإنتاج حيث سيتم التأثير عليها سلبا وعلى الفور باستيراد المنتجات النهائية. وقد سمح الإجراء الذي تم تقديمه في قانون المالية بناءً على اقتراح وزارة الصناعة والمناجم بالتمييز بين الخلية كمدخلات تخضع لضريبة بنسبة 5٪ واللوحة الكهروضوئية كمنتج نهائي يخضع لضريبة بنسبة 30٪، وبالتالي تعزيز القدرة التنافسية للسوق المحلية للمنتجات النهائية، مقارنة بالمنتجات المستوردة.

على وجه الخصوص، اتخذت الجزائر جملة من التدابير التالية:

- تخفيض بنسبة 50% لمدة خمس سنوات في ضريبة الدخل على الشركات التي تستثمر في الولايات التالية: أدرار وإليزي وتندوف وتمنراست؛
- تعديل الخصومات المسموح بها لتحديد المزايا الخاضعة للضريبة لIBS ؛

[38] CKD هو اختصار لـ Completely Knocked Down (تفكيك كامل). يشير المصطلح إلى تقنية تتألف من تصدير المنتجات غير المجمعة، وخاصة لتجنب الرسوم الجمركية المرتفعة والحفاظ على القيمة التكنولوجية المضافة للمصدر.

- إعفاء مؤقت من ضريبة الدخل على الشركات أو ضريبة الدخل الشامل و TAP(ضريبة النشاط المهني) لمدة خمس سنوات فيما يتعلق بالاستثمارات الكبيرة في بعض القطاعات الصناعية ومكافأة بنسبة 3% على سعر الفائدة المطبق على القروض المصرفية لصالح الاستثمارات الكبيرة في بعض القطاعات الصناعية.

**رابعا - الاستثمارات الأجنبية المباشرة في الطاقة المتجددة**

وفقا لأنظمة الاستثمار المعمول بها في الجزائر، فإن الاستثمارات الأجنبية المباشرة ممكنة من خلال إنشاء شركة مشتركة (شراكة) يمتلك المساهمون الوطنيون المقيمين 51٪ (كحد أدنى) من رأس مالها كشرط رئيسي[39].

**خامسا - التعريفات المضمونة لمصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة**

توجد تعريفات جمركية مضمونة للاستثمارات في مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، وكذلك لإنتاج الطاقة المتجددة من الطاقة الشمسية، والطاقة الكهروضوئية، وطاقة الرياح، والتوليد المشترك، وهذا ما نصت عليه المراسيم الوزارية الصادرة في 2 فبراير 2014 والتي تحدد أسعار الشراء المضمونة لإنتاج الكهرباء من المنشآت التي تستخدم تكنولوجيا الطاقة الكهروضوئية.

كما ينبع سعر الشراء المضمون من إجراءات المناقصة لشراء الكهرباء المنتجة (سعر بيع كيلوواط/ساعة) والمولدة من قبل المستثمرين من النظام الخاص. وبالنظر إلى مدة التعريفات، فهي مضمونة لمدة 20 عامًا.

**الفرع الثالث: التقييس والترخيص والتخطيط في الجزائر**

فيما يخص جودة ربط الشبكة والتخطيط في الجزائر وفيما يتعلق بربط الشبكة، يخضع للمرسوم الصادر في 21 فبراير 2008. ويحدد المرسوم القواعد الفنية للربط بشبكة النقل وقواعد إدارة النظام الكهربائي، ولكن تحديث هذا المرسوم وشيك. أمَّا فيما يتعلق بتخطيط القدرة على الطاقة المتجددة، فوفقًا للمرسوم التنفيذي رقم 17-98 المتعلق بعملية المناقصة، فان السلطة تتوقع دوما "طلب عروض بالمزاد" (Rfpor appel d'ordres aux enchères)من أجل تحقيق بناء وتشغيل مرافق الطاقات المتجددة التي تولد من 10 جيجاوات ساعة إلى 20 جيجاوات ساعة وبيع الكهرباء المولدة من هذه المرافق وكذلك بيع كميات سنوية من الطاقة المولدة من مرافق التوليد المشترك بسعة اسمية لا تتجاوز 12 ميجاوات.

من أجل تعزيز نشر الطاقة المتجددة، فان تركيب الطاقة المتجددة يتم توحيده عمومًا وفقًا للمتطلبات الدولية المحددة في المواصفات، بينما بالنسبة للمنتجات الأخرى المستخدمة في التركيبات الخاصة

[39] من بين أكثر الشروط التي تثير جدلا واسعا في الجزائر بين الاقتصاديين والسياسيين.

غير المتصلة بالشبكة (الشبكة الوطنية للكهرباء)، فإن ذلك يعتمد على الشركة المصنعة. بالإضافة إلى ذلك، يؤكد التحليل بين القطاعات على أنه يتم إنشاء مجموعات عمل لتطوير المعايير الجزائرية (الألواح الشمسية، سخانات المياه الشمسية، ...) من قبل المعهد الجزائري للتقييس (IANOR).

**أولا- إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة**

من المهم التطرق الى سوق إنتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة في الجزائر، مع التركيز بشكل خاص على المنتجين الصغار. حيث أن منتجي الطاقات المتجددة الصغار لديهم الأولوية في بيع الطاقة المولدة لديهم، فقط إذا تم اختيارهم، بعد دعوة إلى مناقصة أطلقتها لجنة تنظيم الكهرباء والغاز (وفقًا لأحكام المرسوم التنفيذي رقم 13-218 المعدل بالمرسوم التنفيذي 17-166).

يهدف التنظيم الجزائري إلى تشجيع نمو الطاقة المتجددة، وهو ما يشهد عليه حقيقة أن الجزائر نفذت خطة لزيادة سعة مصادر الطاقة المتجددة، لتصل إلى 37٪ من القدرة المركبة في عام 2030. ويستند إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة إلى إجراء مناقصة حيث يكون معيار التقييم السائد هو تكلفة كيلوواط/ساعة المنتجة. ولهذا يتم التركيز على أهمية دعم المنتجين الصغار لزيادة حصة مصادر الطاقة المتجددة، وكذلك، دعم الاستثمارات الموجهة لإنتاج الطاقة الشمسية محليا.

**المطلب الثالث: الاستثمارات في الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة**

نتطرق في هذا الجزء الى الاستثمارات في مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة التي تمت في السنوات الماضية والمخطط لها للمستقبل القادم. وفيما يتعلق بالاستثمار المتعلق بإنتاج الطاقة المتجددة من الكتلة الحيوية، نجد أنه استثمرت شركة واحدة فقط في هذا المجال وقد خصصت في الاستثمار كل عام ما بين 5 إلى 10 ملايين يورو. وفيما يتعلق بإنتاج الطاقة المتجددة من الرياح، استثمرت شركة واحدة (2016- 2020) وستستثمر (توقعات 2019-2030) كل عام ما بين 5 إلى 10 ملايين يورو، بينما استثمرت شركة أخرى وستستثمر أكثر من 10 ملايين يورو في نفس الفترات. وفي النهاية، تغيب أي استثمارات في مجال طاقة الرياح.

كما أن هناك استثمارات في الطاقة الكهروضوئية. وعلى وجه التحديد، استثمرت إحدى الشركات في عام 2016 ما بين 3 إلى 5 ملايين يورو، وفي عامي 2017 و2018 أكثر من 10 ملايين يورو، وستستثمر نفس المبلغ في الى غاية عام 2030. واستثمرت شركة أخرى في عام 2016 ما بين 3 إلى 5 ملايين يورو، وفي عامي 2017 و2018 ما بين 1 إلى 3 ملايين يورو، وستزيد الاستثمار كل عام من عام 2019 إلى عام 2021 حتى يصل إلى 10 ملايين يورو. واستثمرت شركة أخرى في عام 2016 أكثر من 10 ملايين يورو، بينما ستستثمر في الأعوام المقبلة وحتى عام 2030 ما بين 1 إلى 3 ملايين يورو. وفيما يتعلق بالطاقة الحرارية الشمسية، استثمرت شركة واحدة فقط وستستثمر حتى عام 2025 أقل من مليون يورو.

وفي يتعلق بالاستثمارات في كفاءة الطاقة خاصة في المباني والصناعة، استثمرت إحدى الشركات بين عامي 2016 و2018 أقل من مليون يورو، وستزيد الاستثمار إلى 1-3 ملايين يورو من عام 2019 إلى عام 2030.

**الفرع الأول: حواجز الاستثمار في قطاع الطاقات المتجددة في الجز ائر**

بالنظر إلى السياق الجزائري، يمكن ذكر اهم الحواجز التي تواجهها الشركات عند اتخاذ قرار الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة. نجد انها تتراوح بين معرفة الحواجز الاقتصادية والمالية. ونمذجة التأثيرات الخارجية المالية المحتملة عند اتخاذ قرار الاستثمار وكذلك فترة الاسترداد الطويلة" للاستثمارات، و"الصعوبة في مفاوضات اتفاقية شراء الطاقة" و"قضايا تصميم السوق، التي تعيق تكامل الطاقات المتجددة". وكذلك صعوبة الوصول إلى التمويل التي تعد حاجزًا مهمًا إلى حد ما. وبالنظر إلى الحواجز الأقل أهمية، نجد ارتفاع تكلفة بدء التشغيل التي تواجه بالخصوص صغار المستثمرين لا سيما المحليين، وأيضا نقص القروض المدعومة للمرافق الصغيرة والتركيز العالي في السوق. وأخيرا حاجز عدم الاستقرار المحتمل للأسعار في السوق الفورية.

بالنسبة للحواجز التكنولوجية والبنية التحتية فانّ الحاجز الأكثر أهمية هو الافتقار إلى إطار تنظيمي قوي لتأمين الأراضي أي مشكل العقار الصناعي لأنه عادة استثمارات الالواح الشمسية تستدعي توفر مساحات شاسعة م الاراضي وتكون قريبة من المرافق، وهذا العائق يعتبر عنق زجاجة كبير للغاية بالنسبة للاستثمارات في مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة. أما حاجز البنية التحتية غير الكافية لاستيعاب مصادر الطاقة المتجددة فهو ذو أهمية طفيفة.

من جهة أخرى للحواجز المؤسسية والتنظيمية المحتملة، الكثير من الأهمية خاصة مشكل البيروقراطية والافتقار للتنسيق بين المؤسسات الجزائرية ذات الصلة. كما أنّ هناك أيضا حاجز الافتقار إلى إطار تنظيمي للمنافسة والمفاضلة بين الاستثمار العمومي والخاص بالنسبة للدولة كقطاعات تنافسية.

يعد عدم نشر المعلومات حول مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة عائقًا كبيرًا أمام الاستثمارات الأجنبية مضافا له ندرة المهارات العلمية والتقنية اللازمة للقوى العاملة المحلية.

## خلاصة الفصل الثاني

من خلال ما جاء في الفصل الثاني، والذي تطرقت الدراسة من خلاله الى واقع قطاع الطاقات المتجددة في الجزائر، وأبعاده المتنامية على ضوء التطورات المحلية والدولية. ويركز بصفة أساسية على مسار تطور قطاع الطاقة المتجددة وتحدياته وإمكاناته في الجزائر. تم التطرق الى تطور استخدامات الطاقات المتجددة، عبر استعراض التغيرات التي شهدتها الجزائر على مر السنوات، خصوصًا فيما يتعلق بالاهتمام المتزايد بالطاقة الشمسية وطاقة الرياح، والتحديات التي تشمل قلة الموارد التكنولوجية وارتفاع تكاليف الاستثمارات الأولية في البنية التحتية.

يعد برنامج الطاقات المتجددة الذي وضعته الجزائر كجزء رئيسي من استراتيجيتها لتعزيز مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة، متضمنًا الأهداف الكبرى لهذا البرنامج مثل الحد من التلوث البيئي وتقليل الاعتماد على الموارد التقليدية كالنفط والغاز. والأسس العلمية ومراحل تنفيذ البرنامج، بما في ذلك الشراكات مع مؤسسات دولية ومراكز بحث متخصصة في الطاقة لتطوير الكفاءات الوطنية ودعم القدرات التقنية. أما فيما يخص السياسات والاستراتيجيات المتبعة لترقية قطاع الطاقات المتجددة في الجزائر، تم إقرار العديد من التدابير التشريعية والتنظيمية لدعم هذا المجال، مثل توفير الحوافز الضريبية للمستثمرين وإصدار قوانين تشجع على استخدام التقنيات الطاقوية الحديثة والمستدامة سواء في الاستخدام او الإنتاج. وكذلك تهيئة بيئة استثمارية جاذبة تشمل الشراكات بين القطاعين العام والخاص وتسهيل الإجراءات الإدارية.

تم التوصل الى أهمية الاستثمارات في قطاع الطاقات المتجددة ودورها البارز في تشجيع ورفع حجم الاستثمارات المحلية والدولية وأثرها على التنمية الاقتصادية والاجتماعية في الجزائر. فهي تعتبر قطاع منشئ لفرص العمل الجديدة، كما تسعى الجزائر الى دعم الابتكار الصناعي في مجال الطاقة المتجددة لتحقيق استقلال طاقوي نسبي، بالإضافة إلى الفوائد البيئية المحتملة مثل تقليل انبعاثات الكربون.

# الفصل الثالث

## استراتيجية ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع النقل

## تمهيد

يعدّ قطاع النقل شريان اقتصادي ذو أهمية قصوى لأي استراتيجية تصبو لترقية وتطوير استخدامات الطاقات المتجددة ورفع نسبة مساهمتها في المزيج الطاقوي بأي دولة. كونه يأتي على رأس القطاعات في مجال استهلاك الطاقة والطلب المتزايد عليها، ويرتبط الأمر بدرجة التقدم الاقتصادي ومدى تطور التنمية والكثافة السكانية بالبلد. ومن جهة أخرى، يعدّ أيضا من بين أكثر القطاعات الملوثة حسب الوكالة الدولية للطاقة.

ويأتي التحول نحو الطاقات المتجددة في الجزائر ضمن قطاع النقل، كحلّ مستدام يُسهم في تقليل الانبعاثات الكربونية وتعزيز كفاءة استهلاك الطاقة، حيث يتم التركيز على مصادر طاقة نظيفة مثل الطاقة - الشمسية وطاقة الرياح والهيدروجين الأخضر. تشمل هذه الاستراتيجية تشجيع البحث والتطوير في مجال تقنيات النقل الكهربائي، وتوفير بنية تحتية داعمة تشمل محطات شحن المركبات الكهربائية، إلى جانب تحفيز الاستثمارات في وسائل النقل العام المستدامة.

وتهدف استراتيجية تطوير استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع النقل بالجزائر إلى تعزيز البيئة التشريعية والتنظيمية من خلال سياسات تدعم التحول إلى طاقة نظيفة، بما في ذلك تقديم الحوافز الضريبية والإعفاءات الجمركية على المركبات الكهربائية والهجينة، ودعم الشراكات مع القطاع الخاص لتطوير مشاريع مستدامة. ويمثل قطاع النقل المستدام في الجزائر جزءًا من رؤية أوسع للتنمية الاقتصادية والاجتماعية، حيث يمكن أن يسهم في خلق فرص عمل جديدة وتقليل الاعتماد على واردات الوقود، مما يعزز من الاستقلال الطاقوي ويقلل من الآثار البيئية السلبية.

ولهذا فان تعزيز استخدامات الطاقة المتجددة يمكن أن يوفر بدائل طاقوية مهمة لتطويره، سواء كانت بدائل تامة أو متممة للأنموذج الطاقوي المتبع في هذا القطاع وهو ما يسمح باستدامته.

وسنحاول من خلال هذا الفصل التطرق إلى النقاط التالية:

المبحث الأول: مدخل لاقتصاديات النقل

المبحث الثاني: استهلاك الطاقة في قطاع النقل

المبحث الثالث: كفاءة استخدام الطاقات المتجددة في قطاع النقل

المبحث الرابع: السياسات الوطنية في مجال ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع النقل

المبحث الخامس: مساهمة الطاقات المتجددة في استدامة قطاع النقل

المبحث السادس: تجارب دولية

## المبحث الأول: مدخل إلى اقتصاديات النقل

تثير اقتصاديات النقل اهتام الحكومات وصانعي القرار لما تكتسيه من أهمية دراسة سوق النقل وتكنولوجياته والسياسات المرتبطة به، وسنحاول من خلال هذا المبحث التطرق الى:

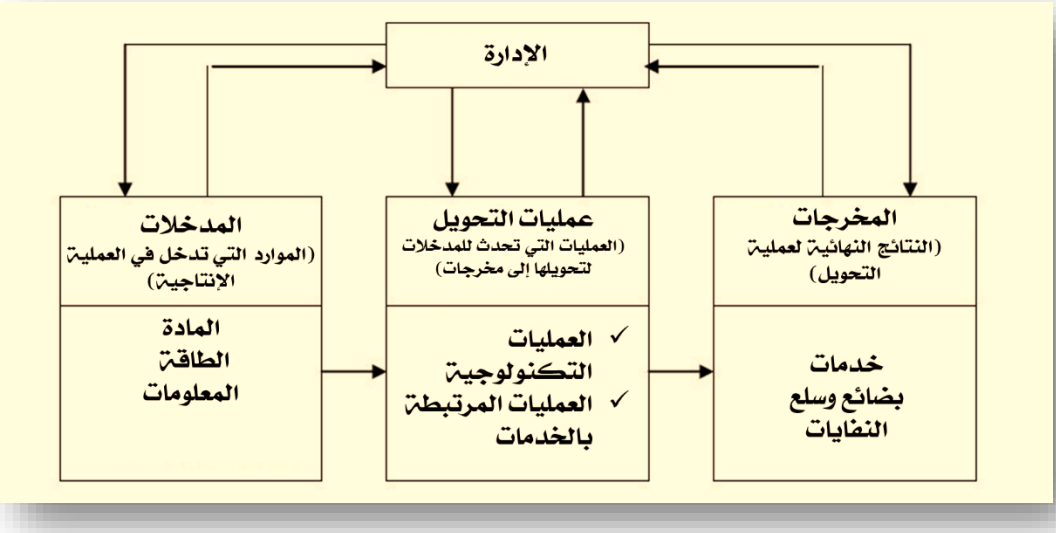
### المطلب الاول: مفاهيم عامة حول عملية النقل وعناصرها

يصعب العثور على تعريف واضح وموحّد لعملية ما، وبدرجة أكبر -لعملية النقل، ويمكن تعريف العملية على النحو التالي:

- تسلسل مؤقت ومنظم من التغييرات والحالات تحدث بشكل زمني (حامل كل عملية هو في الواقع دائمًا نظام فيزيائي ما، وكل حالة/تغيير جديد لهذا النظام يسببه الحالة/التغيير السابق أو تأثير خارجي ما على هذا النظام[1]).
- مجموعة من المهام أو الأنشطة المرتبطة منطقياً وتُنفذ لتحقيق نتيجة تجارية معينة.
- تغيير يتم الحصول عليه من خلال تحويل المدخلات إلى مخرجات، مع مراعاة القيمة المضافة والمخاطر والمعلومات،
- الطريقة التي يتصرف بها النظام خلال فترة زمنية معينة.

بالنظر إلى التعريفات المقدمة والتعريفات الأخرى، يمكن رؤية عملية النقل بشكل عام كما هو موضح في الشكل3-1:

**الشكل3-1:** عملية النقل بشكل عام




**Source:** C. Bozarth, R. B. Handfield & others, [eng. orig. Introduction to Operations and Supply Chain Management], Helion, Gliwice 2007, P 80.

يتم تنفيذ العمليات بشكل رئيسي من قبل الكيانات التجارية (النظم)، والتي تتمثل مهمتها الرئيسية في خلق قيمة مضافة للمنتج أو الخدمة، ولتقديم أفضل مفهوم للنقل، تم اقتباس بعض التعريفات والمصطلحات :

[1] http://www.naukowy.pl/encyklopedia/Proces_logistyczny , 30.06.2010, cit 22-09-2024.

- يصف قاموس المصطلحات اللوجستية النقل بأنه "مجموعة من الإجراءات المرتبطة بتنقل الأشخاص والسلع المادية بوسائل مناسبة[2]"؛
- النقل (من اللاتينية - transportera لحمل، لنقل) - تنقل الأشخاص أو البضائع (هدف النقل) في الفضاء باستخدام وسائل النقل المناسبة.؛
- النقل هو، إلى جانب الاتصالات، مجال الاقتصاد الذي يزيد من قابلية استخدام السلع من خلال نقلها في الفضاء؛
- من منظور اقتصادي، يعني النقل تقديم خدمات مدفوعة الأجر تكون نتيجتها غالبًا نقل الأشخاص والبضائع.

سيكون من الصعب تحليل عمل النقل دون تحليل شامل، قائم على النظام .فقط النهج الشامل، الذي يأخذ في الاعتبار كل من المكونات (A) والعلاقات المتبادلة بينها(R) ، سواء في البيئة القريبة (بينما تكون جزءًا منها) أو البيئة البعيدة (ليست جزءًا مباشرًا منها[3])، سيسمح بإجراء تقييم شامل للنظام الحالي للنقل (ST).

الوصف الرسمي للنظام هو:

$$ST = \langle A\ R \rangle$$

باعتبار تعريف النظام نقطة انطلاق، يمكننا تعريف نظام النقل على النحو التالي:

- كل نظام مشكل من جميع وسائل النقل التي تعمل في منطقة معينة، وبالتالي يشمل جميع الأصول الثابتة وغير الثابتة، والعامل البشري والتوصيلات بين الوسائط المختلفة للكيان بأكمله، وكذلك الروابط بين النظام بأكمله والنظام البيئي، ويتكون من نظام فرعي نشط (وسائل النقل) ونظام فرعي سلبي (طرق النقل، حجم وموضع البضائع، والأجهزة التي تحدد عمل وسائل النقل بشكل صحيح).
- طريقة منظمة ومُنسقة لنقل الأشخاص أو المواد أو البضائع (الخدمات) جسدياً من نقطة الشحن إلى نقطة الوجهة، باستخدام نظام الاتصالات (النظام الفرعي السلبي) المملوء باستثمارات النقل (النظام الفرعي النشط).
- نظام هدفه النقل (التحريك، النقل) للأشخاص أو البضائع.

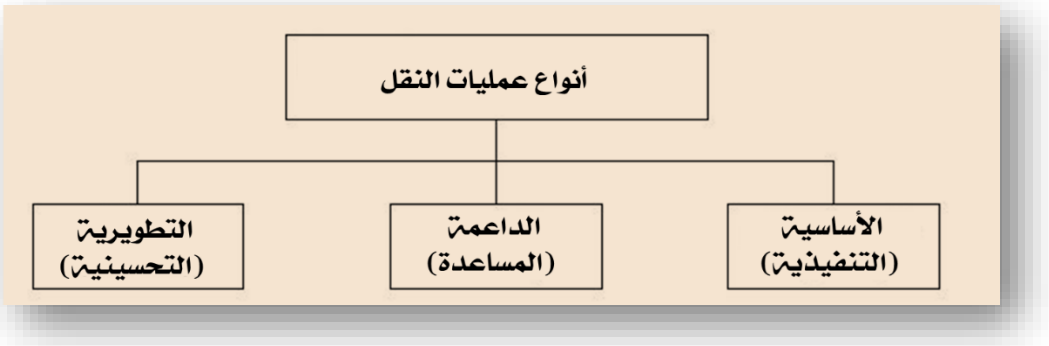
تُظهر التعريفات المقدمة أعلاه أن النقل يمكّن، من بين أمور أخرى، حركة البضائع بين الأطراف المهتمة (النظم الاقتصادية)، ويربط الأماكن المنتشرة في الفضاء: البائع والمشتري، أي النقل هو الذي يضيف قيمة إلى منتجات الشركة، مما يخلق فائدة الوقت والمكان، نتيجة للحركة المادية للبضائع (كقيمة مضافة) إلى مكان محدد في وقت معين.

من ناحية أخرى، يمكن فهم عملية النقل على أنها:

حقائق تحدث بالتتابع في وقت ومكان معينين (ظواهر الماضي والمستقبل) داخل مجال الحركة المادية للأشخاص أو البضائع (هدف النقل) في الفضاء، باستخدام وسائل النقل المناسبة.

[2] Słownik terminologii logistycznej, M. Fertsch, ILiM, Poznan 2006, p. 204.
[3] Por. http:// c.wrzuta.pl/wo8503/.../0/logistyka%203.pdf, 25.04.2012, cit 22-09-2024.

**الشكل3-2:** أنواع عمليات النقل




**Source:** See J.J. Coyle & others, [eng. Management of Business Logistics], PWE, Warsaw 2002, p 404.

**الفرع الأول: التطور التاريخي للنقل**

يعد النقل أحد أقدم الأنشطة البشرية وأكثرها تأثيراً على تطور الحضارات .فقد شكل النقل المحرك الأساسي للتبادل التجاري، وانتشار الأفكار والثقافات، وتوسع المجتمعات البشرية .شهد النقل تطوراً ملحوظاً عبر العصور، بدءاً من وسائل بدائية وصولاً إلى التقنيات المتقدمة التي نعيشها اليوم.

**أولا: النقل البدائي (قبل 990 ألف سنة - 10,000 سنة قبل الميلاد)**

في هذه المرحلة، اعتمد الإنسان على قدماه وقوته البدنية للتنقل وحمل أغراضه .لم يشهد النقل أي تطور يذكر خلال هذه الفترة الطويلة .ومع مرور الزمن، استعان الإنسان بالحيوانات كوسيلة نقل، مما ساهم في زيادة المسافات التي يستطيع قطعها[4].

**ثانيا: عصر الاختراعات البسيطة (10,000 سنة قبل الميلاد - القرن التاسع عشر)**

شهدت هذه الفترة اختراعات أساسية غيرت وجه النقل، مثل:

1. **اكتشاف العجلة:** ساهم في تسهيل نقل البضائع وتقليل الجهد البدني.
2. **استخدام الشراع:** مكن الإنسان من الاستفادة من قوة الرياح في النقل البحري.

**ثالثا: عصر القوة الميكانيكية (القرن التاسع عشر)**

مع الثورة الصناعية، شهد العالم تطوراً هائلاً في مجال النقل .فظهرت السفن البخارية والقطارات التي تعمل بالفحم، مما ساهم في ربط القارات وتسهيل التجارة الدولية .كما أدى اختراع محرك الاحتراق الداخلي إلى ظهور السيارات والشاحنات، وبدأت شبكات الطرق تتوسع بشكل كبير[5].

**رابعا: عصر الطيران (بداية القرن العشري)**

لطالما حلم الإنسان بالطيران، وقد تحول هذا الحلم إلى حقيقة في بداية القرن العشرين .فبعد اختراع الطائرة، شهدت صناعة الطيران تطوراً مذهلاً، وظهرت طائرات أسرع وأكبر حجماً قادرة على قطع مسافات شاسعة في وقت قصير[6].

---

[4] علي عبد السلام المعزاوي، **اقتصاديات النقل**، دار السلام للطباعة والنشر والتوزيع والترجمة، ط1، القاهرة، 2006، ص98.
[5] **المرجع نفسه**، ص224.
[6] ردينة عثمان يوسف، **إدارة خدمات النقل الجوي**، دار المناهج للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2009، ص189.

**خامسا: عصر الفضاء (منتصف القرن العشرين)**

مع بداية عصر الفضاء، تجاوز الإنسان حدود كوكب الأرض وبدأ في استكشاف الفضاء الخارجي .فقد تم إطلاق أول قمر صناعي[7]، ثم أول رحلة مأهولة إلى الفضاء، وهبط الإنسان على سطح القمر.

**الفرع الثاني: تصنيف أنواع النقل**

يمكن تصنيف النقل وفقاً لمعايير مختلفة، منها:

1. **حسب المسار:** بري (طرق، سكك حديد)، جوي، بحري أو نهري.
2. **حسب المجال:** داخلي (داخل الدولة)، خارجي (بين الدول)، حضري.
3. **حسب القوى المحركة:** عضلي (باستخدام القوة البشرية أو الحيوانية)، طبيعي (الرياح، المياه)، آلي (الوقود، الكهرباء).
4. **حسب نوعية الخدمة:** نقل ركاب، نقل بضائع، نقل مشترك.
5. **حسب مستوى الخدمة:** نقل عادي، نقل سريع، نقل منتظم.

ولكن سنحاول تصنيف النقل وفق الاتي:

**أولا: تصنيف النقل حسب طبيعة الخدمة**

بعد استعراض التطور التاريخي للنقل، سنتناول الآن تصنيف النقل بناءً على طبيعة الخدمة التي يقدمها . هذا التصنيف الذي يهدف إلى تحديد نوع النقل المستخدم سواء كان خاصاً أو عاماً، وكذلك الخصائص التي تميز كل نوع.

1. **النقل الخاص مقابل النقل العام:**

أ. **النقل الخاص:** يستخدم لأغراض شخصية من قبل الأفراد والشركات، ويعتمد على ملكية فردية لوسائل النقل.

ب. **النقل العام:** يهدف إلى تلبية احتياجات المجتمع ككل، ويتم تشغيله من قبل شركات نقل عامة أو مؤسسات حكومية.

**ثانيا: تصنيف النقل حسب الوسيلة المستخدمة**

يمكن تقسيم النقل إلى ثلاثة أنواع رئيسية بناءً على الوسيلة المستخدمة:

1. **النقل البري:** يشمل النقل البري النقل على الطرق (حافلات، سيارات، شاحنات) والسكك الحديدية (قطارات، مترو، ترام) .يتميز النقل البري بمرونته وقدرته على الوصول إلى معظم الأماكن، ولكنه يعاني من مشاكل الازدحام والتلوث في المناطق الحضرية.
2. **النقل الجوي:** يعتمد النقل الجوي على الطائرات لنقل الركاب والبضائع .يتميز بسرعته العالية وقدرته على الوصول إلى أي مكان في العالم، ولكنه يعتبر الأغلى تكلفة من بين وسائل النقل الأخرى.

[7] هشام مكي، **دور قطاع النقل في تحقيق التنمية المستدامة – الاتحاد الأوروبي نموذجا**، مداخلة مقدمة ضمن فعاليات ملتقى دولي بجامعة المسيلة حول استراتيجيات وآفاق تطوير قطاع النقل في الجزائر في إطار التنمية الوطنية، 07 و08 أكتوبر 2013، ص3.

3. **النقل المائي:** يشمل النقل البحري والنهري، ويعتمد على السفن والقوارب؛ حيث يتميز النقل المائي بقدرته على نقل حمولات كبيرة لمسافات طويلة، ولكنه أبطأ من النقل الجوي والبري.

**الفرع الثالث: خصائص مختلف وسائل النقل**

4. يمكن تلخصيها فيما يلي:

**أولا: النقل الجوي**

1. **المميزات:** سرعة عالية، تغطية جغرافية واسعة، قدرة على الوصول إلى مناطق نائية.
2. **العيوب:** تكلفة عالية، تأثر بالأحوال الجوية، بعد المطارات عن مراكز المدن.

**ثانيا: النقل المائي**

1. **المميزات:** قدرة على نقل حمولات كبيرة، تكلفة منخفضة نسبياً[8]، تأثير أقل على البيئة.
2. **العيوب:** بطء السرعة، محدودية المسارات المائية، تأثر بالأحوال الجوية.

**ثالثا: النقل البري**

يمثل النقل البري العمود الفقري للنقل البضائع والأشخاص على المستوى المحلي والدولي .ويشمل بشكل رئيسي النقل بالسيارات والسكك الحديدية، ولكل منهما مزاياه وعيوبه التي تحدد دوره في نظام النقل الشامل وفي هذا العنصر نتوسع أكثر في خصوصياتهما.

**1. النقل بالسيارات**

أ. **المزايا:**

- **المرونة:** القدرة على الوصول إلى معظم الأماكن، حتى تلك التي لا تخدمها وسائل نقل أخرى.
- **التكلفة:** تكلفة تشغيل منخفضة نسبياً، خاصة لحمولات صغيرة.
- **السرعة:** مناسبة لمسافات قصيرة ومتوسطة.
- **التكامل:** يمكن للسيارات التكامل مع وسائل نقل أخرى[9].

ب. **العيوب:**

- **التكلفة:** قد تكون مرتفعة لمسافات طويلة وحمولات كبيرة.
- **التأثير البيئي:** تسبب تلوث الهواء والضوضاء.
- **الازدحام:** تساهم في حدوث الازدحام المروري.

**2. النقل بالسكك الحديدية**

أ. **المزايا:**

- **السعة:** قدرة على نقل حمولات كبيرة لمسافات طويلة.
- **الاقتصاد:** تكلفة تشغيل منخفضة مقارنة بالسيارات لحمولات كبيرة.
- **الأمان:** أقل عرضة للحوادث مقارنة بالسيارات.

[8] سعد الدين عشماوي، **تنظيم وإدارة النقل، الأسس، المشكلات، الحلول**، دار المريخ للنشر، الرياض، المملكة العربية السعودية، ط5، 65.
[9] سعد الدين عشماوي، المرجع السابق، ص65-66.

- **التأثير البيئي:** أقل تلويثاً للبيئة.

ب. **العيوب:**

- **المرونة:** أقل مرونة من السيارات، حيث تعتمد على شبكة سكك حديدية ثابتة.
- **البنية التحتية:** تتطلب استثمارات كبيرة في البنية التحتية.
- **السرعة:** قد تكون أبطأ من النقل الجوي.

**الجدول 3-1:** مقارنة بين النقل بالسيارات والسكك الحديدية

| الخاصية | النقل بالسيارات | النقل بالسكك الحديدية |
|---|---|---|
| المرونة | عالية | منخفضة |
| السعة | متوسطة | كبيرة |
| السرعة | متوسطة | بطيئة نسبياً |
| التكلفة | متوسطة | منخفضة لحمولات كبيرة |
| التأثير البيئي | مرتفع | منخفض |
| البنية التحتية | متطلبات أقل | يتطلب شبكة سكك حديدية |

**Source:** Thomas Zunder, Dewan Md Zahurul Islam, Experiences of rail intermodal freight transport for low-density high value (LDHV) goods in Europe, European Transport Research Review, 10(2), 6-2018, p24, DOI:10.1186/s12544-018-0295-7.

### المطلب الثاني: مفهوم اقتصاديات النقل

اقتصاديات النقل هو حقل دراسي حيوي يجمع بين مبادئ الاقتصاد والهندسة لتقييم وتحسين كيفية نقل الأشخاص والبضائع، يتجاوز هذا العلم مجرد دراسة تكاليف ونفع النقل، بل يتعمق في تحليل العوامل المتعددة التي تؤثر على كفاءة وفعالية أنظمة النقل[10]، فمن خلال فهم العلاقة بين الطلب على النقل والعرض، وتأثير السياسات الحكومية والتكنولوجيا على هذه العلاقة، يمكن لاقتصاديي النقل تقديم توصيات مستنيرة لصانعي القرار لتحسين أداء قطاع النقل وتلبية احتياجات المجتمع المتزايدة.

يشمل نطاق دراسة اقتصاديات النقل مجموعة واسعة من القضايا، بدءًا من تصميم الشبكات النقلية وتحديد مساراتها، وصولًا إلى تقييم آثار النقل على البيئة والاقتصاد .كما يهتم هذا العلم بدراسة سلوك المستخدمين، وكيفية اختيارهم لوسائل النقل المختلفة، وتأثير العوامل الاجتماعية والاقتصادية على قراراتهم، بالإضافة إلى ذلك، يدرس اقتصاديو النقل دور القطاع الخاص في توفير خدمات النقل، وكيفية تنظيم هذا القطاع لضمان تقديم خدمات عالية الجودة بأسعار معقولة.

تلعب اقتصاديات النقل دورًا حاسمًا في صياغة السياسات المتعلقة بالنقل على المستوى المحلي والإقليمي والدولي، فمن خلال تحليل التكاليف والفوائد المترتبة على مختلف الخيارات المتاحة، يمكن لصانعي القرار

[10] Vocabularies-unesco, Transport Economics Concept; pub 15-12-2019, cit 22-09-2024: https://vocabularies.unesco.org/browser/thesaurus/ar/page/?uri=http%3A%2F%2Fvocabularies.unesco.org%2Fthesaurus%2Fconcept8744

اتخاذ قرارات مدروسة بشأن الاستثمار في البنية التحتية للنقل، وتحديد أسعار الخدمات، وتشجيع استخدام وسائل النقل المستدامة، كما يمكن لاقتصاديات النقل أن تساعد في حل مشاكل مثل الازدحام المروري والتلوث، وتحسين الوصول إلى الخدمات والفرص الاقتصادية.

واقتصاديات النقل، كفرع متخصص من الاقتصاد، لم يظهر بشكل رسمي إلا في القرن العشرين، ومع ذلك، فإن جذوره تمتد إلى العصور القديمة، حيث كان الناس يدركون أهمية النقل في التجارة والتواصل، وكانوا يتخذون قرارات اقتصادية متعلقة بالطرق والمسارات التجارية.

**الفرع الأول: المراحل الرئيسية في تطور اقتصاديات النقل**

نتطرق الى أهمها من خلال ما يلي:

**أولا: العصور القديمة**

1. **الحضارات القديمة:** بدأت الحضارات القديمة مثل المصريين والرومان ببناء الطرق والقنوات لتسهيل التجارة والتواصل، مما يشير إلى فهم بدائي لأهمية البنية التحتية للنقل.
2. **التجارة البحرية:** لعبت التجارة البحرية دورًا حاسمًا في ربط الحضارات المختلفة، مما أدى إلى تطوير أساطيل تجارية كبيرة وفهم لأهمية الموانئ والممرات المائية[11].

**ثانيا: العصور الوسطى**

1. **شبكات الطرق التجارية:** شهدت العصور الوسطى تطوير شبكات طرق تجارية واسعة، مثل طريق الحرير، مما ساهم في تبادل البضائع والأفكار بين القارات.
2. **التنظيم الحكومي للنقل:** بدأت الحكومات في تلك الفترة في تنظيم النقل وتحصيل الرسوم على استخدام الطرق والجسور.

**ثالثا: الثورة الصناعية**

1. **القطار:** أدى اختراع القطار إلى ثورة في النقل، مما ساهم في نمو الصناعة والتجارة بشكل كبير.
2. **البنية التحتية:** شهدت هذه الفترة بناء شبكات سكك حديدية واسعة النطاق، مما أدى إلى تطور الاقتصاديات الوطنية.

**رابعا: القرن العشرين**

1. **السيارات والطائرات:** أدت اختراعات السيارات والطائرات إلى تغييرات جذرية في أنماط النقل، مما أدى إلى ظهور فروع جديدة في اقتصاديات النقل مثل اقتصاديات الطيران والنقل البري.
2. **النظرية الاقتصادية:** تم تطوير نظريات اقتصادية جديدة لتفسير سلوك المستهلكين والشركات في قطاع النقل، مثل نظرية الطلب على النقل ونظرية التكلفة الحدية.

[11] Jean-Paul Rodrigue, Theo Notteboom, Transportation and Economic Development, cit 22-09-2024: https://transportgeography.org/contents/chapter3/transportation-and-economic-development/

**خامسا: القرن الحادي والعشرين**

1. **التحديات المعاصرة:** تواجه اقتصاديات النقل تحديات جديدة مثل تغير المناخ والازدحام المروري، مما يستدعي تطوير حلول مستدامة.
2. **التكنولوجيا:** أدت التطورات التكنولوجية مثل أنظمة تحديد المواقع الجغرافية والسيارات ذاتية القيادة إلى تغيير جذري في قطاع النقل، مما يتطلب تطوير نماذج اقتصادية جديدة.

**الفرع الثاني: الاهتمامات الحالية في اقتصاديات النقل**

**أولا - الاستدامة:** التركيز على تطوير أنظمة نقل مستدامة تقلل من الانبعاثات الكربونية وتقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري.

**ثانيا - التكنولوجيا:** دراسة تأثير التكنولوجيات الناشئة مثل السيارات الكهربائية والطائرات بدون طيار على قطاع النقل.

**ثالثا - التخطيط الحضري:** دمج النقل في التخطيط الحضري لخلق مدن أكثر استدامة وفعالية.

**رابعا - العدالة الاجتماعية:** ضمان أن يكون النقل متاحًا لجميع أفراد المجتمع بغض النظر عن دخلهم أو موقعهم الجغرافي.

**الفرع الثالث: العوامل المؤثرة في تطور أنظمة النقل**

**الجدول 3-2:** العوامل المؤثرة في تطور أنظمة النقل

| Scale | Environmental | Historical | Technological | Political | Economic |
|---|---|---|---|---|---|
| Local | Hydrography and geomorphology | Culture and settlement patterns | Roads | Zoning | Employment and distribution |
| Regional | Climate | Urban system | Railways and canals | Taxation and regulations | Modal competition and complementarity |
| National / Transnational | Distance | Nation state / Colonialism / Imperialism | Corridors and sea routes | Trade agreements | Markets |
| Global | Oceanic masses © GTS | Globalization | Air transport and tele-communications | Multilateral agreements (WTO) | Interdependency and comparative advantages |

**Source:** Jean-Paul Rodrigue, Theo Notteboom, Transportation and Economic Development, cit 22-09-2024: https://transportgeography.org/contents/chapter3/transportation-and-economic-development/factors-behind-the-development-of-transport-systems/.

**الفرع الرابع: الأهمية الاقتصادية لقطاع النقل**

يمكن تعريف التنمية بأنها تحسين رفاهية المجتمع من خلال الظروف الاجتماعية والسياسية والاقتصادية المناسبة .وتتمثل النتائج المتوقعة في التحسينات الكمية والنوعية في رأس المال البشري (مثل الدخل ومستويات التعليم) وكذلك رأس المال المادي مثل البنية التحتية (المرافق العامة والنقل والاتصالات[12].

[12] Thomas Bennett, What Is Marginal Cost Pricing & How to Calculate It, Published on May 26, 2023, cit 22-09-2023: https://priceva.com/blog/marginal-cost-pricing

تطور نظم النقل يحدث في سياق اجتماعي واقتصادي .في حين أن سياسات واستراتيجيات التنمية تركز على رأس المال المادي، فقد شهدت السنوات الأخيرة توازنًا أفضل من خلال تضمين قضايا رأس المال البشري . بغض النظر عن الأهمية النسبية لرأس المال المادي مقابل رأس المال البشري، لا يمكن أن يحدث التنمية بدون تفاعلاتهما المتبادلة، حيث لا يمكن أن تظل البنية التحتية فعالة بدون الإدارة والعمليات والصيانة المناسبة . وفي الوقت نفسه، لا يمكن أن تتم الأنشطة الاقتصادية بدون قاعدة البنية التحتية .إن الوظائف الخدمية ذات الطابع المعاملاتي العالي للعديد من أنشطة النقل تؤكد العلاقة المعقدة بين احتياجاتها من رأس المال المادي والبشري، وعلى سبيل المثال، تعتمد اللوجستيات الفعالة على البنية التحتية والخبرة الإدارية.

نظرًا لاستخدامها المكثف للبنية التحتية، يعد قطاع النقل عنصراً هاماً من الاقتصاد وأداة شائعة تستخدم للتنمية .وهذا أكثر وضوحًا في الاقتصاد العالمي حيث ارتبطت الفرص الاقتصادية بشكل متزايد بتنقل الأشخاص والبضائع، بما في ذلك تكنولوجيا المعلومات والاتصالات .وتظهر علاقة بين كمية ونوعية البنية التحتية للنقل ومستوى التنمية الاقتصادية، ويرتبط عادةً وجود بنية تحتية للنقل عالية الكثافة وشبكات مترابطة للغاية بمستويات عالية من التنمية، عندما تكون نظم النقل فعالة، فإنها توفر فرصًا وفوائد اقتصادية واجتماعية تؤدي إلى آثار مضاعفة إيجابية[13]، مثل الوصول الأفضل إلى الأسواق والعمالة والاستثمارات الإضافية .وعندما تكون نظم النقل معيبة من حيث القدرة أو الموثوقية، يمكن أن يكون لها تكلفة اقتصادية، مثل الفرص المفقودة أو الضائعة وانخفاض نوعية الحياة.

على المستوى الكلي، يقلل النقل الفعال التكاليف في العديد من القطاعات الاقتصادية، بينما يزيد النقل غير الفعال هذه التكاليف، علاوة على ذلك، فإن تأثيرات النقل ليست دائمًا مقصودة ويمكن أن يكون لها عواقب غير متوقعة أو غير مقصودة .على سبيل المثال، الازدحام غالباً ما يكون نتيجة غير مقصودة لتوفير بنية تحتية للنقل مجانية أو منخفضة التكلفة للمستخدمين .ومع ذلك، يشير الازدحام أيضًا إلى نمو الاقتصاد حيث تواجه القدرة والبنية التحتية صعوبات في مواكبة الطلب المتزايد على التنقل .يحمل النقل عبئًا اجتماعيًا وبيئيًا هاماً، لا يمكن تجاهله.

**الفرع الخامس: أهم نظريات اقتصاديات النقل**

تطور مجال اقتصاديات النقل بشكل كبير على مر العصور، وقد أسهم العديد من المفكرين والاقتصاديين في صياغة نظريات شكلت مفهوم قطاع النقل، وفيما يلي أربع من أهم النظريات التي أثرت بشكل كبير في هذا المجال:

[13] Benjamin Campbell, Marginal-Cost Pricing, Published on 01 January 2016, cit 01-09-2024: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1057/978-1-349-94848-2_548-1

**أولا: نظرية التكلفة الحدية (Marginal Cost Pricing)**

وهي إحدى أهم النظريات الاقتصادية التي ساهمت بشكل كبير في فهم كيفية تسعير الخدمات بشكل عام، وخدمات النقل بشكل خاص، ظهرت هذه النظرية في أوائل القرن العشرين، وارتبط تطويرها بأسماء اقتصاديين بارزين مثل **آرثر سيسيي** الذي يعد من أبرز روادها[14].

الفكرة الأساسية وراء هذه النظرية هي أن السعر الأمثل لخدمة ما، بما في ذلك خدمات النقل، يجب أن يساوي التكلفة الحدية لإنتاج وحدة إضافية من هذه الخدمة، التكلفة الحدية هي الزيادة في التكلفة الكلية الناتجة عن إنتاج وحدة واحدة إضافية، وبالتالي، فإن تسعير الخدمة عند مستوى التكلفة الحدية يضمن تحقيق الكفاءة الاقتصادية، حيث يشجع على الاستخدام الأمثل للموارد وتجنب الإفراط في الإنتاج أو نقص الإنتاج.

في قطاع النقل، يمكن تطبيق نظرية التكلفة الحدية لتحديد أسعار التذاكر أو الرسوم التي يجب أن يدفعها المستخدمون، على سبيل المثال، في حالة وسائل النقل العام، يمكن حساب التكلفة الحدية لنقل راكب إضافي، والتي تشمل تكاليف الوقود والإصلاح والصيانة الناتجة عن هذا الراكب الإضافي، ثم يتم تحديد سعر التذكرة بحيث يساوي هذه التكلفة الحدية.

1. **فوائد تطبيق هذه النظرية:** تتمثل أهمية تطبيق نظرية التكلفة الحدية في النقل في تحقيق العديد من الفوائد، منها:
   أ. **تحقيق الكفاءة الاقتصادية:** حيث تشجع على الاستخدام الأمثل للموارد وتجنب الإفراط في الاستخدام أو الاستخدام غير الكافي لوسائل النقل[15].
   ب. **تخصيص الموارد بشكل أفضل:** حيث تساعد في توجيه الاستثمارات نحو المشاريع التي تحقق أكبر فائدة للمجتمع.
   ت. **تجنب الازدحام:** من خلال تحديد أسعار تعكس التكلفة الحقيقية لاستخدام المرافق، يمكن تشجيع المستخدمين على اختيار وسائل نقل بديلة أو أوقات سفر مختلفة، مما يساعد في تخفيف الازدحام.
   ث. **تحقيق العدالة:** حيث تضمن أن يدفع كل مستخدم السعر العادل مقابل الخدمة التي يحصل عليها.

**ثانيا: نظرية الطلب المشتق (Derived Demand)**

هي إحدى النظريات الاقتصادية الأساسية التي تساعدنا في فهم العلاقة بين الطلب على النقل والطلب على السلع والخدمات الأخرى[16]، هذه النظرية، وإن لم يكن لها مؤسس محدد، إلا أنها تطورت عبر مساهمات العديد من الاقتصاديين الذين درسوا سلوك المستهلكين والشركات في قطاع النقل.

---

[14] Michael Keenan, Marginal Cost: Definition, Formula, and Examples (2024), Published on jul 14, 2023, cit 01-09-2024: https://www.shopify.com/blog/what-is-marginal-cost

[15] Quickonomics, Marginal Cost Pricing, Published Apr 29, 2024, cit 10-09-2024, https://quickonomics.com/terms/marginal-cost-pricing/

[16] CFI Team, Derived Demand, cit 10-09-2024: https://corporatefinanceinstitute.com/resources/economics/derived-demand/

الفكرة الأساسية لهذه النظرية هي أن الطلب على النقل ليس طلبًا مباشرًا، بل هو طلب مشتق من الطلب على السلع والخدمات التي يتم نقلها، بمعنى آخر عندما يزداد الطلب على سلعة معينة، فإن ذلك يؤدي إلى زيادة في الطلب على النقل اللازم لنقل هذه السلعة من مكان إنتاجها إلى مكان استهلاكها، والعكس صحيح، عندما يقل الطلب على سلعة ما، فإن ذلك يؤدي إلى انخفاض في الطلب على النقل.

1. **أهمية النظرية في النقل:** تلعب نظرية الطلب المشتق دورًا حاسمًا في فهم العديد من الظواهر في قطاع النقل .فهي تساعدنا في:

أ. **توقع التغيرات في الطلب على النقل:** من خلال تحليل التغيرات في الطلب على السلع والخدمات المختلفة، يمكننا توقع التغيرات المستقبلية في الطلب على النقل وتخطيط البنية التحتية اللازمة لتلبية هذا الطلب.

ب. **تحديد العوامل المؤثرة على الطلب على النقل:** تساعد هذه النظرية في تحديد العوامل المختلفة التي تؤثر على الطلب على النقل، مثل أسعار السلع، ودخل المستهلكين، والتغيرات التكنولوجية، والتغيرات في توزيع السكان والصناعات.

ت. **تقييم تأثير السياسات:** يمكن استخدام هذه النظرية لتقييم تأثير السياسات الحكومية المختلفة على الطلب على النقل، مثل فرض الضرائب على الوقود أو تقديم حوافز لاستخدام وسائل النقل العام.

ث. يمكن تطبيق نظرية الطلب المشتق على العديد من القطاعات[17]، مثل:

ج. **صناعة السيارات:** يرتبط الطلب على السيارات بشكل مباشر بالطلب على السلع والخدمات التي يتم نقلها بواسطة هذه السيارات.

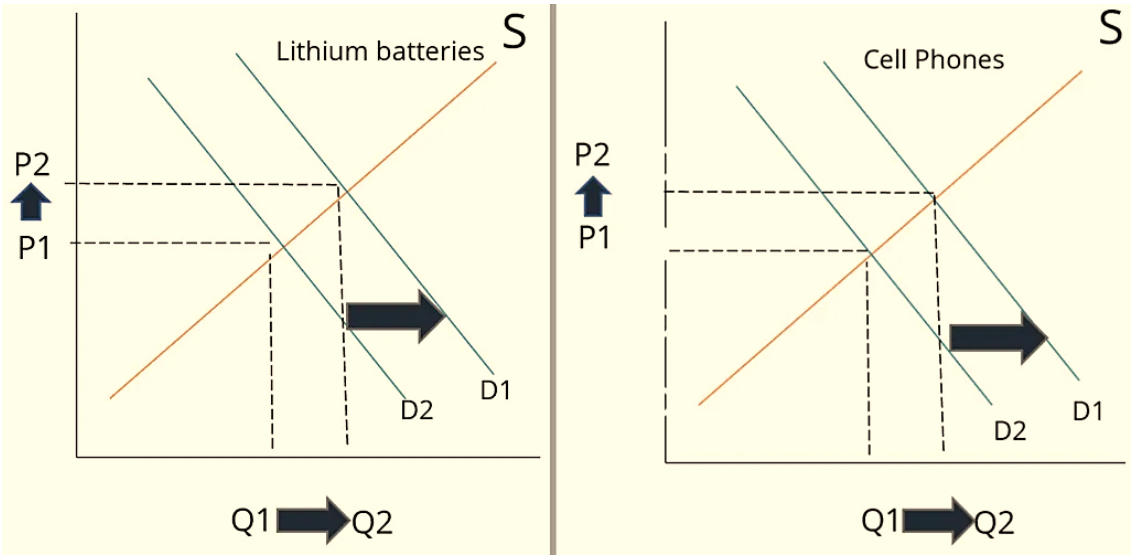
ح. **شركات الشحن:** يعتمد حجم أعمال شركات الشحن على الطلب على السلع التي يتم نقلها بين مختلف المناطق.

خ. **النقل العام:** يرتبط الطلب على وسائل النقل العام بالطلب على الوصول إلى أماكن العمل والتعليم والتسوق والترفيه.

والشكل الموالي رقم 3-3 يوضح مخطط عمل نظرية الطلب المشتق

[17] Thomas Brock, Derived Demand: Definition, How It's Calculated, and Uses, Published on 24-03-2023, cit 11-09-2024: https://www.investopedia.com/terms/d/derived_demand.asp

**الشكل 3-3:** مخطط عمل نظرية الطلب المشتق




**Source:** CFI Team, Derived Demand, cit 10-09-2024: https://corporatefinanceinstitute.com/resources/economics/derived-demand/

### ثالثا: نظرية شبكات النقل (Network Economics)

نظرية شبكات النقل تهتم بدراسة سلوك وخصائص الشبكات التي تستخدم لنقل البضائع والأشخاص. هذه النظرية، وإن لم يكن لها مؤسس محدد، إلا أنها تطورت بمساهمات العديد من الاقتصاديين وعلماء الكمبيوتر ومهندسي النقل[18].

الفكرة الأساسية لهذه النظرية هي أن شبكات النقل لا يمكن فهمها بمعزل عن بعضها البعض، بل هي أنظمة معقدة تتأثر أدائها بالعديد من العوامل المترابطة مثل:

أ. **كثافة المرور:** حيث يؤدي زيادة الكثافة إلى زيادة الازدحام وتقليل سرعة الحركة.

ب. **سعة الشبكة: وهي** القدرة الاستيعابية للشبكة لحركة المرور.

ت. **هيكل الشبكة:** أي ترتيب العناصر المختلفة في الشبكة وطريقة ربطها ببعضها.

ث. **طلب المستخدمين:** حيث يؤثر الطلب المتغير على استخدام الشبك[19].

1. **أهمية النظرية في النقل:** تلعب نظرية شبكات النقل دورًا حيويًا في تحسين تصميم وتشغيل أنظمة النقل . فهي تساعدنا في:

أ. **فهم سلوك المرور:** من خلال نمذجة سلوك المستخدمين والمركبات، يمكننا التنبؤ بالازدحام وتطوير استراتيجيات لتخفيفه.

ب. **تحسين تصميم الشبكات:** يمكن استخدام هذه النظرية لتحديد أفضل الطرق لتصميم وتوسيع شبكات النقل، بما في ذلك الطرق والسكك الحديدية والمطارات والموانئ.

[18] Marc Barthélemy, Transportation Network, in Physics Reports 2011, cit 11-09-2024: https://www.sciencedirect.com/topics/physics-and-astronomy/transportation-network

[19] Samir Saci, Transportation Network Analysis with Graph Theory, Jan 12-2022, cit 13-09-2024: https://www.samirsaci.com/transportation-network-analysis-with-graph-theory/

ت. **تقييم تأثير التغييرات:** يمكن استخدامها لتقييم تأثير التغييرات في الشبكة، مثل إضافة خط جديد أو إغلاق طريق، على أداء النظام ككل.

ث. **تطوير أنظمة النقل الذكي:** يمكن استخدامها لتطوير أنظمة النقل الذكي التي تعتمد على البيانات والتحليلات لتحسين كفاءة وفعالية النقل.

يتم تطبيق نظرية شبكات النقل على العديد من القطاعات، مثل:

أ. **النقل العام:** لتحسين تخطيط وتشغيل شبكات الحافلات والقطارات.

ب. **إدارة المرور:** لتطوير أنظمة إشارات ذكية وتنظيم حركة المرور.

ت. **تخطيط المدن:** لدمج النقل في التخطيط الحضري وتشجيع استخدام وسائل النقل المستدامة.

**رابعا: نظرية النقل المستدام (Sustainable Transport)**

الفكرة الأساسية لهذه النظرية هي أن أنظمة النقل التقليدية تسبب العديد من المشاكل البيئية والاجتماعية والاقتصادية، مثل التلوث، والازدحام، وتغير المناخ، لذلك، يجب تطوير أنظمة نقل بديلة تعتمد على مصادر الطاقة المتجددة وتقلل من الانبعاثات الكربونية[20]، وتحسن نوعية الهواء، وتقلل من الازدحام المروري، وتوفر فرصًا للتنقل المستقل للأفراد.

1. **أهمية النظرية في النقل:** تلعب نظرية النقل المستدام دورًا حيويًا في فهم كيفية تحقيق أهداف التنمية المستدامة، فهي تساعد في:

أ. **الحفاظ على البيئة:** من خلال تقليل الانبعاثات الغازية الدفيئة وتلوث الهواء والماء.

ب. **تحسين الصحة العامة:** من خلال تقليل التعرض للتلوث وتحسين جودة الحياة.

ت. **تقليل الازدحام المروري:** من خلال تشجيع استخدام وسائل النقل العام ووسائل النقل غير الملوثة.

ث. **تعزيز التنمية الاقتصادية:** من خلال خلق فرص عمل جديدة في قطاع الطاقة المتجددة والنقل المستدام.

يمكن تطبيق مبادئ النقل المستدام على العديد من المستويات[21]، بما في ذلك:

أ. **تخطيط المدن:** من خلال تصميم مدن أكثر كثافة سكانية وموجهة نحو المشاة وركوب الدراجات.

ب. **النقل العام:** من خلال تطوير أنظمة نقل عام فعالة ومريحة وجذابة.

ت. **البنية التحتية:** من خلال الاستثمار في البنية التحتية للنقل المستدام، مثل محطات الشحن الكهربائية ومسارات الدراجات.

ث. **السياسات:** من خلال وضع سياسات تشجع على استخدام وسائل النقل المستدام وتثبط استخدام السيارات الخاصة.

[20] Linda STEG, SUSTAINABLE TRANSPORTATION: A Psychological Perspective, IATSS Research journal, Volume 31, Issue 2, 2007, Pp 58-66.

[21] Yacan Wang, Achim I. Czerny, Zhigang Cao, TSTE 2018-sustainable transportation: Theory and practice, Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review, February 2020, p134.

## المبحث الثاني: استهلاك الطاقة في قطاع النقل

يلعب النقل دورًا رئيسيًا في مجتمعنا واقتصادنا سواء في نقل البضائع أو الركاب، وهناك بشكل عام أربعة طرق مختلفة للنقل: الجوي والبري والسكك الحديدية والبحري، وقد شهد الطلب على النقل زيادة كبيرة بالتزامن مع النمو الاقتصادي ومن المتوقع أن يستمر ذلك في المستقبل.

في الوقت الحالي، يعد قطاع النقل أحد أكبر مصادر انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتلوث الهواء بسبب اعتماده الكبير على منتجات النفط عالية كثافة الطاقة[22]، مثل البنزين والديزل، وعلى الرغم من الضغوط القوية للابتعاد عن الهيدروكربونات بسبب الحاجة إلى التخفيف من تغير المناخ والخطط الوطنية للحد من الاعتماد على واردات الوقود، إلا أن هناك نجاحًا محدودًا حتى الآن في التحول إلى قطاع نقل منخفض الكربون، خاصة مقارنة بالإنجازات في الكهرباء.

إن التحول إلى وقود منخفض الكربون في النقل مهمة صعبة نظرًا لأن البطاريات أو الهيدروجين لا يمكنهما بعد توفير مستويات كثافة الطاقة العالية الكافية لاستبدال منتجات النفط في بعض حالات الاستخدام، ومع ذلك، تعمل مبادرات السياسات الطاقوية -خاصة في بريطانيا- وعلى مستوى العالم على تسهيل التحول إلى وسائل النقل منخفضة الكربون، بما في ذلك الحوافز المالية لشراء السيارات منخفضة الانبعاثات، والعديد من الحظر المعلن عن مبيعات السيارات التي تعمل بالبنزين والديزل في المستقبل.

يجري حاليًا تحول في قطاع النقل، يتميز بثلاثة اتجاهات: الكهرباء والتنقل المشترك والتشغيل الآلي، ومن المتوقع أن يكون لدمج واسع النطاق للسيارات الكهربائية في نظام الطاقة تأثيرات كبيرة على النظام، حيث يمكن أن يسمح بتنفيذ الشحن الذكي على نطاق واسع، ويمكن أن يوفر مرونة إضافية لإدارة الشبكة الكهربائية، على الرغم من أن هذا التحول مدفوع بالتطورات التكنولوجية وقوى السوق، فإن هذه التغييرات تمثل فرصًا لتحقيق قطاع نقل أكثر استدامة .وهناك إمكانات خاصة للحد من انبعاثات النقل من خلال تغييرات مثل التحول في الطريقة، والتغيير السلوكي، وتحسين كفاءة المركبات، واستخدام وقود منخفض الكربون، والنماذج التجارية الجديدة.

تعتمد الأنشطة البشرية على استخدام عدة أشكال ومصادر للطاقة لأداء العمل .وكلما زادت توفر مصادر الطاقة وأسعارها المعقولة، يمكن تعبئة المزيد من القدرات والفرص، ومحتوى الطاقة (أو كثافة الطاقة) لمصدر الطاقة هو الطاقة المتاحة لكل وحدة وزن أو حجم .ومع ذلك، فإن التحدي يكمن في استخراج هذه الطاقة واستخدامها بفعالية، وبالتالي، كلما زادت الطاقة المستهلكة[23]، زاد حجم العمل المنجز، حيث يرتبط التنمية الاقتصادية بمستويات استهلاك الطاقة الأعلى.

---

[22] Olga Mazurova; Elena Galperova, **Energy Consumption in the Transport Sector: Trends and Forecast Estimates, IEEE, Published in (03-04 October 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies**, FarEastCon), cit 18-09-2024,

[23] Wais Khan, Naqibullah Karger, **Energy Consumption from Transport Sector and CO2 Emission: A Case of Kandahar City**, European Journal of Energy Research, March 15, 2022, DOI :10.24018/ejenergy.2022.2.2.45, pp13-19.

**المطلب الثالث: العمل المادي المرتبط بالأنشطة البشرية**

هناك أربعة أنواع من العمل المادي المرتبط بالأنشطة البشرية:

**الفرع الأول - تعديل البيئة**: الأنشطة التي تتضمن تعديل المناظر الطبيعية لجعلها مناسبة للأنشطة البشرية، مثل تطهير الأرض للزراعة، وتعديل الهيدروغرافيا (الري)، وبناء البنية التحتية مثل الطرق، والبناء والتكييف (درجة الحرارة والضوء) للهياكل المغلقة.

**الفرع الثاني - الاستيلاء على الموارد**: يتضمن استخراج الموارد الزراعية من الكتلة الحيوية والمواد الخام (المعادن والنفط والخشب وما إلى ذلك) لتلبية الاحتياجات البشرية، كما يشمل التخلص من النفايات، والتي يتعد في الاقتصادات المتقدمة من بين أكثر الأشياء التي يجب التخلص منها بأمان[24] (مثل جمعها ومعالجتها والتخلص منها).

**الفرع الثالث - معالجة الموارد**: تخص تعديل المنتجات من الكتلة الحيوية والمواد الخام والسلع لتصنيعها وفقًا للاحتياجات الاقتصادية، ومنذ الثورة الصناعية، تم آلية العمل المرتبط بمعالجة الموارد بشكل كبير، في البداية باستخدام الآلات البسيطة، ثم خطوط التجميع، وفي الوقت الحالي باستخدام الأتمتة.

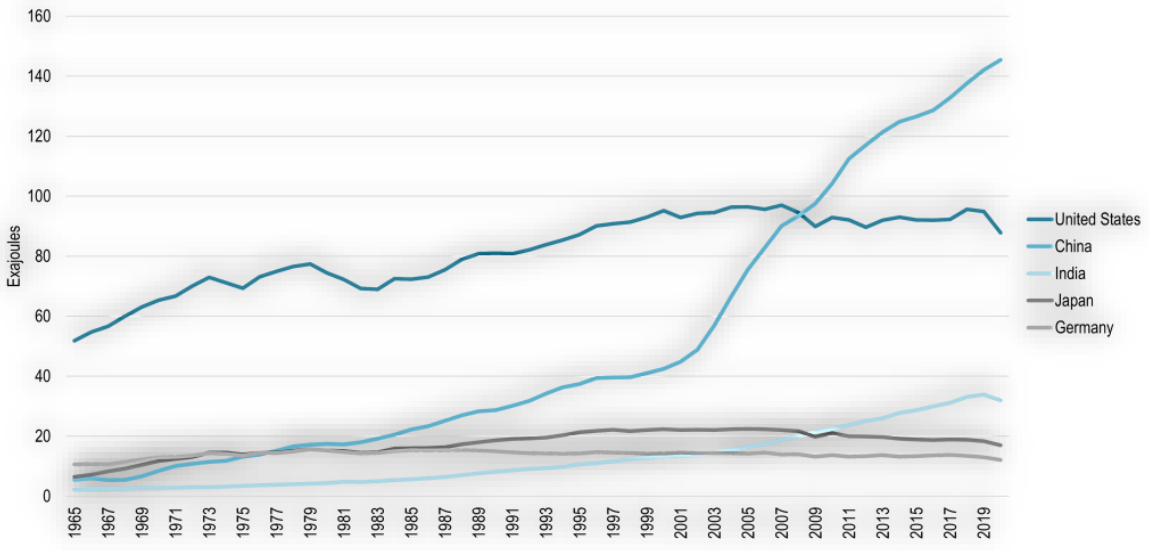
**الفرع الرابع - النقل**: تهدف حركة الركاب والبضائع إلى تخفيف التفاوتات المكانية في مواقع الموارد والأسواق من خلال التغلب على المسافة، وكلما انخفضت تكاليف الطاقة لكل طن أو راكب-كيلومتر، قلل النقل من العبء الاقتصادي، ويتطلب التغلب على المسافة في الاقتصاد العالمي كمية كبيرة من الطاقة، وبالتالي كان خاضعًا لاقتصاديات الحجم[25]، وتستهلك المركبات ومعدات المحطة الطاقة، بينما تحتاج البضائع إلى التجميع والفرز والتفكيك.

إن انخفاض أسعار الطاقة من حيث الجهود المبذولة لاستخراجها وسهولة تطبيقها يتضمن المزيد من الفرص لأداء العمل المادي، وهناك احتياطيات هائلة من الطاقة قادرة على تلبية احتياجات البشرية المستقبلية، ومع ذلك، فإن إحدى القضايا المعاصرة الرائدة هي أن العديد من هذه الاحتياطيات ليست متاحة بالضرورة على نطاق واسع بتكاليف تنافسية أو موزعة بشكل غير متساو في جميع أنحاء العالم، وتوزع احتياطيات النفط والطاقة الشمسية وطاقة الرياح وفق معايير محددة جيدًا، وتكشف جغرافيا الطاقة عن فروق معقدة في توافر مصادر الطاقة وأنماط العرض والطلب، ومع ذلك، يمكن أن يتحسن توافر أو تنافسية مصدر الطاقة مع التطور التكنولوجي، مما يعني ديناميات (حركيات) في جغرافيا الطاقة، وحتى إذا تم استخراج بعض مصادر الطاقة بعيدًا عن مكان استهلاكها، فإن تكثيف النقل يمكّن من تنقلها، خاصة بالنسبة للنفط والفحم. وفيما يلي يوضح الشكل الموالي استهلاك الطاقة الأولية في دول مختارة 1965-2020.

[24]Krishna Kumar Jaiswal,& al, Renewable and sustainable clean energy development and impact on social, economic, and environmental health, Energy Nexus journal, Volume 7, September 2022, p100118.

[25] Sofia Tsemekidi Tzeiranaki, & al, "The impact of energy efficiency and decarbonisation policies on the European road transport sector", Transportation Research Part A: Policy and Practice journal, Volume 170, April 2023, p103623.

**الشكل 3-4:** استهلاك الطاقة الأولية في دول مختارة 1965-2020




**Source:** Transport geography, Primary Energy Consumption, Selected Countries, 1965-2020, cit 15-09-2024: https://transportgeography.org/contents/chapter4/transportation-and-energy/primary-energy-consumption-countries-1965-2020/

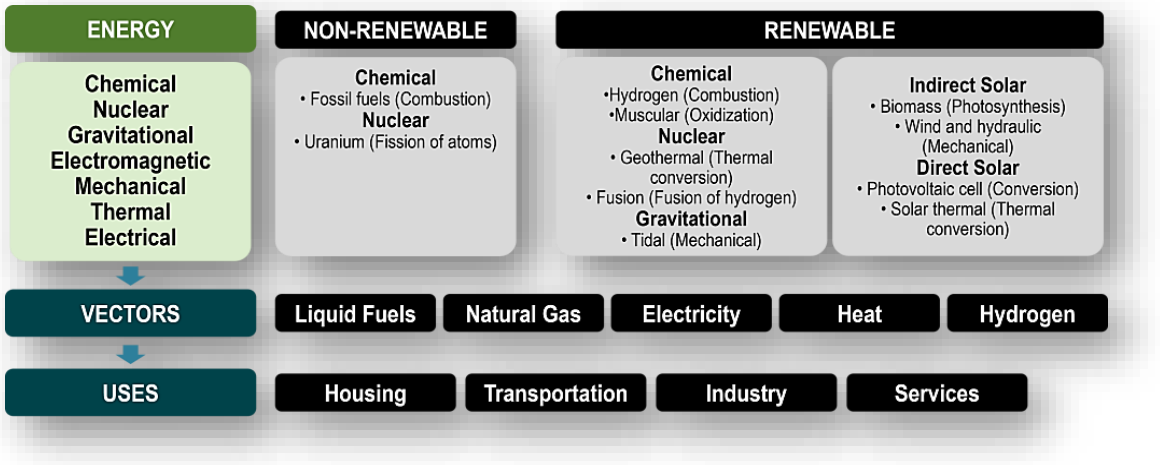
طوال تاريخ استخدام الطاقة، اعتمد اختيار مصدر الطاقة على عدة عوامل فائدة تتضمن انتقالًا في أنظمة الطاقة من المصادر الصلبة والسائلة، وفي النهاية إلى الغازية، ومنذ الثورة الصناعية، بذلت جهود كبيرة لأداء العمل بواسطة الآلات، مما أدى إلى تحسين الإنتاجية الصناعية بشكل كبير[26]، وقد أثرت مصادر الطاقة المستخدمة لهذا الآلية تأثيراً كبيراً على أنماط الطلب على الطاقة .كما أن تطوير محرك البخار وتوليد وتوزيع الطاقة الكهربائية لمسافات كبيرة قد غيّر النمط المكاني للصناعات التحويلية من خلال تحرير الإنتاج من الارتباط المباشر بنظام الطاقة الثابت، وفي المراحل المبكرة من الثورة الصناعية، كانت المصانع تقع بالقرب من مصادر الطاقة (الشلال أو حقل الفحم) أو المواد الخام أو وسائل النقل الجماعي، كما أن مصادر الطاقة الجديدة (النفط والكهرباء) مكنت من مرونة مكانية أكبر بكثير.

فرضت الصناعة مطالب كبيرة على الوقود الأحفوري من خلال عملياتها ونتائجها، وفي بداية القرن العشرين، أدى اختراع وتطوير محرك الاحتراق الداخلي، ولا سيما في معدات النقل، إلى توسيع تنقل الركاب والبضائع وحفز تطوير شبكة التجارة العالمية، وترتبط إعداد النظم الصناعية والطاقة ببعضها البعض .ومع العولمة، يمثل النقل حصة متزايدة من إجمالي الطاقة المستخدمة في تنفيذ وتشغيل وصيانة النطاق الدولي للأنشطة الاقتصادية والاجتماعية.

[26] Yu Yang, Siyou Xia, Ping Huang, Junxi Qian, Energy transition: Connotations, mechanisms and effects, Energy Strategy Reviews, Volume 52, March 2024, p101320.

يوجد ارتباط قوي بين استهلاك الطاقة ومستوى التنمية، حيث يمثل النقل ما بين 20 و 25% من الطاقة المستهلكة في الاقتصادات المتقدم[27]ة، وقد تطلبت الفوائد التي يمنحها التنقل الإضافي، ولا سيما من حيث المزايا التنافسية الأفضل والوصول إلى الموارد، كمية متزايدة من الطاقة لدعم هذا النظام المكاني الموسع، وفي بداية القرن الحادي والعشرين، وصل الانتقال إلى مرحلة يهيمن فيها الوقود الأحفوري، مثل النفط، ويتم اشتقاق 80% من إجمالي إنتاج الطاقة العالمية من الوقود الأحفوري، وهي حصة آخذة في الانخفاض تدريجياً مع تطور انتقال الطاقة.

**الشكل 3-5:** مصادر الطاقة




**Source:** Transport geography, Sources of Energy, cit 15-09-2024:
https://transportgeography.org/contents/chapter4/transportation-and-energy/energy-sources/

### المطلب الرابع: النقل واستهلاك الطاقة

يمكن النظر إلى النقل والطاقة من منظور التكلفة والفائدة، حيث يتطلب إعطاء الزخم للكتلة (الركاب والمركبات والبضائع وما إلى ذلك) كمية متناسبة من الطاقة، وتتمثل المسألة في مدى فعالية التقاط هذه الطاقة للاستخدام العملي، والتي تتميز بسمة نمطية قوية[28]، إن العلاقة بين النقل والطاقة مباشرة ولكنها تخضع لتفسيرات مختلفة نظرًا لأنها تتعلق بأنماط النقل المختلفة، ولكل منها فائدتها ومستوى أدائها، غالبًا ما يكون هناك حل وسط بين السرعة واستهلاك الطاقة المرتبط بالعوائد الاقتصادية المرغوبة، ويمكن نقل الركاب والسلع عالية القيمة باستخدام طرق النقل السريعة ولكن كثيفة الطاقة نظرًا لأن المكون الزمني لتعبئتها يميل إلى أن يكون له قيمة عالية، مما ينقل الرغبة في استخدام المزيد من الطاقة.

ترتبط اقتصاديات الحجم، وخاصة تلك التي حققها النقل البحري، بانخفاض استهلاك الطاقة لكل وحدة من الكتلة المنقولة ولكن بسرعة أقل[29]، ويتناسب ذلك تمامًا مع أوامر النقل البري، حيث يكون الوقت أقل

[27] Syed Ali Raza, Nida Shah, Arshian Sharif, Time frequency relationship between energy consumption, economic growth and environmental degradation in the United States: Evidence from transportation sector, Energy journal, Volume 173, 15 April 2019, Pp 706-720
[28] Houshmand Masoumi, Energy Consumption and Transportation in Developing Countries: Need for Local Scenario-Based Energy Efficiency Plans, Renewable Energy and Sustainable Development 6(2), December 2020, p2426.
[29] Wessel Johannes Pienaar, Opportunities for the achievement of economies of scale in freight transport, Corporate Ownership and Control 11(1), January 2013, pp 161-174.

أهمية ويمكن تجميع المخزون الاحتياطي، وبالمقارنة، فإن النقل الجوي لديه مستويات استهلاك طاقة عالية مرتبطة بخدمات عالية السرعة مع مخزونات احتياطية محدودة.

تتميز سوق النقل بطيف واسع من استهلاك الطاقة، ويتأثر بشكل خاص بثلاث قضايا:

- مستوى السعر وتقلب مصادر الطاقة يعتمدان على العمليات المستخدمة في إنتاج الوقود، ويفضل مصادر الطاقة المستقرة لأنها تمكن من الاستثمارات طويلة الأجل في أصول النقل وإمدادات السوق الثابتة . ولا تعتمد أسعار الطاقة المتقلبة على الاستثمارات في تكنولوجيا النقل.

- التغيرات التكنولوجية والتقنية في مستوى الأداء الطاقة لأنماط النقل والمحطات، وبالتالي، فإن هدفًا مهمًا هو تحسين هذا الأداء الطاقة لأنه مرتبط بفوائد اقتصادية مباشرة للمشغلين (انخفاض تكاليف التشغيل) والمستخدمين (أسعار أقل)، وتسمح التحسينات التكنولوجية بالوصول إلى تقنيات الدوافع الجديدة مثل السيارات الكهربائية والتشغيل الآلي[30].

- العوامل الخارجية البيئية المرتبطة باستخدام الطاقة من قبل طرق النقل، وخاصة انبعاثاتها .وتؤدي العوامل الخارجية إلى وضع اللوائح المتعلقة باستخدام طرق النقل والمصادر الطاقة المحددة وهدف تقليلها.

منذ الخمسينيات من القرن الماضي، ظهر اتجاه يتعلق بالحصة المتزايدة للنقل في إجمالي استهلاك النفط العالمي، حيث يمثل النقل حوالي 29% من الطلب العالمي على الطاقة وحوالي 61.5% من إجمالي النفط المستخدم كل عام، وتتنوع تأثيرات النقل على استهلاك الطاقة، بما في ذلك الأنشطة اللازمة لتوفير البنية التحتية والمرافق للنقل[31]:

**الفرع الأول - تصنيع المركبات وصيانتها والتخلص منها:** إن الطاقة المستخدمة في تصنيع المركبات وإعادة تدويرها هي دالة مباشرة على تعقيد المركبة والمواد المستخدمة وحجم الأسطول ودورة حياة المركبة، وقد يستغرق تجميع سفينة ما يصل إلى عامين ويتطلب مواد وطاقة كبيرة الاستهلاك.

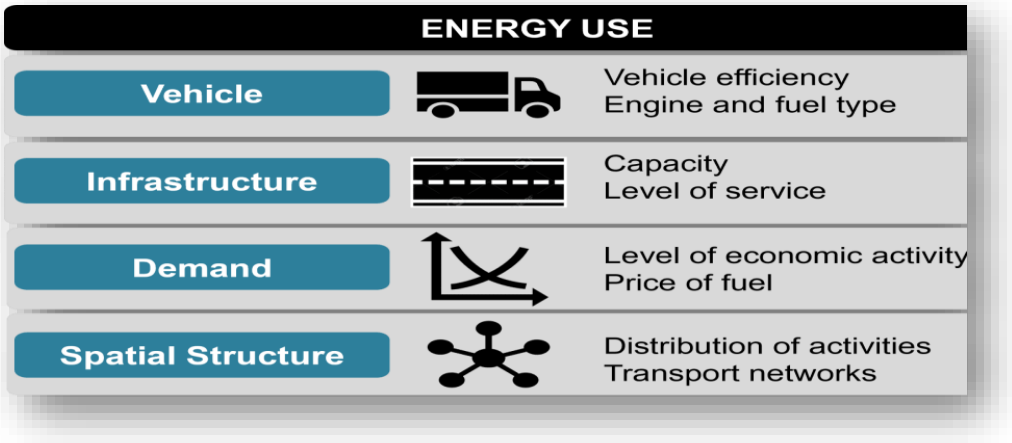
**الفرع الثاني - تشغيل المركبات :**تتضمن بشكل أساسي الطاقة المستخدمة لتوفير الزخم للمركبات، مثل الوقود، وكذلك للعمليات بين الطرق في المحطات، وتعتبر أسواق الوقود لأنشطة النقل متطورة للغاية.

يوضح الشكل الموالي عوامل استخدام الطاقة في النقل.

[30] M.Yu. Shabalov, & al, The influence of technological changes in energy efficiency on the infrastructure deterioration in the energy sector, Energy Reports journal, Volume 7, November 2021, Pp2664-2680.

[31] Mikhail Shabalov, Y.L. Zhukovskiy, Aleksandra Buldysko, Bernard Gil, The influence of technological changes in energy efficiency on the infrastructure deterioration in the energy sector, Energy Reports 7(10), November 2021, pp 2664-2680.

**الشكل3-6:** عوامل استخدام الطاقة في النقل




**Source:** Transport geography, Factors of Energy Use by Transportation, cit 15-09-2024: https://transportgeography.org/contents/chapter4/transportation-and-energy/transportation-energy-use-factors/

**الفرع الثالث - إنشاء وصيانة البنية التحتية:** يتطلب بناء الطرق والسكك الحديدية والأنفاق والمحطات والموانئ ومطارات الطيران وتوفير معدات الإضاءة والإشارات طاقة كبيرة[32]، وترتبط ارتباطًا مباشرًا بعمليات المركبات حيث ترتبط الشبكات الواسعة بكميات كبيرة من حركة المرور.

**الفرع الرابع - إدارة عمليات النقل:** تتطلب النفقات المتضمنة في التخطيط وتطوير وإدارة البنية التحتية وعمليات النقل الوقت ورأس المال والمهارة التي يجب تضمينها في إجمالي الطاقة المستهلكة من قبل قطاع النقل[33]، وهذا هو الحال بشكل خاص بالنسبة للنقل العام.

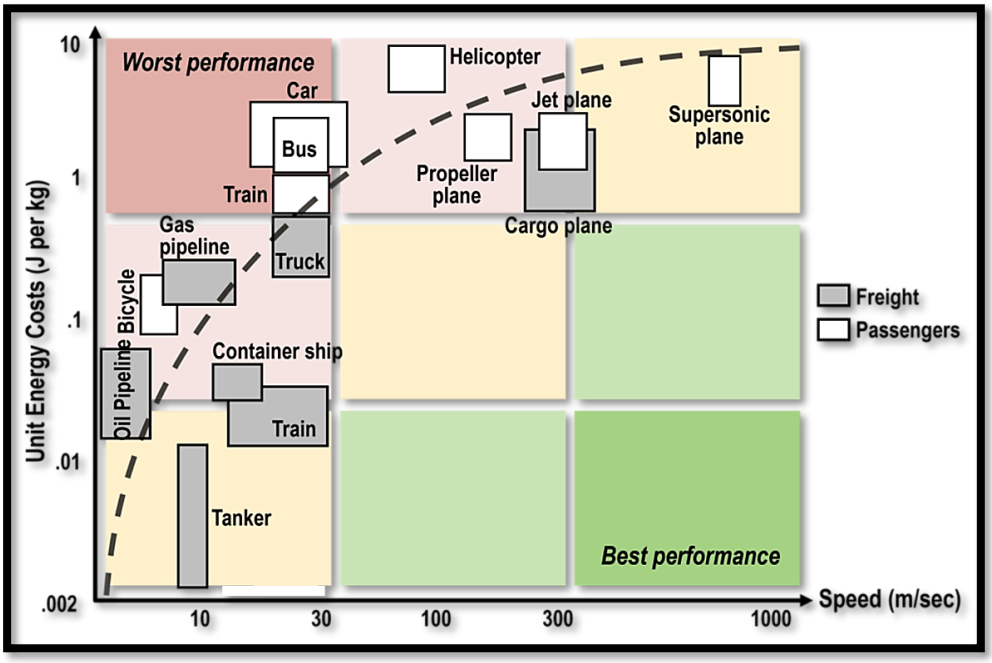
**الفرع الخامس - إنتاج الطاقة والتجارة:** تتطلب استكشاف واستخراج وتكرير وتوزيع الوقود أو توليد ونقل الطاقة أيضًا مصادر الطاقة، وتحول 100 وحدة من الطاقة الأولية في شكل النفط الخام إلى 85 وحدة فقط من الطاقة في شكل البنزين، وأي تغييرات في الطلب على الطاقة في النقل تؤثر على نمط وتدفقات أسواق الطاقة العالمية.

يمكن توضيح كفاءة الطاقة حسب وسيلة كل نقل وفق الشكل الموالي.

[32] Zhihan Lv, Wenlong Shang, Impacts of intelligent transportation systems on energy conservation and emission reduction of transport systems: A comprehensive review, Green Technologies and Sustainability, Volume 1, Issue 1, January 2023, 100002.

[33] Noah Kaiser, Christina K. Barstow, Rural Transportation Infrastructure in Low- and Middle-Income Countries: A Review of Impacts, Implications, and Interventions, Sustainability journal, 14(4), 2022, p2119.

**الشكل 3-7:** كفاءة الطاقة حسب وسيلة النقل




**Source:** Transport geography, Energy Efficiency by Transportation Mode, cit 15-09-2024: https://transportgeography.org/contents/chapter4/transportation-and-energy/transportation-mode-energy-efficiency/

## المطلب الخامس: استهلاك الطاقة حسب أنواع النقل

أظهر استهلاك الطاقة اختلافات نمطية كبيرة حسب كل نوع.

### الفرع الأول - النقل البري:

يمثل النقل البري الغالبية العظمى من استهلاك الطاقة، ويستهلك النقل البري على الطرق وحدها، في المتوسط، 85% من إجمالي الطاقة المستخدمة من قبل قطاع النقل في الاقتصادات المتقدمة، ولا يكون هذا الاتجاه موحدًا داخل قطاع النقل البري[34]، حيث كان النقل البري على الطرق هو الطريقة الوحيدة تقريبًا المسؤولة عن الطلب الإضافي على الطاقة خلال السنوات الـ 25 الماضية، وعلى الرغم من انخفاض حصة السوق، فإن النقل السككي، على أساس 1 كغ من المكافئ النفطي، يظل أكثر كفاءة بأربعة أضعاف للركاب وأكثر كفاءة مرتين لنقل البضائع مقارنة بالنقل البري، ويحظى النقل السككي بحصة 6% من الطلب العالمي على الطاقة في النقل.

### الفرع الثاني - النقل البحري :

يمثل النقل البحري 80% من التجارة العالمية عبر الحدود، كما قيست من حيث الحجم، وطبيعة النقل المائي واقتصاديات الحجم تجعله الطريقة الأكثر كفاءة من حيث الطاقة لأنه يستخدم 7% فقط من إجمالي الطاقة المستهلكة في أنشطة النقل، وهو رقم أقل بكثير من مساهمته في تنقل البضائع، ومع ذلك، فإن استهلاك الوقود يعد مدخلًا مهمًا في الشحن البحري، وهو مرتبط بتصميم السفينة (الهيدروديناميكا)

[34] Stefano Faberi, Loriana Paolucci, Trends and policies for energy savings and emissions in transport, ODYSSEE, September 2015, 41-42.

ومستوى الاستخدام والسرعة التشغيلية ووقت التوقف (الانتظار في الموانئ) وحتى الظروف الجوية، وبالنسبة لعمليات المحطات، تختلف الأرقام، ولكن محطة الحاويات عادة ما يتم توفير 70% من استهلاك الطاقة فيها من خلال الوقود الأحفوري (مثل معدات الساحة) و 30% من خلال الكهرباء (مثل الأجهزة الرافعة).

**الفرع الثالث- النقل الجوي:**

يلعب النقل الجوي جزءًا لا يتجزأ في عولمة شبكات النقل[35]، وتشكل صناعة الطيران 8% من الطاقة المستهلكة من قبل النقل، ويحظى النقل الجوي بمستويات استهلاك طاقة عالية مرتبطة بالسرعات العالية، ويعتبر الوقود ثاني أكبر تكلفة لصناعة النقل الجوي، حيث يمثل 13-20% من إجمالي النفقات، وقد أدت الابتكارات التكنولوجية، مثل المحركات الأكثر كفاءة والهوائية الديناميكية الأفضل، إلى تحسين كفاءة الطاقة بشكل مستمر لكل جيل جديد من الطائرات.

يمكن إجراء تمييزات أخرى في استهلاك الطاقة في النقل بين تنقل الركاب والبضائع، اعتمادًا على التكوينات النمطية المختلفة.

**الفرع الرابع- نقل الركاب:**

يمثل نقل الركاب من 50 إلى 60% من استهلاك الطاقة المستمد من أنشطة النقل، والسيارة الخاصة هي الطريقة المهيمنة ولكنها تتميز بأداء طاقة ضعيف، على الرغم من أن هذا الأداء شهد تحسينات كبيرة منذ السبعينيات، ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى زيادة كفاءة استهلاك الوقود، ولا يوفر سوى 12 إلى 30% من الوقود الذي تستخدمه السيارة قوة دفع، اعتمادًا على نوع المركبة، وتوجد علاقة وثيقة بين ارتفاع الدخل وملكية السيارات والمسافة التي تقطعها السيارة[36]، وللولايات المتحدة واحدة من أعلى مستويات ملكية السيارات في العالم، حيث توجد سيارة لكل شخصين، ومن الاتجاهات الأخرى زيادة ملكية السيارات الصغيرة متعددة الاستخدامات وسيارات الدفع الرباعي للاستخدام الشخصي والانخفاض المقابل في كفاءة استهلاك الوقود .ومع ذلك، يتأثر استهلاك الوقود بالعوائد المتناقصة، مما يعني أن المستويات الأعلى من كفاءة استهلاك الوقود تنطوي على مكاسب هامشية متناقصة في استهلاك الوقود، كما أن التغيرات في المسافات التي تقطعها المركبات مرتبطة بالتغيرات في أسعار الطاقة، مما يؤكد وجود مرونة لاستخدام المركبات، وينطوي الانتقال نحو السيارات الكهربائية على تأثيراتها المزعجة على الشبكات الكهربائية المحلية، حيث يتم إعادة شحن معظم المركبات في المنزل، وتتطلب طرق التنقل الحضرية الصغيرة، مثل الدراجات الكهربائية والدراجات البخارية، أيضًا طاقة كهربائية إضافية على الشبكات المحلية.

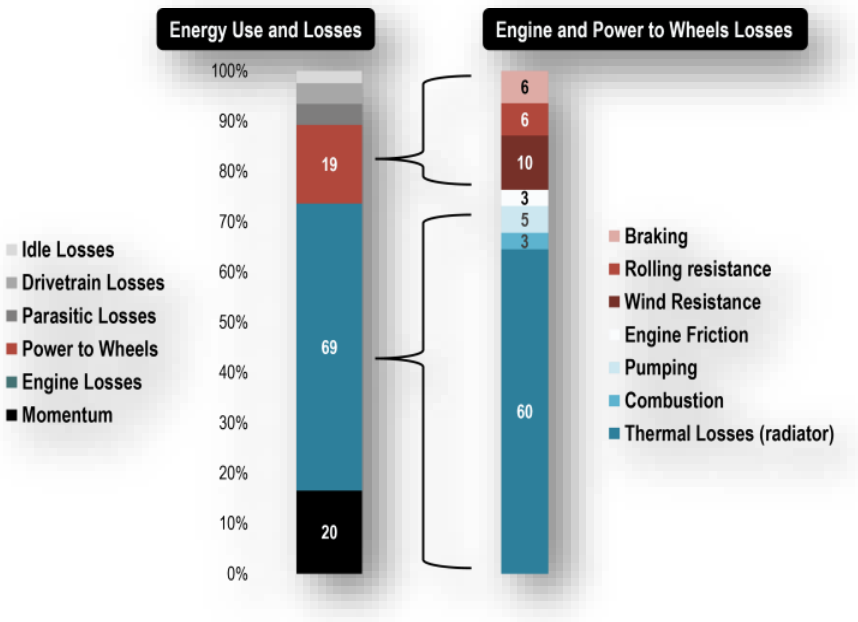
[35] Andreas W. Schäfer, Ian A. Waitz, Air transportation and the environment, Transport Policy, Volume 34, July 2014, pp1-4.

[36] Joyce Dargay, The effect of income on car ownership: evidence of asymmetry. Transportation Res Part A: Policy Practice, Transportation Research Part A Policy and Practice 35(9), November 2001, pp807-821.

**الفرع الخامس - نقل البضائع:**

يمثل نقل البضائع من 40 إلى 50% من استهلاك الطاقة المستمد من أنشطة النقل، ويهيمن النقل البري، حيث يمثل 80% من استهلاك الطاقة المحلية في معظم الاقتصادات .والنقل السككي والشحن البحري[37]، الطريقتان الأكثر كفاءة من حيث الطاقة، لديهما مستويات استهلاك طاقة هامشية أكبر، وتوفر الطرق المائية الساحلية والداخلية أيضًا طريقة فعالة من حيث الطاقة لنقل الركاب والبضائع، ونظرًا لهذه المزايا من حيث الطاقة، فإن الشحن البحري الساحلي يعتبر بديلاً للنقل وجزءًا من سياسات النقل في البلدان ذات الخطوط الساحلية الواسعة، ويستند المبرر لتفضيل الملاحة الساحلية والداخلية إلى معدلات استهلاك الطاقة الأدنى والعوامل الخارجية الأدنى بشكل عام للنقل المائي.

**الشكل3-8:** الاستخدام النموذجي لطاقة السيارة




**Source:** Transport geography, Typical Energy Use for a Car, cit 15-09-2024: https://transportgeography.org/contents/chapter4/transportation-and-energy/typical-car-use/

**المطلب السادس: النفط "وقود النقل":**

تعتمد معظم طرق النقل على أشكال مختلفة من محرك الاحتراق الداخلي، حيث إن التكنولوجيتين الأكثر بروزًا هما محرك الديزل وتوربين الغاز، حيث إنهما محور العولمة، وفي حين أن محركات السفن والشاحنات هي تعديلات لمحرك الديزل[38]، فإن محركات الطائرات النفاثة هي تعديل لتوربين الغاز، ويعتمد النقل بشكل شبه كامل (90%) على منتجات النفط، باستثناء السكك الحديدية التي تستخدم الطاقة الكهربائية، وفي حين ظل استخدام النفط في القطاعات الاقتصادية الأخرى، مثل الصناعة وتوليد الكهرباء، مستقراً نسبياً، فإن النمو

[37] Jingjing Zhao, Shahram Heydari, Michael Forrest, Alan Stevens, John Preston, Investigating correlates of personal and freight road transport energy consumption: A case study of England, Journal of Transport Geography, Volume 112, October 2023, 103693.

[38] P.K. Senecal, Felix Leach, Diversity in transportation: Why a mix of propulsion technologies is the way forward for the future fleet, Results in Engineering journal, Volume 4, December 2019, 100060.

في الطلب على النفط يعزى بشكل أساسي إلى النمو في الطلب على النقل، ومع ذلك، فإن حصة النفط المستخدمة في قطاع النقل آخذة في الانخفاض تدريجياً مع إدخال مصادر بديلة مثل السيارات الكهربائية، ما يختلف هو نوع وجودة الوقود المشتق من النفط المستخدم، بينما يعتمد النقل البحري على وقود البونكر(وقود السفن) منخفض الجودة، يتطلب النقل الجوي وقودJet-A ، وهو وقود متخصص يحتوي على إضافات، ويتميز النقل البري بالتجزئة الشديدة، حيث يعتمد 85% من السيارات على البنزين، بينما يعتمد 90% من الشاحنات على الديزل.

ومن الجدير بالذكر مبدأ الاحتراق الكيميائي للهيدروكربونات .بالنسبة للغالبية العظمى من محركات الاحتراق الداخلي، يعمل البنزينC8H18، محركات دورة أوتو بأربعة "شوت" كوقود، ولكن يتم استخدام مصادر أخرى مثل الميثانCH4، توربينات الغاز، والديزل (معظم الشاحنات) ووقود البونكر (للسفن) والكروسين (توربوفينات الطائرات النفاثة، وينتج البنزين حوالي 46000 وحدة حرارية بريطانية لكل كيلوغرام محترق، مما يتطلب من 16 إلى 24 كغ من الهواء، ويتسبب الطاقة المنطلقة من الاحتراق في ارتفاع درجة حرارة منتجات الاحتراق، وتؤثر العديد من العوامل والظروف على مستوى الاحتراق في محرك الاحتراق الداخلي لتوفير الزخم والحفاظ على الظروف التشغيلية الفعالة، وتعتمد درجة الحرارة المحققة على معدل إطلاق وتبديد الطاقة وعدد منتجات الاحتراق، والهواء هو المصدر الأكثر توافراً للأكسجين[39]، ولكن نظرًا لأن الهواء يحتوي أيضًا على كميات هائلة من النيتروجين، يصبح النيتروجين المكون الرئيسي لمنتجات الاحتراق، ويمكن زيادة معدل الاحتراق من خلال تقسيم الوقود بدقة لزيادة مساحته السطحية، وبالتالي معدل تفاعله وخلطه مع الهواء لتوفير الكمية اللازمة من الأكسجين، وإذا كان الاحتراق مثاليًا، فإن الانبعاثات وبالتالي التأثيرات البيئية المحلية للنقل ستكون ضئيلة، باستثناء انبعاثات ثاني أكسيد الكربون[40]، والتحدي يكمن في أن الاحتراق في محركات الاحتراق الداخلي غير مثالي وغير كامل لسببين:

أولاً، لا يعد الوقود والمؤكسد نقياً، مما يتسبب في احتراق غير كامل، وعلى الرغم من أن عملية التكرير توفر وقودًا "نظيفًا"، إلا أن البنزين معروف بوجود شوائب مثل الكبريت (0.1إلى 5%) والهيدروكربونات الأخرى (مثل البنزين والبوتادين، وبالمقارنة، يتكون الهواء من 78% نيتروجين و21% أكسجين، وبالتالي، فإن المكونات الكيميائية الأخرى جزء من عملية الاحتراق.

ثانيًا، ويرجع ذلك جزئيًا إلى السبب الأول وجزئيًا بسبب تكنولوجيا المحرك، فإن الاحتراق غير الكامل ينبعث منه أيضًا بقايا أخرى، ويحدث الاحتراق في محرك ما عند معدل متوسط قدره 25 مرة في الثانية، مما يترك وقتًا محدودًا لإتمام عملية الاحتراق الكاملة، وبالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون والماء[41]، فإن محرك الاحتراق

[39] André Gardel, DEFINITIONS AND SOURCES OF ENERGY, **Energy: Economy and Prospective**, 1981, cit 24-09-2024: https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/combustion-energy

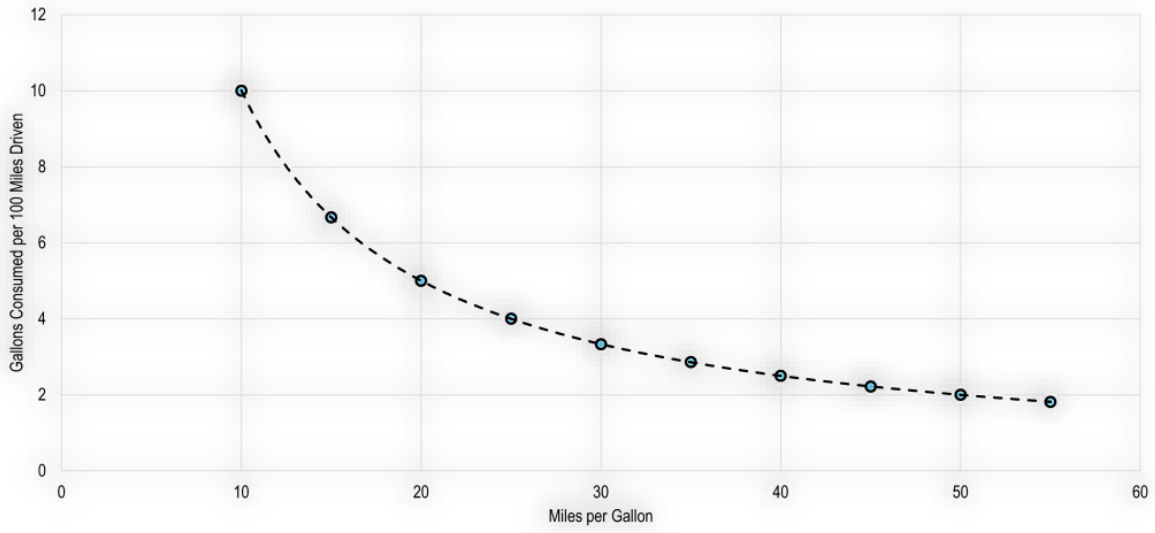
[40] Zofia Kalicka, Wojciech JERZAK, Elżbieta Kawecka Cebula, **The Effect of Combustion of Natural Gas With 21–29% O2/CO2/N2Mixtures on Emission of Carbon Monoxide**, Archives of Environmental Protection 39(4), February 2014, pp93-103.

[41] Amin Paykani, Hamed Chehrmonavari, Athanasios Tsolakis, Terry Alger, William F. Northrop, Rolf D. Reitz, **Synthesis gas as a fuel for internal combustion engines in transportation**, Progress in Energy and Combustion Science, Volume 90, May 2022, 100995.

الداخلي النموذجي ينتج أول أكسيد الكربون (CO) والهيدروكربونات (البنزين والفورمالديهايد والبوتادين والأستالديهيد) والمركبات العضوية المتطايرة (VOC) وثاني أكسيد الكبريت (SO2) والجسيمات وأكسيدات النيتروجين(NOx) ، وتعد منتجات الاحتراق هذه الملوثات الرئيسية المنبعثة في البيئة من النقل.

بالإضافة إلى الاحتراق غير الكامل وغير الكامل للهيدروكربونات، هناك ثلاثة عوامل رئيسية تؤثر على معدل الاحتراق وبالتالي انبعاثات الملوثات، وهي خصائص المركبة (حيث يمكن أن تلعب التحسينات التكنولوجية دورًا) وخصائص القيادة (حيث يمكن أن تلعب التخطيط والتنظيم دورًا) والظروف الجوية، ويحول محرك الاحتراق الداخلي أقل من ثلث الطاقة المستهلكة إلى زخم، ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى الاحتكاك، وبالنسبة للمحركات الكهربائية، فإن هذه النسبة تزيد عن 80%.

**الشكل3-9:** استهلاك الوقود وكفاءته




**Source:** Transport geography, Fuel Consumption and Fuel Efficiency, cit 15-09-2024: https://transportgeography.org/contents/chapter4/transportation-and-energy/fuel-consumption-efficiency/

مدى استمرار الوقود الأحفوري في أن يكون المصدر الأساسي لمعظم أنواع وقود النقل محل جدل أيضا، ولكن الفجوة بين العرض والطلب، التي كانت كبيرة في السابق، تتناقص، وهو تأثير يتضاعف بسبب احتمال أن يصل إنتاج النفط العالمي إلى ذروته في النهاية .ويتطلب الارتفاع المطرد في الطلب من الاقتصادات النامية، ولا سيما الصين والهند، مخرجات إضافية، وهذا يثير مخاوف بشأن قدرة كبار منتجي النفط على تلبية هذا الطلب العالمي المتزايد والدائم. لا يمكن في الفترة الحالية أن ينفد النفط من المنتجين، ولكن قد لا تكون الخزانات الحالية قادرة على إنتاج الحجم المتزايد من النفط الذي يحتاجه العالم يوميًا، وهذا على الرغم من وجود وفورات من الحقول تحت الأرض يمكن استخراج النفط منها بسهولة[42]، وهناك حدود جيولوجية لإنتاج الحقول الحالية .وهذا يشير إلى الحاجة إلى العثور على احتياطيات إضافية لتعويض الانخفاض في إنتاج الحقول الحالية، وقد لا تكون إضافات الاحتياطيات كافية لتعويض هذا الطلب المتزايد، ولكن التحسينات

[42] Group-met, Pros And Cons Of Fossil Fuels & Why Can Fossil Fuels Be Good?, pub July 6-2020, cit 18-09-2024: https://group.met.com/en/mind-the-fyouture/mindthefyouture/pros-and-cons-of-fossil-fuels

التكنولوجية سمحت باستغلال احتياطيات البيتومين والنفط الصخري، ومع ذلك، فإن استخراج مثل هذه الاحتياطيات يتطلب الكثير من الطاقة والمياه .ويتطلب إنتاج 1 برميل من البيتومين حرق ما يعادل 10-20% من محتواه من الطاقة.

عادة ما تحفز أسعار الوقود المرتفعة تطوير البدائل، ولكن الطلب على وقود السيارات النفطي غير مرن نسبيًا، وتؤدي الأسعار المرتفعة إلى تغييرات هامشية للغاية في الطلب على الوقود، وكان يعتبر ما يعادل 100 دولار للبرميل عتبة تحد من الطلب على وقود السيارات وتؤدي إلى انخفاض في كيلومترات الركاب والبضائع، وتشير الأدلة إلى أن ارتفاع أسعار النفط كان له تأثير محدود على متوسط معدل النمو السنوي للتمويل العالمي، ويشير تحليل تطور استخدام الوقود الأحفوري إلى أنه في اقتصاد السوق[43]، يؤدي إدخال أنواع الوقود البديلة إلى زيادة الاستهلاك العالمي لكل من الوقود الأحفوري والبديل وليس إلى استبدال النفط الخام بالوقود البديل، وهذا يشير إلى أنه في المرحلة الأولية لدورة انتقال الطاقة[44]، يكمل مصدر الطاقة الجديد الإمداد الحالي حتى يصبح مصدر الطاقة الجديد تنافسيًا من حيث السعر ليصبح بديلاً، ويتسبب وجود أنواع الوقود المتجددة وغير المتجددة في تحفيز سوق الطاقة مع الزيادة المصاحبة في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وإنتاج أنواع الوقود البديلة يضاف إلى أنواع الوقود الأحفوري الموجودة ولا يحل محلها.

إن الفجوة بين العرض والطلب، التي كانت كبيرة في السابق، تتناقص، وهو تأثير يتضاعف بسبب احتمال أن يصل إنتاج النفط العالمي إلى ذروته في النهاية، ويتطلب الارتفاع المطرد في الطلب من الاقتصادات النامية، ولا سيما الصين والهند، مخرجات إضافية، وهذا يثير مخاوف بشأن قدرة كبار منتجي النفط على تلبية هذا الطلب العالمي المتزايد والدائم .ولا ينفد النفط من المنتجين، ولكن قد لا تكون الخزانات الحالية قادرة على إنتاج الحجم المتزايد من النفط الذي يحتاجه العالم يوميًا .، وهناك حدود جيولوجية لإنتاج الحقول الحالية، وهذا يشير إلى الحاجة إلى العثور على احتياطيات إضافية لتعويض الانخفاض في إنتاج الحقول الحالية، وقد لا تكون إضافات الاحتياطيات كافية لتعويض هذا الطلب المتزايد، ولكن التحسينات التكنولوجية سمحت باستغلال احتياطيات البيتومين والنفط الصخري .ومع ذلك، فإن استخراج مثل هذه الاحتياطيات يتطلب الكثير من الطاقة والمياه، ويتطلب إنتاج 1 برميل من البيتومين حرق ما يعادل 10-20% من محتواه من الطاقة.

يتمثل الشاغل الرئيسي في كمية النفط التي يمكن ضخها إلى السطح يوميًا، خاصة عندما تصل حقول النفط الرئيسية إلى ذروتها في الإنتاج، وفي ظل هذه الظروف، من المؤكد أن ترتفع أسعار النفط على المدى المتوسط والطويل، مما يرسل إشارات سعرية كبيرة إلى سوق النقل، ويتعرض كيفية استجابة نظام النقل وتكيفه مع ارتفاع أسعار الطاقة للكثير من النقاش والتفسير من حيث نطاق الانتقال وتوقيته، ويمكن ملاحظة العواقب المحتملة التالية:

[43] Asmiragroup, The Impact of Fuel Prices on the Economy, pub October 13-2023, cit 15-09-2024: https://www.asmiragroup.com/en/news/2/blog/2035/the-impact-of-fuel-prices-on-the-economy.aspx

[44] Yen-Hsiung Kiang, Fossil Alternative Fuel, in Fuel Property Estimation and Combustion Process Characterization, 2018, cit 18-09-2024: https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/fossil-alternative-fuel

**الفرع الأول: العواقب المحتملة لارتفاع أسعار النفط**

**أولا- النقل البري:** فيما يتعلق بالسيارة، يمكن أن تؤدي أسعار النفط المرتفعة إلى تغييرات في عدة مراحل، وفي البداية، ويمتص الركاب التكاليف المرتفعة من خلال خفض إنفاقهم التقديري، واعتمادًا على مستوى إنتاجيتها، يمكن أن تظهر العديد من الاقتصادات مرونة كبيرة، وستشهد المرحلة التالية تغييرات في أنماط التنقل (مثل ركوب السيارات المشتركة والتشارك في السيارات)، ومحاولات استخدام النقل العام، والتبني السريع للمركبات ذات الكفاءة العالية في استهلاك البنزين[45]، والبحث عن بدائل نقل أخرى، وقد تظهر أيضًا علامات الضغط على البنية المكانية الحالية مع زيادة وضوح عدم استدامة المناطق المعتمدة على السيارات، وهناك دليل على وجود علاقة عكسية بين أسعار الوقود والمركبات - المسافات التي يقطعها في الولايات المتحدة، ومع ظهور التكاليف المرتفعة للتنقل والتأثيرات التضخمية لارتفاع أسعار النفط على الاقتصاد، قد لم يعد بإمكان الكثيرين تحمل العيش في الضواحي، ويمكن أن تبدأ المدن في الانهيار، وسيتصرف قطاع النقل البري بشكل مشابه، أولاً من خلال خفض أرباحهم ونفقاتهم التشغيلية مثل الجدولة، وتحقيق حمولة الشاحنة الكاملة، ومع ذلك، سيتم نقل الأسعار المرتفعة إلى عملائهم في النهاية.

1. **السكك الحديدية:** من المقرر أن يستفيد هذا النمط بشكل كبير من ارتفاع أسعار الطاقة لأنه الطريقة الأكثر كفاءة من حيث الطاقة في النقل البري .والسكك الحديدية أكثر كفاءة من حيث الطاقة بثلاثة أضعاف من النقل البري، ولا يزال مستوى الاستبدال للركاب والبضائع غير مؤكد وسيتوقف على الحصة السوقية الحالية ومستوى الخدمة التي يقدمونها، وفي أمريكا الشمالية، يتمتع النقل السككي للركاب بإمكانات محدودة، بينما في أوروبا وآسيا والمحيط الهادئ، يفترض النقل السككي للركاب بالفعل حصة سوقية كبيرة، ويتمتع توزيع البضائع في أمريكا الشمالية بميزة بالنسبة للنقل السككي للبضائع نظرًا لأن السكك الحديدية تمثل حصة كبيرة من أطنان-كيلومترات، وفي الوقت نفسه، فإن هذا الرقم أقل أهمية بالنسبة للمناطق الأخرى من العالم، ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى المسافات المتضمنة وتجزئة النظام .وقد يكون هناك دفع نحو كهربة الممرات الاستراتيجية طويلة المسافة وتطوير مرافق التعامل مع البضائع الأكثر كفاءة[46]، وبالتالي، من المحتمل أن تؤثر أسعار الطاقة المرتفعة على النقل البري لمسافات طويلة بشكل مختلف اعتمادًا على الإعداد الجغرافي وظروف النظام الحالي.

**ثانيا - النقل الجوي:** يمكن أن يتأثر هذا النمط بشكل كبير، سواء بالنسبة للركاب أو البضائع، ويعد النقل الجوي صناعة تنافسية للغاية ذات هوامش ربح منخفضة، وتمثل أنواع الوقود حوالي 40% من النفقات التشغيلية لشركة النقل الجوي، ومع ذلك، نظرًا لأن معظم التكاليف الأخرى ثابتة، فإن أي تغيرات في أسعار الطاقة تنعكس مباشرة على أسعار النقل الجوي، ومن المحتمل أن يؤثر ارتفاع أسعار الطاقة على المدى الطويل، كما هو موضح في وقود الطائرات النفاثة، على السفر الجوي التقديري (خاصة السياحة)، ولكن

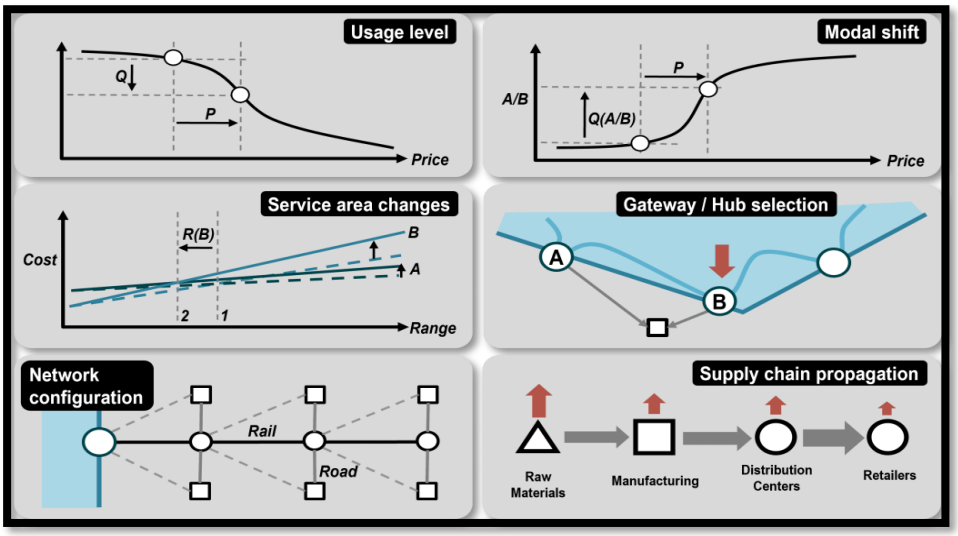
[45] Jean-Paul Rodrigue, Transportation and Energy, cit 15-09-2024: https://transportgeography.org/contents/chapter4/transportation-and-energy/

[46] Michael Mussa, The Impact of Higher Oil Prices on the Global Economy, INTERNATIONAL MONETARY FUND, December 8-2000, pp23-24.

النقل الجوي للبضائع، نظرًا لقيمته العالية، يمكن أن يتأثر بشكل أقل، وتساعد التطورات التكنولوجية على الحفاظ على تنافسية النقل الجوي من خلال الطائرات الأكثر كفاءة في استهلاك الوقود.

**ثالثا - النقل البحري:** من المحتمل أن يتأثر هذا النمط بشكل طفيف لأنه الأكثر كفاءة من حيث الطاقة، ولكن الوقود مكون مهم من مكونات التكاليف التشغيلية للسفينة، وتميل استجابة شركات الشحن البحرية لارتفاع أسعار الطاقة إلى خفض السرعة (التبخير البطيء)، مما قد يؤثر على جدولة مكالمات الموانئ[47]، وعلى المدى الطويل، قد تؤثر أسعار الطاقة المرتفعة بشكل غير مباشر على النقل البحري من خلال خفض الطلب على حركات البضائع لمسافات طويلة وحث مكالمات الموانئ في الموانئ التي لديها أكثر الاتصالات المباشرة والفعالة في المناطق الداخلية، بالإضافة إلى ذلك، قد يفضل هذا السياق تطوير الخدمات الساحلية والنهري القصيرة حيثما كان ذلك ممكنًا، وقد أن تؤدي أسعار الطاقة المرتفعة إلى تغييرات ملحوظة في الاستخدام والأنماط والشبكات وإدارة سلسلة التوريد، ومن منظور كلي، ونظرًا لأن النقل نظام معقد للغاية، فإن تقييم نتيجة ارتفاع أسعار الطاقة لا يزال محفوفًا بالمخاطر، ما يبدو مرجحًا للغاية هو ترشيد قوي، والتحول نحو طرق أكثر كفاءة في استخدام الطاقة، فضلاً عن مستوى أعلى من التكامل بين الطرق لخلق آثار مضاعفة في كفاءة الطاقة .ومع دخول تكاليف النقل المرتفعة حيز التنفيذ، خاصة بالنسبة للحاويات، ستعيد العديد من الأنشطة التصنيعية النظر في مواقع مرافق الإنتاج لتكون أقرب إلى الأسواق "القرب من المصادر"، وفي حين أن أنظمة النقل الرخيصة والفعالة فضلت العولمة، فإن العلاقات الجديدة بين النقل والطاقة من المحتمل أن تعيد هيكلة البنية العالمية للإنتاج والتوزيع نحو الإقليمية، ويتم تفضيل هذه العملية أيضًا من خلال الاختلافات الأقل حدة في تكاليف العمالة والدفع نحو الأتمتة.

**الشكل 3-10:** التأثيرات المحتملة لارتفاع أسعار الطاقة على النقل



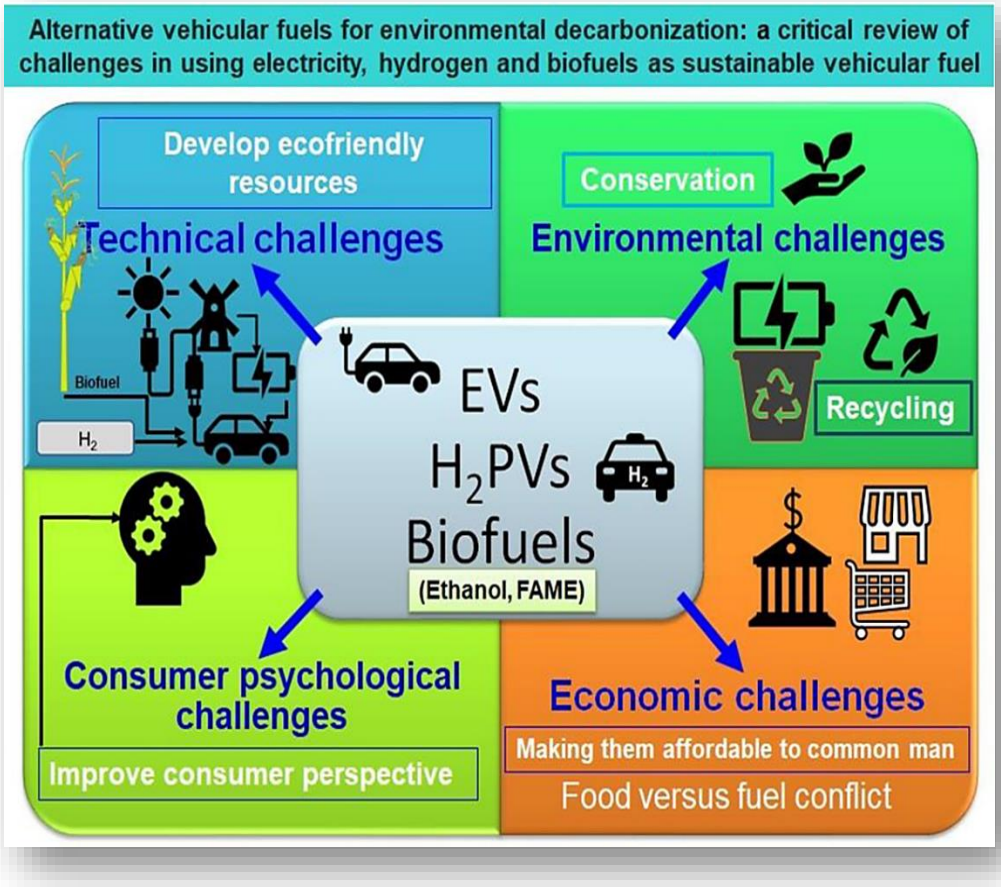

**Source:** Jean-Paul Rodrigue, Potential Impacts Of High Energy Prices On Transportation, Pub MAY 17-2022, Cit 18-09-2024: Https://Transportgeography.Org/Potential-Impacts-Of-High-Energy-Prices-On-Transportation/

[47] René Taudal Poulsen, Martin Viktorelius, Hanna Varvne, Hanna Barbara Rasmussen, Hannes von Knorring, Energy efficiency in ship operations - Exploring voyage decisions and decision-makers, Transportation Research Part D: Transport and Environment, vol 102, January 2022, 103120.

**المطلب السابع: النقل والوقود البديل:**

عادة ما يتم تفضيل مصدر الطاقة الأقل تكلفة، ويحدث هيمنة أنواع الوقود المشتقة من النفط نتيجة البساطة النسبية التي يمكن بها تخزينها واستخدامها في محركات الاحتراق الداخلي، ويمكن أيضًا استخدام أنواع الوقود الأحفوري الأخرى (الغاز الطبيعي والبروبان والميثانول) كوقود للنقل ولكنها تتطلب نظام تخزين أكثر تعقيدًا[48]، وتتمثل القضية الرئيسية المتعلقة بالاستخدامات واسعة النطاق لأنواع الوقود البديلة في الاستثمارات الرأسمالية الكبيرة المطلوبة في مرافق التوزيع مقارنة بالوقود التقليدي، والقضية الأخرى هي أنه من حيث كثافة الطاقة، تتميز أنواع الوقود البديلة هذه بكفاءة أقل من البنزين وبالتالي تتطلب حجمًا أكبر من التخزين على متن الطائرة لتغطية المسافة المكافئة لمركبات البنزين إذا تم الحفاظ على الأداء ثابتًا. والشكل الموالي 3-11 يوضح مخطط عمل الوقود البديل للمركبات من أجل إزالة الكربون من البيئة.

**الشكل 3-11**: مخطط عمل الوقود البديل للمركبات من أجل إزالة الكربون من البيئة




**Source:** Bhanu Prakash Sandaka, Jitendra Kumar, Alternative vehicular fuels for environmental decarbonization: A critical review of challenges in using electricity, hydrogen, and biofuels as a sustainable vehicular fuel, Chemical Engineering Journal Advances, vol 14, 15 May 2023, 100442.

[48] John McCaw, Four Alternative Fuels For Transportation Companies, pub April 20-2021, cit 15-09-2024: https://www.breakthroughfuel.com/blog/overview-alternative-transportation-fuels/

وتجذب أنواع الوقود البديلة في شكل الموارد غير النفطية الخام اهتمامًا كبيرًا نظرًا للطابع غير المتجدد للوقود الأحفوري والحاجة إلى تقليل انبعاثات الملوثات الضارة والكربون[49]، ومن بين البدائل الأكثر انتشارًا التي يتم النظر فيها:

**الفرع الأول- الغاز الطبيعي المضغوط :(CNG)** يعد الغاز الطبيعي أحد أكثر أنواع الوقود البديلة استخدامًا في النقل، وهو متوفر بشكل كبير في العديد من البلدان، ويتم استخدامه بشكل أساسي في السيارات والشاحنات والحافلات، ويعتبر بديلاً نظيفًا للبنزين والديزل[50]، حيث ينبعث منه انبعاثات أقل من الملوثات المحلية، ومع ذلك، فإن البنية التحتية لتوزيع الغاز الطبيعي المضغوط لا تزال في طور التطور، مما يحد من انتشارها.

**الفرع الثاني- الغاز الطبيعي المسال (LNG)** يتم تحويل الغاز الطبيعي إلى الحالة السائلة لتسهيل تخزينه ونقله لمسافات طويلة، ويعتبر LNG بديلاً جذابًا للوقود البحري، حيث يمكن أن يقلل من انبعاثات الكربون بشكل كبير، ومع ذلك، فإن التكاليف الأولية لبناء محطات LNG والتعديلات اللازمة للسفن يمكن أن تكون مرتفعة.

**الفرع الثالث- الهيدروجين:** يُعد الهيدروجين مصدر طاقة نظيفًا ومعدنيًا، حيث يتفاعل مع الأكسجين لإنتاج الكهرباء والماء، ويمكن استخدام الهيدروجين في خلايا الوقود لتشغيل المركبات[51]، مما يوفر خيارًا خالياً من الانبعاثات، ومع ذلك، لا تزال هناك تحديات في إنتاج وتخزين ونقل الهيدروجين على نطاق واسع، مما يحد من انتشاره في قطاع النقل.

**الفرع الرابع- الكهرباء :**تعد السيارات الكهربائية واحدة من أسرع أنواع المركبات نموًا، حيث يتم تشغيلها بالبطاريات التي يتم شحنها من مصادر الطاقة الكهربائية، وتوفر السيارات الكهربائية خيارًا خالياً من الانبعاثات المحلية، ولكنها تعتمد على شبكة الكهرباء التي قد لا تكون خالية من الكربون بالكامل، وتتطلب البنية التحتية لشحن السيارات الكهربائية أيضًا تطويرًا وتوسعًا.

**الفرع الخامس- الوقود الحيوي :**يتم إنتاج الوقود الحيوي من المواد العضوية القابلة للتجديد، مثل النباتات والفضلات الزراعية، ويمكن استخدام الوقود الحيوي في محركات الاحتراق الداخلي كبديل للوقود الأحفوري، ومع ذلك، فإن إنتاج الوقود الحيوي يمكن أن يؤدي إلى ارتفاع أسعار المواد الغذائية وتدمير الغابات.

**الفرع السادس- الطاقة الشمسية :**يمكن استخدام الطاقة الشمسية لتشغيل المركبات الكهربائية عن طريق تركيب ألواح شمسية على أسطحها .ومع ذلك، فإن الاعتماد الكامل على الطاقة الشمسية قد يكون غير عملي في العديد من المناطق، حيث قد لا تكون هناك ساعات كافية من أشعة الشمس المباشرة لتوفير الطاقة اللازمة للتنقل.

---

[49] Saket Mundra, shika Shyamkishore, Ramesh Bhande, Alternative Transportation Fuels, World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences, 7(2), 07- 2022 ,pp 044-053, DOI:10.30574/wjaets.2022.7.2.0123

[50] Ayhan Demirbas, Alternative Fuels for Transportation, ENERGY EXPLORATION & EXPLOITATION, Volume 24, N 1-2, 2006, pp45–54.

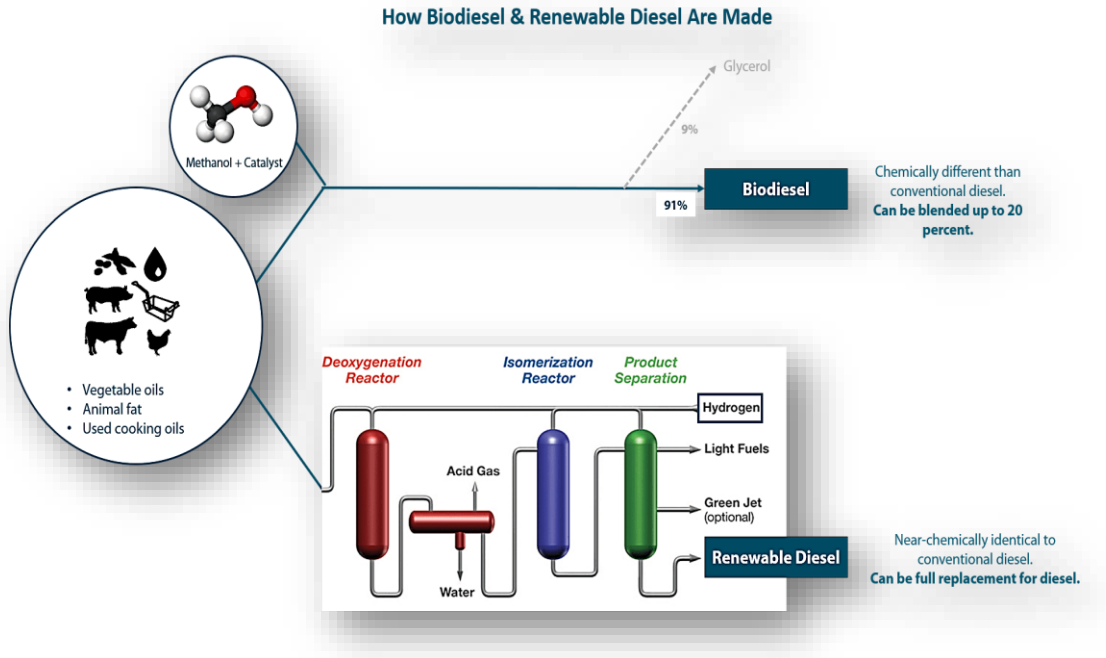
[51] lhyfe-heroes, Understanding what a hydrogen battery is, pub 09-08-2024, cit 18-09-2024: https://www.lhyfe-heroes.com/about-hydrogen/what-is-a-hydrogen-battery

**الفرع السابع- طاقة الرياح** :يمكن استخدام طاقة الرياح لتوليد الكهرباء التي يمكن بعد ذلك استخدامها لتشغيل المركبات الكهربائية، ومع ذلك، فإن الاعتماد الكامل على طاقة الرياح قد يكون غير عملي في العديد من المناطق، حيث قد لا تكون هناك رياح كافية لتوفير الطاقة اللازمة للتنقل.

يمكن إنتاج أنواع الوقود الحيوي مثل الإيثانول والميثانول والبيوديزل من تخمير محاصيل الغذاء (قصب السكر والذرة والحبوب، غالبًا ما تسمى وقود الجيل الأول) أو الكتلة الحيوية (مثل الخشب والأعشاب، وتسمى وقود الجيل الثاني)، ومع ذلك، يتطلب إنتاجها مناطق حصاد كبيرة قد تتنافس مع أنواع أخرى من استخدام الأراضي، ويرتبط هذا الحد بقدرة النباتات على امتصاص الطاقة الشمسية وتحويلها من خلال التمثيل الضوئي، ولا تلبي إنتاجية الكتلة الحيوية المنخفضة احتياجات الطاقة لقطاع النقل، علاوة على ذلك، فإن إنتاج الإيثانول عملية كثيفة الطاقة .ويمكن أيضًا الحصول على البيوديزل من مجموعة متنوعة من المحاصيل، وسيتوقف اختيار وقود الكتلة الحيوية إلى حد كبير على الاستدامة والكفاءة الطاقة لعملية الإنتاج.

ويعد الغاز الطبيعي وقودًا أكثر كفاءة واستدامة بيئيًا لقطاع النقل، ولا سيما في شكله المضغوط، وعلى الرغم من استخدام الغاز الطبيعي كوقود للنقل منذ أوائل القرن العشرين، إلا أن استخدامه ظل هامشيًا حتى أواخر القرن العشرين، وهو أكثر ملاءمة للأساطيل الكبيرة من المركبات التي تسافر على نطاق واسع من نقاط الخدمة (المستودعات والمستودعات)، مثل حافلات النقل العام أو شاحنات التوصيل، واعتبارًا من عام 2021، شكل الغاز الطبيعي 4% من استخدام وقود النقل.

**الشكل3-12:** كيف يتم تصنيع الديزل الحيوي والديزل المتجدد




**Source:** John McCaw, Four Alternative Fuels For Transportation Companies, pub 20-04-2021, cit 18-09-2024: https://www.breakthroughfuel.com/blog/overview-alternative-transportation-fuels/

غالبًا ما يتم ذكر الهيدروجين والأمونيا كبدائل محتملة، وتتكون الخطوات في استخدام الهيدروجين كوقود للنقل من إنتاج الهيدروجين عن طريق التحليل الكهربائي للماء أو استخراجه من الهيدروكربونات "هناك طرق

أخرى أيضًا"، ثم ضغط الهيدروجين أو تحويله إلى شكل سائل وتخزينه على متن مركبة، وأخيراً، باستخدام خلية الوقود لتوليد الكهرباء عند الطلب من الهيدروجين لتشغيل مركبة تعمل بمحرك[52]، وتعد خلايا الوقود الهيدروجينية أكثر كفاءة من حيث الطاقة من البنزين وتولد انبعاثات قريبة من الصفر، ورغم ذلك، يعاني الهيدروجين من عدة مشاكل، خاصة وأن الكثير من الطاقة يمكن أن تضيع في الإنتاج والتحويل والتخزين، ويتطلب تصنيع الهيدروجين إنتاج الكهرباء، إلى جانب ذلك، يتطلب تخزين الهيدروجين خزانات تخزين عند درجات حرارة منخفضة وضغط مرتفع، مما يضيف الوزن والحجم إلى المركبة، وهذا يشير إلى أن وقود الهيدروجين السائل سيكون بديلاً أفضل لتشغيل السفن والطائرات .وفي هذا الصدد، يقدم الأمونيا خيارًا كوقود هيدروجين سائل في درجات الحرارة المحيطة يمكن تركيبه بسهولة باستخدام عملية هابر-بوش (المخترعة في أوائل القرن العشرين) باستخدام النيتروجين الموجود في الهواء.

يتم النظر في الكهرباء كبديل لأنواع الوقود البترولي كمنبع للطاقة، وتعتبر السيارة الكهربائية البحتة بديلاً أكثر كفاءة من السيارة التي تعمل بوقود الهيدروجين، وليس هناك حاجة لتحويل الطاقة إلى كهرباء حيث يمكن للكهرباء المخزنة في البطارية تشغيل المحرك الكهربائي مباشرة[53]، وأيضا، فإن السيارة الكهربائية بالكامل أسهل وأرخص في التصنيع من سيارة تعمل بخلايا الوقود المقارنة، وتتمثل العقبات الرئيسية أمام تطوير السيارات الكهربائية في نقص أنظمة التخزين القادرة على توفير نطاقات القيادة والسرعات المشابهة لتلك الموجودة في المركبات التقليدية، وتجعل السعة الطاقة المنخفضة للبطاريات السيارة الكهربائية أقل تنافسية من محركات الاحتراق الداخلي التي تستخدم البنزين[54]، ولكن الوضع يتطور بسرعة لصالح السيارات الكهربائية، واعتبارًا من عام 2022، كانت السيارات الكهربائية المتاحة تجاريًا تمتلك مدى يبلغ حوالي 550 كيلومترًا (أقل في ظروف القيادة الحقيقية)، ولا يزال هذا غير مناسب للسفر لمسافات طويلة نظرًا لأن شحنها محدود، وقد يستغرق وقت الشحن وقتًا طويلاً (حتى 8 ساعات للشحن الكامل و30 دقيقة للشحن السريع بنسبة 80%)، خاصة مقارنةً بالتزود بالوقود القياسي لسيارة تعمل بالبنزين (5 إلى 10 دقائق)، وهي أكثر ملاءمة للرحلات اليومية القصيرة مع السكن كمكان الشحن الرئيسي، ومع تحسن التكنولوجيا، تتحسن كفاءة الطاقة والتكلفة للبطاريات، على سبيل المثال، بين عامي 2010 و 2020، انخفضت تكلفة بطاريات الليثيوم أيون بنسبة 85%، وتعد السيارات الكهربائية مناسبة تمامًا للنقل الحضري للركاب والبضائع بسبب المسافات الأقصر المتضمنة وتوافر محطات الشحن.

توفر المركبات الهجينة التي تتكون من نظام دفع يستخدم محرك احتراق داخلي يتم استكماله بمحرك كهربائي وبطاريات فرصًا لدمج كفاءة الكهرباء مع المدى الطويل للقيادة لمحرك الاحتراق الداخلي، ولا تزال

[52] Qusay Hassan, Aws Zuhair Sameen, Hayder M. Salman, Marek Jaszczur, Ali Khudhair Al-Jiboory, Hydrogen energy future: Advancements in storage technologies and implications for sustainability, Journal of Energy Storage, vol 72, 20 November 2023, 108404.

[53] Darshan Joshi, Hydrogen vs Electric Cars: Which is Better for the Future?, cit 15-08-2024: https://bacancysystems.com/blog/hydrogen-vs-electric-cars

[54] Shutterstock Allahfoto, Electric vehicles vs hydrogen fuel cell vehicles: Comparing the benefits, pub 18-06-2024, cit: 15-09-2024: https://www.innovationnewsnetwork.com/electric-vehicles-vs-hydrogen-fuel-cell-vehicles-comparing-the-benefits/45393/

المركبة الهجينة تستخدم الوقود السائل كمصدر أساسي للطاقة، ومع ذلك، يوفر المحرك الطاقة لتشغيل المركبة أو يتم استخدامه لشحن البطارية من خلال مولد كهربائي، أو يمكن أن يتم توفير الدفع من خلال الكهرباء التي تولدها البطارية، وعندما يتم تفريغ البطارية، يبدأ المحرك تلقائيًا بالعمل دون تدخل من السائق، ويمكن أيضًا تغذية المولد باستخدام طاقة الفرامل لإعادة شحن البطارية، ويؤدي تصميم الدفع هذا مساهمة كبيرة في كفاءة استهلاك الوقود بشكل عام، خاصة في المناطق الحضرية حيث تتسارع المركبات وتفرمل بشكل متكرر، ويبدو أن التطوير والتسويق الناجح للمركبات الهجينة هو الخيار الأكثر استدامة للمركبات التقليدية التي تعمل بمحركات البنزين على المدى المتوسط.

إن انتشار أنواع الوقود غير الأحفوري في قطاع النقل له قيود خطيرة، فارتفاع أسعار النفط أمر ملحوظ بمرور الوقت، إلا أنها بقيت دوما خاضعة لتقلبات كبيرة. أما مقارنة التكاليف بين مصادر الطاقة البديلة بالنسبة إلى أنواع الوقود الأحفوري أعلى في قطاع النقل مقارنة بأنواع أخرى من الأنشطة الاقتصادية، وهذا يشير إلى مزايا تنافسية أعلى للقطاعات الصناعية والمنزلية والتجارية والكهرباء والحرارة، وقد لا تكون أنواع الوقود المستمدة من مصادر الطاقة المتجددة تنافسية مع أنواع الوقود البترولي إلا إذا ارتفعت أسعار الطاقة بشكل كبير إلى جانب التحسينات التكنولوجية الكبيرة[55].

هناك اتجاه ناشئ يتضمن إزالة الكربون من النقل بهدف جعل أنظمة النقل محايدة الكربون، ويتطلب تحقيق مثل هذه النتيجة اتخاذ التدابير التي تم الدعوة إليها لعقود، مثل أنواع الوقود منخفضة الكربون وكفاءة المركبات والمعدات والتحول في الطريقة[56]، ولا يزال من غير الواضح ما إذا كان النقل المحايد الكربون قابلاً للتحقيق على المدى المتوسط نظرًا لأنه يتضمن انتقالات الطاقة كثيفة الاستثمار، وأنماط النقل مثل الشحن البحري لديها إمكانات أقل بكثير، ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى الأسباب التقنية، حيث إن محركات السفن ضخمة، ولا يمكن لتكنولوجيا أخرى غير محرك الاحتراق الداخلي توفير مستوى الطاقة هذا بسهولة، ويتمتع النقل الحضري، الذي يتميز بعمر خدمة المركبات الأقصر والاعتماد على النقل العام، بإمكانية أفضل للوصول إلى الحياد الكربوني.

## المبحث الثالث: كفاءة استخدام الطاقات المتجددة في قطاع النقل

منذ إدخال أول قطار يعمل بالبخار في عام 1804، أصبح الوقود الأحفوري يدير الغالبية العظمى من وسائل النقل على الأرض، وفي البحر، وفي الجو .يتم سنويًا استخدام حوالي 4.5 مليار طن من النفط، يُستخدم معظمها لتزويد النقل بالوقود؛ حيث يتم استخدام2.7 مليار طن مجتمعة في السيارات والشاحنات والطائرات والسفن.

[55] Sascha Samadi, Andreas Fischer, Stefan Lechtenböhmer, The renewables pull effect: How regional differences in renewable energy costs could influence where industrial production is located in the future, Energy Research & Social Science, vol104, October 2023, 103257.

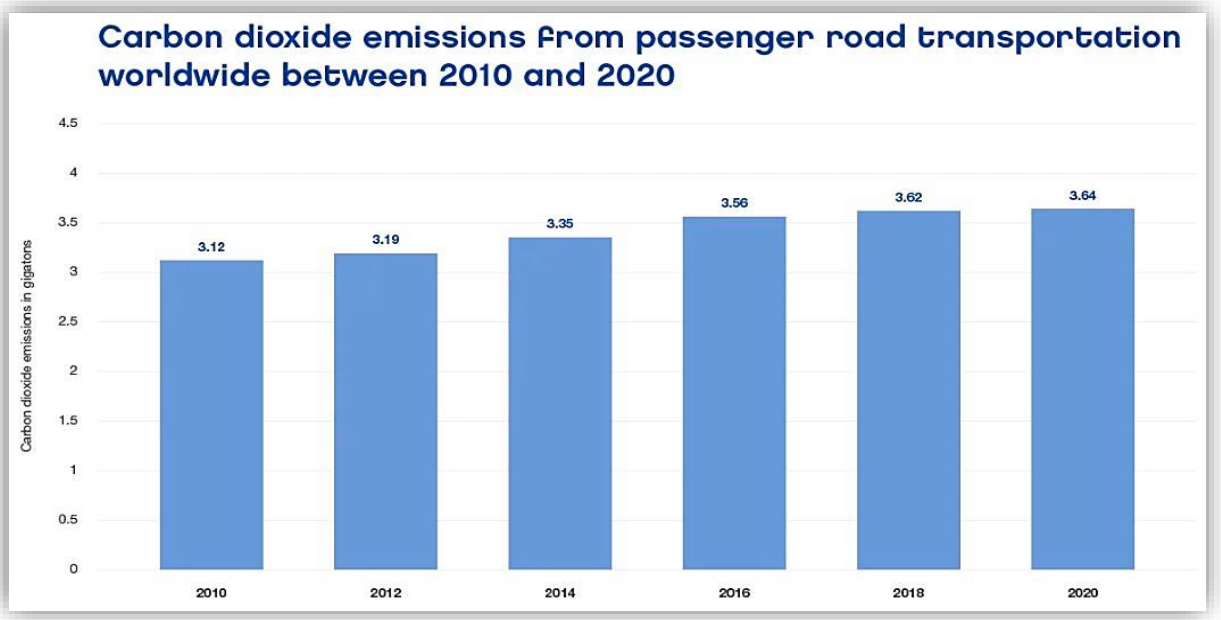
[56] Aleksy Kwilinski, Oleksii Lyulyov, Tetyana Pimonenko, Reducing transport sector CO2 emissions patterns: Environmental technologies and renewable energy, Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, vol 10, n1, March 2024, 100217.

الوقود الأحفوري مثل النفط والغاز الطبيعي والفحم هي موارد غير متجددة، يستغرق تشكيل إمدادات جديدة منها فترة زمنية طويلة جدًا. يؤدي استخدام الوقود الأحفوري الى انطلاق كميات هائلة من الكربون، الذي كان محاصرًا سابقًا في أعماق الأرض، في الغلاف الجوي على شكل$CO_2$ ، وهو الامر الذي يستدعي تدخلا عاجلا.

غالبًا ما تعتبر المركبات الكهربائية كحل أولي، ومن المؤكد أنها ستكون مفتاحًا للحد من الانبعاثات، ولكن الكهرباء وحدها لن تكون كافية، حيث أنه في عام 2020، حلت 10 ملايين سيارة كهربائية على الطريق محل جزء صغير فقط من جميع الوقود الأحفوري، ولكن حتى لو وصلنا إلى تقديرات الوكالة الدولية للطاقة البالغة 600 مليون سيارة كهربائية بحلول عام 2040، سنحل محل أقل من 15% من الوقود الأحفوري المستخدم اليوم.

يمكن أن يساعد الهيدروجين كبديل، ولكننا بحاجة إلى زيادة الإنتاج الأسي للهيدروجين الأخضر، لكنه لا يزال يمثل اليوم 1% فقط من إنتاج الهيدروجين، وتشير كل التقديرات الى انه سيستغرق بعض الوقت لتحقيق معدلات مهمة. كما تبدو الوقود المصنوعة من الهيدروجين و $CO_2$واعدة للغاية، لكنها تتطلب أيضًا الهيدروجين الأخضر.

**الشكل 3-13:** انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من النقل البري للركاب في جميع أنحاء العالم بين عامي 2010 و2020




**Source:** Neste, Why does transport need renewable fuels?, pub12-08-2024: https://www.neste.com/news-and-insights/transportation/transportation-and-renewable-fuels

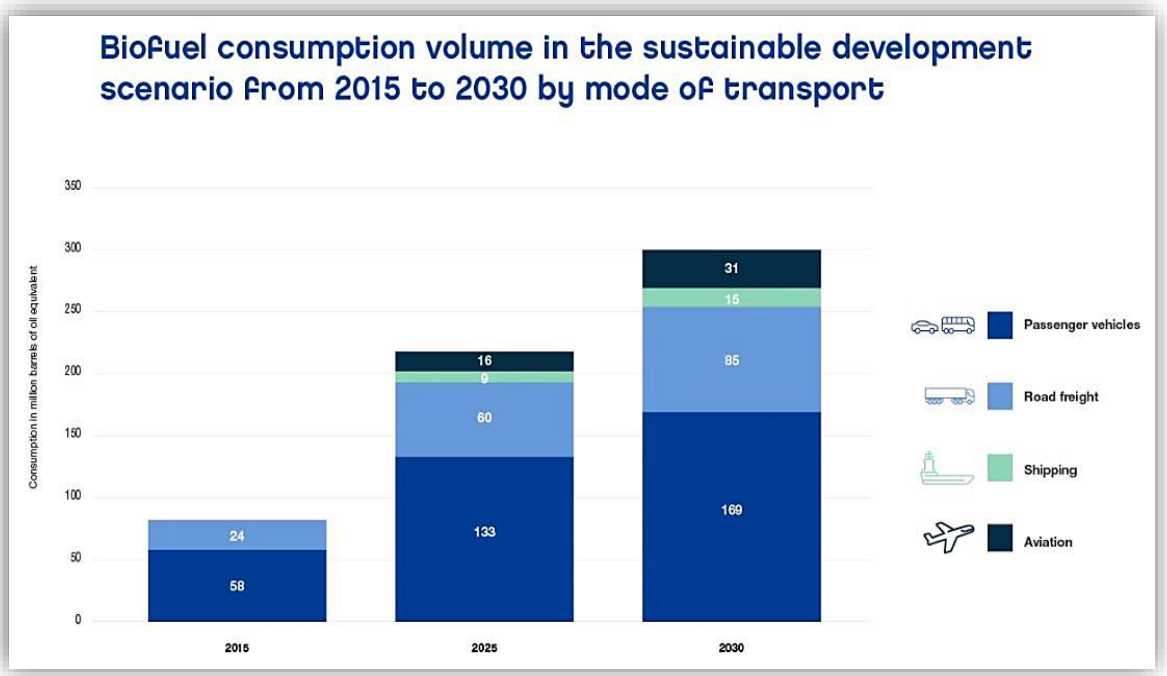
يُعد الوقود المتجدد جزءًا مهمًا من لغز التنقل المستدام و يُشتق الوقود المتجدد، مثل وقود الديزل المتجدد Neste MY، من مصادر تتجدد باستمرار، مثل النفايات والفضلات والمواد الخام الأخرى التي تمتص ثاني أكسيد الكربون $CO_2$ أثناء نموها، عند حرق الوقود المتجدد، لا ينبعث ثاني أكسيد الكربون الجديد في الغلاف الجوي، وعند إنتاجه من 100% من المواد الخام المتجددة، يمكن أن يؤدي استخدام الوقود المتجدد إلى توفير

في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بنسبة تصل إلى 75-95% على مدى دورة حياة الوقود مقارنة بالوقود الأحفوري.

في عام 2019، ساعد الوقود المتجدد في استبدال ما يقرب من 4% من إجمالي النفط الأحفوري المستخدم في النقل حول العالم، حيث يمكن أن تسمح الاستثمارات الكبيرة وتضمين المواد الخام الجديدة باستبدال ما يقرب من 40% من استهلاك النفط الحالي في النقل بحلول عام 2040.

تمتاز بعض أنواع الوقود المتجدد، مثل ديزل نست المتجدد، بميزة رئيسية أخرى: يمكنها الاستفادة من البنية التحتية الحالية، ويمكن استخدامها في السيارات والشاحنات والطائرات والسفن التي تعمل بالديزل الحالية، اليوم، تنتج نست 3.3 مليون طن من المنتجات المتجددة مثل وقود النقل، وستزداد إجمالي الطاقة الإنتاجية لنست للمنتجات المتجددة إلى 5.5 مليون طن بحلول بداية عام 2024، يمكن زيادة حجم الوقود المتجدد بشكل كبير باستخدام قاعدة متزايدة باستمرار من المواد الخام، مثل النفايات .

**الشكل 3-14**: استهلاك الوقود الحيوي في سيناريو التنمية المستدامة من 2015 إلى 2030 حسب وسيلة النقل




**Source:** Neste, why does transport need renewable fuels, pub12-08-2024: https://www.neste.com/news-and-insights/transportation/transportation-and-renewable-fuels

من خلال الجمع بين المركبات الكهربائية والوقود المتجدد، يمكننا استبدال أكثر من نصف استخدام النفط الخام العالمي في مجال النقل، ويمكن أن تساهم حلول أخرى مثل الهيدروجين الأخضر والوقود المتجدد المصنوع من الطحالب التي تمتص $CO_2$ في تحقيق استبدال أكبر.

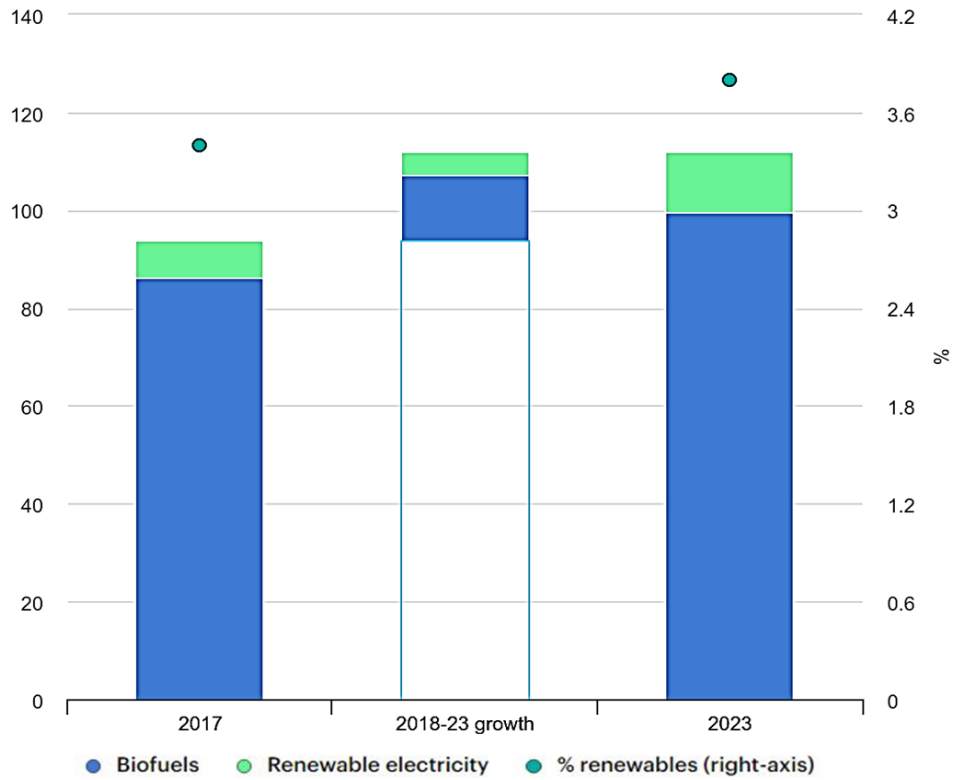
من بين القطاعات الثلاثة، يمتلك النقل أدنى مستوى استخدام للطاقات المتجددة، في حين ارتفع استخدام الطاقة المتجددة في النقل بنسبة 19% بين عامي 2018 و2023، تظل الحصة الإجمالية للطاقة المتجددة

صغيرة، في الطلب على النقل، وهذا على الرغم من أن الطاقات المتجددة قد ارتفع استخدامها قليلا من3.4 بالمئة في عام 2017 إلى 3.8 بالمئة، فقط في عام 2023، ومع ذلك، تمثل الطاقات المتجددة 12% من نمو الطلب على وقود النقل.

يستمر إنتاج الوقود الحيوي في الزيادة، حيث ارتفع بنسبة 15% إلى 165 مليار لتر بحلول نهاية التوقعات، في الطلب على الطاقة في قطاع النقل، ومن جهة أخرى نجد أن الوقود الحيوي يحتفظ بحصة تقارب 90% من إجمالي الطاقات المتجددة في عام 2023، حيث على الرغم من التوسع السريع في التنقل الكهربائي، يشكل إيثانول الوقود ثلثي نمو إنتاج الوقود الحيوي، بينما يوفر الديزل الحيوي وزيت الخضروات المعالج بالهيدروجين (HVO) الباقي.

من المتوقع أن تزيد الكهرباء المتجددة في النقل بمقدار الثلثين، تقود السيارات الكهربائية والدراجات ذات العجلتين والثلاث عجلات والحافلات هذا النمو، حيث يزيد استهلاكهم للكهرباء بمقدار ثلاثة أضعاف تقريبًا خلال فترة التوقعات، ومع ذلك، كانت السكك الحديدية تمثل معظم الاستهلاك المتجدد في عام 2023. وبحلول نهاية فترة التوقعات، توفر الطاقات المتجددة ما يقرب من ثلث الطلب العالمي على النقل الكهربائي.

**الشكل 3-15:** الطاقة المتجددة في النقل بالوقود في عام 2023




**Source:** Iea, Renewable energy in transport by fuel in 2023, cit 08-09-2024: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/renewable-energy-in-transport-by-fuel-in-2023

على الصعيد العالمي، شكل النقل 30% من الطلب النهائي على الطاقة في عام 2019 وهو محرك رئيسي لتغير المناخ، في الولايات المتحدة، ويعد قطاع النقل أكثر قطاع باعث لغازات الاحتباس الحراري، وفي مناطق أخرى، يزداد الطلب على النقل. من أجل حل أزمة المناخ وتحقيق هدف 1.5 درجة مئوية لاتفاقية باريس للمناخ، فمن

الضروري نزع الكربون عن قطاع النقل بحلول منتصف القرن -على الرغم من صعوبة المهمة-، فقد تم تلبية حوالي 95% من الطلب النهائي على الطاقة للنقل حاليًا من خلال الوقود الأحفوري.

يُدمج نموذج "أرض واحدة 2025-ذروة المناخ" سيناريو انتقال الطاقة المتطور الذي طوره علماء من جامعة التكنولوجيا في سيدني والمركز الألماني للفضاء، الذي يفحص نموذج الطلب الإقليمي على النقل في عشر مناطق عالمية عبر أربعة طرق نقل رئيسية - الطرق والسكك الحديدية والملاحة والطيران. يعد النقل البري أكبر المؤثرين، حيث تُمثل 69% من انبعاثات النقل على مستوى العالم، مع مسؤولية الشحن والطيران عن 9% و11% على التوالي. ويعمل نموذج "أرض واحدة" على تحسين الانتقال السريع بعيدًا عن الوقود الأحفوري لكل وسيلة نقل بدءًا من عام 2025، باستخدام أربعة حلول لتوصيل الطاقة - الهيدروجين الأخضر، والوقود الاصطناعي المستدام، والوقود الحيوي المستدام، والكهرباء. وسنتطرق اليها بالتفصيل وفق الاتي:

**المطلب الاول: النقل الكهربائي**

يُعد الانتقال إلى القطارات والترام والسيارات والحافلات والدراجات التي تعمل بالكهرباء المتجددة استراتيجية رئيسية لتحقيق نزع الكربون الكلي لقطاع النقل، تكون المحركات الكهربائية أكثر كفاءة بكثير من المحركات التي تحرق الوقود، ولكنها تعتمد إما على اتصال مباشر بشبكة كهربائية أو تخزين البطاريات، كنظام لتوصيل الطاقة للنقل، تكون الكهرباء أكثر ملاءمة للمسافات الأقصر أو الطرق ذات الازدحام الشديد حيث تكون البنية التحتية للسكك الحديدية الكهربائية أو محطات الشحن السريع للسيارات الكهربائية قابلة للتطبيق اقتصاديًا[57]. حاليًا، تتمتع البطاريات بكثافة طاقة أقل من الوقود الأحفوري، والتي تعرف تقنياتها تقدم كبير. في عام 2010، تمكنت تكنولوجيات بطارية سيارة نموذجية السفر 70 ميلًا بشحنة واحدة، والآن متوسط المدى يتجاوز 250 ميلًا، وعليه يجد سيناريو "أرض واحدة" أنه بحلول عام 2055 ستلبي الكهرباء 100% من الطاقة اللازمة للسكك الحديدية و 53% من الطاقة اللازمة للنقل البري[58].

**المطلب الثاني: الهيدروجين الأخضر**

يتم توليد وقود الهيدروجين (H2) باستخدام الطاقة المتجددة لتقسيم الماء من خلال عملية تسمى التحليل الكهربائي، والتي تفصله إلى هيدروجين وأكسجين، يمكن تخزين الهيدروجين الناتج واستخدامه حسب الحاجة في خلية وقود لإنتاج طاقة متجددة[59]، يقدم هذا النهج حلاً قيماً لتطبيقات مختلفة، مثل تشغيل أنظمة الملاحة وتزويد شاحنات البضائع الكبيرة بالوقود .يعد الهيدروجين، مقارنة بتقنيات البطاريات الحالية والمتوقعة، وسيلة أكثر إحكامًا وفعالية لتخزين الطاقة، ومن المهم التمييز بين الهيدروجين الأخضر، الذي يتم إنتاجه من خلال التحليل الكهربائي الذي تعمل بالطاقة المتجددة، والهيدروجين الأزرق، الذي يتم اشتقاقه من الغاز الطبيعي بدلاً من المصادر المتجددة.

---

[57] Spencer Scott, Karl Burkart, The global transition to 100% renewable transportation, cit 14-09-2024: https://www.oneearth.org/renewable-transport/

[58] Bendik Nybakk Torsæter, Electric transport, cit 15-09-2024: https://www.sintef.no/en/expertise/sintef-energy-research/el-bil-mobilt-lager/

[59] Qusay Hassan, Sameer Algburi, Aws Zuhair Sameen, Hayder M. Salman, Marek Jaszczur, Green hydrogen: A pathway to a sustainable energy future, International Journal of Hydrogen Energy, vol 50, n2, 2024, P310-333.

من المزايا المهمة للهيدروجين قدرته على الاستفادة من الاستثمارات الحالية في توزيع خطوط أنابيب الغاز، وأيضا كجزء من استراتيجية "الانتقال العادل"، يسمح للعاملين في صناعة النفط والغاز بالانتقال بسلاسة إلى اقتصاد الطاقة النظيفة، وفقًا لسيناريو "أرض واحدة"، من المتوقع أنه بحلول عام 2055، سيُمثل الهيدروجين الأخضر 22% من الطاقة المستخدمة في النقل البري و17% في الشحن.

**المطلب الثالث: الوقود الحيوي المستدام**

من خلال عمليات التحويل المختلفة، يمكن تحويل الكتلة الحيوية (مثل الخشب والمحاصيل والطحالب وغيرها من بقايا الزراعة/الغابات) إلى وقود سائل أو غازي عالي الطاقة، وإذا تم جمع الكتلة الحيوية بطريقة لا تقلل من إجمالي مساحة الغابات أو الأراضي الزراعية أو تهدد التنوع البيولوجي، فإنها يمكن أن تكون مصدراً رائعًا للطاقة المستدامة المحمولة[60]، ويعد الإيثانول، الذي يتم إنشاؤه عن طريق تخمير الكتلة الحيوية، الوقود الحيوي الأكثر استخدامًا اليوم، ولكنه يمكن أن يعتمد بشكل كبير على المحاصيل الغذائية مثل الذرة، سيتم إنشاء الإيثانول المستدام من مواد الكتلة الحيوية السليلوزية بدلاً من المواد الخام الغذائية.

تشمل أنواع الوقود الحيوي الأخرى الميثانول (الذي يتم إنشاؤه من خلال الغازية)، والديزل الحيوي (الذي يتم إنشاؤه من زيوت النباتات المستعملة)، والبيوكرود (الذي يتم إنشاؤه من خلال التحلل الحراري)، والميثان الذي يتم إنشاؤه من خلال الهضم اللاهوائي للكتلة الحيوية (سيكون الوقود الحيوي مفيدًا لكثافة الطاقة الخاصة بها - يمكن أن تكون كثافة الطاقة للديزل الحيوي قريبة من كثافة الطاقة للبنزين - وقابلية النقل، نظرًا لتنوعها، ومن المتوقع أن يجد الوقود الحيوي استخدامًا في جميع وسائل النقل، ويجد سيناريو "أرض واحدة" أنه بحلول عام 2055، سيُمثل الوقود الحيوي 34% من إجمالي طاقة النقل.

**المطلب الرابع: الوقود الاصطناعي المستدام**

يحتوي الوقود الاصطناعي على نفس التركيب الجزيئي للديزل أو البنزين أو وقود الطائرات، ولكن لا يتم استخراجه من الوقود الأحفوري، بدلاً من ذلك، يتم تصنيعها من الصفر باستخدام الهيدروجين الأخضر ومصدر كربون مستدام، ويتم إنتاج الهيدروجين الأخضر عن طريق تقسيم الماء باستخدام الكهرباء المتجددة، ويأتي ثاني أكسيد الكربون اللازم من مصادر مختلفة[61]، بما في ذلك الكتلة الحيوية النفايات، والتقاط مباشر من الهواء، أو المنتجات الثانوية للعمليات الصناعية مثل إنتاج الأسمنت، ثم يتم الجمع بين هذين المكونين لإنشاء الهيدروكربونات المتوافقة مع المركبات الحالية، مثل الطائرات والسفن، مما يتطلب تعديلات طفيفة للمحرك، وفي حين أن الوقود الاصطناعي، مثل الوقود الأحفوري، يطلق انبعاثات الكربون عند احتراقه، إلا أنه يمكن اعتباره صفرًا صافيًا إذا تم الحصول على الكربون الموجود فيه مباشرة من الغلاف الجوي أو من مصادر الكتلة الحيوية المتجددة، بالإضافة إلى ذلك، يمكن التقاط انبعاثاتها لتوجيهها إلى إنتاج المزيد من الوقود .بالإضافة إلى السماح للمركبات الحالية بالاستمرار في العمل، تتمثل ميزتها الرئيسية في كثافة الطاقة

[60]Shiv Prasad, & al, Review on biofuel production: Sustainable development scenario, environment, and climate change perspectives – A sustainable approach, Journal of Environmental Chemical Engineering, vol 12, n2, April 2024, 111996.

[61] Vishal Ram, Surender Reddy Salkuti, An Overview of Major Synthetic Fuels, Energies journal, vol 16(6), 2023, pp1-35.

الخاصة بها: فكثافة الطاقة للوقود الاصطناعي أعلى 100 مرة من كثافة بطاريات اليوم وأعلى عشر مرات من غاز الهيدروجين المضغوط، ومع ذلك، نظرًا لاعتمادها على كميات كبيرة من الطاقة المتجددة لإنشائها، سيكون استخدامها محدودًا في طرق النقل التي يصعب كهربتها، لا سيما الطيران والملاحة .يجد سيناريو "أرض واحدة" أنه بحلول عام 2055، سيُمثل الوقود الاصطناعي 33% من الملاحة والطيران.

**المبحث الرابع: السياسات الوطنية في مجال ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع النقل**

تخطط الجزائر لزيادة إنتاجها من الطاقة المتجددة بشكل ملحوظ في السنوات القادمة، وذلك في إطار سعيها لتحقيق تنويع مصادر الطاقة والحد من الاعتماد على الوقود الأحفوري، وفق ما جاء في الخطة الوطنية للطاقة المتجددة.

**المطلب الاول: الخطة الوطنية للطاقة المتجددة**

تستهدف الجزائر زيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة الإجمالي إلى 35% بحلول عام 2040، وهذا يعني مضاعفة الإنتاج الحالي من الطاقة المتجددة عدة مرات، كما تم إطلاق برنامج وطني شامل لتطوير الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (ENR) يهدف إلى تحقيق هذه الأهداف الطموحة، يتضمن هذا البرنامج مجموعة من المشاريع والمبادرات التي تستهدف مختلف مصادر الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، تُظهر الأرقام المتوقعة ضمن هذا البرنامج إمكانات كبيرة لنمو قطاع الطاقة المتجددة في الجزائر، فبحلول عام 2030، من المتوقع أن يصل إجمالي الإنتاج من الطاقة المتجددة إلى 22 000,كيلوواط، موزعة بين إنتاج موجه للاستهلاك المحلي وإنتاج للتصدير.

**الجدول 3-3:** الأرقام المتوقعة ضمن البرنامج (ENR)

| السنة | الإنتاج الموجه للاستهلاك المحلي (كيلوواط) | الإنتاج الموجه للتصدير (كيلوواط) | الإنتاج الكلي المتوقع (كيلوواط) |
|---|---|---|---|
| 2030 | 12,000 | 10,000 | 22,000 |

**المصدر:** مداح عبد الهادي، جريو سارة، **واقع وآفاق الطاقات المتجددة في الجزائر**، مجلة الحدث للدراسات المالية والاقتصادية، 1(4)، 2021، ص ص 94-115.

**الفرع الأول: البرنامج الوطني لتطوير الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة**

يهدف البرنامج الوطني إلى الاستفادة القصوى من الإمكانات المحلية في مجال الطاقة المتجددة، وذلك من خلال الاعتماد على الخبرات والكفاءات الوطنية، وتشجيع الاستثمار في هذا القطاع.

تعتزم الجزائر تحقيق نقلة نوعية في مجال الطاقة من خلال برنامج شامل لتطوير الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة(ENR) ، يهدف هذا البرنامج إلى تنويع مصادر الطاقة والحد من الاعتماد على الوقود الأحفوري، وتعزيز الاستدامة البيئية والاقتصادية، يشكل تطوير الطاقة الشمسية، سواء كانت ضوئية أو حرارية، حجر الزاوية في هذا البرنامج، وتشير الأرقام إلى طموح كبير في زيادة القدرة الإنتاجية من هذه الطاقة، حيث من المتوقع أن تصل إلى 800 ميغاواط بحلول عام 2020 ثم ترتفع إلى 200 ميغاواط إضافية بحلول عام 2030.

لا يقتصر البرنامج على الطاقة الشمسية فقط، بل يشمل أيضاً تطوير طاقة الرياح، وتشير الأرقام إلى تخصيص استثمارات كبيرة لتطوير هذا النوع من الطاقة، حيث من المتوقع أن يتم تركيب توربينات هوائية بقدرة إجمالية تقدر بـ 1700 ميغاواط خلال الفترة من 2012 إلى 2030.

**أولا: البرنامج المخطط لتطوير الطاقة الشمسية والطاقة الهوائية (2011-2030)**

يشير الجدول أدناه (3-4)، إلى أهداف طموحة لزيادة القدرة الإنتاجية من الطاقة المتجددة في الجزائر، حيث من المتوقع تنفيذ 67 مشروعاً خلال الفترة من 2011 إلى 2030، بقدرة إجمالية تصل إلى 2357 ميغاواط.

وتشهد الجزائر تحولاً كبيراً نحو اعتماد مصادر الطاقة المتجددة، وذلك بهدف تحقيق تنمية مستدامة والحد من الاعتماد على الوقود الأحفوري، تسعى الجزائر من خلال استراتيجيتها الطموحة إلى زيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة الإجمالي إلى 37% بحلول عام 2030، كما تعتبر الطاقة الشمسية والرياح من أهم مصادر الطاقة المتجددة التي تستثمر فيها الجزائر بشكل كبير، فالإمكانات الشمسية الهائلة التي تتمتع بها البلاد تجعلها مرشحة بقوة لتصبح قوة عالمية في مجال الطاقة الشمسية، كما أن الرياح الموسمية القوية توفر إمكانات كبيرة لتوليد الكهرباء من طاقة الرياح.

**الجدول 3-4:** البرنامج المخطط لتطوير الطاقة الشمسية والطاقة الهوائية (2011-2030)

| نوع الطاقة | السنوات من 2011 إلى 2020 | السنوات من 2021 إلى 2030 |
|---|---|---|
| **الطاقة الشمسية الضوئية** | 800ميغاواط | 200ميغاواط |
| **الطاقة الشمسية الحرارية** | إنجاز مشروعين بقيمة 150 ميغاواط في 2011/2012، ثم إنجاز مشاريع جديدة بقدرة 500 ميغاواط سنوياً ابتداءً من 2023، ليصل الإجمالي إلى 1200 ميغاواط بحلول 2030 | إنجاز مشاريع بقدرة 600 ميغاواط سنوياً |
| **الطاقة الهوائية** | إنجاز أول مزرعة رياح بقدرة 10 ميغاواط بأدرار في 2011/2012، ثم إنجاز مزرعتين بقدرة 20 ميغاواط في 2015، وإجراء دراسات لإيجاد مواقع مناسبة لتركيب توربينات هواء بقدرة 1700 ميغاواط خلال الفترة من 2012 إلى 2016، وإنجاز أول مزرعة رياح بقدرة 10 ميغاواط بأدرار في 2015 | إجراء دراسات لإيجاد مواقع مناسبة من أجل تركيب توربينات هواء بقدرة 1700 ميغاواط خلال الفترة من 2016 إلى 2030 |

**المصدر:** مداح عبد الهادي، جريو سارة، **واقع وآفاق الطاقات المتجددة في الجزائر**، مجلة الحدث للدراسات المالية والاقتصادية، 1(4)، 2021، ص ص 94-115.

من خلال الجدول أعلاه، يتبين أن هناك طموحات طاقوية من خلال:

- تسعى الجزائر إلى زيادة قدرتها الإنتاجية من الطاقة الشمسية الضوئية بشكل كبير، حيث تهدف إلى إضافة 200 ميغاواط إضافية إلى الـ 800 ميغاواط الموجودة حالياً.
- يشمل البرنامج كلا من الطاقة الشمسية الضوئية والحرارية، مما يدل على رغبة في استغلال كافة الإمكانات المتاحة.
- بدأت الجزائر بتجربة صغيرة في مجال طاقة الرياح، ولكنها تخطط لزيادة قدرتها الإنتاجية بشكل كبير في السنوات القادمة.
- قبل البدء في تنفيذ المشاريع الكبرى، تقوم الجزائر بإجراء دراسات تفصيلية لتحديد المواقع المناسبة لتركيب توربينات الرياح.
- يتطلب تحقيق هذه الأهداف توفير التمويل اللازم، وبناء القدرات، وتذليل العقبات البيروقراطية.
- تمتلك الجزائر إمكانات كبيرة في مجال الطاقة المتجددة، وخاصة الشمسية والرياح، مما يفتح آفاقاً واسعة للاستثمار وخلق فرص عمل جديدة.

**ثانيا: البرنامج الوطني لتنمية الطاقات المتجددة**

يهدف البرنامج الوطني لتنمية الطاقات المتجددة إلى تحقيق أهداف طموحة بحلول عام 2030، حيث من المتوقع أن يصل إجمالي القدرة الإنتاجية من الطاقة المتجددة إلى 22000 ميغاواط.

**الجدول 3-5:** توزيع هذه القدرة على مختلف مصادر الطاقة المتجددة

| المصدر | القدرة الإجمالية (ميغاواط) | الفترة |
|---|---|---|
| **الطاقة الشمسية** | 5010 | 2015-2030 |
| **الطاقة الرياح** | 2000 | 2015-2030 |
| **الطاقة الكهرومائية** | 400 | 2015-2030 |
| **الطاقة الحيوية** | 1000 | 2015-2030 |
| **الطاقة الجيوحرارية** | 15 | 2015-2030 |
| **الإجمالي** | **22000** | **2015-2030** |

**المصدر:** مداح عبد الهادي، جريو سارة، **واقع وآفاق الطاقات المتجددة في الجزائر**، مجلة الحدث للدراسات المالية والاقتصادية، 1(4)، 2021، ص ص 94-115.

يعكس الجدول المقدم طموحات الجزائر الكبيرة في مجال الطاقة المتجددة، حيث يهدف إلى زيادة القدرة الإنتاجية من هذه الطاقة بشكل كبير بحلول عام 2030، إن أهم النقاط البارزة التي يمكن استخلاصها من الجدول هي:

1. **التركيز على الطاقة الشمسية والرياح:** تشير الأرقام إلى أن الجزائر تولي أهمية كبيرة لتطوير الطاقة الشمسية والرياح، حيث تستحوذان على الحصة الأكبر من إجمالي القدرة الإنتاجية المستهدفة. وهذا يعكس الإمكانات الهائلة التي تتمتع بها الجزائر في هذين المجالين.

2. **تنويع مصادر الطاقة:** يسعى البرنامج إلى تنويع مصادر الطاقة المتجددة، حيث يشمل بالإضافة إلى الطاقة الشمسية والرياح، الطاقة الكهرومائية والطاقة الحيوية والطاقة الجيوحرارية، هذا التنوع يضمن مرونة أكبر في إمدادات الطاقة ويقلل من الاعتماد على مصدر واحد.
3. **أهداف طموحة:** الأرقام المذكورة في الجدول تعكس أهدافاً طموحة للغاية، حيث يستهدف البرنامج زيادة القدرة الإنتاجية من الطاقة المتجددة بأكثر من عشرة أضعاف خلال الفترة المحددة.
4. **فترة زمنية طويلة:** يمتد البرنامج على مدى 15 عاماً، مما يشير إلى أن الجزائر تخطط لتنفيذ هذا المشروع على المدى الطويل.

**الجدول 3-6:** توزيع الأهداف على المرحلتين الأولى والثانية من البرنامج

| المصدر | المرحلة الأولى (2015-2020) | المرحلة الثانية (2021-2030) | الإجمالي |
|---|---|---|---|
| الطاقة الشمسية | 4000 | 1010 | 5010 |
| الطاقة الرياح | 2000 | - | 2000 |
| الطاقة الكهرومائية | 250 | 150 | 400 |
| الطاقة الحيوية | 640 | 360 | 1000 |
| الطاقة الجيوحرارية | 10 | 5 | 15 |
| **الإجمالي** | **17475** | **4525** | **22000** |

**المصدر: إعداد الباحث** من خلال تحليل الرؤية الاستشرافية لبرنامج الجزائر المتعلق بتنمية الطاقات المتجددة.

يعكس الجدول المقدم طموحات الجزائر الكبيرة في مجال الطاقة المتجددة، حيث يهدف إلى زيادة القدرة الإنتاجية من هذه الطاقة بشكل كبير بحلول عام 2030.

بعض النقاط البارزة التي يمكن استخلاصها من الجدول: هناك تقسيم زمني واضح للأهداف:

1. **مرحلتان متتاليتان :**قسمت الخطة الزمنية لتنفيذ المشاريع إلى مرحلتين، الأولى تمتد من 2015 إلى 2020 والثانية من 2021 إلى 2030، هذا التقسيم يساعد في تتبع التقدم المحرز وتقييم الأداء.
2. **تركيز في المرحلة الأولى:** تركز المرحلة الأولى على بناء الأساس وتنفيذ مشاريع كبيرة في مجال الطاقة الشمسية والرياح، بينما تشهد المرحلة الثانية استكمال هذه المشاريع وربما البدء في مشاريع جديدة.

**رابعا: السياسة الوطنية لتنويع مصادر الطاقة**

إن السياسة الطاقوية الجديدة مبنية بشكل رئيسي على الطاقات المتجددة وبالضبط تطوير استخدامات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

1. **التركيز على الشمس والرياح:** تشير الأرقام إلى أن الجزائر تولي أهمية كبيرة لتطوير الطاقة الشمسية والرياح، حيث تستحوذان على الحصة الأكبر من إجمالي القدرة الإنتاجية المستهدفة: وهذا يعكس الإمكانات

الهائلة التي تتمتع بها الجزائر في هذين المجالين. بالإضافة إلى الشمس والرياح، تشمل الخطة أيضاً تطوير الطاقة الكهرومائية والطاقة الحيوية والطاقة الجيوحرارية، مما يدل على رغبة في تنويع مصادر الطاقة وتقليل الاعتماد على مصدر واحد.

2. **زيادة القدرة الإنتاجية:** تسعى الجزائر إلى زيادة القدرة الإنتاجية من الطاقة المتجددة بشكل كبير خلال الفترة المحددة 2015-2030، مما يشير إلى طموحات كبيرة في هذا المجال.

3. **استدامة الطاقة:** تهدف السياسة الطاقوية الوطنية ايضا إلى تحقيق تنمية مستدامة من خلال تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتقليل الانبعاثات الكربونية.

**المطلب الثاني: سياسات ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع النقل بالجزائر**

من بين السياسات الرئيسية لترقية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع النقل بالجزائر:

**الفرع الأول: زيادة حصة المركبات الكهربائية والهجينة**

تسعى الجزائر إلى زيادة حصة المركبات الكهربائية والهجينة في أسطول المركبات بشكل كبير[62]، و في هذا الصدد دعت الحكومة إلى ضرورة اعتماد ما نسبته 15% من السيارات المستوردة للسيارات الكهربائية، حيث شدد رئيس الجمهورية على ضرورة أخذ معايير السلامة البيئية ومقتضيات تموين السوق الوطني للوقود بعين الاعتبار لترشيد استيراد المركبات الجديدة، كما قامت مؤسسة نفطال لتوزيع المنتجات النفطية خلال 2021 بإطلاق أول محطة نموذجية لشحن السيارات الكهربائية والسيارات الهجينة على مستوى محطة للوقود في الشراقة غرب الجزائر العاصمة.

وتعد الحوافز المالية مهمة جدا لهذه المرحلة فهي تتمثل في:

- تخفيض أو إلغاء الرسوم الجمركية على استيراد المركبات الكهربائية والهجينة ومكوناتها؛
- تقديم منح أو قروض ميسرة لشراء هذه المركبات؛
- تخفيض الضرائب على شراء وتشغيل المركبات الكهربائية.
- إطلاق برامج تمويل مشتركة بين الحكومة والقطاع الخاص لتشجيع الاستثمار في صناعة وتجميع المركبات الكهربائية.
- دعم الصناعة المحلية لتصنيع بطاريات المركبات الكهربائية ومكوناتها الأخرى.

**الفرع الثاني: تطوير البنية التحتية للشحن**

- إنشاء شبكة واسعة من محطات الشحن السريع والبطيئة على الطرق الرئيسية، وفي المدن والقرى.
- تشجيع القطاع الخاص على الاستثمار في إنشاء محطات شحن، وتوفير حوافز مالية لهم.
- تسهيل عملية تركيب شواحن منزلية للمركبات الكهربائية.

[62] ندى عبروس، **السيارات الكهربائية-** الجزائر تسعى لمواكبة سوقها العالمية، نُشر في نوفمبر 14, 2022، تاريخ التصفح 15-09-2024: https://almostathmir.dz/%D8%A7%D9%84%D8%B3%D9%8A%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D9%83%D9%87%D8%B1%D8%A8%D8%A7%D8%A6%D9%8A%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%B2%D8%A7%D8%A6%D8%B1-%D8%AA%D8%B3%D8%B9%D9%89-%D9%84%D9%85%D9%88/

- توفير محطات شحن في المواقف العامة، والمراكز التجارية، والمؤسسات الحكومية.

**الفرع الثالث: استخدام الوقود الحيوي في النقل**

- دعم إنتاج الوقود الحيوي من خلال توفير الأراضي الزراعية والموارد المائية اللازمة.
- فرض نسب إلزامية لخلط الوقود الحيوي مع الوقود الأحفوري المستخدم في المركبات.
- تحويل الحافلات العام والنقل الجماعي لتشغيلها بالوقود الحيوي.
- الاستثمار في البحث والتطوير لتحسين كفاءة إنتاج الوقود الحيوي وتقليل تكلفته.

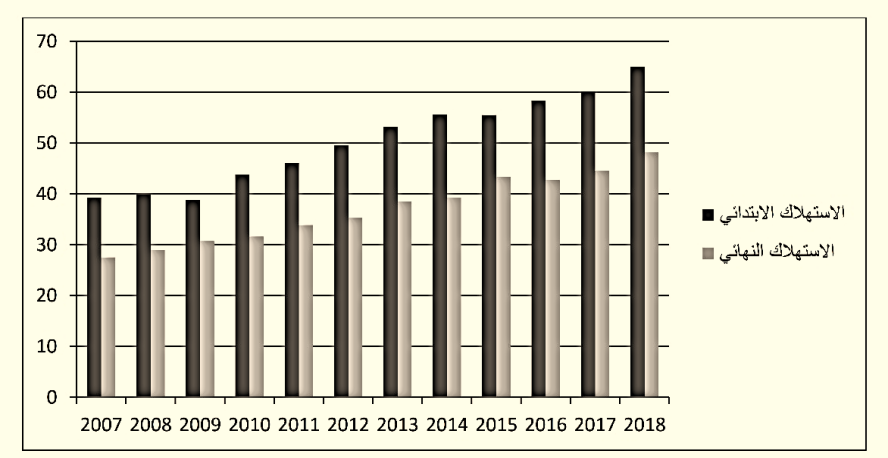
**الفرع الرابع: تطوير وسائل النقل العام**

- استبدال الحافلات التقليدية بحافلات تعمل بالكهرباء أو الهجين.
- تحويل خطوط السكك الحديدية لتشغيل القطارات الكهربائية.
- تطوير أنظمة النقل العام الذكية لتسهيل التنقل وتشجيع المواطنين على استخدام وسائل النقل العام.
- توفير مسارات آمنة للمشاة وراكبي الدراجات، وتشجيع استخدام هذه الوسائل في التنقلات القصيرة.

وقد كشفت دراسة حديثة، بأنّ "تحوّل 12 بلداً نامياً في العالم، يتخلّلها الجزائر، إلى استخدام الطاقات نظيفة بدلاً من الوقود الأحفوري التقليدي في تشغيل المركبات، سيمكنها من توفير ما قيمته 100 مليار دولار سنوياً، ناجمة عن استيراد المحروقات، وكذا تكاليف التكرير والتوزيع وغيرها من الأعباء، مما سيسمح لهذه البلدان تجسيد استثمارات جديدة لتطوير البنية التحتية الخاصّة بصناعة المركبات الكهربائية محلياً.

وتشير الى إمكانية توفير 100 مليار دولار سنوياً لـ 12 دولة نامية، بما فيها الجزائر، من خلال التحول إلى الطاقات النظيفة في قطاع النقل، دليلًا قويًا على الجدوى الاقتصادية والبيئية لهذا التحول .هذا التحول لا يقتصر على توفير النقود فحسب، بل يشمل أيضًا مجموعة واسعة من الفوائد الأخرى للجزائر[63].

**الشكل 3-16:** تطور استهلاك الطاقة الأولية والنهائية في الجزائر خلال الفترة 2007-2018



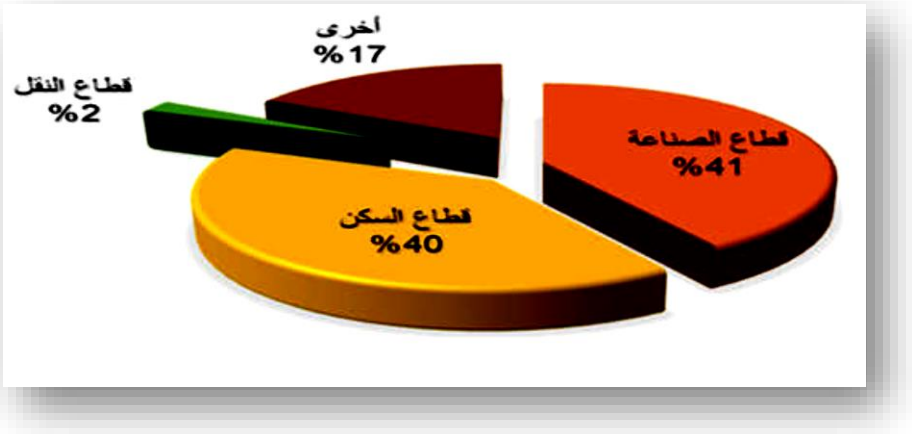

**المصدر:** بيانات وزارة الطاقة والمناجم الجزائر، 2020

[63] عبد الناصر حنو، الجزائر ضمن 11 بلداً بإمكانها توفير 100 مليار دولار سنوياً بالإنتقال إلى السيارات الكهربائية، تاريخ النشر 18 نوفمبر,2023، تاريخ التصفح 15-09-2024:
https://tadamsanews.dz/%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%B2%D8%A7%D8%A6%D8%B1-%D8%B6%D9%85%D9%86-11-%D8%A8%D9%84%D8%AF%D8%A7%D9%8B-%D8%A8%D8%A5%D9%85%D9%83%D8%A7%D9%86%D9%87%D8%A7-/%D8%AA%D9%88%D9%81%D9%8A%D8%B1-100-%D9%85%D9%84%D9%8A

نلاحظ من خلال الشكل البياني تطور كل من الاستهلاك الأولي والنهائي للطاقة في الجزائر على مدار 12 عامًا، ويتضح من خلاله ارتفاعًا مستمرًا في كلا النوعين من الاستهلاك، مع تسجيل أعلى قيمة في عام 2018، وتفسير ذلك:

- **الاستهلاك الأولي:** يشير إلى إجمالي كمية الطاقة المنتجة أو المستوردة قبل أي تحويلات.
- **الاستهلاك النهائي:** يشير إلى كمية الطاقة المستهلكة فعليًا من قبل المستهلكين النهائيين مثل المنازل والصناعات، وهذا ما يدل على:
- يشير الارتفاع المستمر في كلا النوعين من الاستهلاك إلى نمو اقتصادي متسارع في الجزائر خلال الفترة المدروسة، مما أدى إلى زيادة الطلب على الطاقة لتلبية احتياجات الصناعة والنقل والسكن، ويعكس الفارق بين الاستهلاك الأولي والنهائي الخسائر التي تحدث خلال عملية نقل وتحويل الطاقة، والتي يمكن أن تكون ناتجة عن عوامل مثل الكفاءة المنخفضة في توليد ونقل الطاقة.

**الشكل 3-17:** توزيع حصص القطاعات الاقتصادية من الاستهلاك النهائي للطاقة لسنة 2019 بالجزائر




**المصدر:** حلاسة هناء، طرايش معمر، **الطاقة المستدامة ودورها في تفعيل أبعاد التنمية المستدامة في الجزائر خلال الفترة 200-2021**، مجلة آفاق علمية، 16(01)، 2024، ص1027.

من خلال الشكل السابق يمكن استخلاص النقاط التالية:

1. **هيمنة قطاع المباني** :القطاع السكني هو أكبر مستهلك للطاقة، حيث يستهلك حوالي 40% من إجمالي الطاقة المستهلكة .هذا يدل على أن المباني السكنية تشكل حصة كبيرة من إجمالي استهلاك الطاقة، مما يجعلها هدفًا رئيسيًا لجهود ترشيد الطاقة.
2. **أهمية القطاع الصناعي** :يأتي قطاع الصناعة في المرتبة الثانية من حيث استهلاك الطاقة، حيث يستهلك حوالي 41% من إجمالي الطاقة .هذا يعكس الأهمية الاقتصادية للصناعة في استهلاك الطاقة.
3. **حصة متواضعة لقطاع النقل** :قطاع النقل يستهلك حصة صغيرة نسبياً من الطاقة، حوالي 2 %هذا قد يكون بسبب عوامل مختلفة مثل نوعية الوقود المستخدم في وسائل النقل وكفاءة الطاقة في هذه الوسائل.

4. **حصة أخرى** :هناك حصة أخرى تبلغ 17%، والتي قد تشمل قطاعات أخرى مثل الزراعة والتجارة وغيرها.

النسب أدناه، تعرض بشكل واضح اعتماد الجزائر بشكل كبير على الغاز الطبيعي كمصدر أساسي لإنتاج الطاقة، حيث تشكل نسبة الغاز الطبيعي حوالي 64.84 % من إجمالي مزيج الطاقة في البلاد، وهذا الاعتماد الكبير على مصدر واحد للطاقة يجعل الجزائر عرضة لتقلبات الأسواق العالمية للغاز الطبيعي، كما يطرح تساؤلات حول استدامة هذا النموذج في ظل التوجه العالمي نحو مصادر الطاقة المتجددة.

من خلال ما سبق يمكن القول ان اتجاهات الطاقة كالاتي:

أ. **هيمنة الغاز الطبيعي:** الغاز الطبيعي هو العمود الفقري لقطاع الطاقة في الجزائر، مما يعكس الثروة الطبيعية الهائلة للبلاد من هذا المورد.

ب. **حصة متواضعة للطاقة المتجددة:** نسبة الطاقة المتجددة ضئيلة جداً، مما يشير إلى أن الجزائر لم تستغل بعد إمكاناتها الكبيرة في مجال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

ت. **حصة محدودة للفحم:** الفحم يلعب دوراً هامشياً في مزيج الطاقة الجزائري، وهذا يعكس اهتماماً أقل بهذا المصدر الذي يعتبر من أكثر مصادر الطاقة تلويثاً للبيئة.

**المطلب الثالث: المزيج الطاقوي في الجزائر**

يمكن توضيح المزيج الطاقوي في الجزائر من خلال الشكل التالي 3-18.

**الشكل 3-18:** المزيج الطاقوي في الجزائري لسنة 2019

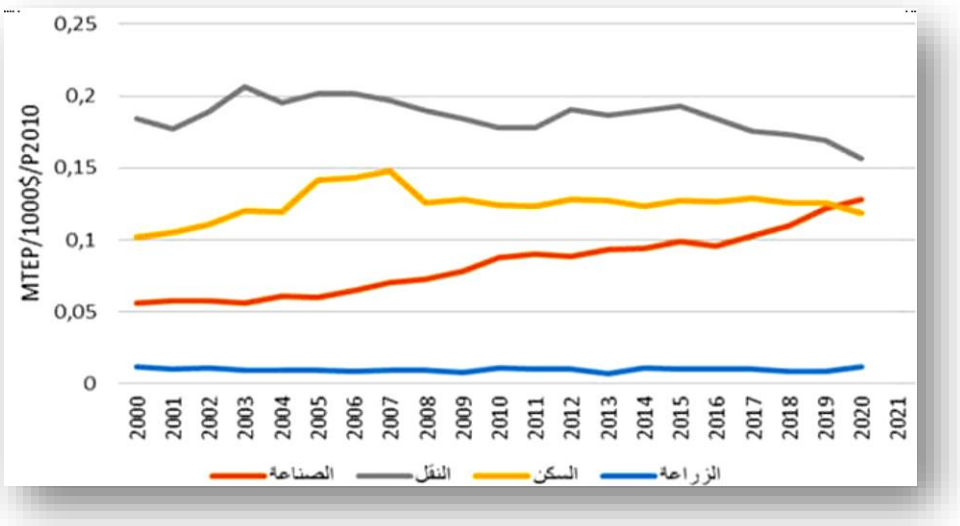
**Source:** Younes Zahraoui, **Current Status, Scenario and Prospective of Renewable Energy in Algeria**: A Review, Energies 2021, p 07.

1. **الاستقرار الاقتصادي:** يرتبط الاستقرار الاقتصادي للجزائر بأسعار الغاز الطبيعي في الأسواق العالمية.
2. **التنمية المستدامة:** الاعتماد الكبير على الغاز الطبيعي يمثل تحدياً كبيراً لتحقيق أهداف التنمية المستدامة، خاصة فيما يتعلق بتغير المناخ.
3. **الأمن الطاقوي:** من الضروري تنويع مصادر الطاقة لتقليل الاعتماد على مصدر واحد، مما يزيد من أمن الطاقة الوطني.

**الفرع الأول: كثافة الطاقة النهائية في الجزائر**

يمكن لنا توضيح كثافة الطاقة النهائية في الجزائر حسب كل القطاعات الاستراتيجية الوطنية للفترة 2000 الى غاية سنة 2021 وفق الشكل التالي 3-19.

**الشكل 3-19:** كثافة الطاقة النهائية في الجزائر حسب كل قطاع خلال الفترة 2000-2021.




**Source:** data.albankaldawli, cit 18-09-2024: https://data.albankaldawli.org/indicator/EN.CO2.TRAN.ZS?locations=DZ.

يوضح الرسم البياني أعلاه تطور كثافة الطاقة النهائية في الجزائر خلال الفترة من 2000 إلى 2021 حسب القطاعات الرئيسية وهي الصناعة، والنقل، والسكن، والزراعة:

يلاحظ تباين واضح في اتجاهات تغير كثافة الطاقة النهائية بين القطاعات المختلة،

**أولا- قطاع الصناعة:** شهدت الصناعة ارتفاعًا مستمرًا في كثافة الطاقة النهائية خلال الفترة، مما يشير إلى زيادة في استهلاك الطاقة لكل وحدة إنتاج صناعة، هذا قد يكون نتيجة لنمو القطاع الصناعي واعتماده المتزايد على الطاقة، أو بسبب عدم كفاءة استخدام الطاقة في الصناعة.

**ثانيا- قطاع النقل:** سجل قطاع النقل ارتفاعًا طفيفًا في كثافة الطاقة النهائية، ولكن بمعدل أقل مقارنة بالصناعة، هذا يشير إلى زيادة طفيفة في استهلاك الطاقة في النقل، ربما بسبب زيادة عدد السيارات ووسائل النقل الأخرى.

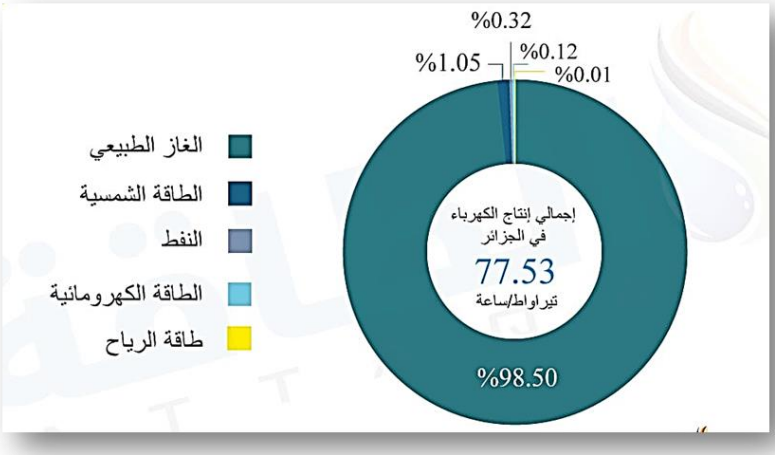
**ثالثا- قطاع السكن:** شهد قطاع السكن ارتفاعًا ملحوظًا في كثافة الطاقة النهائية، مما يدل على زيادة في استهلاك الطاقة في المباني السكنية، هذا الارتفاع قد يكون نتيجة لزيادة استخدام أجهزة التكييف والتدفئة، وزيادة مساحة المباني السكنية.

**رابعا- قطاع الزراعة:** حافظ قطاع الزراعة على مستوى ثابت نسبيًا لكثافة الطاقة النهائية خلال الفترة، مما يشير إلى استقرار في استهلاك الطاقة في هذا القطاع، **هذه المعطيات تقود نحو الاستنتاجات التالية:**

1. **عدم كفاءة الطاقة:** يشير الارتفاع العام في كثافة الطاقة النهائية في معظم القطاعات إلى وجود تحديات في مجال كفاءة الطاقة في الجزائر.
2. **نمو القطاعات:** النمو المستمر في كثافة الطاقة النهائية في الصناعة والسكن يعكس نمو هذين القطاعين، مما يضع ضغطًا متزايدًا على موارد الطاقة.

3. **الحاجة إلى تحسين الكفاءة:** هناك حاجة ملحة إلى اتخاذ تدابير لتحسين كفاءة الطاقة في جميع القطاعات، من خلال تبني تقنيات جديدة وموفرة للطاقة، وتعزيز الاستثمار في الطاقة المتجددة.

**الشكل 3-20:** مزيج توليد الكهرباء في الجزائر لسنة 2021




المصدر: أحمد عمار، **مزيج توليد الكهرباء في الجزائر- هيمنة شبه كاملة للغاز (إنفوغرافيك)**، نُشر بتاريخ 2024-01-21، تاريخ التصفح 2024-09-19: https://attaqa.net/2024/01/21 /

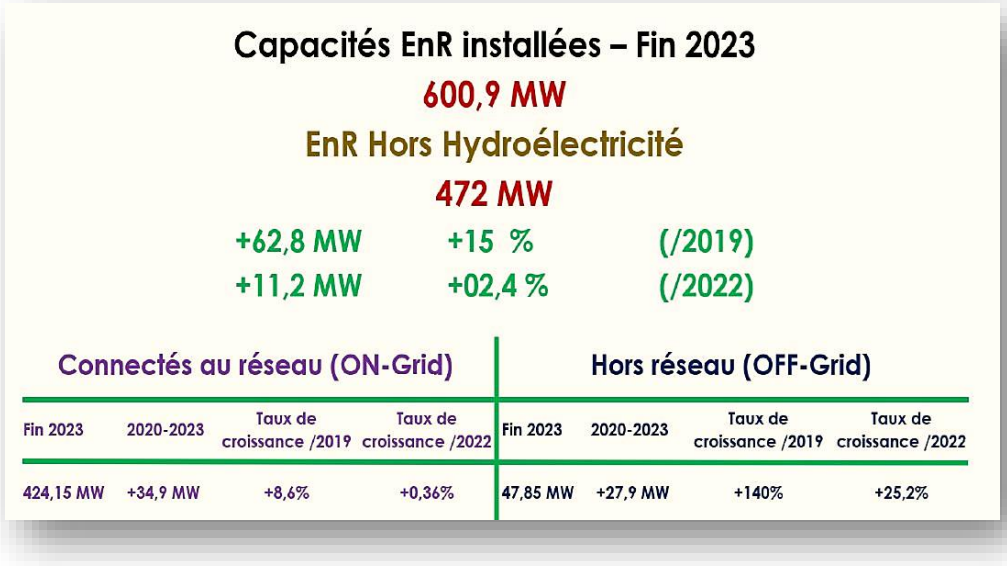
الشكل يوضح الاعتماد الكبير للجزائر على الغاز الطبيعي في توليد الكهرباء .حيث يشكل الغاز الطبيعي حوالي 98 %من إجمالي مزيج الطاقة الكهربائية المنتجة في البلاد .هذا الاعتماد الكبير على وقود أحفوري واحد يجعل الجزائر عرضة لتقلبات الأسعار العالمية للغاز الطبيعي، كما يطرح تساؤلات حول استدامة هذا المصدر من الطاقة على المدى الطويل.

من الملاحظ أيضاً الحصة الضئيلة جداً لمصادر الطاقة المتجددة مثل الشمس والرياح والطاقة الكهرومائية . على الرغم من الإمكانات الكبيرة للجزائر في مجال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، إلا أن الاستثمار في هذه المصادر لا يزال محدوداً.

أبرز النقاط التي يمكن استخلاصها من الشكل:

- هيمنة الغاز الطبيعي: يسيطر الغاز الطبيعي على القطاع بشكل شبه كامل؛
- حصة متواضعة للطاقة المتجددة: لا تزال مساهمة الطاقة المتجددة ضئيلة جداً؛
- تراجع طفيف لحصة النفط: مقارنة بالسنوات السابقة، انخفضت حصة النفط في توليد الكهرباء.

**الشكل 3-21:** بيانات الطاقة المتجددة في الجزائر لعام 2023




**Source:** People's Democratic Republic of Algeria, Commission for Renewable Energy and Energy Efficiency, **Assessment of Renewable Energy Capacities Installed in Algeria at The End Of 2023**, p05.

من خلال الشكل أعلاه يمكن استنتاج ما يلي:

- **زيادة كبيرة في القدرات:** تشير البيانات إلى زيادة كبيرة في القدرات الإجمالية للطاقة المتجددة في الجزائر بنهاية عام 2023، حيث بلغت 600 9.ميغاواط.
- **هيمنة الطاقة غير المائية:** تشكل الطاقة المتجددة غير المائية (مثل الشمسية والريحية) الجزء الأكبر من القدرات الإجمالية، حيث بلغت 472 ميغاواط، هذا يدل على التركيز على هذه الأنواع من الطاقة.
- **نمو مطرد :**تشير البيانات إلى نمو مطرد في قدرات الطاقة المتجددة منذ عام 2019، حيث سجلت زيادة بنسبة 15% مقارنة بذلك العام.
- **توزيع على الشبكة وغير الشبكة:** تم توزيع القدرات بين المنشآت المتصلة بالشبكة (ON-Grid) والمنشآت غير المتصلة بالشبكة(OFF-Grid) ، مع نمو كبير في كلا النوعين.

**المطلب الخامس: تطوير استخدام غاز البترول المسال واستخدامه في قطاع النقل في الجزائر**

بدأت الجزائر في استخدام غاز البترول المسال كوقود نظيف ومنخفض الكربون منذ عام 1983، وقد تم ذلك من خلال إصدار أول مرسوم ينظم شروط استخدام وتوزيع هذا الغاز، كانت شركة "نافطال" أول من قام بتسويق المركبات التي تعمل بغاز البترول المسال تحت العلامة التجارية "سيرغاز"، نظراً للربحية العالية التي يجنيها "نافطال" من هذا الوقود، قامت الشركة بحملة ترويجية مكثفة استهدفت في المرحلة الأولى سائقي سيارات الأجرة، وقد اعتمدت هذه الحملة على تقديم أسعار مخفضة وتسهيلات في تركيب أجهزة غاز البترول المسال .حيث تم تخفيض سعر غاز البترول المسال إلى النصف مقارنة بسعر البنزين في المرحلة الأولى، ثم إلى الثلث في المرحلة الثانية، مما شجع الكثيرين على استخدامه، نتيجة لهذا الإقبال الكبير، قامت "نافطال" بإنشاء أكثر من 400 محطة وقود و20 مركزاً لتركيب أجهزة غاز البترول المسال، وفي عام 1988، تم السماح

للقطاع الخاص بالقيام بتركيب هذه الأجهزة، مما ساهم في انتشارها على نطاق واسع، وفي عام 2006، تم اتخاذ إجراءات حكومية جديدة لتشجيع استخدام غاز البترول المسال، مثل تخفيض ضريبة القيمة المضافة على هذا الغاز وأجهزة التحويل، وتخفيض الضريبة على المنتجات البترولية[64]، وفي عام 2009، تم إطلاق برنامج "بروبير" بالتعاون بين وكالة ترقية وترشيد استهلاك الطاقة وبنك التنمية المحلي، والذي يوفر قروضاً بدون فوائد لشراء أجهزة تحويل السيارات إلى غاز البترول المسال، كما تم إعفاء السيارات التي تعمل بغاز البترول المسال من رسوم التسجيل في إطار السياسات الهادفة إلى حماية البيئة وتشجيع استخدام الطاقة النظيفة، وفي عام 2020، وقعت الشركة الجزائرية للتأمين واتحاد الوطني لتركيب أجهزة غاز البترول المسال اتفاقية تمنح تخفيضاً بنسبة 60% على تأمين السيارات التي تعمل بغاز البترول المسال.

**الفرع الأول: تحويل حضيرة السيارات بالجزائر إلى غاز البترول المسال**

أظهر آخر تقرير شامل حول عدد السيارات التي تعمل بغاز البترول المسال في الجزائر، والذي أعدته وزارة الانتقال الطاقوي والطاقات المتجددة السابقة في يوليو 2022، أن العدد وصل إلى 750 ألف سيارة في نهاية عام 2020 .هذه النسبة لا تمثل سوى 9.7 بالمئة من إجمالي حظيرة السيارات و15.2 بالمئة من السيارات التي تعمل بالبنزين، وفقًا لهذه الإحصائيات، بلغ عدد السيارات العاملة بغاز البترول المسال 850 ألف سيارة في النصف الأول من عام 2023 ومن المتوقع أن يتجاوز المليون سيارة في نهاية عام 2024، وتجدر الإشارة إلى أن هذا العدد، الذي يمثل تراكم الإنجازات على مدى العقود الأربعة الماضية، لا يزال متواضعًا بالنظر إلى قدرات البلاد في إنتاج غاز البترول المسال وإمكانات تحويل وتوزيع هذا الوقود، إضافة إلى ذلك، عند مقارنة عدد المركبات التي تم تحويلها إلى غاز البترول المسال بالإجمالي العام للمركبات التي تعمل بالبنزين، نلاحظ أن النسبة لا تزال منخفضة جدًا، ولا تتجاوز 15% بشكل طفيف. لذلك، أصبح من الضروري بذل المزيد من الجهود لعكس هذا الوضع وخفض نسبة المركبات التي تعمل بالبنزين فقط والتي لا تزال مرتفعة جدًا 85 بالمئة.

**الفرع الثاني: البنية التحتية لنقل وتوزيع غاز البترول المسال**

تشمل هذه البنية التحتية ثلاث مراحل رئيسية :نقل غاز البترول المسال من حقول الإنتاج إلى المصافي، وتزويد المستودعات الرئيسية والثانوية، وتوزيع غاز البترول المسال على محطات الوقود، ويتم نقل غاز البترول المسال عبر عدة طرق (أنابيب، طرق، وبحراً)، وفقًا لمصدره واستخدامه النهائي.

[64] الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، لجنة الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، **تقرير حول تطوير غاز البترول المسال (GPL) والغاز الطبيعي المضغوط (GNC) كمحركات للانتقال إلى الطاقة النظيفة في قطاع النقل بالجزائر**، 2024، ص 22.

**الجدول 3-7:** خطوط أنابيب نقل غاز البترول المسال

| القطعة | التسمية | القطر (بوصة) | الطول (كم) | سنة البدء في الخدمة |
|---|---|---|---|---|
| حاسي الرمل - أرزيو | LNZ1 | 16 | 495 | 1973 |
| حاسي الرمل - أرزيو | LZ1 | 24 | 503 | 1984 |
| أدرار- حاسي الرمل | LR1 | 10/24 | 989 | 1996 |
| أوحنت - قاسي طويل | DLR1 | 16 | 404 | 2004 |
| حاسي الرمل - أرزيو | LZ2 | 24 | 495 | 2009 |
| حاسي مسعود - حاسي الرمل | ELR1 | 24 | 336 | 2014 |

**المصدر:** الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، لجنة الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، **مرجع سابق**، ص 26.

يوضح الجدول أعلاه شبكة خطوط أنابيب نقل غاز البترول المسال في الجزائر، وهي عبارة عن مجموعة من الأنابيب الضخمة التي تستخدم لنقل الغاز من حقول الإنتاج إلى المصافي ومجمعات الفصل، حيث يتم فصل غاز البترول المسال عن باقي الغازات.

**الجدول 3-8:** مقارنة استهلاك البنزين وغاز البترول المسال لسيارات ذات سعات مختلفة

| سعة المحرك (لتر) | استهلاك البنزين (لتر/100 كم) | استهلاك غاز البترول المسال (لتر/100 كم) | زيادة استهلاك غاز البترول المسال (%) |
|---|---|---|---|
| 1.2 | 6.4 | 7.5 | 17.19% |
| 1.6 | 7.3 | 8.6 | 17.8% |
| 2.0 | 9.2 | 10.8 | 17.39% |

**المصدر:** الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، لجنة الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، **مرجع سابق**، ص 27.

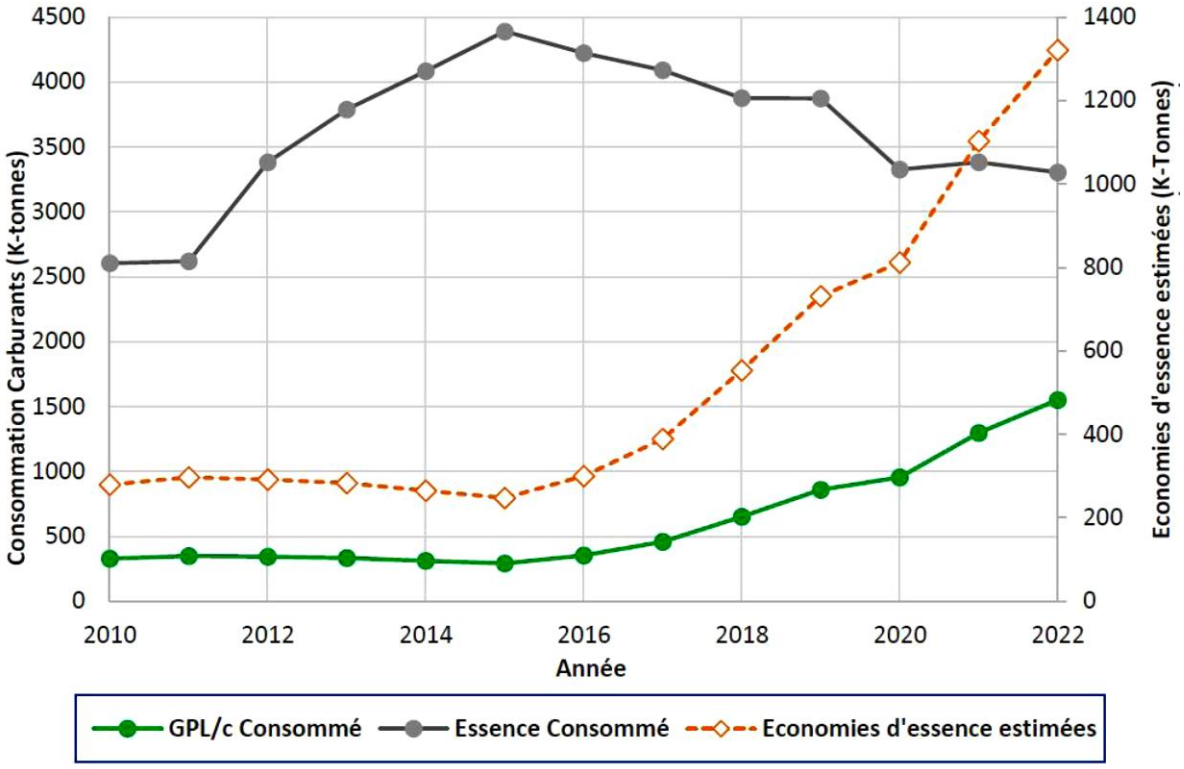
### الفرع الثالث: كفاءة الطاقة و أثر تطوير غاز البترول المسال على توفير البنزين

لتحديد بدقة كمية غاز البترول المسال اللازمة لقطع مسافة معينة بواسطة سيارة تعمل بالبنزين، يجب الاخذ بعين الاعتبار الفرق في الكفاءة بين الوقودين عند حساب استهلاك السيارات المدروسة، وفي الواقع، تزداد استهلاك سيارة تعمل بغاز البترول المسال بنسبة تزيد عن 17% مقارنة بالبنزين، كما هو موضح في الجدول أعلاه 3-8، ويعود هذا الفارق في الاستهلاك إلى انخفاض القيمة الحرارية الدنيا لغاز البترول المسال مقارنة بالبنزين، وهذا يعني أن تشجيع تحويل السيارات إلى غاز البترول المسال يجب أن يصاحبه بالضرورة حملات توعية لتقليل استهلاك غاز البترول المسال، حيث أن استهلاكه (باللتر لكل 100 كيلومتر) أعلى بنسبة 17% من البنزين، على الرغم من أن سعره أقل خمس مرات من سعر البنزين.

أدى النمو السريع في الطلب على غاز البترول المسال منذ عام 2015 إلى انخفاض كبير في استهلاك البنزين، حيث انخفض من 4391 ألف طن في عام 2015 إلى 3303 ألف طن في عام 2022، كما يتضح من الشكل الموالي.

وقد أدى ذلك إلى توفير 1088 ألف طن أو أكثر قليلاً من مليون طن من البنزين بين عامي 2015 و2022، وتتطابق تقديرات التوفير في استهلاك البنزين، وهي 1021 ألف طن (المنحنى الأيمن)، تمامًا مع التقديرات المستمدة من ميزانيات الطاقة الوطنية، وهي 1088 ألف طن، وتُظهر هذه التحليلات أن تسريع تطوير استخدام غاز البترول المسال في الجزائر يمكن أن يساهم في توفير كميات كبيرة من البنزين يمكن تصديرها.

**الشكل 3-22:** تأثير نمو الطلب على غاز البترول المسال على توفير البنزين




**المصدر:** الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، لجنة الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، **مرجع سابق**، ص 42.

من خلال العلاقة العكسية بين استهلاك غاز البترول المسال واستهلاك البنزين في الجزائر في الشكل أعلاه، يمكن استخلاص ما يلي:

1. **الزيادة المطردة في استهلاك غاز البترول المسال:** نلاحظ من خلال الخط البياني الأخضر أن استهلاك غاز البترول المسال قد شهد زيادة مستمرة على مر السنوات، مما يشير إلى إقبال متزايد من المستهلكين على هذا النوع من الوقود.
2. **الانخفاض المستمر في استهلاك البنزين:** في المقابل، شهد استهلاك البنزين (الخط البياني الرمادي) انخفاضًا ملحوظًا خلال نفس الفترة، مما يدل على تحول المستهلكين من البنزين إلى غاز البترول المسال.
3. **التوفير في البنزين:** يعكس الخط البياني البرتقالي حجم التوفير المتحقق في استهلاك البنزين بفضل زيادة استخدام غاز البترول المسال، ونلاحظ أن هذا التوفير قد زاد بشكل كبير مع زيادة الطلب على غاز البترول المسال.

## المبحث الخامس: مساهمة الطاقات المتجددة في استدامة قطاع النقل

تعد كفاءة الطاقة في قطاع النقل من أهم التحديات التي تواجه الجزائر حاليا، فبالرغم من أهمية هذا القطاع في الاقتصاد الوطني، إلا أن استهلاك الطاقة فيه مرتفع بشكل كبير، مما يضع ضغطاً كبيراً على الموارد الطبيعية ويؤثر سلباً على البيئة.

### المطلب الاول: الأبعاد الاقتصادية

يرتبط النشاط الاقتصادي في الجزائر ارتباطاً وثيقاً بقطاع الطاقة، حيث تعتمد البلاد بشكل كبير على عائدات النفط والغاز، ومع ذلك، فإن استهلاك الطاقة المرتفع في قطاع النقل يقلل من الفوائد الاقتصادية لهذه الموارد، ويؤدي إلى زيادة فاتورة استيراد الطاقة، بالإضافة إلى ذلك، فإن انخفاض أسعار الوقود في الجزائر، رغم كونه يحفز النمو الاقتصادي على المدى القصير، إلا أنه يشجع على الاستهلاك غير الرشيد للطاقة ويؤدي إلى هدر الموارد.

### المطلب الثالث: القطاعات الرئيسية المستهلكة للطاقة

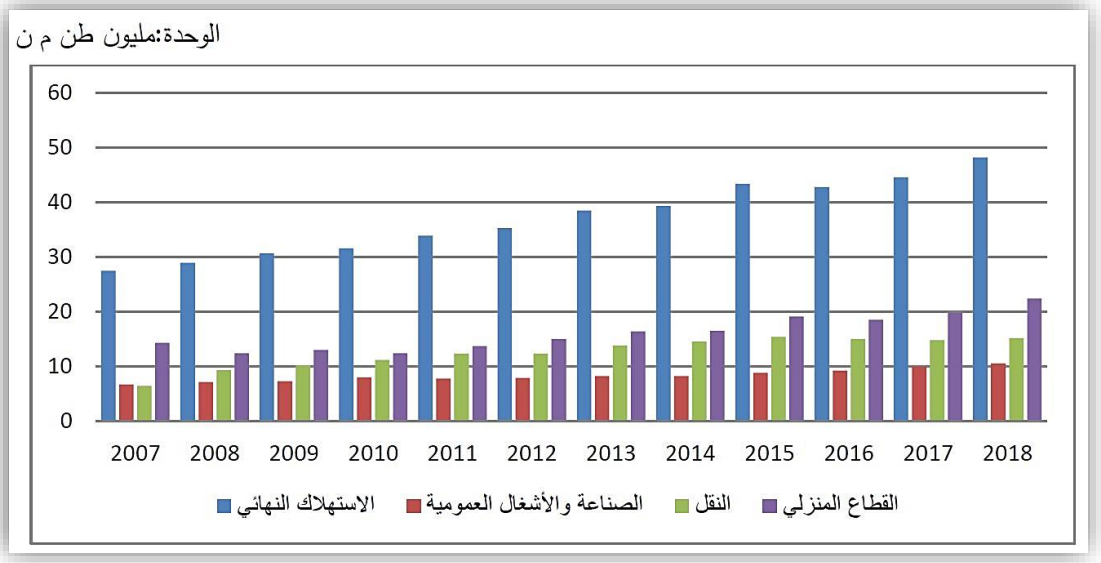
إن الاستهلاك غير الرشيد للطاقة في قطاع النقل يؤدي إلى تلوث الهواء وزيادة انبعاثات الغازات الدفيئة، مما يشكل تهديداً صريحاً على الصحة العامة والبيئة، كما أن الاعتماد الكبير على الوقود الأحفوري يجعل الجزائر عرضة لتقلبات الأسعار العالمية، مما يؤثر سلباً على الاستقرار الاقتصادي والاجتماعي.

لتحسين كفاءة الطاقة في قطاع النقل بالجزائر، يجب اتخاذ مجموعة من الإجراءات، من بينها:

1. **تشجيع استخدام وسائل النقل العام:** من خلال تحسين جودة الخدمات وتوسيع شبكات النقل العام.
2. **دعم استخدام السيارات الكهربائية والهجينة:** من خلال تقديم حوافز مالية وتسهيل عملية شرائها.
3. **تحسين كفاءة المركبات:** من خلال فرض معايير صارمة لكفاءة استهلاك الوقود.
4. **تطوير البنية التحتية للنقل:** من خلال إنشاء طرق سريعة وشبكات سكك حديدية حديثة.
5. **رفع الوعي بأهمية ترشيد استهلاك الطاقة:** من خلال الحملات التوعوية والإعلامية.
6. على الرغم من الإمكانات الكبيرة التي تتمتع بها الجزائر في مجال الطاقة الشمسية والريحية، إلا أن مساهمة هذه الطاقات في قطاع النقل لا تزال محدودة مقارنة بالدول المتقدمة.
7. **السيارات الكهربائية:** شهدت الجزائر في السنوات الأخيرة تحفيزات لتشجيع استخدام السيارات الكهربائية، ولكن عددها لا يزال محدوداً مقارنة بعدد السيارات التي تعمل بالوقود الأحفوري.
8. **النقل العام:** هناك جهود لتحديث أسطول النقل العام واعتماد حافلات تعمل بالغاز الطبيعي المضغوط أو الكهرباء، ولكن هذه الجهود لا تزال في بدايتها.
9. **البنية التحتية:** لا تزال البنية التحتية اللازمة لتشغيل السيارات الكهربائية، مثل محطات الشحن، غير كافية.

من خلال الشكل الموالي سنتطرق الى تطور الاستهلاك النهائي حسب القطاعات الاقتصادية في الجزائر خلال الفترة (2007-2018).

**الشكل 3-23:** تطور الاستهلاك النهائي حسب القطاعات الاقتصادية في الجزائر خلال الفترة (2007-2018)




**المصدر:** بيانات وزارة الطاقة والمناجم، الجزائر، 2019.

يقدم الشكل السابق (الرسم البياني) نظرة شاملة على تطور استهلاك الطاقة في الجزائر خلال الفترة ما بين عامي 2007 و2018، ويمكن ملاحظة عدة نقاط بارزة من خلال تحليل هذا الرسم البياني:

أ. **الزيادة المطردة في الاستهلاك:** يشير الرسم البياني إلى ارتفاع مستمر في استهلاك الطاقة في جميع القطاعات (الصناعة والأشغال العمومية، الاستهلاك المنزلي، النقل، الزراعة والصيد)، وهذا يدل على نمو اقتصادي متسارع في الجزائر خلال هذه الفترة، حيث زاد الطلب على الطاقة لتلبية احتياجات الصناعة والتجارة والنقل والسكن.

**المبحث السادس: تجارب دولية**

يمكن للجزائر الاستفادة من عدة تجارب دولية في مجال تطوير استخدام الطاقات المتجددة في قطاع النقل، وسنتطرق الى أهمها فيما يلي:

**المطلب الأول: تجربة "النرويج" في التحول نحو النقل الكهربائي**

يعتمد النقل بشكل كبير على الطاقة الأحفورية ويساهم في جزء كبير من انبعاثات غازات الدفيئة، من أجل التخفيف من هذه الانبعاثات، وضعت العديد من البلدان هدفًا يتمثل في تحقيق الحياد المناخي، وتعد كهربة السيارات إحدى المحطات الرئيسية لتحقيق مجتمع خالٍ من الانبعاثات الكربونية، وقد أجريت العديد من الدراسات لاستكشاف التكنولوجيا والسياسات اللازمة لتشجيع اعتماد السيارات الكهربائية .هناك ثلاثة أنواع رئيسية من السيارات الكهربائية في السوق، وهي السيارات الكهربائية الهجينة (HEVs) والسيارات الكهربائية الهجينة المكونات (PHEVs) والسيارات الكهربائية البطارية(BEVs) . بدأ اعتماد السيارات الكهربائية على نطاق واسع بالسيارات الكهربائية الهجينة مع إطلاق سيارة تويوتا بريوس في عام 1997، ومنذ ذلك الحين، استكشف العديد من الباحثين العوامل المؤثرة في ملكية السيارات الكهربائية الهجينة، بما في ذلك حجم الأسرة والجنس والدخل وكثافة الوظائف والتعليم وغيرها، ثم، مع التقدم التكنولوجي، حلت السيارات الكهربائية الهجينة

المكونات والسيارات الكهربائية البطارية محل السيارات الكهربائية الهجينة تدريجياً في سوق السيارات الكهربائية، ومقارنة بالسيارات الكهربائية الهجينة، تعتمد السيارات الكهربائية الهجينة المكونات والسيارات الكهربائية البطارية بشكل كبير على البنية التحتية للشحن.

تهدف الحكومة النرويجية إلى خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من حركة المرور على الطرق .وفي سعيها لتحقيق هواء أنظف، خاصة في المناطق الحضرية، وجهت انتباهها إلى السيارات الكهربائية .من خلال مزيج من البحث المتقدم والحوافز المالية وحملات التوعية العامة، تم تحقيق هذا الإنجاز :يوجد حوالي 70الف سيارة كهربائية على الطرق في النرويج و20٪ من السيارات الجديدة كهربائية بالكامل.

ركزت النرويج انتباهها على الانتقال من السيارات التي تعمل بالوقود الأحفوري إلى السيارات الكهربائية، إذ يمكن تقليل الانبعاثات المحلية وتحسين جودة الهواء المحلي عبر تطوير ورفع عدد السيارات الكهربائية التي تعمل على تقليل الضوضاء في المدينة. عرفت النرويج مجالات البحث في مجال السيارات الكهربائية في السبعينيات، لكن الاستخدام بشكل واسع لم يكن الا في العشرية الاخيرة.

إن الهدف الحكومي البيئي الشامل للنرويج لعام 2020 هو ألا تتجاوز الانبعاثات المتوسطة من السيارات الخاصة الجديدة متوسط 85 غرامًا من ثاني أكسيد الكربون/كم .وهذا يحدد السياق لسياسة السيارات الكهربائية، بافتراض أن زيادة استخدام السيارات الكهربائية هي وسيلة واضحة لتقليل تلوث الهواء.

هناك أيضًا عدد من الحوافز لمستخدمي السيارات الكهربائية، بما في ذلك الضرائب المخفضة والإعفاء من رسوم المرور، على سبيل المثال، أعطى مجلس مدينة أوسلو الأولوية لإنشاء نقاط الشحن، وقرر مجلس المدينة في عام 2007 إنشاء 400 نقطة شحن من 2008-2011، وفي أوائل عام 2008، لم تكن التكنولوجيا اللازمة لدمج حل الدفع في نقاط الشحن متطورة بالكامل، لذا بدلاً من قضاء الوقت في إنشاء حل للدفع، قررت المدينة جعل الشحن مجانيًا، كما أوضحت ماريان مولمن، رئيسة البنية التحتية للسيارات الكهربائية السابقة في وكالة أوسلو للبيئة الحضرية .وفي أواخر عام 2011، تم اعتبار البرنامج ناجحًا، وتم توسيعه لإنشاء 100 نقطة شحن جديدة في عام 2012، ثم الوصول إلى 900 نقطة شحن في المجموع بحلول نهاية عام 2014، كما أعاد مجلس المدينة استخدام الأموال من صندوق المناخ والطاقة الحالي وأنشأ حوافز للشركات وأصحاب المباني الشقق لتثبيت نقاط الشحن".

يعتبر تلوث الهواء الناجم عن حركة المرور على الطرق مشكلة في معظم المدن الأوروبية، وأوسلو ليست استثناء، يسهم قطاع النقل في 50% من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في أوسلو .كما أنها المصدر الرئيسي لتلوث الهواء المحلي في المدينة[65]، وضعت الحكومة النرويجية والاتحاد الأوروبي لوائح تهدف إلى تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الأحفورية من حركة المرور على الطرق.

اعتبارًا من أكتوبر 2015، وصلت البلاد إلى رقم قياسي بلغ 66000 سيارة كهربائية على الطرق، متجاوزةً بكثير التقديرات الرسمية التي كانت تتوقع وجود 50000 سيارة كهربائية بحلول أواخر عام 2017.

[65] Toi-no, cit 18-09-2024: https://www.toi.no/frontpage/electricity-for-road-vehicles-in-norway-article30810-25.html

لا يمكن لأي دولة أخرى حتى الآن أن تضاهي نسبة السيارات الكهربائية بالكامل في النرويج، وعلى الرغم من أنها لا تزال 2% فقط، كما نجد أن أكثر من خمس السيارات الجديدة المباعة في النرويج هي كهربائية[66].

نيابة عن وزارة النقل، قدمت شركات الطاقة في عام 2009 خطة عمل لتكهرب النقل البري، والتي افترضت أنه سيكون من الممكن الوصول إلى حصة 10% للسيارات الكهربائية والهجينة المكونات في أسطول السيارات الركاب في عام 2020 .قالت ماريان مولمن إنه حتى مع هدف 10%، "لم نكن نعرف حقًا ما سيحدث في المستقبل ."وأوضحت أن التكنولوجيا كانت لا تزال في بدايتها، وفي ذلك الوقت كان لدينا فقط سيارات كهربائية صغيرة تم إنتاجها في النرويج .كانت مثل السيارات البلاستيكية"!

ومع ذلك، جاء الدعم أكثر من الحكومة فقد دعمت جمعية السيارات الكهربائية النرويجية ... جهود أعضائها للحصول على أقصى استفادة من المركبات، من خلال جمع المعلومات المتعلقة بمرافق الشحن وتوفيرها، وقاموا بتجنيد سائقين جدد للسيارات الكهربائية من خلال اختبارات القيادة، وأنشطة النشر الأخرى، وسهلوا نقل المعرفة على منتدى مستخدمي الإنترنت[67].

"وهنا نشير الى انه يتم إدارة هذه الحوافز المحلية وتمويلها من قبل البلديات نفسها[68]، التزمت حكومات المدن والمناطق ببرامج الحوافز الحكومية، مع إعفاء السيارات الكهربائية من الرسوم والضرائب، على الرغم من أن هذا يقلل من إيراداتها.

كان هناك توافق سياسي عبر الأحزاب لدعم الحوافز المالية للسيارات الكهربائية الصفرية الانبعاثات حتى عام 2018، أو حتى يكون هناك 50000 سيارة كهربائية على الطرق، ولهذا فقد كانت أهداف البلاد نحو التوجه لتطوير استخدامات الطاقة المتجددة في قطاع النقل أكثر طموحًا، فقد كان من المقرر في البداية إلغاء الدعم المالي في عام 2018 لكن تكاتف السياسات الطاقوية ووضوحها أدى الى تحقيق الهدف قبل الموعد بثلاث سنوات (في الواقع، بحلول سبتمبر (2015) ارتفع الرقم إلى 74282، نتيجة للنجاح المبكر، قامت الحكومة بتعديل سياساتها، تم تمديد الإعفاءات الضريبية حتى عام 2017، مع التخطيط للإلغاء التدريجي من عام 2018"، قال هاوغنلاند من جمعية السيارات الكهربائية النرويجية إن الحوافز الضريبية كانت أهم عامل حافز لدفع ملكية السيارات الكهربائية الجديدة.

ومع ذلك، هناك مشككون يتساءلون عما إذا كان برنامج السيارات الكهربائية النرويجي فعالاً من حيث التكلفة أو طريقة فعالة لتقليل الملوثات الهوائية، قالت مولمن إن السيارات الكهربائية الأحدث والأكثر موثوقية والأغلى ثمناً على الطرق قد زادت من تصورات الناس - جيدة وسيئة - حول الحوافز، على سبيل المثال، يمكن للناس قيادة سياراتهم الكهربائية في طرق الحافلات.

---

[66] David Jolly, Norway Is a Model for Encouraging Electric Car Sales, pub 17-12-2015, cit 18-09-0-2024: https://www.nytimes.com/2015/10/17/business/international/norway-is-global-model-for-encouraging-sales-of-electric-cars.html?_r=0

[67] Centreforpublicimpact, pub 17-08-2016: https://www.centreforpublicimpact.org/insights/evaluation-pitfalls-popular-programmes

[68] Marie Aarestrup Aasness, James Odeck, The increase of electric vehicle usage in Norway—incentives and adverse effects, European Transport Research Review 7(4), 2015, p10.

واقترح البعض أيضًا أن الحكومة يمكن أن تخفف المعارضة من خلال القيام بالمزيد للتواصل بشأن فوائد ملكية السيارات الكهربائية.

تم تحديث هذه الأهداف في سياق المبادرة، لأن الأهداف الأصلية تم تحقيقها قبل الموعد المحدد (على سبيل المثال، تم تحديث العدد المستهدف من السيارات الكهربائية من نصف مليون بحلول نهاية عام 2017 إلى هدف أكثر طموحًا وهو مليوني سيارة بحلول عام 2025).

هناك أيضًا أهداف شاملة واضحة فيما يتعلق بخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، حيث يساهم برنامج السيارات الكهربائية بشكل كبير في ذلك..

تستند النرويج إلى الأدلة بناءً على السياسات السابقة وتجاربها الخاصة المستمرة على مر السنين، تم إجراء العديد من الدراسات والنماذج التجارية واختبارها، لقد كان تطورها عملًا للعديد من الوزارات وأصحاب المصلحة مما يجعل الأدلة قوية في هذه الحالة.

تم إجراء البحوث المتعلقة بتطوير النماذج الأولية للسيارات الكهربائية ونظام الدفع خلال الفترة من 1970 إلى 1990، وحدثت الاختبارات حتى عام 1999.

في عام 2008، أنشأت وزارة النقل والاتصالات النرويجية مجموعة موارد بقيادة Energi Norge من أجل وضع خطة عمل لتكهرب النقل البري.

قام مشروع Klimakur [علاج المناخ]، الذي أنشأته الحكومة، بتقييم إمكانية تخفيض الانبعاثات الوطنية في جميع القطاعات، قاد العمل في قطاع النقل إدارة الطرق العامة النرويجية، كان العمل مع مشروع Klimakur جزءًا من الأساس لوضع الورقة البيضاء الحكومية حول سياسة المناخ المنشورة في عام 2012.

يتفق المحللون النرويجيون عمومًا على أن الوقت اللازم لإعادة شحن السيارات الكهربائية قد أصبح أكبر عائق أمام الانتشار الواسع الآن بعد أن تم القضاء إلى حد كبير على القلق بشأن التحول اتجاهها.

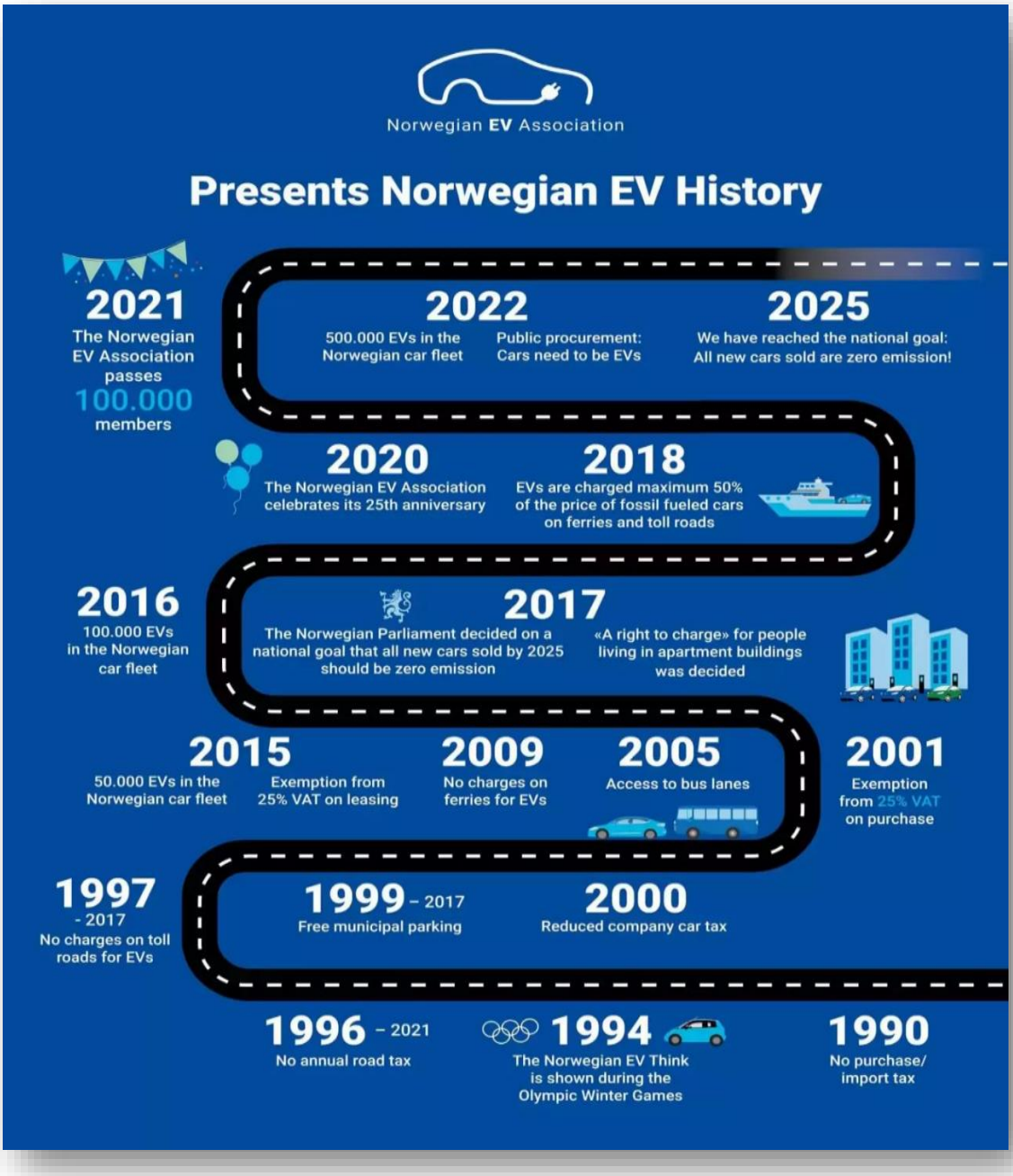
كما توجد بعض الشكوك حول الجدوى التقنية لشحن هذا العدد الكبير من السيارات الكهربائية[69]، أظهر تحليل في عام 2013 لدمج السيارات الكهربائية على نطاق واسع باستخدام نماذج تتضمن بيانات من Nord-Trondelag Elektrisitetsverk، وهي شركة طاقة إقليمية ومشغل الشبكة الكهربائية الوطنية، أنه عند معدل انتشار وطني بنسبة 7% (200،000 سيارة)، ستتجاوز احتياجات شحن المركبات حدود التباين في الجهد، حتى مع استراتيجيات الشحن الذكي، يمثل الشحن ضغطًا كبيرًا جدًا على النظام النرويجي.

تتطلب مبادرة السيارات الكهربائية التفاعل بين "الكيانات الخاصة والسلطات العامة والمنظمات غير الحكومية، ولهذا أنشأت المؤسسة الحكومية ENOVA ورابطة السيارات الكهربائية النرويجيةNOBIL، قاعدة البيانات الإلكترونية لمحطات شحن السيارات الكهربائية، وتتولى رابطة السيارات الكهربائية، وهي منظمة غير حكومية، الإدارة المستمرة لـ NOBIL وتعمل مع السلطات الوطنية والمحلية لتشجيع استخدام السيارات الكهربائية، وتدير المجالس البلدية الحوافز المحلية مثل إعفاءات رسوم الوقوف.

[69] Info-nobil-no, 2023, cit 15-09-2024: https://info.nobil.no/english

تقوم "رابطة السيارات الكهربائية النرويجية بإجراء استطلاع سنوي بين مستخدمي السيارات الكهربائية النرويجية يسألهم عن تجاربهم وآرائهم حول السوق والسياسة المتعلقة بالسيارات الكهربائية (وتطور وصيانة قاعدة بيانات محطات الشحن النرويجيةNOBIL يتم جمع المعلومات من مستخدمي السيارات الكهربائية ومالكي ومشغلي محطات الشحن والمساهمين الآخرين .يتم إعطاء الأولوية لجمع البيانات والتحقق منها لضمان الحصول على معلومات دقيقة وموثوقة لمستخدمي السيارات الكهربائية الذين يحتاجون إلى الكهرباء، يتم تمويل NOBIL وتمتلكها .ENOVA تتمثل مهمة NOBIL في جمع المعلومات ونقلها بفعالية إلى الأطراف الثالثة.

**الشكل 3-24:** تاريخ رحلة النرويج نحو التحول إلى الانبعاثات الصفرية في النقل



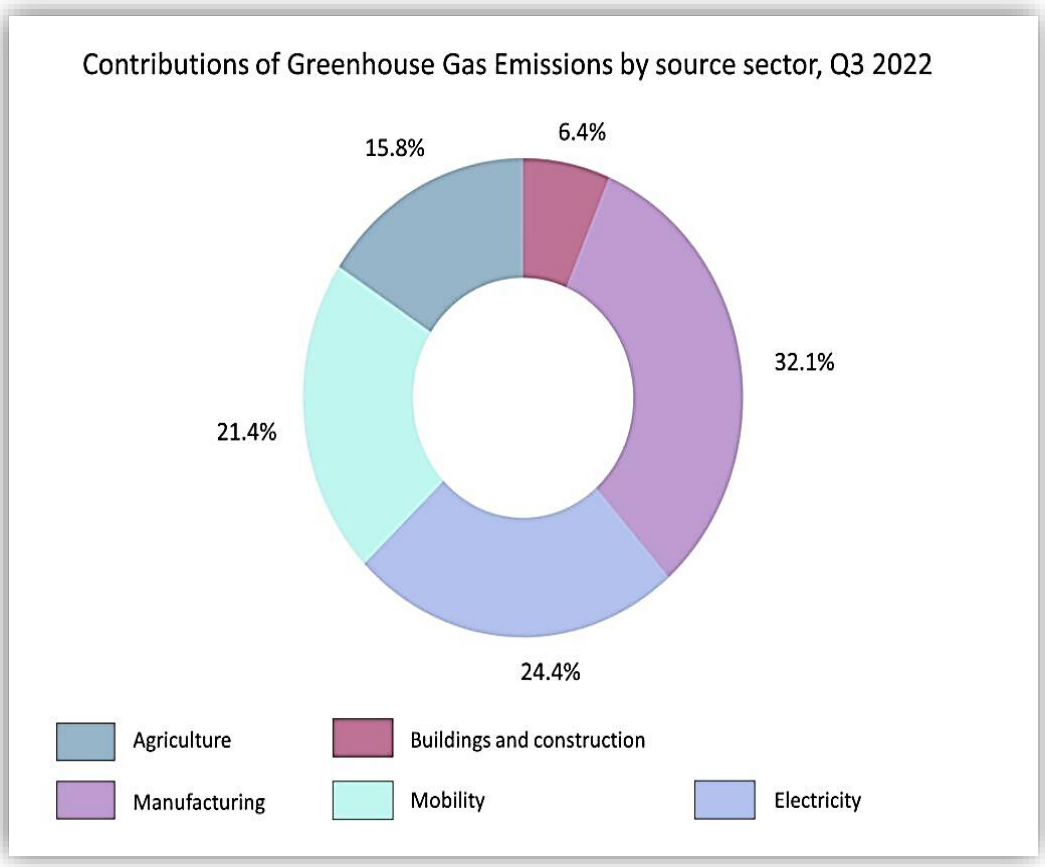

**Source:** Tom Clynes, **How did Norway go electric**, Published, June 21-2023, cit 18-09-2024: https://vitalsigns.edf.org/story/how-did-norway-go-electric

### المطلب الثاني: تجربة هولندا حول الدراجات الهوائية والمركبات الكهربائية

لتزمت الحكومة الهولندية بشكل كبير بخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في هولندا بنسبة 49% بحلول عام 2030، مقارنة بمستويات عام 1990، تم تحديد هذا التعهد في الاتفاق الوطني الهولندي، الذي تم الاتفاق عليه في عام 2019 ويحدد أهداف البلاد المناخية بما يتماشى مع استراتيجية الصفقة الخضراء الأوروبية للاتحاد الأوروبي .تهدف الصفقة الخضراء الأوروبية إلى إعادة تشكيل اقتصاد القارة بما يتماشى مع اتفاقية باريس، مع إعطاء الأولوية للاستدامة والإنصاف في أعقاب جائحة كوفيد-19.

في السياق الهولندي، سيكون تعزيز التنقل المستدام أمراً أساسياً لتحقيق أهداف البلاد المناخية، بالنظر إلى أن قطاع النقل هو أحد أكبر مصادر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في هولندا، خاصة في المناطق الحضرية، على الرغم من شبكة السكك الحديدية المنتشرة في هولندا، وكذلك ثقافة ركوب الدراجات المتطورة في البلاد، لا تزال السيارات الخاصة الوسيلة الرئيسية للتنقل.

**الشكل 3-25:** مساهمات القطاعات الهولندية في انبعاثات غازات الدفيئة خلال الربع الثالث من عام 2022




**Source:** Maria Kottari, **promoting sustainable mobility: a view from the Netherlands**, pub Mar 29-2023, cit 15-09-2024: https://www.ippi.org.il/promoting-sustainable-mobility-a-view-from-the-netherlands/

يشير الشكل علاه إلى:

- قطاع الكهرباء هو المساهم الأكبر في انبعاثات غازات الدفيئة، حيث يشكل حوالي 24.4%من إجمالي الانبعاثات .هذا يشير إلى أن إنتاج وتوزيع الكهرباء يمثل تحديًا كبيرًا في مجال مكافحة تغير المناخ.
- يأتي قطاع التصنيع في المرتبة الثانية، مساهمًا بنسبة 32.1% من إجمالي الانبعاثات .هذا يدل على أن العمليات الصناعية المختلفة تساهم بشكل كبير في الاحتباس الحراري.
- قطاع النقل يساهم بنسبة 21.4%مما يؤكد أن وسائل النقل، خاصة تلك التي تعتمد على الوقود الأحفوري، لها تأثير كبير على البيئة.
- الزراعة تساهم بنسبة 15.8% والبناء والتشييد بنسبة 6.4 %.

في ضوء التزامات هولندا المناخية المعززة بموجب اتفاقية باريس لعام 2015 واستراتيجية التنقل المستدام والذكية للاتفاق الأخضر الأوروبي، أصبح تعزيز التنقل المستدام أولوية رئيسية لصناع السياسات الهولنديين، تشمل رؤية البلاد للتنقل المستدام مجموعة من وسائل النقل، بما في ذلك ركوب الدراجات، ونقل الركاب والبضائع، والنقل العام، والبنية التحتية للشحن لكل من حركة المرور على الطرق والشحن البحري.

يعد تعزيز التنقل المستدام عنصرًا أساسيًا في جهود هولندا الأوسع نطاقًا للانتقال إلى الطاقة، وقد حقق صناع السياسات تقدماً كبيراً نحو توفير خيارات نقل أنظف وأكثر كفاءة في استخدام الطاقة. ومع ذلك، فإن تحقيق تحول كامل نحو التنقل المستدام يمثل مجموعة من التحديات، بما في ذلك تلك المتعلقة بالتصميم المكاني والحوكمة والبيئة والابتكار والإنصاف والشمول الاجتماعي والصحة.

للتصدي لهذه التحديات، تركز هولندا على مجالات رئيسية في النقل والتنقل مع العمل بشكل تعاوني مع مجموعة واسعة من أصحاب المصلحة، بما في ذلك المواطنين والبلديات والمحافظات ومراكز البحوث والشركات الخاصة.

اعتبارًا من عام 2017، تم تشغيل جميع القطارات الكهربائية للركاب التي تعمل في هولندا باستخدام الطاقة الخضراء، علاوة على ذلك، بموجب الاتفاق الطوعي بشأن النقل بالحافلات بدون انبعاثات، يجب على جميع الحافلات الجديدة استخدام 100% من الطاقة المتجددة أو الوقود اعتبارًا من عام 2025، ويجب أن تكون جميع الحافلات خالية تمامًا من الانبعاثات اعتبارًا من عام 2030 .أرسل هذا الاتفاق "إشارة انتقال" واضحة إلى السلطات المحلية ومصنعي المركبات ومقدمي خدمات النقل العام، علاوة على ذلك، جعلت هولندا أرضًا للاختبار للاستخدام المحتمل للنقل العام بدون انبعاثات في دول الاتحاد الأوروبي الأخرى.

حققت هولندا أيضًا تقدمًا كبيرًا نحو كهربة أساطيل النقل العام الخاصة بها، حيث تقود أمستردام الطريق نحو كهربة التنقل الحضري .وبالتالي، بينما يمثل قطاع النقل حاليًا 18% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في أمستردام، ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى استهلاك الوقود الأحفوري، من المتوقع أن تحقق "خطة الطريق لتحقيق الحياد المناخي بحلول عام 2050" أكبر انبعاثات.

تنص الصفقة الخضراء لوجستيات المدن بدون انبعاثات(ZES) ، التي وقعها أكثر من 60 من أصحاب المصلحة العامة والخاصة في عامي 2019 و2020، على أنه بحلول عام 2025، ستحتاج المركبات التي توزع البضائع في المدن إلى خفض انبعاثاتها إلى الصفر من خلال ربط

أصبحت هولندا واحدة من أبرز اللاعبين في مجال النقل الكهربائي في أوروبا والعالم، وذلك بشكل رئيسي بسبب النهج الوطني المستشرف للمركبات الكهربائية (EVs) على مستوى السيارات الخاصة، في عام 2020، كانت 21% من جميع السيارات المسجلة الجديدة سيارات كهربائية بالبطارية (BEVs) و 4% كانت سيارات هجينة كهربائية قابلة للوصول بالكهرباء(PHEVs) ، إن هذا المعدل العالي من الاستخدام، خاصة بالنسبة لسياراتBEVs ، هو دليل على السياسات التقدمية للمركبات الكهربائية التي تم تنفيذها على مدار السنوات الماضية، يشمل هذا النهج سياسات الحوافز، التي تتراوح من الدعم والضرائب إلى البنية التحتية للشحن بحيث تكلف ملكية السيارات الكهربائية الآن المستهلكين في هولندا نفس تكلفة ملكية السيارات التي تعمل بالديزل أو البنزين، أظهر المسح الوطني السنوي للمركبات الكهربائية والسائقين أن الإعفاء من ضريبة المركبات هو الحافز المالي الأكثر أهمية بالنسبة لسائقي السيارات الكهربائية الخاصة الهولنديين، وفقًا لنفس المسح، فإن سائقي السيارات الكهربائية في هولندا هم في الغالب واعون بالتكلفة (36%) ولكنهم أيضًا واعون بالبيئة بشكل شبه متساوٍ (35%)، وهي حقيقة تكشف عن درجة كبيرة من التحول السلوكي للمستخدمين الذين يقودون السيارات بسبب المخاوف المتعلقة بتغير المناخ.

تستثمر السلطات العامة الهولندية أيضًا في نشر منصات MaaS (Mobility as a Service) كجزء من محاولتها لتبني نهج شامل من شأنه ضمان توافر خيارات النقل متعدد الوسائط الأكثر استدامة، تتضمن هذه المنصات بشكل أساسي تطوير أدوات رقمية، مثل تطبيقات الهواتف الذكية، التي تسمح للمواطنين بالاطلاع على خيارات التنقل المتاحة والتكاليف المرتبطة بها في جميع أنحاء المدينة، بما في ذلك النقل العام والمُشترك.

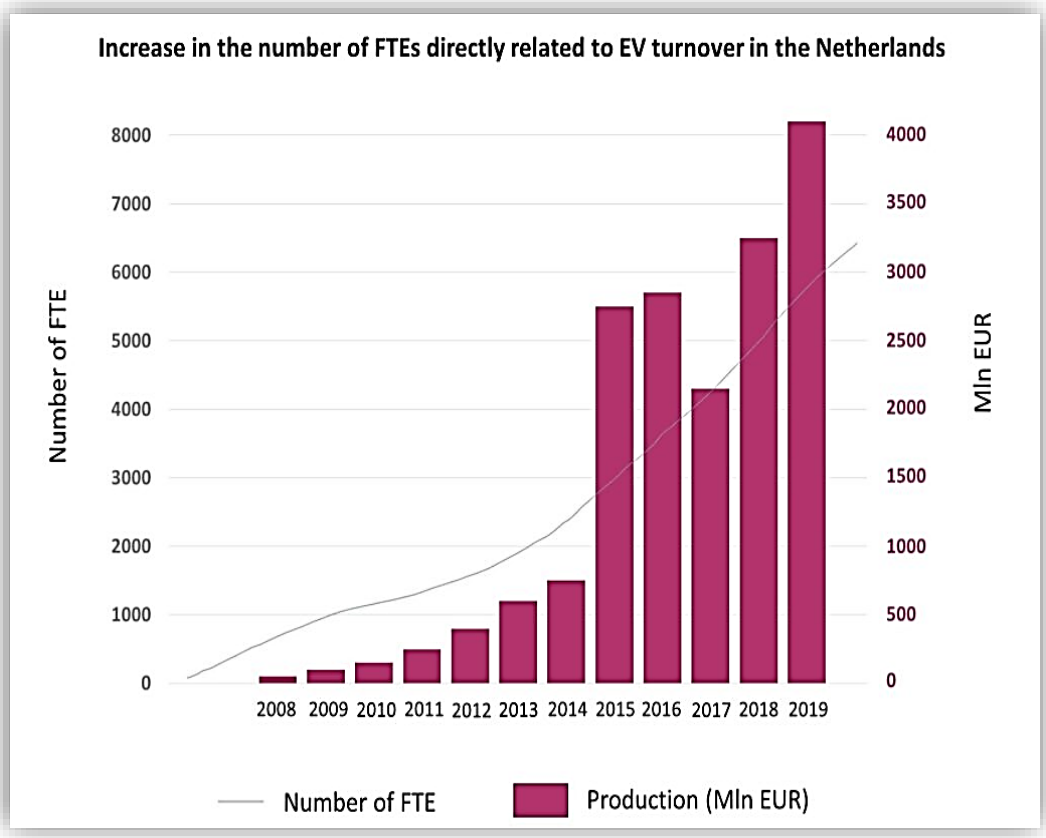
من المتوقع أن يؤدي تطوير أدوات MaaS إلى تعزيز استخدام المركبات المشتركة والكهربائية والنقل العام، مع تعزيز الابتكار في خدمات مشاركة البيانات، ستمكّن هذه التطبيقات المسافرين من الحجز والدفع لرحلاتهم، مما يجعل اختيار خيارات النقل المستدام أكثر سهولة وراحة، يأمل صناع السياسات الهولنديون أن يؤدي نشر أدوات MaaS إلى تشجيع الركاب على تقليل اعتمادهم على السيارات الخاصة واختيار وسائل النقل الأكثر استدامة بدلاً من ذلك.

اعتبارًا من عام 2019، اتخذت مدينة أمستردام خطوات كبيرة للحد من تلوث الهواء وتعزيز النقل المستدام، كجزء من خطة العمل للجو النظيف، نفذت المدينة مجموعة من التدابير لتشجيع اعتماد المركبات بدون انبعاثات، وتشمل هذه الدعم ومخططات الخردة، مع خصومات تصل إلى 3000 يورو لسيارات الأجرة و40،000 يورو لعربات التوصيل والشاحنات والحافلات.

أعلنت مدينة أمستردام[70] أيضًا عن خطط لحظر جميع المركبات التي تعمل بالبنزين والديزل من القيادة في وسط المدينة اعتبارًا من عام 2030، بينما ستُحظر الحافلات غير الكهربائية من دخول وسط المدينة اعتبارًا من عام 2022، كما التزمت البلدية بتخضير أسطولها الخاص من المركبات.

لا يساعد التنقل المستدام فقط في جعل المدن أقل ازدحامًا وتلوثًا، بل يوفر أيضًا فرصًا اقتصادية كبيرة، مع النمو المتزايد في سوق السيارات الكهربائية، يمكن للشركات الهولندية الاستفادة من خبرتها في هذه الصناعة لتصدير المنتجات والخدمات إلى الخارج، علاوة على ذلك، تزداد الشركات الأجنبية بشكل متزايد إنشاء مكاتب في هولندا، مما يخلق فرص عمل جديدة في قطاع النقل الكهربائي، شهدت صناعة السيارات الكهربائية الهولندية بالفعل ارتفاعًا كبيرًا في التوظيف، ومن المتوقع أن يستمر هذا الاتجاه في السنوات القادمة .وفقًا لوكالة الأعمال الهولندية، ارتفع عدد الوظائف المرتبطة مباشرة بالسيارات الكهربائية إلى 6860 مكافئًا للعمل بدوام كامل(FTE) ، بينما تجاوز العائد المرتبط بالسيارات الكهربائية 4 مليارات يورو في عامي 2019 و2020.

**الشكل 3-26:** نمو ملحوظ في صناعة المركبات الكهربائية في هولندا خلال الفترة من 2008 إلى 2019




**المصدر:** تقرير وكالة الأعمال الهولندية بعنوان **"زيادة عدد الوظائف الدائمة والإيرادات المرتبطة بشكل مباشر بقطاع المركبات الكهربائية في هولندا**، 2008-2020.

تسلط الحالة الهولندية الضوء على أهمية السياسات الوطنية والمحلية في دفع نظام بيئي مزدهر للتنقل المستدام، خاصة في سياق كهربة التنقل، بالإضافة إلى الجهود الوطنية والمحلية، تتعاون هولندا مع شراكات

[70]m.geidco, cit 15-09-2024: https://m.geidco.org.cn/pcarticle/1073

النقل الكهربائي الدولية مثل تحالف خفض الكربون في النقل وبرنامج التعاون التكنولوجي للسيارات الهجينة والكهربائية لتكملة وتوسيع مبادراتها.

تستثمر هولندا حاليًا في دفع التنقل المستدام في البلاد إلى الأمام، مع تطوير نماذج أعمال مبتكرة وبحث متعدد التخصصات مع أصحاب المصلحة المتعددين، على الرغم من التقدم المحرز حتى الآن، لا يزال الانتقال إلى التنقل المستدام في هولندا (الخاص والعام) يواجه تحديات كبيرة، تشمل العقبات الرئيسية التي تواجه الانتقال إلى التنقل المستدام في السنوات القادمة القدرة على تحمل التكاليف، والوصول إلى التمويل للشركات الخاصة والشركات الناشئة، والعوائق التنظيمية.

من المتوقع أن تواجه المدن الهولندية مستويات متزايدة من الضغط نتيجة لتغير المناخ، مقترنة باتجاهات النمو الحضري المتزايدة، والتي من المتوقع أن تكون مصحوبة بتحديات صحية واجتماعية، وبالتالي، سيتعين على صناع القرار الهولنديين المضي قدمًا بحزم والعمل بطريقة شاملة لمواصلة وتعزيز الانتقال إلى التنقل المحايد الكربون.

**إن ما يمكن استنتاجه من التجربتين النرويجية والهولندية في استخدام الطاقات المتجددة في مجال النقل:**

**أولا- بالنسبة للنرويج:**

- لعبت الحوافز المالية والضريبية، بالإضافة إلى البنية التحتية للشحن، دورًا حاسمًا في تشجيع المواطنين على تبني السيارات الكهربائية.
- تعاون القطاع العام مع الشركات الخاصة والمنظمات غير الحكومية لإنشاء بيئة مواتية لنمو سوق السيارات الكهربائية.
- حددت الحكومة أهدافًا واضحة وواقعية لزيادة عدد السيارات الكهربائية على الطرق، مما ساهم في توجيه الجهود.
- تم تنفيذ حملات توعية واسعة النطاق لتثقيف الجمهور حول فوائد السيارات الكهربائية وتبديد المخاوف.
- استثمرت النرويج في البحث والتطوير في مجال السيارات الكهربائية والبنية التحتية للشحن.
- تجاوزت النرويج أهدافها الأولية بشكل كبير، مما يشير إلى نجاح الاستراتيجية المتبعة.
- حصلت سياسات دعم السيارات الكهربائية على دعم واسع من الأحزاب السياسية المختلفة.
- استفادت النرويج من تجاربها السابقة وقامت بتعديل سياساتها بناءً على النتائج المحققة.
- واجهت النرويج بعض التحديات التقنية المتعلقة بشحن عدد كبير من السيارات الكهربائية، ولكن تم التعامل معها بشكل فعال.
- أصبحت تجربة النرويج نموذجًا يحتذى به لدول أخرى تسعى إلى التحول نحو النقل المستدام.

**ثانيا- بالنسبة لهولندا:**

- وضعت هولندا هدفًا طموحًا لخفض انبعاثات غازات الدفيئة، مع التركيز على قطاع النقل كأحد القطاعات الرئيسية.
- لا تقتصر جهود هولندا على السيارات الكهربائية، بل تشمل أيضًا تعزيز النقل العام وركوب الدراجات.
- تعمل الحكومة الهولندية مع مجموعة واسعة من أصحاب المصلحة، بما في ذلك البلديات والمحافظات والشركات الخاصة، لتحقيق أهدافها.
- تستثمر هولندا بشكل كبير في تطوير البنية التحتية للشحن لتسهيل استخدام السيارات الكهربائية.
- تقدم الحكومة الهولندية حوافز مالية متنوعة لتشجيع المواطنين والشركات على تبني السيارات الكهربائية.
- تعمل الحكومة على وضع سياسات تنظيمية تشجع على الانتقال إلى النقل المستدام.
- تواجه هولندا تحديات مثل التكاليف المرتفعة للسيارات الكهربائية والحاجة إلى زيادة الوعي العام.
- يساهم التحول نحو النقل المستدام في خلق فرص عمل جديدة وتحفيز النمو الاقتصادي.

**خلاصة الفصل الثالث**

خلص الفصل الثالث إلى عدة نتائج محورية بشأن تعزيز استخدام الطاقات المتجددة في قطاع النقل.

أولًا، يتبين أن قطاع النقل في الجزائر يعتمد بشكل كبير على الوقود الأحفوري، مما يجعله مساهمًا رئيسيًا في انبعاثات الغازات الدفيئة، وهذا يشير إلى أهمية التحول نحو الطاقات المتجددة للحد من الآثار البيئية السلبية.

ثانيًا، أظهرت النتائج أن رفع كفاءة استخدام الطاقة في قطاع النقل عبر الاعتماد على الطاقة المتجددة، مثل المركبات الكهربائية والشبكات المستدامة، يمكن أن يقلل من التكاليف التشغيلية ويخفض العبء البيئي على المدى البعيد .

إنَّ السياسات الوطنية الطاقوية الحالية – خاصة في مجال تطوير استخدامات الطاقة المتجددة في قطاع النقل، رغم كونها خطوة إيجابية، تتطلب تعزيزًا إضافيًا، لا سيما من خلال تقديم حوافز مالية وإعفاءات ضريبية، وتشجيع الاستثمارات في البنية التحتية اللازمة للمركبات النظيفة، مثل محطات شحن السيارات الكهربائية.

وأخيرًا، فان الكثير من التجارب الدولية الحديثة (تجربتي النرويج وهولندا) يمكن الاستئناس بها وتكييفها مع الخصوصية الجزائرية، كما أن التعاون بين القطاعين العام والخاص، إلى جانب دعم السياسات الحكومية المتكاملة والابتكارات التكنولوجية، يساهم بشكل كبير في تحسين استدامة قطاع النقل.

# الفصل الرابع

## استراتيجية ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع الصناعة

## تمهيد

يعتبر قطاع الصناعة ركنًا هاما في الاقتصاد الوطني، لما له من دور كبير في تعزيز التنمية الاقتصادية وتوفير فرص العمل. ويتميّز القطاع الصناعي بأحاديته وضعف تنوعه رغم وجود بعض القواعد التصنيعية المشكلة له مثل البتروكيماويات، والمعادن، والصناعات الغذائية، والمنسوجات، والالكترونيات، والمعدات الصناعية، والمنتجات الكهربائية والالكترونية.

تهدف الجزائر الى تطوير وتعزيز استخدامات الطاقة المتجددة في القطاع الصناعي من خلال سياسات وإجراءات متعددة. تشمل هذه الجهود تشجيع الاستثمارات في الصناعات الوطنية وتوفير البيئة الملائمة لتنميتها. كما يتم تقديم الحوافز المالية والضريبية والتسهيلات الجمركية والادارية الأخرى للشركات المحلية و/أو الأجنبية التي ترغب في الاستثمار في القطاع الصناعي لا سيما في مجالات تطوير الطاقات المتجددة.

ولا يمكن الحديث عن تطوير القطاع الصناعي وعصرنته وتنويعه دون تنويع الطاقات المستخدمة فيه.

وعليه سنرى إمكانية تطوير استخدامات الطاقات المتجددة ومقوماتها من خلال هذا الفصل الذي سنتطرق من خلاله إلى النقاط التالية:

المبحث الأول: مدخل الى الاقتصاد الصناعي

المبحث الثاني: استهلاك الطاقة ومصادرها في قطاع الصناعة

المبحث الثالث: كفاءة استخدام الطاقات المتجددة في قطاع الصناعة

المبحث الرابع: السياسات الوطنية في مجال ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في القطاع الصناعي

المبحث الخامس: مساهمة الطاقات المتجددة في استدامة قطاع الصناعة

المبحث السادس: تجارب دولية

## المبحث الأول: مدخل الى الاقتصاد الصناعي

على الرغم من أن دراسة الصناعة من قبل الاقتصاديين قديمة قدم دراسة الاقتصاد نفسه، فإن مصطلح "الاقتصاد الصناعي" حديث الأصل تمامًا، ويبدو أنه قد ورد إلى الأدبيات الاقتصادية في أوائل الخمسينيات من خلال كتابات أندروز، قبل ذلك، لم يتم التعرف على التحليل الاقتصادي للصناعة كفرع مميز من الاقتصاد في العديد من المراجع والكتب، وهذا على الرغم من أنه أطلق عليه مجموعة متنوعة من الأسماء المختلفة، مثل "اقتصاد الصناعة" و"الصناعة والتجارة" و"اقتصاد الأعمال" و"التجارة" و"التنظيم الصناعي" الأكثر شيوعًا، ولا يزال "التنظيم الصناعي" مصطلحًا شائع الاستخدام في الولايات المتحدة[1].

إن غياب أي اسم مقبول عمومًا لهذه المنطقة من الاقتصاد يشير إلى عدم وجود توافق في الآراء ليس فقط فيما يتعلق بنطاق الموضوع ولكن أيضًا فيما يتعلق بأهدافه ومنهجيته، يشير مقدمة التحرير لمجلدات الجمعية الاقتصادية الأمريكية في "التنظيم الصناعي والسياسة العامة"، المنشور في عام 1958، إلى أنه:

"... مجال التنظيم الصناعي والسياسة العامة ليس له محتوى محدد جيدًا أو حدودًا دقيقة: بعض الدورات تشدد على تنظيم الأسواق الصناعية وخصائصها بشكل عام وبعض الأسواق على وجه الخصوص .وتهدف أخرى إلى إظهار العلاقة بين الأسواق الصناعية ونظرية الأسعار وتعديل هذه النظرية وتوسيعها في ضوء حقائق التنظيم الصناعي[2]، ولا تزال أخرى مهتمة بشكل أساسي بقضايا السياسة العامة، مع إيلاء القليل من الاهتمام لتحليل تنظيم السوق أو نظرية الأسعار" .

وأيضا "التنوع في الردود يدعم وجهة النظر القائلة بأن التنظيم الصناعي ليس كيانًا واضحًا المعالم ومتجانسًا ... لا يزال المجال واسع الانتشار ومتطور[3]".

### المطلب الأول: التطور التاريخي للاقتصاد الصناعي

محورية تفسير التطور التاريخي للتحليل الاقتصادي للنشاط الصناعي هي الانقسام المنهجي الذي كان موجودًا بين التيارات الرئيسية للفكر الاقتصادي الإنجليزي والمدارس التاريخية والمؤسسية خلال أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين، يتضح ذلك في كتابات J. S. Mill و Jevons والاقتصاديين الرياضيين في بداية القرن، حيث أوضح كتاب Robbins طبيعة علم الاقتصاد وأهميته، وقد تميز بقبول بعض الافتراضات السلوكية حول المستهلكين الأفراد والشركات، والتي كان يُعتقد أنها ذات تطبيق واسع النطاق، حيث يتخذ التحليل الاقتصادي شكل البحث عن الآثار المنطقية لهذه الأنماط السلوكية عند مواجهة ندرة الموارد، لقد سهل هذا الشكل من التحليل التنظير العام واستخدام الأدوات الرياضية في سلاسل الاستدلال الطويلة والمعقدة نسبيًا، كما تطلب بالضرورة درجة عالية من التجريد من أحداث العالم الحقيقي لتمكين تحقيق هذه الدرجة من التعميم.

---

[1] A. Phillips and R. E. Stevenson, 'The historical development of industrial organisation,'History of Political Economy, vol. 6, no. 3 (Fall 1974), pp. 324-42.

[2] P. W. S. Andrews, 'Industrial analysis in economics', in T. Wilson and P. W. S. Andrews (eds), Oxford Studies in the Price Mechanism (Oxford, Clarendon Press ;(1951 ,and P. W. S. Andrews, 'Industrial economics as a specialist subject', Journal of Industrial Economics, vol. I (1952).

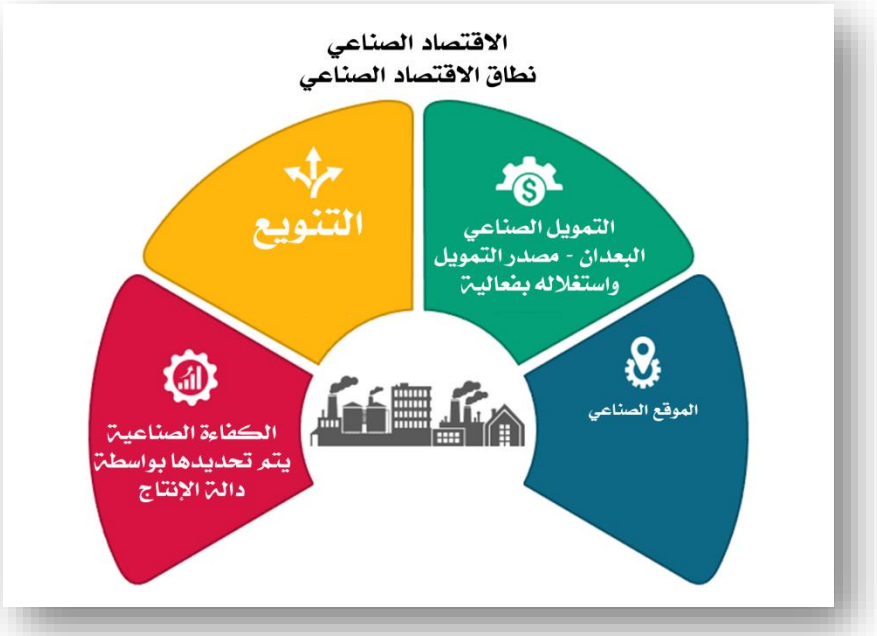
[3] R. B. Heflebower and G. W. Stocking (eds), AEA Readings in Industrial Organisation and Public Policy (Homewood, Ill., Irwin, 1958), p.v.

شككت المدرسة التاريخية، التي تطورت في البداية في ألمانيا، في الافتراضات السلوكية وطريقة عمل القوى الاقتصادية التي كانت مركزية في التحليل الاقتصادي للمدرسة الإنجليزية، وبدلاً من ذلك، جادل أعضاؤها بأن هذه الاختلافات تختلف اختلافًا كبيرًا من بلد إلى آخر ومن فترة زمنية إلى أخرى لأنها كانت مشروطة بالمؤسسات الموجودة داخل أي بلد في أي نقطة زمنية معينة.

تم اشتقاق ثلاث استنتاجات مهمة للتحليل الاقتصادي من هذه الفرضية المؤسسية الأساسية[4]:

أولا: يجب أن يعتمد التحليل الاقتصادي على التحقيقات التجريبية المصممة لتحديد طبيعة الإطار المؤسسي الحالي وطريقة تأثيره على عمل القوى الاقتصادية .بهذا المعنى، النظرية والتحليل ليسا مطلقين أو عالميين بل نسبيين بالنسبة للإطار المؤسسي الذي يعملان من خلاله، ثانيا: نظرًا لتطور المؤسسات على مدى فترة زمنية، فإنها مشروطة ببيئات قد لا تكون موجودة بعد الآن .لذلك، فإن فهم طبيعتها والطريقة التي قد تتغير بها لاحقًا يتضمن دراسة تطورها التاريخي، ثالثا: يجب عدم التعامل مع المؤسسات على أنها أمر مسلم به في التحليل الاقتصادي، أي على أنها قيود ثابتة وغير قابلة للتغيير، بل يجب التعامل معها على أنها قادرة على التعديل حيث تعيق في أشكالها الحالية عمل القوى الاقتصادية في تحقيق الأهداف المرجوة[5].

**الشكل 4-1:** نطاق الاقتصاد الصناعي




**Source**: Sketchbubble, **Industrial Economics**, P39.

لم يضع جميع الاقتصاديين ضمن المدرسة التاريخية نفس القدر من التركيز على كل واحد من هذه الاستنتاجات الثلاثة، فبالنسبة للبعض، كانت النقطة الأولى هي الأهم، وعندما تم دفعها إلى حدها المنطقي، أصبحت مناشدة للمنهجية الامبريقية الاستنتاجية، وقد أدى الاستنتاج الثاني إلى التركيز على دراسة عمل القوى الاقتصادية من خلال التاريخ الاقتصادي .في بعض الحالات، تطور هذا الأمر أكثر إلى تحقيق دروس أو

[4] L. C. Robbins, An Essay on the Nature and Significance of Economic Science (London, Macmillan, 1935).
[5] J. Dorfman, 'The role of the German Historical School in American economic thought', American Economic Association Papers and Proceedings, vol. 67 (1955), pp17-28.

"قوانين" في التاريخ المتعلقة بتطور المؤسسات، والتي يمكن بعد ذلك اعتبارها قوى أساسية تعمل على طبيعة شكل النشاط الاقتصادي، ومن جهة أخرى فقد أدخل الاستنتاج الثالث نبرة جديدة جذرية في التحليل الاقتصادي[6].

خلال 1880، هاجر عدد من الاقتصاديين الألمان إلى الولايات المتحدة، قبل ذلك التاريخ، كان الاقتصاد الأمريكي قد وقع بشكل أساسي تحت تأثير التقليد الإنجليزي، ولكن بعد ذلك، وخاصة من خلال المدرسة المؤسسية، أصبح تأثير المدرسة التاريخية قويًا جدًا، كان أبرز مؤيديها Wesley Mitchell و Thorstein Veblen ، وفي وقت لاحق، J. R. Commons وكانت الحركة مؤثرة في تأسيس الجمعية الاقتصادية الأمريكية ومارست تأثيرًا كبيرًا على تاريخها [7]، خاصة في دفاعها عن التغيير المؤسسي، وصل تأثير هذا النوع من التفكير لاحقًا إلى بريطانيا عبر كل من ألمانيا والولايات المتحدة، لكن تأثيره كان أقل بكثير مما كان عليه في هذين البلدين.

ومع ذلك، كان تأثيره كبيرًا في مجال واحد من الاقتصاد - المجال الذي سمي لاحقًا "الاقتصاد الصناعي."

كانت الاختلافات المنهجية المشار إليها أعلاه تحدث خلال الفترة التي كان فيها مارشال في كامبريدج، في تتبع تأثيرها على عمل الاقتصاديين الإنجليز، من الطبيعي أن نبدأ بتأثيرها على كتاباته، حيث أن مساهمة مارشال في التحليل الاقتصادي كانت تتمثل في المصالحة بين المدارس الفكرية المتباينة، وفي حين أن الحد من مساهمته إلى دور المنسق يعد بالتأكيد إساءة خدمة له، فإن إحدى السمات المميزة لكتاباته كانت قدرته على الاستفادة من تكامل طرق التحليل الاقتصادي التي كانت على ما يبدو في صراع مفتوح مع بعضها البعض، وينطبق هذا على كتاباته "مبادئ الاقتصاد" وكذلك على كتابه "الصناعة والتجارة"، الذي يمكن اعتباره أحد الكتب المدرسية المبكرة في الاقتصاد الصناعي، وعلى وجه الخصوص[8]، فإن قدرته على الاعتراف بمساهمات المدرسة التاريخية والمؤسساتية وورودها في التقليد الإنجليزي واضحة جدًا في المقاطع من كتاباته.

تحدث ريكاردو وأنصاره غالبًا كما لو أنهم اعتبروا الإنسان كصفة ثابتة، ولم يعطوا أنفسهم عناء كافٍ لدراسة اختلافاته ... كانوا على دراية بأن سكان البلدان الأخرى لديهم خصوصياتهم التي تستحق الدراسة لكنهم بدا أنهم يعتبرون هذه الاختلافات سطحية ومن المؤكد أنها ستزول[9]، بمجرد أن تعرف الدول الأخرى تلك الطريقة الأفضل التي كان الإنجليز مستعدين لتعليمها لهم ... ولكن خطأهم الأكثر حيوية هو أنهم لم يروا مدى احتمالية تغير عادات الصناعة ومؤسساتها.

**الفرع الاول: النظرية التجريبية في الاقتصاد الصناعي**

إنّ أي دراسة للمشاكل الاستراتيجية الاقتصادية لن تكون ذات قيمة كبيرة إلا إذا تم دمجها مع معرفة عميقة بصراعات الإنسان مع احتياجاته وموارده في الزمن والمكان الذي يعيشه[10]، كما أنّ الدراسة البحتة للتحليل و"النظرية"، اختلفت مبختلف المدارس الاقتصادية المختلفة . فنجد أن المفكر الاقتصادي مارشال

[6] A. W. Coats, 'The first two decades of the American Economic Association', American Economic Review, vol. 50 (1960), pp. 555-74.
[7] G. F. Shove, 'The place of Marshall's Principles in the development of economic theory', Economic Journal, vol. 52 (1942), pp. 294-329.
[8] A. Marshall, Principles of Economics, 8th edn (London, Macmillan, 1938), pp. 762-3.
[9] Marshall, op. cit. (n. IO), p. 778.
[10] W. S. Jevons, Principles of Economics and Other Papers (London, Macmillan, 1905,( pp. 195-6, 197-8, 200-1.

لم يكن يعتمد على التجربة العشوائية بل يؤمن بجمع المعلومات الواقعية من أجل ذاتها وهو ما جعل طريقته في التحليل تقوم على التفاعل بين النظرية والاستنتاج، ومنه يكمل كل منهما الآخر ويعززه:

"يُجمع الاستنتاج، بمساعدة التحليل ، فئات مناسبة من الحقائق، ويرتبها، ويحللها، ويستنتج منها بيانات عامة أو قوانين، ثم لفترة من الوقت يلعب الاستنتاج الدور الرئيسي، فهو يجمع بعض هذه التعميمات مع بعضها البعض[11]، ويعمل منها بشكل تجريبي إلى تعميمات أو قوانين جديدة أوسع نطاقًا، ثم يستدعي الاستنتاج مرة أخرى للقيام بالجزء الأكبر من العمل في جمع وفرز وترتيب هذه الحقائق للاختبار و"التحقق" من القانون الجديد".

لقد قام مارشال في عمله بدمج طرق التحليل المنبثقة من مدارس الفكر المتباينة، وهو ما لم يكن متاحا بالنسبة للعديد من معاصريه أو ممن جاؤو بعده، وأهم مثال على ذلك هو تطور نظرية الاقتصاد الجزئي ضمن الاقتصاد الإنجليزي بشكل منفصل، وغالبًا في تناقض مع الاقتصاد الصناعي مع أسلافه في النظرية المؤسسية، لإن الأسباب وراء هذا التطور المنفصل غير معروفة تمامًا، ولكن هناك تفسيران محتملان يستحقان النظر بجانب التأثير الانقسامي الواضح للالتزام العقائدي بمدارس معينة من التفكير الاقتصادي[12].

التفسير الأول هو أن الطريقة الدراسية المركبة التي حددها مارشال تتطلب مجموعة واسعة من أنواع المهارات المختلفة التي قد لا يتم إتقانها بسهولة من قبل شخص واحد، وقد أكد هذه النقطة Jevons و Koopmans.

مهمة ربط المفاهيم بالملاحظات تتطلب قدرًا كبيرًا من المعرفة التفصيلية بحقائق الحياة الاقتصادية وكذلك بعمليات القياس، من ناحية أخرى، يتطلب التفكير من المبادئ الأساسية إلى الاستنتاجات، وتقييم المبادئ الأساسية فيما يتعلق بملاءمتها كأساس للتفكير، مهارات منطقية ورياضية لا توجد غالبًا مجتمعة في الأشخاص الأكثر ملاءمة للفئة الأولى من المهام .يعتمد اختبار الاستنتاجات[13]، بالإضافة إلى المهارات المطلوبة في محاذاة المفاهيم والظواهر، في العديد من الحالات على التعامل مع الإجراءات الدقيقة للاستدلال الإحصائي.

"حل" واحد لهذه المشكلة هو اللجوء إلى تقسيم العمل، وقد تم بالتأكيد قبوله من قبلJevons ، الذي دعا إلى تقسيم العلم إلى فروع منفصلة أو حتى علوم منفصلة، ومع ذلك، فإن ممارسة التخصص لها عيوبها، حيث لا يوجد أي توفير فعال لتنسيق الأنشطة المتخصصة وللتفاعل الكافي بينها.

هناك ميزة ثانية ربما ساهمت في انفصال هذين النهجين تتعلق بالعلاقة بين تطور الاقتصاد في المناهج الدراسية الجامعية والمتطلبات المهنية للتعليم التجاري، خلال 1960 و1970، تم إنشاء كليات إدارة الأعمال والدورات العليا في التعليم الإداري في عدد من الجامعات بتشجيع رسمي، بحجة أن الأداء الاقتصادي غير المرضي لبريطانيا كان يرجع جزئيًا إلى عدم كفاية التعليم الإداري العالي، خاصة مقارنة بالولايات المتحدة وبعض الدول الأوروبية الغربية، من المثير للاهتمام ملاحظة أن وجهات النظر نفسها كانت تُعبَّر عنها في بداية القرن وكانت مسؤولة بدرجات متفاوتة عن إنشاء كليات اقتصاد جديدة أو دورات دراسية جامعية في عدد كبير من

[11] T. C. Koopmans, Three· Essays on the State of Economic Science (New York, McGrawHill, 1957), p. 145.
[12] A. Marshall, The New Cambridge Curriculum in Economics and Associated Branches of Political Science (London, Macmillan, 1903)
[13] P. Sraffa, 'The law of returns under competitive conditions', Economic Journal, vol. 36 (1926), pp. 535-50.

الجامعات، بما في ذلك برمنغهام وكامبريدج ومدرسة لندن للاقتصاد ومانشستر، في كل واحدة من هذه الحالات، ساهمت الشركات الصناعية في تمويلها وتوقعت وجود عنصر مهني في الدورات المقدمة، وفي معظم الحالات، كانت الجامعات المعنية حريصة على تجنب أي التزام بأي شكل محدد بشكل ضيق من التدريب المهني، ومع مرور السنوات، كان هناك ميل إلى تناقص قوة هذا التأثير الخاص، ومع ذلك، فقد أعطى دفعة كبيرة لدراسة السلوك الصناعي والتجاري داخل كليات الاقتصاد، وفي بعض الحالات، ربما ساهم بعض درجة من التعريف بالتدريب المهني في انفصاله عن التطور السائد في نظرية الاقتصاد الجزئي.

أحد أوضح الأمثلة على هذا التطور هو ما يظهر في أعمال وكتابات السير ويليام أشلي، أثناء وجوده في أكسفورد كطالب جامعي في 1880، تأثر أشلي بالمدرسة التاريخية من خلال ليسلي وتوينبي (معلمه السابق) وإنجرام .في محاضرته الافتتاحية عند تعيينه في كرسي الاقتصاد السياسي والتاريخ الدستوري في تورنتو عام 1888، صرح بالموقف المنهجي الذي اتخذه العديد من الاقتصاديين الأصغر سنًا، بما في ذلك نفسه:

"من الممكن أن يكون هناك اقتصاد سياسي ذو قيمة حقيقية للمجتمع، حيث سيتم إثبات أن العقائد القديمة ليست غير صحيحة، بل لها فقط حقيقة نسبية، وتستحق مكانًا أقل أهمية مما تم تعيينه لها، واتجاه العمل المثمر ليس في ملاحقة الطريقة الاستنتاجية المجردة التي قدمت خدمة كبيرة قدر استطاعتها، ولكن في اتباع طرق جديدة للتحقيق - تاريخية، إحصائية، استنتاجية[14]".

بعد مغادرة تورنتو، شغل منصبًا في هارفارد لمدة عشر سنوات قبل أن يتم دعوته في عام 1901 لتولي منصب أستاذ في كلية التجارة التي تم إنشاؤها حديثًا في جامعة برمنغهام، جلب وجهة نظر مؤسسية للاقتصاد في كلية أنشئت إيمانًا بمساهمتها في تعليم الأعمال، انعكست آراؤه بشكل أوضح في التركيز الذي أعطاه لـ "اقتصاد الأعمال" على عكس "الاقتصاد السياسي" الأكثر رسوخًا .يتكون اقتصاد الأعمال، من وجهة نظره، من عنصرين، كان العنصر الأول وصفًا بشكل أساسي ويهدف إلى تزويد رجل الأعمال بمسح للمنظمات الصناعية والتجارية في بلده الخاص وفي البلدان الرئيسية الأخرى التي قد يتعامل معها، وسيفحص مواردها الطبيعية والصناعات الرائدة وخطوط النقل وإمدادات رأس المال وقوى العمل وطرق التجارة والسياسة التجارية، يتعلق المكون الثاني من اقتصاد الأعمال بسياسة الأعمال وصنع القرار، بما في ذلك مسائل مثل التسعير والموقع والتمويل والعمالة والعلاقات التجارية.

حدثت بشكل منفصل تطورات أخرى في التيار الرئيسي لنظرية الاقتصاد الجزئي، ومع تنظيم نموذج المنافسة الكاملة القائم على التحليل الهامشي، ظهر تناقض أساسي، إذا كانت العوائد المتزايدة سائدة في الصناعة، فكيف يمكن تحقيق موقف توازن يرضي شروط نموذج المنافسة الكاملة على مستوى الشركة الفردية؟ تم تطوير الإجابة، بشكل منفصل من قبل جوان روبنسون وإي إتش تشامبرلين في شكل منحنى الطلب الفردي ذي الميل السالب[15]، في حين أن المبادرة إلى هذا التطور النظري كانت جزئية تجريبية، أي الظاهرة

[14] W. J. Ashley, Commercial Education (London, Williams & Norgate, 1966).

[15] G. C. Allen, British Industries and their Organisation (London, Longmans, 1959( which first appeared in 1933, had the stated aim 'to describe the structure of certain British industries against the background of their historical development, at the same time considering some of the more significant trends in British industry as a whole' (preface to 1959 edn).

المرصودة للعوائد المتزايدة، فإن الاستجابة لهذه المبادرة كانت في الأساس ضمن التقليد الإنجليزي السائد للتحليل الاقتصادي بشكل عام والهامشية بشكل خاص.

من الصعب قياس رد فعل هذه التطورات على التحليل "المؤسسي" للصناعة، اعتبر P. W. S. Andrews أنها تأثيرات رجعية، مما حوّلت الانتباه من الصناعة إلى الشركة الفردية، اعتقد البعض أن نشر عمل تشامبرلين كان بمثابة حافز كبير للعمل التجريبي والنظري في الولايات المتحدة خلال الثلاثينيات، على الرغم من أن ذلك كان بالتأكيد جزئيًا بسبب النشر المعاصر لدراسة تجريبية ذات صلة من قبل بيرل ويني، وتم بدء أول دورات التنظيم الصناعي في هارفارد في أوائل الثلاثينيات تحت قيادة تشامبرلين وميسون، إن تأثير عمل تشامبرلين واضح في الاهتمام المبكر الذي أولته هذه الدورات لتعريف وتصنيف هياكل السوق الأكثر واقعية، كان ج .إس أحد طلاب الدكتوراه الأوائل في هارفارد الذين عملوا في إطار هذا العمل، والذي كان من المقرر أن يلعب دورًا مهمًا في تطوير وتعميم نموذج هيكل السوق والسلوك والأداء في الاقتصاد الصناعي.

ومع ذلك، وعلى الرغم من ذلك، فإن الفجوة بين الطرق "المؤسسية" و"السائدة" للتحليل الاقتصادي ظلت إلى حد كبير سليمة طوال الثلاثينيات والأربعينيات، وأصبح مدى ذلك واضحًا من خلال الضجة التي أعقبت نشر نتائج تحقيق تجريبي في ممارسات التسعير للأعمال من قبل مجموعة أبحاث الاقتصاديين في أكسفورد، تمت مناقشة تفاصيل هذه الجدل فيما يتعلق بنظرية التسعير ، ويقتصر ذلك على اهتمامها بالدلالة التاريخية والمنهجية للجدل، ونشأ هذا الأخير، ليس فقط لأن الاقتصاديين في أكسفورد بدأوا يشككون في صحة المبادئ الهامشية الكامنة وراء نظرية الأسعار المستقبلة، ولكن لأنها على مستواها الجوهري كانت مناقشة حول صحة التجريبية الاستنتاجية والطرق الخاصة للتحقيق التجريبي والتفسير المستخدمة من قبلهم، وهذه القضايا المنهجية واضحة جدًا في كتابات - Machlup أحد المدافعين الرئيسيين عن الهامشية، ولا تزال هذه القضايا موجودة اليوم، على الرغم من أنها ربما في شكل أكثر واقعية من السابق[16].

ومع ذلك، هناك بعض المؤشرات على أن هذه الفجوة قد تضاءلت خلال الستينيات والسبعينيات، وذلك بشكل رئيسي بسبب عاملين، أولاً، هناك وعي متزايد بين الباحثين التجريبيين، ناشئ جزئيًا من جدل "هول هيتش"، بالحاجة إلى استكشاف الآثار الأوسع لنتائجهم على التحليل الاقتصادي والمشاركة بشكل أكثر صراحة في عملية صياغة النظرية، وكان هذا أحد التأثيرات التكوينية من خلال مجلة الاقتصاد الصناعي، التي تم إنشاؤها في عام 1952، كما أشار محررها أندروز:

"الاقتصاد بحاجة إلى نظرية قابلة للتطبيق لسلوك الأعمال الفردية، أجرؤ على اقتراح أن هذا النهج لن يتم العثور عليه إلا من خلال العمل التجريبي على الأعمال الفعلية، وإذا أردنا التنظير بشكل مثمر حول الأعمال الفردية، يجب أن نكتشف ما هي الحقائق حول سلوكها ومن ثم بناء نظرية عامة خصيصًا من أجل أخذ هذه الحقائق في الحسبان"، كما تبنى موقفًا مشابهًا:

[16] J. S. Bain, 'The theory of monopolistic competition after thirty years', American Economic Association Papers and Proceedings, vol. 76 (1964), pp. 28-32.

"على الرغم من اعتمادي بشكل كبير على النظرية الاقتصادية المستقبلة للمفاهيم والفرضيات ... فإن العمل الحالي ليس بالتأكيد أحد الأعمال في نظرية الأسعار حيث يتم التركيز مباشرة على الدراسة التجريبية المتعلقة بالقضايا التي أثارتها هذه النظرية، أو على تنفيذ وتطبيق واختبار هذه النظرية بشكل نقدي[17]".

ثانيًا، خلال الستينيات والسبعينيات، تم وضع تركيز جديد على الاختبار التجريبي الرسمي للفرضيات كوسيلة لتأسيس أن النظريات "مقبولة"، وعلى الرغم من وجود مخاطر في الاستخدام العشوائي لهذه تقنيات الاختبار، التي تمت مناقشتها لاحقًا، فإن لديها أيضًا الأثر الجانبي المفيد للمساعدة في تقريب هاتين المدرستين المتباعدتين من التفكير.

من جهة، يؤدي هذا التركيز الجديد للاقتصاديين العاملين في التيار الرئيسي لنظرية الاقتصاد الجزئي إلى دخول بعض المجالات التقليدية للبحث التجريبي في الاقتصاد الصناعي، من جهة أخرى، يجبر الاقتصادي الصناعي التقليدي على توضيح أهداف بحثه التجريبي وإخضاع تقنيات التحقيق الخاصة به لتحليل أكثر انتقادًا.

لذلك، فإن البيئة أكثر ملاءمة لدمج الاقتصاد الصناعي داخل التيار الرئيسي المعدل للتحليل الاقتصادي الجزئي، وللإشارة إلى كيفية إمكانية حدوث ذلك، من الضروري إنهاء هذا الحساب التاريخي وتوجيه الانتباه إلى أهداف الاقتصاد الصناعي وطرقه.

**الفرع الثاني: الاقتصاد الصناعي ومسائل الإدارة**

تتطلب العلاقة بين أهداف الاقتصاد الصناعي وأهداف الأعمال أو الاقتصاد الإداري أيضًا توضيحًا، كان أشلي يجادل بأن "الاقتصاد السياسي" كان موجهًا بشكل أساسي لمتطلبات الموظفين المدنيين، وبالتالي وضع الدولة في مكان مركزي في تحليله، أراد أن يرى تطوير نهج "اقتصاد الأعمال" المقابل الذي يضع الشركة الفردية في موضع مماثل في مخطط التحليل، وبالتالي، كان أكثر ارتباطًا بمتطلبات رجال الأعمال، أدى هدف استخدام التحليل الاقتصادي، أو تلك الأجزاء منه التي تعتبر ذات صلة[18]، للغرض المهني لتحسين جودة صنع القرار في الشركات الفردية إلى تطوير دورات دراسية في اقتصاد الأعمال، والتي تسمى لاحقًا بشكل عام الاقتصاد الإداري، تشير المقاطع التالية من عملين سابقين في هذا المجال إلى قبول هذا النوع المختلف من الأهداف:

"محاولة استخراج بعض الأجزاء التي تبدو ذات صلة بشكل خاص باتخاذ القرارات في الأعمال من الجسم العام للفكر الاقتصادي ... في هذه العملية، هناك محاولة تحقيق قدر معين من الخلط بين الطرق المستخدمة من قبل الاقتصاديين والاقتصاديين القياسيين والمحاسبين".

"تحتاج الفجوة الكبيرة بين مشاكل المنطق التي تحير المنظرين الاقتصاديين ومشاكل السياسة التي تتعب الإدارة العملية إلى أن يتم جسرها من أجل منح المسؤولين التنفيذيين الوصول إلى المساهمات العملية التي يمكن أن يقدمها التفكير الاقتصادي لسياسات الإدارة العليا[19]، وفي تطوير نهج اقتصادي للقرارات التنفيذية،

[17] W.W. Cooper, et al., 'Managerial economics: a new frontier?', American Economic Association Papers and Proceedings, vol. 73 (1960), pp. 131-59.
[18] See J. Jewkes, D. Sawers and R. Stillerman, The Sources of Invention, Macmillan, London, 2nd ed. (1969)
[19] G. L. S. Shackle, The Years of High Theory, CUP, Cambridge (1967), p. 47

**المطلب الثاني: أهداف الاقتصاد الصناعي**

سنتطرق الى أهم أهداف الاقتصاد الصناعي والاقتصاد الجزئي وعلاقتهما التكاملية من خلال الاتي:

**الفرع الاول: الأهداف الواسعة للاقتصاد الصناعي والاقتصاد الجزئي التقليدي**

يتمثل الهدف الواسع للاقتصاد الصناعي، في تطوير تفسيرات مرضية للطرق التي تعمل بها القوى الاقتصادية داخل القطاع الصناعي، وهذا في الواقع مماثل للهدف الواسع لنظرية الاقتصاد الجزئي: تحليل الطريقة التي يستجيب بها القطاع الصناعي لشروط الندرة، ويجب ألا تخفي الاختلافات بين أهدافها الأكثر تحديدًا الوحدة الواسعة الغرض بين هذين النوعين من الدراسة.

ومفهوم خاطئ شائع آخر هو أن الاقتصاد الصناعي يشكل جزءًا من الاقتصاد التطبيقي، على عكس نظرية الاقتصاد الجزئي ، التي يتم التعامل معها كفرع من الاقتصاد النظري، ينشأ هذا الالتباس من تحديد التحقيق التجريبي بالاقتصاد التطبيقي ومن تحديد عمليات الاستنتاج المنطقي من الفرضيات العامة بالتنظير الاقتصادي، كما أشارت اليها المفكر الاقتصادي أندروز وبين[20]، فإن التحقيقات التجريبية في الاقتصاد الصناعي تضع الآن تطوير وتصميم النظرية الاقتصادية من بين أهدافها الرئيسية، بالإضافة إلى ذلك، فإن الغرض النهائي من التنظير، مهما كانت الطريقة التي يتم بها، هو تفسير وتوقع المواقف الفعلية في العالم الحقيقي، الاقتصاد التطبيقي هو امتداد منطقي لأي اقتصاد نظري وهو المبرر النهائي له.

على الرغم من وجود وحدة الغرض العام بين الاقتصاد الصناعي ونظرية الاقتصاد الجزئي العامة، إلا أن الاعتراف بهذا الهدف المشترك غالبًا ما ضاع تحت الضغط من الاستخدام المفرط لطرق الدراسة الخاصة، يمكن العثور على أمثلة من الدراسات حيث تأتي تحت الشكل "المؤسسي" للتحقيق الاقتصادي إلى شكل من أشكال التجريبية المهتمة بجمع التفاصيل الواقعية في حد ذاتها[21]، حيث كانت النتائج خالية إلى حد كبير من أي أهمية اقتصادية، كان هذا صحيحًا بشكل خاص بالنسبة لبعض الدراسات المبكرة للصناعات الفردية وفي بعض "حالات الدراسة" للأعمال الفردية، وكانت هذه الدراسات غالبًا تاريخية للغاية، حيث كانت السردية تتركز بشكل أساسي على العمليات التقنية للشركة أو الصناعة والشخصيات الإدارية الرائدة المعنية، ومنذ أوائل الخمسينيات، ظهرت دراسات تاريخية جديدة للأعمال الفردية والصناعات تحتوي على نسبة أكبر من التحليل الاقتصادي، عالجت بعد ذلك أوجه القصور في أسلافها، وكانت هذه هي الطريقة الأكثر ثمارًا لتوسيع التحليل الاقتصادي في القطاع الصناعي، لا يزال موضوعًا للنقاش، وبالمثل، يمكن العثور على أمثلة داخل نظرية الاقتصاد الجزئي حيث أدى الانشغال برقي سلاسل التفكير الطويلة إلى إهمال الصلة التجريبية بالتنظير.

[20] M. J. Farrell, 'Deductive systems and empirical generalisations in the theory of the firm', Oxford Economic Papers, vol. 4 (1952), pp. 45-9.

[21] P. J. Devine, R. H. Jones, N. Lee and W. J. Tyson, An Introduction to Industrial Economics, Allen and Unwin, London, (1974), p. 23

**الفرع الثاني: الأهداف الخاصة في الاقتصاد الصناعي والصراع بين الواقعية والعمومية**

في عملية فحص هذه المتفرقات في أساليب الدراسة، أصبح من المقدر أنه بينما قد تتشارك الطريقتان (اللتان ترتبطان تقليديا بالاقتصاد الصناعي والنظرية الاقتصادية الجزئية) نفس الهدف العام الواسع، فقد يكونان يطاردان أهدافًا مختلفة على المستوى التفصيلي، وعلى سبيل المثال، قيل إن النظرية الاقتصادية الجزئية التقليدية تهدف إلى إجراء تحليلات وتنبؤات أوسع من تلك التي يركز عليها الاقتصاديون الصناعيون.

في حين أنه يمكن إساءة استخدام هذا النوع من الحجج بسهولة كمبرر بعدي لمنهجية معينة، إلا أنه يساعد على توضيح عدد من النزاعات المتعلقة بالواقعية والعمومية في التنظير[22]، في المقام الأول، يعتمد نوع نظرية الشركة المطلوبة على أبعاد سلوك الأعمال والفترة الزمنية التي يجب أن يرتبط بها التحليل، ومن المحتمل أن يتم تحليل تحركات الأسعار على المدى الطويل بشكل كافٍ باستخدام نظرية هامشية للشركة، ولكن قد يُنظر إلى هذا الإطار النظري على أنه غير مناسب لتحليل بناء المخزون أو النشاط الابتكاري، ثانياً، تعتمد صلاحية نظرية معينة أيضًا على درجة الدقة المطلوبة من تنبؤاتها، حيث يمكن أن يكون نوع واحد من النظريات مقبولًا في مستوى معين من الدقة ولكنه غير مناسب في مستوى أكثر صرامة.

يمكن توضيح هاتين النقطتين من دفاع ماشلوب عن النظرية الهامشية للشركة، لقد اقترح أنه قد تكون هناك حاجة إلى نظرية للشركة لأغراض مختلفة، ولكن من أجل الغرض الذي يعتقد أنه مخصص لها بشكل رئيسي، يكفي أن تتنبأ النظرية بدقة وبشكل نوعي باتجاه تغييرات الأسعار على مدى فترة طويلة، قد يقر بأن النظرية الهامشية قد تكون غير مناسبة تمامًا لأغراض أخرى، والتي قد تكون نظرية أقل عمومية وأكثر ملاءمة لها. لقد أشار سايمون ومارش إلى أربع استخدامات يمكن وضع نظرية للشركة فيها[23]، مما يوحي بأن المساهمة المحتملة لنظريتهم السلوكية أكبر بكثير فيما يتعلق بالأهداف الأكثر تحديدًا من الأهداف العامة المرتبطة بالنظرية التقليدية للشركة.

ومع ذلك، لا يتعلق الأمر فقط بكمية الواقعية المطلوبة لتحقيق هدف معين، ولكن أيضًا، كما أشار "بومول"، بكمية الواقعية التي يمكن تحملها عند صياغة الأهداف:

"يجب أن تجرد النموذج العام تمامًا من كل شيء ، وهو أمر قريب جدًا من الشيء نفسه، تأخذ كل شيء في الحسبان وبالتالي تتحول إلى تصنيف الواقعية المتزايدة، فقد تنطوي عادةً على تكلفة في تقليل قابلية التلاعب بالنموذج وفهم عمله، إنها دعوتي أن نتبع نصيحتنا الجيدة كاقتصاديين ونوازن التكاليف مقابل المزايا في اتخاذ القرار بشأن مستوى العمومية الذي نرغب في تشغيل بحثنا عليه[24]"

إن درجة الواقعية المطلوبة في أي تحليل اقتصادي تتضمن الرجوع إلى الهدف المعني وتحقيق توافق مناسب بين الرغبة في الحفاظ على الواقع والرغبة في تحقيق أقصى قدر من العمومية في النتائج، سيتغير التوازن المثالي بين الخاص والعام في التحليل الاقتصادي وفقًا لذلك.

[22] See R. T. Nelson, An Outline of Industrial Economics, Economics, Vol. X, (1974), 211–26

[23] One of the early studies which still deserves reading today is A. A. Berle and G. G. Means, The Modern Corporation and Private Property, Harcourt, Brace and World, New York (1932), rev. ed. (1967)

[24] C. K. Rowley in the preface to his Readings in Industrial Economics, Vol. II, Macmillan, London (1972).

## المبحث الثاني: استهلاك الطاقة ومصادرها في قطاع الصناعة

يعد قطاع الصناعة من أكبر مستهلكي الطاقة على مستوى العالم، حيث تلعب الطاقة دوراً حيوياً في تشغيل الآلات والمعدات، وتوفير الحرارة الضرورية للعمليات الصناعية المختلفة، لذا، فإن دراسة استهلاك الطاقة في هذا القطاع وتحديد مصادرها يكتسب أهمية بالغة في سياق التنمية المستدامة والحد من التغيرات المناخية.

### المطلب الأول: مصادر الطاقة المستخدمة في الصناعة

تتنوع مصادر الطاقة المستخدمة في القطاع الصناعة، وتشمل:

#### الفرع الاول: الوقود الأحفوري

يشكل الفحم والنفط والغاز الطبيعي، ما يعرف بالوقود الأحفوري، العمود الفقري الذي تعتمد عليه الصناعة في تلبية احتياجاتها الطاقوية الهائلة .ويرجع ذلك إلى عدة عوامل، أبرزها الكثافة الطاقوية العالية لهذه المصادر، أي القدرة على توليد كميات كبيرة من الطاقة من وحدة وزن صغيرة .بالإضافة إلى ذلك، فإن البنية التحتية القائمة لتوزيع ونقل الوقود الأحفوري، والتي شيدت على مدى عقود، تسهل وصول هذه المصادر إلى المنشآت الصناعية في مختلف أنحاء العالم .فضلاً عن ذلك، فإن التكاليف الإنتاجية والتشغيلية للوقود الأحفوري كانت تاريخياً أقل مقارنة بمصادر الطاقة المتجددة، مما زاد من جاذبيته في القطاع الصناعي. ومع ذلك، فإن الاعتماد الكبير على الوقود الأحفوري يطرح تحديات كبيرة .أول هذه التحديات هو نضوب هذه المصادر[25]، فكونها غير متجددة يعني أن المخزون منها محدود وسيستنفد يوماً ما، ثانياً، فإن احتراق الوقود الأحفوري يطلق كميات هائلة من غازات الدفيئة، مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان، مما يساهم بشكل كبير في تغير المناخ وارتفاع درجة حرارة الأرض، بالإضافة إلى ذلك، فإن تلوث الهواء والماء الناجم عن عمليات استخراج ونقل وتكرير الوقود الأحفوري يمثل تهديداً صريحاً للصحة العامة والبيئة. في ظل هذه التحديات المتزايدة، يتجه العالم نحو التحول نحو مصادر الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية، وعلى الرغم من التقدم الكبير الذي تحقق في هذا المجال، إلا أن الانتقال إلى اقتصاد منخفض الكربون يتطلب جهوداً مضاعفة من جانب الحكومات والشركات والمجتمع المدني .فالتحول نحو مصادر الطاقة المتجددة يتطلب استثمارات ضخمة في البنية التحتية والتكنولوجيا، بالإضافة إلى تطوير سياسات داعمة تشجع على الاستثمار في هذه المصادر.

#### الفرع الثاني: الطاقة الكهربائية

تعد الطاقة الكهربائية شريان الحياة الذي يغذي الصناعة الحديثة، فهي القوة الدافعة وراء تشغيل الآلات والمعدات المعقدة التي تدخل في مختلف العمليات الإنتاجية، بدءًا من المحركات الكهربائية التي تدير خطوط الإنتاج، وصولًا إلى أجهزة التحكم والقياس التي تضمن دقة وجودة المنتج النهائي، فإن الكهرباء تلعب دوراً حيوياً في كل مرحلة من مراحل التصنيع. ولا يقتصر دور الكهرباء على تشغيل الآلات فحسب، بل تمتد أهميتها لتشمل توفير الإضاءة اللازمة لعمليات التصنيع والتفتيش، وكذلك لتوفير التدفئة أو التبريد حسب طبيعة الصناعة

[25] Jaroslav Legemza, Mária Fröhlichová, Róbert Findorák, Fossil fuels and renewable energy sources, In book: Biomass and Carbon Fuels in Metallurgy, December 2019, pp.11-18.

والظروف البيئية، ففي الصناعات التي تتطلب درجات حرارة عالية، مثل صناعة الصلب[26]، تستخدم الكهرباء لتشغيل الأفران الكهربائية، بينما تستخدم في صناعات أخرى لتوفير التبريد اللازم للحفاظ على جودة المنتجات. بالإضافة إلى ذلك، تلعب الكهرباء دوراً محورياً في مجال الاتصالات والتحكم الصناعي، حيث تستخدم لتشغيل أجهزة الحاسوب والشبكات التي تربط بين مختلف أجزاء المصنع، مما يساهم في زيادة الكفاءة والإنتاجية وتقليل الأخطاء[27]، كما تستخدم الكهرباء في تشغيل أنظمة الأمان والحماية التي تضمن سلامة العاملين والمعدات.

**الفرع الثالث: الطاقة المتجددة**

تشكل الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحيوية، محور اهتمام عالمي متزايد، ويرجع ذلك إلى مجموعة من العوامل، أبرزها استدامتها، حيث لا تنضب هذه المصادر على عكس الوقود الأحفوري، مما يضمن إمدادات طاقية مستمرة للأجيال القادمة، بالإضافة إلى ذلك، فإن الطاقة المتجددة تعتبر نظيفة، حيث لا تنتج تلوثاً للهواء أو الماء، مما يساهم في حماية البيئة والحد من آثار تغير المناخ.

تتميز كل من هذه المصادر المتجددة بمزاياها الخاصة، فطاقة الشمس، على سبيل المثال، تعد أكثر المصادر وفرة على الأرض، ويمكن تحويلها إلى كهرباء مباشرة باستخدام الألواح الشمسية، أما طاقة الرياح، فتستغل حركة الهواء لتدوير توربينات توليد الكهرباء، وتعتبر الطاقة الحيوية، التي تنتج من تحويل الكتلة الحيوية مثل المخلفات الزراعية والنفايات العضوية إلى طاقة، مصدراً مستداماً للطاقة ويمكن أن يساهم في إدارة النفايات.

وعلى الرغم من المزايا العديدة للطاقة المتجددة[28]، إلا أنها تواجه بعض التحديات، مثل التكاليف المرتفعة لتقنيات توليد الطاقة المتجددة، والتفاوت في توفر الموارد الطبيعية اللازمة لتوليد هذه الطاقة، وكذلك التحديات المتعلقة بتخزين الطاقة المتجددة، حيث أن إنتاج الطاقة المتجددة يعتمد على عوامل طبيعية متغيرة مثل الشمس والرياح[29]، ومع ذلك، فإن التطورات التكنولوجية المستمرة والتقدم في مجال تخزين الطاقة، بالإضافة إلى الدعم الحكومي والسياسات المشجعة، تساهم في التغلب على هذه التحديات وتعزيز دور الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة العالمي.

[26] Thomas B. Johansson, Laurie BURNHAM, Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity, Energy Studies Review, Volume 4, Issue 3, January 1994, pp1-15.

[27] Olusanya E. Olubusoye, Sylvester Anaba, Electricity Generation from Renewable Resources, In book: Affordable and Clean Energy, January 2020, pp.1-13, DOI:10.1007/978-3-319-71057-0_137-1.

[28] Qusay Hassan, Patrik Viktor, Tariq J. Al-Musawi, Bashar Mahmood Ali, Sameer Algburi, Haitham M. Alzoubi, Ali Khudhair Al-Jiboory, Aws Zuhair Sameen, Hayder M. Salman, Marek Jaszczur j, The renewable energy role in the global energy Transformations, Renewable Energy Focus, Volume 48, March 2024, https://doi.org/10.1016/j.ref.2024.100545

[29] Qusay Hassan, Sameer Algburi, Aws Zuhair Sameen, Hayder M. Salman, Marek Jaszczur, A review of hybrid renewable energy systems: Solar and wind-powered solutions: Challenges, opportunities, and policy implications, Results in Engineering journal, Volume 20, December 2023, https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101621 .

**المطلب الثاني: عوامل استهلاك الطاقة في الصناعة**

نتطرق الى أهم عوامل استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي من خلال التالي:

**الفرع الاول: طبيعة الصناعة**

تتنوع الصناعات بشكل كبير، ولكل منها متطلبات طاقوية خاصة تختلف باختلاف طبيعتها وعمليات الإنتاج التي تقوم بها، فالصناعات الثقيلة، مثل صناعة الصلب والإسمنت، تتميز بعمليات إنتاجية مكثفة تتطلب درجات حرارة عالية وضغوطًا كبيرة، مما يستلزم كميات هائلة من الطاقة لتشغيل الأفران والآلات الضخمة المستخدمة في هذه الصناعات، وبالتالي، فإن استهلاك الطاقة في هذه الصناعات يعتبر مرتفعًا مقارنة بالصناعات الخفيفة، أما الصناعات الخفيفة، مثل صناعة الإلكترونيات والمنسوجات، فتتميز بعمليات إنتاجية أقل كثافة من حيث استهلاك الطاقة، ففي هذه الصناعات، تستخدم الآلات والأجهزة ذات الحجم الصغير، وتكون عمليات الإنتاج أقل تطلبًا للحرارة والضغط، وبالتالي، فإن استهلاك الطاقة في هذه الصناعات يكون أقل بكثير من الصناعات الثقيلة. وأيضا، فإن نوعية الطاقة المستهلكة تختلف أيضًا باختلاف طبيعة الصناعة، فبعض الصناعات تتطلب طاقة كهربائية عالية الجودة، مثل الصناعات الدقيقة والإلكترونيات، بينما تحتاج صناعات أخرى إلى طاقة حرارية عالية، مثل صناعة الصلب والزجاج[30]، كما أن بعض الصناعات تستخدم أنواعًا مختلفة من الوقود، مثل الغاز الطبيعي والفحم والنفط، وذلك حسب طبيعة العمليات الإنتاجية والتكاليف الاقتصادية.

**الفرع الثاني: كفاءة الطاقة**

تُعتبر كفاءة الطاقة حجر الزاوية في تحقيق الاستدامة الصناعية، فهي تعني الحصول على أقصى قدر من الإنتاج باستخدام أقل قدر من الطاقة، وتعتمد هذه الكفاءة بشكل كبير على التكنولوجيا المستخدمة في عمليات الإنتاج، فمع تطور التكنولوجيا، ظهرت آلات ومعدات أكثر كفاءة قادرة على أداء نفس المهام باستخدام طاقة أقل.

إن استخدام أحدث التقنيات في الصناعة يساهم بشكل كبير في تقليل استهلاك الطاقة، فالمحركات الكهربائية عالية الكفاءة، على سبيل المثال، تستهلك طاقة أقل وتنتج حرارة أقل مقارنة بالمحركات التقليدية، كما أن أنظمة التحكم الآلي المتقدمة تسمح بمراقبة وتنظيم عمليات الإنتاج بدقة، مما يقلل من الهدر ويحسن من كفاءة استخدام الطاقة، بالإضافة إلى ذلك، فإن المواد العازلة والزجاج المعزول تستخدم في المباني الصناعية لتقليل فقدان الحرارة والطاقة[31]، مما يساهم في تحسين كفاءة الطاقة في عمليات التدفئة والتبريد.

ولكن تحسين كفاءة الطاقة لا يقتصر على استخدام أحدث التقنيات فحسب، بل يتطلب أيضًا اتباع ممارسات إنتاجية مستدامة .فالتحليل الدقيق لعمليات الإنتاج وتحديد النقاط التي يحدث فيها هدر للطاقة، واتخاذ الإجراءات اللازمة لمعالجة هذه النقاط، يساهم بشكل كبير في تحسين كفاءة الطاقة .كما أن التدريب

[30] W. Reitler , M. Rudolph, H. Schaefer, Analysis of the factors influencing energy consumption in industry: A revised method, Energy Economics journal, Volume 9, Issue 3, July 1987, p 145-148

[31] Kenneth Ifeanyi Ibekwe1, Aniekan Akpan Umoh, Zamathula Queen Sikhakhane Nwokediegwu, Emmanuel Augustine Etukudoh, Valentine Ikenna Ilojianya, & Adedayo Adefemi, Energy Efficiency In Industrial Sectors: A Review Of Technologies And Policy Measures, Engineering Science & Technology Journal, Volume 5, Issue 1, January 2024, Pp171-173.

والتوعية للعاملين بأهمية ترشيد استهلاك الطاقة، وتشجيعهم على تبني سلوكيات صديقة للبيئة، يلعب دوراً هاماً في تحقيق هذا الهدف.

**الفرع الثالث: سعر الطاقة**

تُعتبر الطاقة أحد المدخلات الأساسية في عملية الإنتاج، وبالتالي فإن تذبذب أسعارها يؤثر بشكل مباشر على تكاليف الإنتاج وعلى القرارات الاستثمارية للشركات، فعندما ترتفع أسعار الطاقة، تزداد تكاليف التشغيل، مما يدفع الشركات إلى البحث عن طرق لتقليل هذه التكاليف والحفاظ على هامش الربح.

يتجلى هذا التأثير بوضوح في قرارات الشركات بشأن الاستثمار في كفاءة الطاقة وتبني مصادر طاقة بديلة، فارتفاع أسعار الطاقة يجعل الاستثمار في تقنيات تزيد من كفاءة استخدام الطاقة أكثر جاذبية، فعندما تصبح تكاليف الطاقة مرتفعة، فإن التوفير الناتج عن تحسين الكفاءة يترجم إلى عوائد مالية كبيرة على المدى الطويل، وبالتالي، فإن الشركات تميل إلى الاستثمار في مشاريع لتحسين عزل المباني[32]، وتحديث المعدات، وتبني أنظمة التحكم الذكية التي تساعد على تقليل استهلاك الطاقة.

إلى جانب ذلك، يدفع ارتفاع أسعار الطاقة الشركات إلى البحث عن مصادر طاقة بديلة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، فعندما تصبح تكاليف الوقود الأحفوري مرتفعة، فإن الاستثمار في توليد الطاقة من مصادر متجددة يصبح أكثر تنافسية، فبالإضافة إلى تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري[33]، فإن الاستثمار في الطاقة المتجددة يمكن أن يوفر للشركات حماية ضد تقلبات أسعار الطاقة في المستقبل.

**الفرع الرابع: السياسات الحكومية**

تلعب السياسات الحكومية دورًا حاسمًا في توجيه مسار القطاع الصناعي نحو تبني ممارسات مستدامة في مجال الطاقة، من خلال مجموعة من الحوافز والتشريعات، تسعى الحكومات إلى تشجيع الصناعات على ترشيد استهلاك الطاقة والانتقال إلى مصادر الطاقة المتجددة.

تقدم الحكومات العديد من الحوافز المالية لتعزيز الاستثمار في كفاءة الطاقة وتكنولوجيا الطاقة المتجددة، وتشمل هذه الحوافز الإعفاءات الضريبية، والدعم المالي لمشاريع الطاقة المتجددة، والقروض بفوائد منخفضة للشركات التي تستثمر في هذه التقنيات، وأيضا تفرض بعض الحكومات رسومًا على استهلاك الطاقة، مما يشجع الشركات على البحث عن طرق لتقليل فواتير الطاقة، ولا تقتصر السياسات الحكومية على الحوافز المالية فحسب، بل تشمل أيضًا مجموعة من التشريعات والقوانين التي تهدف إلى تنظيم قطاع الطاقة وتحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة، تشمل هذه التشريعات وضع معايير أداء للمنتجات الكهربائية، وتحديد أهداف طموحة لزيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة، وتسهيل إجراءات الربط بين مصادر الطاقة المتجددة والشبكة الكهربائية.

[32] Vladimir N. Pokrovski, Energy In The Theory Of Production, Energy Journal, Volume 28, Issue 8, June 2003, P769-788

[33] Steve Keen, Robert U. Ayres, Russell Standish, A Note On The Role Of Energy In Production, Ecological Economics Journal, Volume 157, March 2019, P 40-46.

## المطلب الثالث: طرق ترشيد استهلاك الطاقة في الصناعة

### الفرع الاول: تحسين كفاءة الطاقة

يعد تحسين كفاءة الطاقة أحد أهم التحديات التي تواجه العالم اليوم، وذلك نظراً للتزايد المستمر في الطلب على الطاقة وتأثير ذلك على البيئة والموارد الطبيعية، يمكن تحقيق هذا التحسين من خلال مجموعة من الإجراءات التي تستهدف مختلف جوانب الاستهلاك الصناعي.

أولاً، يلعب تحديث المعدات والآلات دورًا حيويًا في تحسين كفاءة الطاقة، فمع التطور التكنولوجي السريع، ظهرت آلات ومعدات جديدة تتميز بكفاءة عالية في استهلاك الطاقة، فمثلاً، يمكن استبدال المحركات القديمة بمحركات كهربائية عالية الكفاءة[34]، وتحديث أنظمة الإضاءة باستخدام مصابيح LED الموفرة للطاقة، كما يمكن الاستفادة من أنظمة التحكم الآلي المتقدمة التي تسمح بمراقبة وتنظيم عمليات الإنتاج بدقة، مما يقلل من الهدر ويحسن من كفاءة استخدام الطاقة.

ثانياً، يلعب عزل المباني دورًا هاماً في تقليل فقدان الحرارة في فصل الشتاء وفقدان البرودة في فصل الصيف، مما يقلل من الحاجة إلى استخدام أنظمة التدفئة والتبريد، يمكن تحقيق ذلك من خلال عزل الجدران والسقف والأرضيات، واستخدام نوافذ ذات زجاج عازل[35]، وتثبيت أنظمة تهوية فعالة، وتتم الاستفادة من الطاقة الشمسية لتوفير الماء الساخن وتدفئة المباني، كما يمكن تحسين عمليات الإنتاج من خلال تحليل دقيق لاستهلاك الطاقة في كل مرحلة من مراحل الإنتاج وتحديد النقاط التي يحدث فيها هدر للطاقة، يتم بعد ذلك اتخاذ الإجراءات اللازمة لمعالجة هذه النقاط، مثل تحسين كفاءة عمليات النقل والتخزين، وتقليل الفاقد الحراري في العمليات الصناعية، كما يمكن الاستفادة من برامج إدارة الطاقة التي تساعد على مراقبة وتقييم أداء الطاقة في المنشآت الصناعية.

### الفرع الثاني: تبني مصادر الطاقة المتجددة

يعتبر الانتقال إلى مصادر الطاقة المتجددة خطوة حاسمة نحو مستقبل أكثر استدامة، يمكن للصناعات أن تلعب دورًا رائدًا في هذا التحول من خلال الاستثمار في توليد الطاقة من مصادر متجددة مثل الشمس والرياح،

إن الاعتماد على الوقود الأحفوري لفترات طويلة قد أدى إلى العديد من المشاكل البيئية والاقتصادية، فاحتراق الوقود الأحفوري يسبب تلوث الهواء والمياه، ويساهم في تغير المناخ، بالإضافة إلى ذلك، فإن احتياطيات الوقود الأحفوري محدودة، مما يجعل أسعاره متقلبة وغير مستقرة، وبالتالي، فإن الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة يمثل تحوطًا ضد هذه المخاطر[36]، ويمكن للصناعات أن تستفيد من العديد من التقنيات المتاحة لتوليد الطاقة من مصادر متجددة، فمثلاً، يمكن تركيب الألواح الشمسية على أسطح

[34] Billy Cassano, 7 Strategies for Enhancing Energy Efficiency in the Industrial Sector, cit: 21-09-2024: https://tractian.com/en/blog/energy-efficiency-industry-strategies

[35] Jerzy Jedrzejewski, Wojciech Kwasny, Study on Reducing Energy Consumption in Manufacturing Systems, Journal of Machine Engineering, Vol. 11, No. 3, 2011, 2-15.

[36] Khairul Nizam Abdul Maulud, Potential For Adoption Of Renewable Energy As Alternative Energy Sources In Developing Region, Conference: Proceedings Of The 5th International Conference On ENERGY, ENVIRONMENT, ECOSYSTEMS And SUSTAINABLE DEVELOPMENT (EEESD '09)At: Vouliagmeni, Athens, Greece, September 2009.

المصانع لتوليد الكهرباء التي يمكن استخدامها لتشغيل العمليات الإنتاجية أو بيعها إلى الشبكة الكهربائية، كما يمكن بناء توربينات الرياح في المناطق المكشوفة لتوليد كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية، بالإضافة إلى ذلك، يمكن الاستفادة من الطاقة الحيوية الناتجة عن المخلفات الزراعية والنفايات العضوية لتوليد الحرارة والكهرباء.

إن تبني مصادر الطاقة المتجددة يمثل استثمارًا طويل الأجل في المستقبل، فبالإضافة إلى تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وحماية البيئة، فإن الاستثمار في الطاقة المتجددة يمكن أن يوفر للشركات توفيرًا كبيرًا في تكاليف الطاقة على المدى الطويل.

**الفرع الثالث: إدارة الطاقة**

إن إدارة الطاقة أحد أهم الأدوات التي يمكن للمنشآت الصناعية الاستفادة منها لتحقيق ترشيد كبير في استهلاك الطاقة، وتقوم هذه الإدارة على مجموعة من الممارسات والأدوات التي تهدف إلى مراقبة وتحليل استهلاك الطاقة واتخاذ القرارات المناسبة لخفضه.

من خلال تطبيق أنظمة إدارة الطاقة، يمكن للمنشآت جمع بيانات دقيقة حول استهلاك الطاقة في مختلف العمليات والأجهزة[37]، يتم تحليل هذه البيانات باستخدام أدوات تحليلية متخصصة للكشف عن نقاط الضعف وكفاءة الطاقة المنخفضة، بناءً على نتائج التحليل، يمكن اتخاذ قرارات مدروسة لمعالجة هذه المشاكل، مثل استبدال المعدات القديمة بأخرى أكثر كفاءة، أو تحسين عزل المباني، أو تعديل عمليات الإنتاج لتقليل استهلاك الطاقة، بالإضافة إلى ذلك، تساهم أنظمة إدارة الطاقة في رفع الوعي لدى العاملين بأهمية ترشيد استهلاك الطاقة .من خلال توفير البيانات والمعلومات حول أداء الطاقة، يمكن تحفيز العاملين على المشاركة في جهود ترشيد الاستهلاك، وتبني سلوكيات صديقة للبيئة في مكان العمل .وبالتالي، فإن إدارة الطاقة لا تقتصر على الجانب التقني فحسب، بل تشمل أيضًا الجانب البشري.

**المطلب الرابع: تحديات ترشيد استهلاك الطاقة في الصناعة**

تواجه سياسات ترشيد استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي عدة تحديات نذكرها فيما يلي:

**الفرع الاول: تكلفة الاستثمار**

يشكل الاستثمار في تحسين كفاءة الطاقة وتبني مصادر الطاقة المتجددة تحديًا كبيرًا للعديد من الشركات والمؤسسات، وذلك بسبب التكاليف الأولية المرتفعة لهذه المشاريع، فاستبدال المعدات القديمة بأخرى أكثر كفاءة، أو تركيب أنظمة الطاقة الشمسية أو الريحية، يتطلب ميزانيات كبيرة قد لا تكون متاحة لدى جميع الشركات، ورغم ذلك فإن هذه الاستثمارات الأولية الكبيرة تأتي مصحوبة بفوائد اقتصادية وبيئية كبيرة على المدى الطويل، فالتوفير في فواتير الطاقة الناتج عن تحسين الكفاءة واستخدام مصادر الطاقة المتجددة يمكن أن يساهم في تسديد تكاليف الاستثمار في فترة زمنية قصيرة نسبيا.

[37] Kawtar Ibn Batouta ،Sarah Aouhassi, Khalifa Mansouri, Energy Efficiency In The Manufacturing Industry — A Tertiary Review And A Conceptual Knowledge-Based Framework, Energy Reports Journal, Volume 9, December 2023, pp 4635-4653.

بالإضافة إلى ذلك، فإن الشركات التي تستثمر في الطاقة المستدامة تحظى بسمعة أفضل بين العملاء والمستثمرين[38]، مما يعزز من تنافسيتها في السوق. على الرغم من التحديات التي تواجهها الشركات في تمويل مشاريع كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، إلا أن هناك العديد من الحلول المتاحة، فالحكومات تقدم العديد من الحوافز المالية والدعم التقني للشركات التي ترغب في الاستثمار في هذه المجالات، كما أن هناك العديد من المؤسسات المالية التي تقدم قروضاً بفوائد منخفضة لمشاريع الطاقة المتجددة، إن التعاون بين الشركات والمؤسسات البحثية يمكن أن يساهم في تطوير تقنيات جديدة أكثر كفاءة وأقل تكلفة.

**الفرع الثاني: ضعف الوعي الطاقوي**

رغم التقدم الكبير الذي أحرزه العالم في مجال الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، إلا أننا لا نزال نواجه تحدي قلة الوعي بأهمية ترشيد الطاقة، خاصةً في بعض الشركات، وهذا النقص في الوعي يعيق عملية الانتقال نحو اقتصاد أكثر استدامة ويؤثر سلبًا على البيئة والموارد الطبيعية.

يعود السبب الرئيسي لقلة الوعي إلى عدة عوامل، منها:

1. **التركيز على الربح على المدى القصير:** غالبًا ما تركز الشركات على تحقيق أقصى قدر من الربح في أقصر وقت ممكن، مما يؤدي إلى إهمال الاستثمارات في كفاءة الطاقة وتقنيات الطاقة المتجددة، والتي قد تبدو مكلفة في البداية[39].
2. **نقص المعلومات والمعرفة:** لا يزال هناك نقص في المعلومات والمعرفة حول فوائد ترشيد الطاقة والتكاليف طويلة الأجل لتجاهلها، العديد من الشركات لا تدرك تمامًا العواقب البيئية والاقتصادية لاستهلاك الطاقة غير المسؤول.
3. **افتقار الحوافز:** غياب الحوافز الحكومية والتشريعات الصارمة قد يجعل الشركات أقل حماسًا لتبني ممارسات ترشيد الطاقة.
4. **نقص الخبرة التقنية:** يمثل نقص الخبرة التقنية لدى بعض الشركات عائقًا كبيرًا أمام تطبيق حلول ترشيد الطاقة، فالتحول نحو ممارسات أكثر استدامة يتطلب فهمًا عميقًا للتكنولوجيات الحديثة وكيفية دمجها في العمليات الإنتاجية.

يعود هذا النقص في الخبرة إلى عدة أسباب[40]، منها:

1. **الاعتماد على التقنيات التقليدية:** قد تكون بعض الشركات معتادة على استخدام تقنيات قديمة ولا تملك المعرفة الكافية حول التقنيات الحديثة في مجال كفاءة الطاقة[41].

[38] Soib Taib, Al-Mofleh Anwar, Tools and Solution for Energy Management, In book: Energy Efficiency - The Innovative Ways for Smart Energy, the Future Towards Modern Utilities, October 2012, p80-83.
[39] Philipp Haessler, Strategic Decisions between Short-Term Profit and Sustainability, Adm. Sci. 2020, 10(3), 63; https://doi.org/10.3390/admsci10030063 .
[40] John Dadzie, Goran Runeson, Francis Kwesi Bondinuba, Grace K C Ding, Barriers to Adoption of Sustainable Technologies for Energy-Efficient Building Upgrade—Semi-Structured Interviews, Buildings journal, 8(4), April 2018 p57.
[41] Jakob Carlander, Patrik Thollander, Barriers to implementation of energy-efficient technologies in building construction projects — Results from a Swedish case study, Resources, Environment and Sustainability journal, Volume 11, March 2023, pp165-178.

2. **تكلفة الاستثمار في التدريب:** يتطلب تدريب الموظفين على التقنيات الجديدة استثمارات مالية كبيرة، مما قد يثني بعض الشركات عن القيام بذلك.
3. **صعوبة العثور على الخبراء:** قد يكون من الصعب العثور على الخبراء المؤهلين في مجال كفاءة الطاقة، خاصة في المناطق التي لا تتوفر فيها الكفاءات اللازمة[42].

## المبحث الثالث: كفاءة استخدام الطاقات المتجددة في قطاع الصناعة

يعد الاهتمام بتحسين كفاءة الطاقة وتحسين استخداماتها من ضمن أنجع السياسات الطاقوية في مجال الاستدامة الطاقوية وضمان امداداتها وترشيد استهلاكها.

فيما يلي سنتطرق الى أهمية استخدام وادماج أنواع الطاقات المتجددة في العمليات الصناعية وأثرها على انبعاثات الغازات الدفيئة.

### المطلب الأول: أهمية استخدام الطاقات المتجددة في الصناعة

نتطرق من خلاله الى اليات وسياسات الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة والتنوع الموجود في مصادر الطاقات المتجددة

#### الفرع الاول: الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة

يشكل تغير المناخ أحد أكبر التحديات التي تواجه البشرية، ويرجع ذلك بشكل كبير إلى زيادة تركيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، والتي تساهم في ارتفاع درجة حرارة الأرض، وتلعب الطاقات المتجددة دورًا حاسمًا في معالجة هذه المشكلة من خلال الحد من انبعاثات هذه الغازات.

تعتمد الطاقات المتجددة على مصادر طبيعية متجددة مثل الشمس والرياح والماء، ولا ينتج عن استخدامها أي انبعاثات ضارة بالبيئة[43]، وعلى عكس الوقود الأحفوري الذي يطلق كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون والميثان عند احتراقه[44]، فإن الطاقات المتجددة توفر مصدرًا نظيفًا للطاقة، وبالتالي، فإن التحول نحو هذه المصادر يساهم بشكل كبير في تقليل الانبعاثات الكربونية، وبالتالي في تخفيف حدة تغير المناخ وآثاره السلبية على البيئة والمجتمعات.

إن استخدام الطاقات المتجددة يساعد في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، حيث يساهم في توفير الطاقة النظيفة والمتاحة للجميع، ويقلل من التلوث[45]، ويحافظ على الموارد الطبيعية، كما أن الاستثمار في الطاقات المتجددة يخلق فرص عمل جديدة ويعزز النمو الاقتصادي المستدام.

---

[42] Wendy Koch, Training needed! Energy efficiency firms struggle to find qualified workers, Published in January 23-2017, cit 21-08-2024: https://www.aceee.org/blog/2017/01/training-needed-energy-efficiency

[43] Lora chinn, Renewable Energy: The Clean Facts, Published in June 1, 2022, cit 21-08-2024: https://www.nrdc.org/stories/renewable-energy-clean-facts

[44] Marija Petrović-Ranđelović, Nataša Kocić, The importance of renewable energy sources for sustainable development, Economics of Sustainable Development journal, 4(2), 2020, pp15-24

[45] Ranjula Bali Swain, Amin Karimu, Renewable electricity and sustainable development goals in the EU, World Development journal, Volume 125, January 2020, 104693: https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104693

**الفرع الثاني: التنوع في مصادر الطاقة**

التنوع في مصادر الطاقة هو أحد أهم ركائز تحقيق الأمن الطاقة والاستقرار الاقتصادي، فبالاعتماد على مصادر طاقة متعددة ومتنوعة، يمكن للدول والمجتمعات حماية أنفسهم من التقلبات الحادة في أسعار الطاقة والتحديات التي قد تواجه مصدر طاقة معين.

عند الاعتماد على مصدر واحد للطاقة، مثل النفط أو الغاز الطبيعي، تصبح الدول عرضة لتقلبات الأسعار العالمية التي قد تؤثر بشكل كبير على اقتصادها، أي اضطراب في إنتاج أو تصدير هذا المصدر يمكن أن يؤدي إلى نقص في المعروض وارتفاع حاد في الأسعار[46]، مما يضر بالصناعة والتجارة ويؤثر على حياة المواطنين، أما عند تنويع مصادر الطاقة، فإنه حتى إذا حدث اضطراب في أحد المصادر، فإن المصادر الأخرى يمكن أن تعوض هذا النقص، مما يحافظ على استقرار الأسعار ويقلل من المخاطر الاقتصادية، أيضا، إن التنوع في مصادر الطاقة يساهم في تقليل التبعية للدول المصدرة للطاقة، مما يعزز الاستقلال الاقتصادي ويقلل من المخاطر الجيوسياسية .كما أن الاعتماد على مصادر طاقة متجددة مثل الشمس والرياح والماء يقلل من التلوث البيئي ويحافظ على الموارد الطبيعية للأجيال القادمة.

**الفرع الثالث: تحسين الصورة البيئية للدول/ و/أو الشركات الصناعية**

إن تحسين الصورة البيئية للدول/ و/أو الشركات الصناعية هو أكثر من مجرد اتجاه مؤقت، بل أصبح ضرورة ملحة في عالم اليوم، فالدول والشركات الصناعية التي تلتزم بالممارسات المستدامة وحماية البيئة تجذب انتباه المستثمرين وبيئة الاعمال المختلفة.

تبحث الشركات الاستثمارية بشكل متزايد عن مشاريع صديقة للبيئة[47]، حيث يدركون أن الاستثمار في الشركات المستدامة يحمل مخاطر أقل وعوائد أعلى على المدى الطويل، كما أن المستهلكين، وخاصة الجيل الجديد، يفضلون شراء المنتجات والخدمات من الشركات التي تهتم بالبيئة والمجتمع. وبالتالي، فإن الشركات التي تستثمر في تحسين صورتها البيئية تجذب عملاء جدد وتحافظ على ولاء العملاء الحاليين.

بالإضافة إلى ذلك، فإن تحسين الصورة البيئية للشركة يساهم في بناء سمعة إيجابية للعلامة التجارية، مما يعزز الثقة بين الشركة وجميع أصحاب المصلحة، بما في ذلك الموظفين والمجتمع المحلي، كما أن الشركات التي تلتزم بالممارسات المستدامة تكون أكثر قدرة على التكيف مع التغيرات التنظيمية والبيئية، مما يجعلها أكثر مرونة وقدرة على المنافسة في السوق.

**الفرع الرابع: الحد من التكاليف طويلة الأجل**

على الرغم من أن التكاليف الأولية لتطبيق تقنيات الطاقة المتجددة قد تبدو مرتفعة مقارنة بالتقنيات التقليدية، إلا أن الفوائد الاقتصادية التي تجنيها الشركات والمؤسسات على المدى الطويل تفوق بكثير هذه التكاليف، فباستثمار في الطاقة المتجددة، تكون هذه الكيانات قد استثمرت في مستقبل أكثر استدامة وكفاءة.

---

[46] Hanif Auwal Ibrahim, & all, Sustainability of power generation for developing economies: A systematic review of power sources mix, Energy Strategy Reviews journal, Volume 47, May 2023, 101085, https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101085 .

[47] Klimavest, Sustainable and responsible investing Profitable and Green Investing in 2024, Published in 12.04.2024, cit 21-09-2024: https://klimavest.de/en/knowledge/guide/sustainable-and-responsible-investing/

تتمثل إحدى أهم الفوائد الاقتصادية للطاقة المتجددة في الاستقرار في تكاليف الطاقة على المدى الطويل. فباستخدام مصادر طاقة متجددة مثل الشمس والرياح، تصبح الشركات أقل اعتمادًا على الوقود الأحفوري الذي تخضع أسعاره لتقلبات السوق العالمية. وبالتالي، فإنها تحمي نفسها من الزيادات المفاجئة في أسعار الطاقة التي قد تؤثر سلبًا على أرباحها، إلى جانب ذلك، فإن الطاقة المتجددة تساهم في زيادة كفاءة استخدام الطاقة، مما يؤدي إلى تقليل الفواتير الشهرية للطاقة، فمعظم التقنيات المتجددة مصممة لتكون فعالة للغاية، مما يعني أنها تنتج كميات كبيرة من الطاقة من كميات صغيرة من الموارد الطبيعية. وبالتالي، فإن الاستثمار في الطاقة المتجددة هو استثمار في المستقبل، حيث يضمن استدامة الأعمال ويقلل من التكاليف التشغيلية على المدى الطويل.

**المطلب الثاني: سبل تحسين كفاءة استخدام الطاقات المتجددة في الصناعة**

للوصول الى تحسين كفاءة استخدام الطاقات المتجددة في القطاع الصناعي لابد من دراسة الجدوى الطاقوية الشاملة للمنظومة الطاقوية الصناعية، سنتطرق لهذا من خلال الاتي:

**الفرع الاول: دراسة الجدوى الطاقوية الشاملة**

قبل ادماج أي نظام للطاقات المتجددة ضمن أي منشأة صناعية، فإن إجراء دراسة جدوى طاقوية شاملة هو الخطوة الأولى، بل هي بوصلة توجه المنشأة الصناعية (كوحدة من قطاع صناعي متكامل) نحو الخيارات الأمثل التي تتناسب مع ظروفها المحددة.

إن أهمية دراسة الجدوى الطاقوية تكمن في عدة جوانب:

**أولا: تحديد التقنية الأنسب**

لا تتساوى جميع تقنيات الطاقة المتجددة، فما ينجح في منطقة ذات إشعاع شمسي مرتفع قد لا يكون فعالًا في منطقة أخرى تتميز برياح قوية .من خلال دراسة الجدوى الطاقوية، يتم تقييم العوامل الطبيعية والمناخية للموقع، مثل شدة الإشعاع الشمسي[48]، سرعة الرياح، وكمية الأمطار، لتحديد التقنية التي تحقق أعلى كفاءة واقتصادية، على سبيل المثال، إذا كانت المنشأة تقع في منطقة صحراوية، فإن الطاقة الشمسية ستكون الخيار الأمثل، بينما قد تكون طاقة الرياح أكثر ملاءمة في المناطق الساحلية.

**ثانيا: تقييم التكاليف والفوائد**

تتضمن دراسة الجدوى تحليلًا دقيقًا للتكاليف الأولية لتطبيق التقنية، مثل تكلفة شراء وتثبيت المعدات، وتكاليف التشغيل والصيانة، كما يتم تقدير الفوائد المتوقعة، بما في ذلك التوفير في فواتير الطاقة، والحوافز الحكومية، وتحسين الصورة البيئية للشركة.

[48] Xiaoli Hao, Yuhong Li, Haitao Wu, Ways to improve the efficiency of clean energy utilization: Does digitalization matter?, Energy Strategy Reviews, Volume 5, November 2023, 101257, https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101257

**ثالثا: تحديد المخاطر والتحديات**

لا يخلو أي مشروع من المخاطر والتحديات[49]، وتقوم دراسة الجدوى بتحديد هذه المخاطر، مثل تقلب أسعار الطاقة، وتغير التشريعات، وتأثير التغيرات المناخية على أداء النظام، كما تقوم بتقييم قدرة المنشأة على إدارة هذه المخاطر والتغلب عليها.

**رابعا: العناصر الأساسية في دراسة الجدوى**

1. **تحليل الموقع:** دراسة تفصيلية للموقع الجغرافي للمنشأة، بما في ذلك الظروف المناخية، والمساحة المتاحة، وخصائص البنية التحتية.
2. **تقييم التقنيات المتاحة:** مقارنة بين مختلف التقنيات المتجددة المتاحة، مثل الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة الحيوية، لتحديد الأنسب للموقع والاحتياجات.
3. **تحليل التكاليف والفوائد:** تقدير التكاليف الأولية والتكاليف التشغيلية، وحساب العائد على الاستثمار، وتحديد فترة استرداد التكاليف.
4. **تقييم المخاطر:** تحديد المخاطر المحتملة وتقييم تأثيرها، ووضع خطط للحد من هذه المخاطر.

**الفرع الثاني: الاستفادة من التكنولوجيا**

يشهد مجال الطاقة المتجددة تطوراً تكنولوجياً متسارعاً، مما يفتح آفاقاً واسعة لتحسين كفاءة استخدام هذه المصادر النظيفة، تلعب التقنيات الحديثة دورًا حيويًا في تعزيز إنتاجية أنظمة الطاقة المتجددة وتخزين الطاقة الفائضة لاستخدامها في أوقات الذروة[50]، مما يساهم في تحقيق الاستدامة الاقتصادية والبيئية:

**أولا: أنظمة تخزين الطاقة**

تعد أنظمة تخزين الطاقة مثل البطاريات الليثيوم أيون والبطاريات المتدفقة من أهم التقنيات التي تساهم في تعزيز كفاءة الطاقة المتجددة، فبفضل هذه الأنظمة، يمكن تخزين الطاقة الزائدة التي يتم إنتاجها في أوقات الذروة، مثل الطاقة الشمسية خلال النهار، واستخدامها في أوقات انخفاض الإنتاج. هذا الأمر يضمن استقرار إمدادات الطاقة ويزيد من مرونة الشبكة الكهربائية، على سبيل المثال، يمكن لشركة صناعية كبيرة أن تستخدم أنظمة تخزين الطاقة لتخزين الطاقة الشمسية التي تنتجها خلال النهار، ثم استخدامها لتشغيل المصانع في ساعات الذروة، مما يقلل من الاعتماد على شبكة الكهرباء العامة ويخفض التكاليف.

**ثانيا: أنظمة التحكم الذكية**

تساهم أنظمة التحكم الذكية في تحسين كفاءة الطاقة المتجددة من خلال مراقبة وتحليل أداء أنظمة الطاقة في الوقت الفعلي، وهذه الأنظمة تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لتحسين كفاءة

[49] Crispin George, The Essence of Risk Identification in Project Risk Management: An Overview, International Journal of Science and Research, 9(2), 2020, pp1553-1557

[50] Valentine Ikenna Ilojianya, Aniekan Akpan Umoh, Emmanuel Augustine Etukudoh, Kenneth Ifeanyi Ibekwe, Ahmad Hamdan, Renewable energy technologies in engineering: A review of current developments and future prospects, International Journal of Science and Research Archive 11(1), 2024, pp952-964, DOI:10.30574/ijsra.2024.11.1.0114

استخدام الطاقة[51]، وتقليل الفاقد، وتحديد الأعطال المحتملة قبل حدوثها، ويمكن لهذه الأنظمة، على سبيل المثال، التحكم في زوايا ألواح الطاقة الشمسية لتتبع حركة الشمس، أو التحكم في سرعة توربينات الرياح لتناسب سرعة الرياح، مما يزيد من إنتاج الطاقة.

**ثالثا: أنظمة إدارة الطاقة**

تعمل أنظمة إدارة الطاقة على تحسين كفاءة استخدام الطاقة من خلال تحليل استهلاك الطاقة وتحديد الأجهزة والأنظمة التي تستهلك كميات كبيرة من الطاقة، يمكن لهذه الأنظمة تحديد الأوقات التي يكون فيها استهلاك الطاقة منخفضًا، واقتراح إجراءات لتقليل الاستهلاك خلال أوقات الذروة، على سبيل المثال، يمكن لنظام إدارة الطاقة في مصنع أن يحدد الأجهزة التي يمكن إيقاف تشغيلها خلال ساعات الليل أو العطلات، مما يقلل من فواتير الكهرباء.

**الفرع الثالث: التكامل مع العمليات الصناعية**

يمثل تكامل أنظمة الطاقة المتجددة مع العمليات الصناعية خطوة حاسمة نحو تحقيق الاستدامة الصناعية وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، ولكن لتحقيق هذا التكامل بنجاح، يجب أن يتم ذلك بطريقة سلسة لا تعطل سير الإنتاج ولا تؤثر على كفاءة العمليات.

**أولا: أهمية التكامل الطاقوي ضمن القطاع الصناعي**

يجب أن يتم تصميم وتنفيذ أنظمة الطاقة المتجددة في المنشآت الصناعية بحيث تتوافق مع العمليات الصناعية القائمة، وهذا يعني دراسة دقيقة لاحتياجات الطاقة لكل عملية، وتحديد أوقات الذروة والوهد في الاستهلاك، وتصميم نظام طاقة متجددة قادر على تلبية هذه الاحتياجات بشكل موثوق، وعلى سبيل المثال، يمكن لشركة تصنيع تستخدم كميات كبيرة من الطاقة الحرارية في عملياتها أن تستثمر في نظام الطاقة الشمسية الحرارية لتوفير هذه الحرارة[52]، بدلاً من الاعتماد على الوقود الأحفوري.

**ثانيا: أمثلة على تكامل أنظمة الطاقة المتجددة**

1. **المدمج الحراري الشمسي:** يمكن استخدام الحرارة الناتجة من الألواح الشمسية الحرارية لتوفير الماء الساخن المستخدم في العمليات الصناعية، أو لتشغيل توربينات بخارية لتوليد الكهرباء.
2. **الطاقة الحيوية:** يمكن للمصانع التي تنتج كميات كبيرة من النفايات العضوية أن تستخدمها لإنتاج الطاقة الحيوية، سواء على شكل غاز حيوي لتشغيل المولدات، أو على شكل وقود حيوي لاستخدامه في السيارات أو الآلات.
3. **أنظمة تخزين الطاقة:** يمكن استخدام أنظمة تخزين الطاقة، مثل البطاريات، لتخزين الطاقة الزائدة التي يتم إنتاجها من الأنظمة المتجددة خلال ساعات الذروة، واستخدامها في أوقات الذروة في الاستهلاك.

[51] Da Jiang, Wei Zhu, BalaAnand Muthu, Tamizharasi G. Seetharam, Importance of implementing smart renewable energy system using heuristic neural decision support system, Sustainable Energy Technologies and Assessments journal, Volume 45, June 2021, 101185, https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101185

[52] Muhammad Khalid, Smart grids and renewable energy systems: Perspectives and grid integration challenges, Energy Strategy Reviews journal, Volume 51, January 2024, 101299, https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101299

**ثالثا: فوائد التكامل الطاقوي**

1. **زيادة الكفاءة:** يمكن لأنظمة الطاقة المتجددة أن تزيد من كفاءة استخدام الطاقة في المنشآت الصناعية، من خلال تقليل الفاقد الحراري وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية.
2. **تقليل التكاليف:** على المدى الطويل، يؤدي الاستثمار في الطاقة المتجددة إلى تقليل التكاليف التشغيلية، وذلك بفضل انخفاض أسعار الطاقة المتجددة مقارنة بالوقود الأحفوري.
3. **تحسين الصورة البيئية:** يساهم التكامل مع الطاقة المتجددة في تحسين الصورة البيئية للشركة، مما يجذب المستثمرين والعملاء المهتمين بالمسؤولية الاجتماعية.

**الفرع الرابع: تدريب وتكوين العنصر البشري المؤهل**

لتحقيق أقصى استفادة من الاستثمار في الطاقة المتجددة، لا يكفي فقط تركيب الأنظمة وتشغيلها، بل يجب أن يكون هناك استثمار موازٍ في تدريب وتوعية الموظفين، وهذا الاستثمار يؤتي ثماره على المدى الطويل من خلال زيادة كفاءة تشغيل الأنظمة، وتقليل الأعطال، وتحسين الاستفادة من الطاقة المتجددة.

يجب أن يتضمن التدريب على الطاقة المتجددة جوانب نظرية وعملية، الجانب النظري يشمل تعريف الموظفين بأنواع مختلفة من الطاقة المتجددة، وكيفية عملها، والمزايا والعيوب لكل نوع، أما الجانب العملي فيتضمن التدريب على تشغيل وصيانة الأنظمة، وكيفية اكتشاف الأعطال وإصلاحها .على سبيل المثال، يمكن تدريب العاملين في المصانع التي تستخدم الألواح الشمسية على كيفية تنظيف الألواح بشكل صحيح، وكيفية فحص الكابلات والوصلات للتأكد من سلامتها.

لا يقتصر دور التدريب على الجانب التقني، بل يجب أن يشمل أيضًا التوعية بأهمية ترشيد الطاقة .يمكن تحقيق ذلك من خلال تنظيم ورش عمل وندوات حول أفضل الممارسات لترشيد الطاقة في مكان العمل، مثل إطفاء الأضواء غير الضرورية، وتقليل استخدام الأجهزة الكهربائية خلال ساعات الذروة، واستخدام الإضاءة الموفرة للطاقة.

**الفرع الخامس: الحوافز الحكومية**

تلعب الحوافز الحكومية دورًا حاسمًا في تشجيع الشركات والمؤسسات على الاستثمار في مشاريع الطاقة المتجددة، هذه الحوافز تعمل كمحفز قوي يدفع القطاع الخاص نحو تبني التقنيات النظيفة والابتعاد عن مصادر الطاقة التقليدية[53].

**أولا: أنواع الحوافز الحكومية**

تتنوع الحوافز التي تقدمها الحكومات لدعم الطاقة المتجددة، ومن أهمها:

1. **الحوافز المالية:** تشمل هذه الحوافز تقديم قروض بفوائد مخفضة، أو منح مباشرة لدعم تكاليف الاستثمار في مشاريع الطاقة المتجددة، كما يمكن أن تتضمن إعفاءات ضريبية على المعدات والأجهزة المستخدمة في توليد الطاقة النظيفة، أو تخفيضات في رسوم التراخيص والتصاريح.

[53] Sikandar Abdul Qadir, Hessah Al-Motairi, Luluwah al-Fagih, Furqan Tahir, Incentives and strategies for financing the renewable energy transition: A review, Energy Reports 7(7), 2021, pp3590-3606, DOI:10.1016/j.egyr.2021.06.041

2. **التسهيلات القانونية:** تهدف هذه التسهيلات إلى تبسيط الإجراءات البيروقراطية وتسريع الحصول على التراخيص والموافقات اللازمة لتنفيذ المشاريع، يمكن أن تشمل تخصيص أراضٍ بأسعار مخفضة لمشاريع الطاقة المتجددة، أو تسهيل إجراءات الربط بالشبكة الكهربائية.
3. **تشجيع الاستهلاك:** يمكن للحكومات تشجيع الاستهلاك المحلي للطاقة المتجددة من خلال تقديم حوافز للمستهلكين الذين يقومون بتركيب أنظمة طاقة شمسية أو رياح في منازلهم أو مؤسساتهم.

**ثانيا: تجارب وأمثلة على الحوافز الحكومية**

1. **ألمانيا:** قدمت ألمانيا حزمة من الحوافز لسنوات عديدة، مما جعلها رائدة في مجال الطاقة المتجددة، شملت هذه الحوافز تقديم عوائد ثابتة للمولدين المستقلين للطاقة المتجددة، مما جعل الاستثمار في هذا القطاع جذابًا للغاية.
2. **الصين:** تعتبر الصين أكبر سوق للطاقة المتجددة في العالم، وذلك بفضل الدعم الحكومي الكبير الذي تقدمه، والذي يشمل تقديم قروض ميسرة، وإعفاءات ضريبية، وتحديد أهداف طموحة لزيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة.
3. **الولايات المتحدة:** قدمت الولايات المتحدة حوافز ضريبية كبيرة للاستثمار في الطاقة المتجددة، مما أدى إلى نمو سريع لهذا القطاع.

**ثالثا: أثر الحوافز الحكومية**

تساهم الحوافز الحكومية في تحقيق العديد من الفوائد، منها:

أ. تدفع الحوافز الشركات والمؤسسات إلى الاستثمار في الطاقة المتجددة، مما يساهم في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري والحد من الانبعاثات الكربونية.

ب. يؤدي النمو في قطاع الطاقة المتجددة إلى خلق فرص عمل جديدة في مجالات التصنيع والتركيب والصيانة.

ت. يقلل الاعتماد على واردات الطاقة من الخارج، مما يعزز الأمن الطاقوي للدول.

ث. تشجع الحوافز الحكومية الشركات على تطوير تقنيات جديدة وفعالة لتوليد الطاقة المتجددة.

**المطلب الثالث: التحديات التي تواجه استخدام الطاقات المتجددة في الصناعة**

على الرغم من الفوائد العديدة للطاقة المتجددة، إلا أنها تواجه مجموعة من التحديات التي تحد من انتشارها في القطاع الصناعي، من أهم هذه التحديات:

**الفرع الاول: التكاليف الأولية المرتفعة**

تعتبر تكاليف تركيب وتشغيل أنظمة الطاقة المتجددة، مثل الألواح الشمسية وتوربينات الرياح، مرتفعة مقارنة بالتقنيات التقليدية المعتمدة على الوقود الأحفوري، على سبيل المثال، قد تتطلب إنشاء محطة طاقة شمسية استثمارًا كبيرًا في البداية، مما يجعلها غير ميسورة التكلفة بالنسبة لبعض الشركات الصناعية، خاصة الشركات الصغيرة والمتوسطة[54].

[54] Adesaanu Eunice Ejiroro, Dr Eseosa Omorogiuwa, Challenges and Way Forward Of Renewables In Developing Energy Economy: Today And Tomorrow, International Journal of Recent Engineering Science (IJRES), Volume 7 Issue 4 July - Aug 2020,pp14-20, DOI:10.14445/23497157/IJRES-V7I4P103

**الفرع الثاني: نقص الخبرة التقنية**

لا يزال هناك نقص في الخبرة التقنية اللازمة لتطبيق وتشغيل أنظمة الطاقة المتجددة في العديد من الصناعات، فالمهارات المطلوبة لتصميم وتنفيذ هذه الأنظمة تختلف عن المهارات التقليدية المستخدمة في الصناعات التقليدية، قد تواجه الشركات صعوبة في العثور على المهندسين والفنيين المؤهلين للعمل في هذا المجال، مما يؤدي إلى زيادة تكاليف التشغيل والصيانة.

**الفرع الثالث: عدم الاستقرار في أسعار الطاقة المتجددة**

على الرغم من أن أسعار الطاقة المتجددة تتجه نحو الانخفاض بشكل عام، إلا أنها لا تزال عرضة للتذبذب والتغير بسبب عوامل مختلفة مثل تقلب أسعار المواد الخام، وتغيرات السياسات الحكومية، والتقلبات في أسواق الطاقة العالمية .هذا عدم الاستقرار قد يجعل من الصعب على الشركات تخطيط استثماراتها طويلة الأجل في الطاقة المتجددة وتقييم جدواها الاقتصادية.

**الفرع الرابع: تحديات التخزين والنقل**

تعتبر الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، متغيرة وغير ثابتة، مما يتطلب أنظمة تخزين فعالة لنقل الطاقة الزائدة وتخزينها للاستخدام في أوقات الحاجة، وتطوير أنظمة تخزين الطاقة بأسعار معقولة وكفاءة عالية لا يزال يشكل تحديًا كبيرًا.

**الفرع الخامس: التكامل مع الشبكة الكهربائية**

يتطلب دمج كميات كبيرة من الطاقة المتجددة في الشبكة الكهربائية إجراء تعديلات كبيرة على البنية التحتية القائمة، وقد يتطلب ذلك استثمارات كبيرة في تحديث الشبكة الكهربائية وتطوير أنظمة التحكم الذكية، مما يزيد من تكلفة الانتقال إلى الطاقة المتجددة.

**المبحث الرابع: السياسات الوطنية في مجال ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في القطاع الصناعي**

تمت صياغة السياسات الوطنية لتنمية الطاقات المتجددة في إطار تشريعي تنظيمي متكامل، حيث تضمنت النصوص الأساسية قانون التحكم في الطاقة، وقانون ترقية الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة، وقانون الكهرباء والتوزيع العام للغاز.

وتستند هذه السياسات على شبكة من الهيئات والمؤسسات الاقتصادية، حيث تتولى كل منها، ضمن اختصاصاتها، بتطوير الطاقات المتجددة[55]، يشمل ذلك ثلاث هيئات تابعة لقطاع التعليم العالي والبحث العلمي تعمل منذ عام 1988:

- مركز تطوير الطاقات المتجددة CDER
- وحدة تطوير التجهيزات الشمسية(UDES)
- وحدة تطوير تكنولوجيا السيليكون.(UDTS)

وفي إطار قطاع الطاقة، تتولى وزارة الطاقة والمناجم، وكالة ترقية وعقلنة استهلاك الطاقة(CREDEG) ، ومركز البحث والتطوير في الكهرباء والغاز (UPRUE) مهام تطوير وتشغيل مشاريع الطاقة المتجددة، كما

[55] برينيس عبد القادر، أمال قلبازة، الطاقة المتجددة كبديل للطاقة الأحفورية في ظل تحديات حماية البيئة في الجزائر، ورقة بحثية مقدمة ضمن فعاليات الملتقى الوطني حول "فعاليات الاستثمار في الطاقات المتجددة في ظل التوجه الحديث للمسؤولية البيئية"، جامعة سكيكدة، 2013، ص2.

يساهم قطاع الفلاحة في هذا المجال من خلال المحافظة السامية لتنمية السهوب (HCDS) التي تنفذ برامج لتزويد المناطق السهبية بالمياه والكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية.

وعلى مستوى القطاع الخاص، تعمل العديد من الشركات في مجال الطاقات المتجددة، وفي سبيل تجميع الجهود البحثية ووضع سياسة وطنية شاملة، أنشأت وزارة الطاقة والمناجم شركة "نيو إنرجي الجزائر (NEAL) " بالشراكة مع سوناطراك، سونلغاز، ومجموعة سيم عام 2002، تتمثل مهمة NEAL في تطوير الموارد الطاقوية المتجددة وتنفيذ المشاريع ذات الصلة، مثل مشروع محطة الطاقة الشمسية الهجينة بقدرة 150 ميغاواط في حاسي الرمل، ومشروع إنشاء حديقة رياح بقدرة 10 ميغاواط في تندوف.

**المطلب الأول: أبرزنتائج دمج الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة الوطني**

- الاستفادة المثلى من الإمكانات المتاحة؛
- المساهمة في خفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون؛
- تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري؛
- تطوير الصناعة المحلية؛
- خلق فرص عمل جديدة".

**المطلب الثاني: أهم ملامح البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة في الجزائر**

أعلن وزير الطاقة والمناجم عن إطلاق البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة، والذي يهدف إلى تنويع مصادر الطاقة في الجزائر والاستفادة من الإمكانات الهائلة للطاقة الشمسية والهوائية، يمثل هذا البرنامج نقلة نوعية في قطاع الطاقة، حيث يرمي إلى تحقيق عدة أهداف رئيسية:

1. **زيادة حصة الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء:** يهدف البرنامج إلى رفع نسبة توليد الكهرباء من مصادر متجددة إلى 40% بحلول عام 2030، وذلك من خلال الاستثمار في مشاريع ضخمة في مجال الطاقة الشمسية والهوائية[56].
2. **التغطية الكهربائية الشاملة:** يسعى البرنامج إلى تحقيق تغطية كهربائية بنسبة 99% على مستوى الوطن، وتوسيع شبكات الغاز لتصل إلى أكثر من 53% من السكان.
3. **تنويع الاقتصاد:** يعتبر البرنامج عاملاً أساسياً في تنويع الاقتصاد الجزائري، حيث سيساهم في خلق فرص عمل جديدة وتطوير الصناعات المرتبطة بالطاقة المتجددة.
4. **التنمية المستدامة:** يهدف البرنامج إلى تحقيق التنمية المستدامة للجزائر من خلال تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري والحد من الانبعاثات الكربونية.

**الفرع الاول: الاستثمارات الضخمة والمشاريع الطموحة**

خصصت الجزائر استثمارات ضخمة تصل إلى 2400 مليار دينار (30 مليار دولار) خلال السنوات الخمس التي تلت إطلاق البرنامج وهذا في إطار تنفيذه .تشمل المشاريع الرئيسية:

[56] - الوكالة الجزائرية لترقية الإستثمار، الإمكانيات المتوفرة في مجال الطاقات الجديدة والمتجددة، تاريخ التصفح 21-09-2024: https://aapi.dz/ar/secteur-des-energies-nouvelles-et-energies-renouvelables-ar/

1. **مشروع إنتاج السيليسيوم:** سيساهم هذا المشروع في توفير المادة الخام الأساسية لصناعة الألواح الشمسية، مما يعزز من الاكتفاء الذاتي في هذا المجال.
2. **مشاريع الطاقة الشمسية:** ستشمل هذه المشاريع إنشاء محطات طاقة شمسية ضخمة، بالإضافة إلى تعميم استخدام الطاقة الشمسية في المنازل والمؤسسات.
3. **مشاريع الطاقة الهوائية:** ستركز هذه المشاريع على المناطق التي تتميز برياح قوية، مثل ولاية أدرار، والتي ستشهد أول مشروع للطاقة الهوائية في الجزائر.

**الفرع الثاني: الأسباب التي تدفع الجزائر إلى هذا التحول**

1. **ارتفاع أسعار النفط:** دفع ارتفاع أسعار النفط في السنوات الأخيرة الدول إلى البحث عن مصادر طاقة بديلة أكثر استدامة.
2. **النضوب المحتمل للوقود الأحفوري:** أدركت الجزائر، شأنها شأن العديد من الدول، ضرورة التحول نحو مصادر طاقة متجددة لتأمين مستقبلها الطاقوي.
3. **التغير المناخي:** يساهم هذا التحول في الحد من الانبعاثات الكربونية والتخفيف من آثار التغير المناخي.

**المطلب الثالث: الطاقة المتجددة في الجزائر**

تتميز الجزائر بإمكانات هائلة في مجال الطاقة الشمسية، حيث تمتلك واحداً من أكبر الحقول الشمسية في العالم، بتقديرات تصل إلى 169440 تيراواط/ساعة سنويًا، هذه الإمكانيات الهائلة تعود إلى المساحة الشاسعة للصحراء الجزائرية وعدد ساعات الإشراق الشمسي المرتفع، الذي يصل إلى 3000 ساعة سنويًا في بعض المناطق.

رغم هذه الإمكانات الهائلة، فإن استغلال الطاقة الشمسية في الجزائر لم يصل إلى المستوى الأمثل، ومع ذلك، شهدت البلاد جهودًا حثيثة في هذا المجال[57]، بدءًا من إنشاء أول محافظة للطاقات الجديدة في الثمانينيات، وصولًا إلى إطلاق مشاريع طموحة مثل محطة "حاسي الرمل" للطاقة الشمسية والغاز.

**الفرع الاول: محطة حاسي الرمل: نموذج للتعاون والشراكة**

تعتبر محطة حاسي الرمل، التي تم تدشينها عام 2011، أول محطة من نوعها في الجزائر تجمع بين الطاقة الشمسية والغاز، وقد مثلت هذه المحطة نموذجًا للتعاون بين الجزائر وإسبانيا، حيث ساهمت شركات إسبانية في تمويلها وإنشائها.

**الفرع الثاني: مشروع ديزرتيك**

يمثل مشروع ديزرتيك أحد أكبر المشاريع الطموحة في مجال الطاقة الشمسية على مستوى العالم .يهدف هذا المشروع إلى ربط العديد من محطات الطاقة الشمسية الحرارية في شمال إفريقيا، بما في ذلك الجزائر، لتزويد أوروبا بالطاقة الكهربائية.

**أولا: التحديات والآفاق**

على الرغم من الجهود المبذولة، تواجه الجزائر تحديات عديدة في تطوير قطاع الطاقة المتجددة، منها:

[57] - وكالة الأنباء الجزائرية، الجزائر تمتلك أحد أكبر حقول الطاقة الشمسية في العالم، 22-12-202، تاريخ التصفح 21-09-2024: https://www.aps.dz/ar/economie/98519-2020-12-22-18-01-52

1. لا يزال الاقتصاد الجزائري يعتمد بشكل كبير على عائدات النفط والغاز، مما قد يؤخر عملية التحول إلى الطاقة المتجددة.
2. يحتاج القطاع إلى بناء قدرات بشرية مؤهلة في مجال الطاقة المتجددة.
3. تتطلب مشاريع الطاقة المتجددة استثمارات ضخمة، مما يتطلب توفير تمويل كافٍ.

**الفرع الثالث: واقع طاقة الرياح في الجزائر**

تتميز الجزائر بتنوع في سرعات الرياح عبر مناطقها الجغرافية، مما يوفر إمكانات واعدة لتوليد الطاقة الكهربائية من الرياح[58]، يمكن تقسيم الجزائر إلى منطقتين رئيسيتين من حيث سرعة الرياح:

1. **الشمال:** تتميز بوجود سلاسل جبلية وساحل طويل، مما يؤدي إلى تنوع في سرعات الرياح.
2. **الجنوب:** تتميز بسرعات رياح أعلى، خاصة في المناطق الصحراوية مثل أدرار، حيث تصل سرعة الرياح إلى أكثر من 6 أمتار في الثانية.

أظهرت الدراسات والمسوحات التي أجريت في الجزائر وجود ثماني مناطق ذات إمكانات عالية لتوليد الطاقة من الرياح، موزعة بين الشريط الساحلي، الهضاب العليا، والصحراء، وتشير التقديرات إلى أن القدرة الإجمالية للطاقة الريحية في هذه المناطق تصل إلى 172 تيراواط/ساعة سنويًا[59]، ويمكن استغلال جزء كبير منها اقتصاديًا.

شهدت الجزائر خطوات أولى نحو الاستثمار في طاقة الرياح، حيث تم اختيار ولاية أدرار لإنشاء أول مزرعة رياحية بقدرة 10 ميغاواط .وقد فازت شركة فرنسية جزائرية مشتركة بالمناقصة الخاصة بتنفيذ هذا المشروع.

**أولا: التحديات والمستقبل**

رغم الإمكانات الكبيرة، تواجه الجزائر تحديات عدة في تطوير قطاع طاقة الرياح، من بينها:

1. يتطلب تطوير قطاع طاقة الرياح استثمارات كبيرة في البنية التحتية والتكنولوجيا.
2. لا يزال الاقتصاد الجزائري يعتمد بشكل كبير على عائدات النفط والغاز، مما قد يؤخر عملية التحول إلى الطاقة المتجددة.
3. يحتاج القطاع إلى بناء قدرات بشرية مؤهلة في مجال الطاقة الريحية.

**الفرع الرابع: الطاقات المتجددة الأخرى في الجزائر**

بالإضافة إلى الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، تمتلك الجزائر إمكانات واعدة في مجال طاقات متجددة أخرى، على الرغم من أن هذه الطاقات لم تستغل بشكل كامل حتى الآن.

**أولا- الطاقة المائية:**

رغم امتلاك الجزائر العديد من السدود والموارد المائية، فإن حصة الطاقة المائية في توليد الكهرباء لا تتجاوز 5 .%يعود ذلك إلى عدة عوامل منها:

1. **قلة السدود الكبيرة:** مقارنة ببعض الدول الأخرى، يعتبر عدد السدود الكبيرة في الجزائر محدودًا.

---

[58] علي العبسي، بلال شيخي، واقع وآفاق طاقة الرياح في الجزائر، مجلة المقار للدراسات الاقتصادية، المجلد2، العدد1، الجزائر، 15-06-2018، ص ص 301-309.

[59] خضير عقبة، عادل سلماني، التجربة الجزائرية في مجال الطاقات المتجددة كبديل للبترول، مجلة العلوم الإدارية والمالية، المجلد01، العدد01، الجزائر، ديسمبر 2017، ص506.

2. **عدم الاستغلال الأمثل للموارد :** لا يتم استغلال جميع السدود القائمة بكامل طاقتها الإنتاجية.

**ثانيا- الطاقة الحرارية الأرضية:**

تتميز الجزائر بوجود خزانات حرارية أرضية كبيرة، خاصة في المناطق الشمالية .هذه الخزانات يمكن أن توفر طاقة حرارية يمكن تحويلها إلى طاقة كهربائية .من أهم الموارد الحرارية الأرضية في الجزائر:

1. **الينابيع الحارة:** توجد مئات الينابيع الحارة في الجزائر، بعضها يصل إلى درجات حرارة عالية جداً.
2. **طبقة ألبية:** وهي طبقة جيولوجية تحت سطح الأرض تحتوي على مياه ساخنة.

**ثالثا- طاقة الكتلة الحيوية:**

تتوفر الجزائر على كميات كبيرة من الكتلة الحيوية، مثل النفايات الزراعية والحيوانية، والتي يمكن تحويلها إلى طاقة، ويمكن استغلال هذه الكتلة الحيوية لإنتاج:

1. الغاز الحيوي من خلال تخمير النفايات العضوية، واستخدامه لتوليد الكهرباء أو للتدفئة.
2. تحويل بعض أنواع الكتلة الحيوية إلى وقود سائل يمكن استخدامه في محركات الاحتراق الداخلي.

**المبحث الخامس: مساهمة الطاقات المتجددة في استدامة قطاع الصناعة**

يتم التطرق الى أهمية مساهمة الطاقات المتجددة في استدامة قطاع الصناعة من خلال الوقوف على علاقتهما.

**المطلب الأول: علاقة الطاقات المتجددة بالتنمية المستدامة**

إن مفهوم التنمية المستدامة يرتكز على إدارة الموارد الطبيعية بطريقة تضمن استدامتها للأجيال القادمة، مع الحفاظ على البيئة، في هذا السياق، تبرز أهمية الطاقات المتجددة كبديل مستدام للطاقة التقليدية، حيث تساهم في تقليل الضغط على الموارد الطبيعية وتقليل التلوث.

**الفرع الاول: الأبعاد الاجتماعية والاقتصادية للتنمية المستدامة المرتبطة بقطاع الطاقة**

أكد مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية في ريو دي جانيرو عام 1992 على ضرورة التكامل بين التنمية الاقتصادية والاجتماعية والحفاظ على البيئة، وقد حدد المؤتمر مجموعة من الأهداف والأنشطة المتعلقة بقطاع الطاقة لضمان تحقيق التنمية المستدامة، ومن أهم هذه الأهداف:

**أولا- مكافحة الفقر :**

من خلال توفير الطاقة المستدامة للمناطق الفقيرة، وتحسين البنية التحتية، وتوفير فرص العمل.

**ثانيا- تغيير أنماط الاستهلاك والإنتاج:**

تشجيع الاستهلاك الرشيد للطاقة، وتحسين كفاءة استخدام الطاقة، وتطوير تقنيات جديدة للطاقة المتجددة.

**ثالثا- التنمية المستدامة للمستوطنات البشرية:**

توفير الطاقة المستدامة للمدن والمناطق الحضرية والريفية، وتحسين كفاءة الطاقة في المباني والنقل[60].

[60] حميدي كلثوم، حيولة إيمان، سبل تحقيق التشغيل الكامل في ظل التنمية المستدامة، ملتقى دولي حول استراتيجية الحكومة في القضاء على البطالة وتحقيق التنمية المستدامة، جامعة المسيلة، 15-16 نوفمبر 2011، صص5-7.

**الفرع الثاني: مجالات إسهام الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة**

تُعتبر الطاقة المتجددة حجر الزاوية في تحقيق التنمية المستدامة، وذلك بفضل قدرتها على المساهمة في العديد من المجالات الحيوية، ومن أبرزها:

**أولا- تعزيز الوصول إلى الطاقة:**

يمكن للطاقة المتجددة، وخاصة في المناطق النائية والريفية، أن توفر إمدادات طاقة مستقرة وموثوقة وبأسعار معقولة، مما يساهم في تحسين نوعية الحياة ورفع مستوى المعيشة للسكان، لا سيما النساء والأطفال[61].

**ثانيا- تنويع مصادر الطاقة وتعزيز الأمن الطاقوي:**

يساهم تطوير الطاقة المتجددة في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، مما يقلل من تعرض الاقتصاد لتقلبات أسعار الطاقة العالمية ويحمي من أزمات الطاقة المحتملة.

**ثالثا- مكافحة الفقر وتحسين نوعية الحياة:**

من خلال توفير الطاقة للمناطق الفقيرة والنائية، تساهم الطاقة المتجددة في تحسين الخدمات الأساسية مثل التعليم والصحة، وتشجيع النمو الاقتصادي المحلي، وتوفير فرص عمل جديدة.

**رابعا- تحلية المياه:**

يمكن استخدام الطاقة المتجددة لتشغيل محطات تحلية المياه، خاصة في المناطق التي تعاني من شح المياه العذبة، مما يساهم في توفير المياه الصالحة للشرب والري.

**خامسا- الحفاظ على البيئة:**

تعتبر الطاقة المتجددة صديقة للبيئة، حيث لا تنتج تلوثاً أو انبعاثات ضارة، مما يساعد في مكافحة تغير المناخ وتحسين جودة الهواء والماء.

**المطلب الثاني: دور الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة بالجزائر**

تُعتبر الجزائر من البلدان التي تتمتع بإمكانات هائلة في مجال الطاقة المتجددة، خاصةً الطاقة الشمسية، وقد أدركت الحكومة الجزائرية أهمية هذه الإمكانات في تحقيق التنمية المستدامة، واعتمدت خططاً طموحة لتطوير هذا القطاع.

**الفرع الاول: برنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية**

أطلقت الجزائر في عام 2011 برنامجاً طموحاً للطاقة المتجددة والفعالية الطاقوية يمتد حتى عام 2030 . يهدف هذا البرنامج إلى:

1. **تنويع مصادر الطاقة:** لتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتأمين إمدادات الطاقة على المدى الطويل.
2. **الحفاظ على البيئة:** من خلال تقليل الانبعاثات الكربونية وتحسين جودة الهواء.
3. **تعزيز الاقتصاد الوطني**[62]: من خلال خلق فرص عمل جديدة وتشجيع الاستثمار في قطاع الطاقة المتجددة.

---

[61] اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، الطاقة وجدول أعمال القرن 21 –الأهداف والتقدم المحرز في تطبيقها، مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة، أوراق موجزة 2، جوهانسبورغ 26-أوت إلى 04 سبتمبر 2002، صص2-4.

[62] وزارة الطاقم والمناجم، برنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية، صات انفو، سونلغاز، مارس2011، ص05.

**أولا: مراحل تنفيذ البرنامج**

**المرحلة الأولى (2011-2013):** ركزت على تنفيذ مشاريع تجريبية لتقييم التقنيات المختلفة.

**المرحلة الثانية (2014-2015):** شهدت توسعاً في تنفيذ المشاريع.

**المرحلة الثالثة (2016-2020):** تم خلالها نشر مشاريع الطاقة المتجددة على نطاق واسع.

**ثانيا: أبرز مكونات البرنامج**

1. **مشاريع الطاقة الشمسية والحرارية وطاقة الرياح:** تم تنفيذ العديد من المشاريع لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية والرياح.
2. **الفعالية الطاقوية:** ركز البرنامج على تحسين كفاءة استخدام الطاقة في مختلف القطاعات، مثل المباني والصناعة والنقل.
3. **التشجيع على استخدام التقنيات الحديثة:** مثل الألواح الشمسية، والمصابيح الموفرة للطاقة، وأنظمة التدفئة والتبريد الشمسية.

**ثالثا: أهداف برنامج الفعالية الطاقوية**

1. **تقليل استهلاك الطاقة:** من خلال عزل المباني وتحديث أنظمة الإضاءة.
2. **تحسين كفاءة الطاقة في الصناعة:** من خلال دعم المشاريع التي تهدف إلى تحسين الكفاءة الطاقوية في المصانع.
3. **تشجيع استخدام الغاز الطبيعي:** كبديل للوقود الأحفوري التقليدي.

### الفرع الثاني: الإطار القانوني والتشريعي للطاقات المتجددة في الجزائر

أولت الجزائر اهتمامًا كبيرًا بتطوير قطاع الطاقة المتجددة، وسعت إلى توفير الإطار القانوني والتشريعي المناسب لتحقيق هذا الهدف، وقد تم وضع العديد من القوانين والتشريعات التي تهدف إلى تشجيع الاستثمار في هذا القطاع وحماية البيئة.

**أولا: أهم القوانين والتشريعات:**

1. **القانون رقم 99-09 المتعلق بالتحكم في الطاقة**[63]: يهدف هذا القانون إلى ترشيد استهلاك الطاقة وتطوير الطاقات المتجددة، كما يهدف إلى تقليل الآثار السلبية للطاقة التقليدية على البيئة.
2. **مرسوم تنفيذي رقم 03-10 المتعلق بحماية البيئة**[64]: يهدف هذا المرسوم إلى حماية البيئة والتنوع البيولوجي، ويتضمن عقوبات صارمة على المخالفات البيئية.
3. **مرسوم تنفيذي رقم 04-149**[65]: يحدد آليات إعداد برنامج وطني للتحكم في الطاقة، ويهدف إلى تحقيق الاقتصاد في استهلاك الطاقة وتطوير الطاقات المتجددة.

---

[63] الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، القانون رقم 99-09 المتعلق بالتحكم في الطاقة، العدد56، الجزائر، 2أوت 1999.

[64] الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، مرسم تنفيذي رقم 03-10 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة، العدد43، الجزائر، 2 أوت 2003.

[65] الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، مرسم تنفيذي رقم 04-149 يحدد كيفيات إعداد برنامج وطني للتحكم في الطاقة المتجدد، العدد32، الجزائر، 23 ماي 2004.

4. **القانون رقم 04-09 المتعلق بالطاقات المتجددة والتنمية المستدامة**[66]: يهدف هذا القانون إلى الترويج للطاقات المتجددة وحماية البيئة، كما يساهم في تحقيق التنمية المستدامة.

**ثانيا: الأهداف الرئيسية لهذه التشريعات**

1. **تشجيع الاستثمار في الطاقات المتجددة:** من خلال توفير الحوافز والتسهيلات للمستثمرين.
2. **حماية البيئة :**من خلال تقليل الانبعاثات الكربونية وتحسين جودة الهواء.
3. **تحقيق التنمية المستدامة:** من خلال توفير الطاقة بأسعار معقولة وتحسين نوعية الحياة للسكان.
4. **تنويع مصادر الطاقة:** لتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.

**الفرع الثالث: الأبعاد التنموية لبرنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية**

يساهم برنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية في الجزائر في تحقيق أبعاد تنموية متعددة، حيث يرتبط ارتباطًا وثيقًا بالتنمية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والتكنولوجية.

**أولا: الأبعاد الاقتصادية**

1. **تحفيز النمو الاقتصادي:** يساهم البرنامج في تنويع مصادر الدخل الوطني، وخلق فرص عمل جديدة، وتعزيز الاستثمار في قطاع الطاقة.
2. **الأمن الطاقوي:** يقلل من الاعتماد على واردات الطاقة الأحفورية، ويضمن استقرار الإمدادات.
3. **الاستدامة المالية :**يساهم في تحقيق وفورات في الإنفاق على الطاقة على المدى الطويل.

**ثانيا: الأبعاد الاجتماعية**

1. **تحسين مستوى المعيشة:** يوفر البرنامج الطاقة اللازمة للمناطق النائية، مما يساهم في تحسين الخدمات الأساسية مثل التعليم والصحة[67].
2. **تخفيف الفقر:** يخلق فرص عمل جديدة في المناطق المحرومة، ويساهم في تطوير البنية التحتية.
3. **التنمية المستدامة:** يضمن تلبية احتياجات الأجيال الحالية دون المساس بحقوق الأجيال القادمة.

**ثالثا: الأبعاد البيئية**

1. **الحفاظ على البيئة:** يقلل من الانبعاثات الغازية المسببة للاحتباس الحراري، ويحمي التنوع البيولوجي.
2. **تحسين جودة الهواء:** يقلل من التلوث الناتج عن حرق الوقود الأحفوري.

**رابعا: الأبعاد التكنولوجية**

1. **التطوير التكنولوجي:** يشجع على البحث والتطوير في مجال الطاقة المتجددة، ويساهم في نقل التكنولوجيا.
2. **بناء القدرات:** يعزز بناء القدرات الوطنية في مجال الطاقة المتجددة.

---

[66] الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، القانون رقم 04-09 المتعلق بالطاقات المتجدد والتنمية المستدامة، العدد52، الجزائر، 18 أوت 2004.

[67] سليم بوقنة . ناصر بوعزيز . برهان الدين بوقنة، الطاقات المتجددة وتأثيرها على أبعاد التنمية المستدامة -دراسة حالة الجزائر، مجلة الأصيل للبحوث الاقتصادية والإدارية، المجلد02، العدد3، 30-12-2018، ص ص169-185.

**الفرع الرابع: أهمية الطاقات المتجددة في الصناعة**

تعتبر الطاقة المتجددة ركيزة أساسية لتحقيق الاستدامة في القطاع الصناعي، فهي تساهم بشكل كبير في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتخفيف الآثار البيئية السلبية الناتجة عن الانبعاثات الكربونية.

1. **تقليل الانبعاثات الكربونية:** تعتبر الصناعة من أكبر مصادر الانبعاثات الضارة[68]، واستبدال الوقود الأحفوري بالطاقة المتجددة يساهم بشكل كبير في الحد من هذه الانبعاثات والمشاركة في مكافحة تغير المناخ.
2. **التنوع في مصادر الطاقة:** يقلل الاعتماد على مصدر واحد للطاقة، مما يزيد من مرونة الصناعة ويحميها من تقلبات الأسعار العالمية للوقود الأحفوري.
3. **الاستدامة البيئية:** تساهم الطاقة المتجددة في الحفاظ على البيئة من خلال تقليل التلوث وتقليل الضغط على الموارد الطبيعية[69].
4. **الابتكار التكنولوجي:** يشجع استخدام الطاقة المتجددة على تطوير تقنيات جديدة وفعالة في مجال الطاقة، مما يدفع عجلة التقدم التكنولوجي.
5. **الأمن الطاقوي:** يقلل الاعتماد على واردات الطاقة من الخارج، مما يزيد من أمن الطاقة الوطني.

**أولا: أمثلة على استخدام الطاقة المتجددة في الصناعة**

1. **اللوحات الشمسية:** تستخدم العديد من المصانع والشركات الكبرى اللوحات الشمسية لتوليد الكهرباء اللازمة لتشغيل عمليات الإنتاج[70]، مما يساهم في تقليل فواتير الكهرباء وزيادة الاستدامة.
2. **طاقة الرياح:** تستخدم توربينات الرياح لتوليد الكهرباء في المناطق الريحية، ويمكن استخدامها لتشغيل المصانع والمرافق الصناعية الكبيرة.
3. **الطاقة الحيوية:** تستخدم بعض الصناعات النفايات العضوية والمحاصيل الزراعية لإنتاج الطاقة الحيوية[71]، والتي يمكن استخدامها لتدفئة المباني أو توليد الكهرباء.
4. **الطاقة الكهرومائية:** تستخدم الطاقة الكهرومائية لتوليد الكهرباء في المناطق التي تتوفر فيها موارد مائية كافية، ويمكن استخدامها لتشغيل المصانع والمرافق الصناعية.

**ثانيا: الصعوبات التي تواجه استخدام الطاقة المتجددة في الصناعة**

1. **التكاليف الأولية:** قد تكون تكاليف تركيب وتشغيل أنظمة الطاقة المتجددة مرتفعة في البداية، ولكنها تتناقص مع مرور الوقت بفضل التطورات التكنولوجية.

---

[68] Håkan Dahlström, Three strategic steps to reduce emissions in development for a carbon-neutral future, 2015/11/05, cit 21-09-2024: https://www.albankaldawli.org/ar/news/feature/2015/05/11/decarbonizing-development-zero-carbon-future

[69] Md Qamruzzaman, Do natural resources bestow or curse the environmental sustainability in Cambodia? Nexus between clean energy, urbanization, and financial deepening, natural resources, and environmental sustainability, Energy Strategy Reviews, Volume 53, May 2024, 101412

[70] Khaled Obaideen, Maryam Nooman AlMallahi, Abdul Hai Alami, Mohamad Ramadan, Mohammad Ali Abdelkareem, Nabila Shehata, A.G. Olabi, On the contribution of solar energy to sustainable developments goals: Case study on Mohammed bin Rashid Al Maktoum Solar Park, International Journal of Thermofluids, Volume 12, November 2021: https://doi.org/10.1016/j.ijft.2021.100123

[71] Rogers, J. N., B. Stokes, J. Dunn, H. Cai, M. Wu, Z. Haq, H. Baumes, An Assessment of the Potential Products and Economic and Environmental Impacts Resulting from a Billion Ton Bioeconomy, biofuels, Bioproducts, and Biorefining, 2016, 110–128.

2. **التخزين:** لا يمكن تخزين الطاقة المتجددة بسهولة مثل الوقود الأحفوري، مما يتطلب تطوير أنظمة تخزين فعالة.
3. **التقلبات المناخية:** تعتمد إنتاجية بعض مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على الظروف المناخية، مما قد يؤثر على إمدادات الطاقة.

**المبحث السادس: تجارب دولية**

تعد الطاقة المتجددة ركيزة أساسية لتحقيق الاستدامة في القطاع الصناعي، وقد حققت العديد من الدول نجاحات ملحوظة في هذا المجال، وفي هذا السياق سيتم تقديم خمسة أمثلة لتجارب دولية ناجحة:

**المطلب الأول: التجربة الألمانية**

تعتبر ألمانيا رابع أكبر اقتصاد في العالم، وتحتل المرتبة الحادية عشرة من بين 120 دولة في مؤشر الانتقال الطاقوي (ETI) لعام 2023، منذ عام 2014، ارتفعت درجة ألمانيا في مؤشر الانتقال الطاقي بنسبة 6٪، مما يدل على مرونة جهودها في التحول الطاقوي والتحديات التي تواجهها الاقتصادات الكبيرة في التحسن السريع.

تحسنت درجات ألمانيا في أبعاد الأمن والاستدامة ضمن أداء النظام، مدفوعةً بشكل رئيسي بأمن الإمداد، وزيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الكهرباء[72]، وانخفاض كبير في كثافة الطاقة للاقتصاد:

**أولا: انبعاثات الكربون**

على الرغم من انخفاض كثافة الكربون في مزيج الطاقة الإجمالي على مر السنين بنسبة 9٪، إلا أنها لا تزال مرتفعة نسبيًا، بسبب التحديات المستمرة في نزع الكربون عن القطاعات الصعبة، مثل التدفئة والنقل والصناعة الثقيلة.

**ثانيا: جاهزية الانتقال**

تحتل ألمانيا المرتبة الخامسة عالميًا من حيث جاهزية الانتقال الطاقوي، وهو تقييم للبيئة المواتية للانتقال الطاقي، حيث تعد واحدة من أفضل ثلاث دول في مجال التنظيم والالتزام السياسي.

**ثالثا: المبادئ الرئيسية والسياسات المطبقة**

تتمثل العناصر الأساسية للتحول الطاقوي في ألمانيا في تحسين كفاءة الطاقة وتوسيع نطاق مصادر الطاقة المتجددة بأسرع ما يمكن، واستثمرت الحكومة في تطوير التقنيات والبنية التحتية الموفرة للطاقة، مثل الشبكات الذكية ومحطات شحن السيارات الكهربائية.

أسفر ذلك عن إنتاج ألمانيا الآن لأكثر من 40٪ من كهربائها من مصادر الطاقة المتجددة، ووضعت هدفًا للوصول إلى 80٪ بحلول عام 2030.

**رابعا: سياسات التحول الطاقوي**

أدخلت ألمانيا العديد من السياسات التي تهدف إلى زيادة حصة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة، والتخلص التدريجي من استيراد الغاز والبترول، وخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، مما أدى إلى أن تصبح البلاد رائدة في التحول الطاقي.

[72] Full report, Fostering Effective Energy Transition 2023, Published: 28 June 2023, cit: 21-09-2024: https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2023/in-full/germany/

**خامسا: قانون مصادر الطاقة المتجددة الألماني:**

لعب قانون مصادر الطاقة المتجددة الألماني دورًا مهمًا في التحول من خلال توفير إطار قانوني وحوافز مالية لتوسيع مصادر الطاقة المتجددة.

**1- قانون صناعة الطاقة:**

يشكل هذا القانون، إلى جانب قانون صناعة الطاقة، الأساس القانوني لصناعة الطاقة الألمانية ويقدم "سياسة محددة لتعزيز المنافسة وأمن الإمداد وإنتاج الطاقة المستدامة[73]".

يظل التحول الطاقي عملية مستمرة، حيث لا يركز تنويع مزيج الطاقة في ألمانيا فقط على الاستدامة والمكاسب من حيث الكفاءة، بل أيضًا على الأمن.

كان الاعتماد المفرط على الغاز المستورد من روسيا وارتفاع أسعار الطاقة التحديان الرئيسيان اللذان واجههما ألمانيا خلال أزمة الطاقة.

دفعت حرب روسيا أوكرانيا الحكومة إلى فرض تدابير طارئة، مثل بناء طاقة إعادة تسخين الغاز الطبيعي المسال وتأخير إغلاق محطات الفحم، مما أبطأ من زخم التحول وأدى إلى المزيد من الانبعاثات في النظام.

**2- جهود التحول المستقبلية:**

لكفالة تقليل الاعتماد على الغاز الروسي وتسريع التحول على المدى الطويل في ألمانيا، قامت الحكومة بفرض تعديلات عديدة على القوانين الحالية وبرامج التمويل التي تركز بشكل أساسي على تعزيز قدرات الطاقة المتجددة في ألمانيا، لا سيما في مجال الرياح البرية.

**المطلب الثاني: التجربة الدنماركية**

استُخدمت توربينات الرياح في البداية في الزراعة لطحن الحبوب وضخ المياه، ولكن في عام 1891، قام الفيزيائي الدنماركي بول لا كور بتجربة الطاقة الريحية كمصدر للكهرباء، وبدعم من أموال الحكومة، أنشأ توربينًا يزود المدرسة التي عمل فيها بالتيار المستمر[74]، في عام 1894، قام لا كور أيضًا بتجربة تخزين الطاقة الريحية بتحويل الكهرباء من توربينته الريحية إلى هيدروجين .واصل المهندسون الدنماركيون تحسين تقنية توربينات الرياح خلال الحربين العالمية الأولى والثانية للحفاظ على إمداد الكهرباء أثناء النقص.

بحلول نهاية الحرب العالمية الأولى، كانت ثلاثة بالمائة من استهلاك الكهرباء الدنماركي مغطاة بالطاقة الريحية، ومع ذلك، على الرغم من براعتها، توقفت التطورات التكنولوجية تقريبًا بحجة أن توربينات الرياح لن تتمكن من منافسة محطات الطاقة التقليدية - كانت أسعار الوقود الأحفوري ببساطة أقل.

غيرت أزمة النفط الأولى في 1973-1974 هذا التصور، أدت الأزمة التي حدثت في أوائل السبعينيات، والتي كانت تعتمد بشكل كبير على الطاقة المستوردة، إلى زيادة تكاليف الكهرباء في الدنمارك، ونتيجة لذلك، ظهرت الطاقة الريحية ومصادر الطاقة المتجددة من جديد.

---

[73] Full report, Fostering Effective Energy Transition 2023, Published: 28 June 2023, cit: 21-09-2024: https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2023/in-full/germany/

[74] State of Green, Denmark — a frontrunner in wind energy, Published: 17 NOVEMBER 2021, cit: 21-09-2024: https://stateofgreen.com/en/news/denmark-a-frontrunner-in-wind-energy/

كانت صناعة الرياح التي نشأت في أواخر السبعينيات نتيجة لمشاركة كبيرة من الجمهور وإرادة سياسية جيدة تجاه الطاقة الريحية[75]، بحلول أوائل الثمانينيات، كان حوالي 20 مصنعًا لتوربينات الرياح نشطين في الدنمارك، وبعد مرحلة من التوحيد في التسعينيات، أصبحت الصناعة تحت سيطرة شركات كبيرة، جزئيًا مملوكة دوليًا ومدرجة.

**الفرع الأول: التفوق على الوقود الأحفوري**

توظف صناعة الرياح الدنماركية اليوم أكثر من 33000 شخص مع دوران بلغ 19 مليار يورو في عام 2019، وفي البحث المستمر عن المزيد من الكفاءة وتكاليف الطاقة المنخفضة، نمت أحجام توربينات الرياح بشكل مطرد على مر السنين.

بينما كانت معظم التوربينات في أوائل التسعينيات بحجم يصل إلى 225 كيلووات، فإن أحدث الطرازات تصل إلى 15 ميغاواط على الأقل، ونتيجة لذلك، انخفضت تكلفة تقنية الطاقة الريحية بشكل كبير على مر السنين، كما تعتبر توربينات الرياح الآن طريقة فعالة للغاية من حيث التكلفة لإنتاج الكهرباء.

في الواقع، تعد الطاقة الريحية البرية أرخص مصدر للطاقة في الدنمارك والعديد من مناطق العالم الأخرى - متفوقة على أي وقود أحفوري.

إن تسخير طاقة الرياح في البحر أكثر تكلفة من البر .ومع ذلك، فإن الفوائد تتمثل في مورد رياح أكثر ثراءً واستقرارًا مع مخاوف أقل من الجيران عند تركيب التوربينات في البحار المفتوحة.

كانت الدنمارك رائدة السوق من خلال تركيب أول مزرعة رياح بحرية في العالم في عام 1991، واليوم، تغطي سلسلة القيمة الدنماركية للرياح البحرية والبرية مجموعة واسعة من التقنيات والخدمات التي تستهدف جميع مراحل مشاريع الرياح.

مع استمرار انخفاض تكلفة الطاقة الريحية، ينمو دورها في التحول إلى نظام الطاقة لدينا .مع ذلك، تستثمر الدنمارك بكثافة في الكهرباء.

**أولا- الكهربة المباشرة وغير المباشرة:**

مثال كلاسيكي على الكهربة المباشرة هو استبدال الوقود التقليدي بالكهرباء - مثل السيارات الكهربائية ومضخات الحرارة الكهربائية، ومع ذلك، هناك أيضًا مسارات غير مباشرة، مثل الطاقة إلى X وبدلاً من استبدال الوقود بالكهرباء، يتم تحويل الكهرباء إلى وقود سائل مثل الهيدروجين للمركبات الثقيلة أو الأمونيا للسفن.

لدعم كهربة المجتمع الدنماركي، قام البرلمان الدنماركي بتحديث اتفاق الطاقة الخاص به بشكل مستمر، وفي عام 2019، سن قانونًا وطنيًا للمناخ مع هدف ملزم قانونًا لتقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الوطنية بنسبة 70٪ بحلول عام 2030 (مقارنة بمستويات عام 1990) والوصول إلى الحياد المناخي بحلول عام 2050.

[75] State of Green, Denmark — a frontrunner in wind energy, Published: 17 NOVEMBER 2021, cit: 21-09-2024: https://stateofgreen.com/en/news/denmark-a-frontrunner-in-wind-energy/

لتحقيق هذا الهدف، سيتعين تركيب المزيد من الطاقة الريحية على مراكز الطاقة البحرية الطبيعية والاصطناعية، بدأت صناعة الرياح نفسها بالفعل في وضع استراتيجية لتقليل البصمة الكربونية لسلسلة القيمة الخاصة بها.

**المطلب الثالث: تجربة كوستاريكا "الطاقة المتجددة 100%"**

يحتفظ معهد الكهرباء الكوستاريكي (ICE) بالاحتكار في توزيع وإنتاج الكهرباء في كوستاريكا، وهناك بعض الاستثناءات حيث يتم منح المؤسسات العامة والتعاونيات تفويضًا قانونيًا لإنتاج وبيع الكهرباء.

أبرز استثناء هو الشركة الوطنية للطاقة والضوء(CNFL) ، وهي شركة تابعة لمعهد الكهرباء الكوستاريكي .(ICE)تُفوض الاستثناءات التالية لإنتاج وتوزيع وبيع الكهرباء ضمن الدوائر التي تم تحديدها لها بموجب القانون:

1. التعاونيات الريفية للكهرباء (بما في ذلك Coopesantos و Coope Alfaro Ruiz و Coopelesca و Coopeguanacaste)
2. كيانات الخدمة العامة الإقليميةESPH: في مقاطعة هيريديا و JASEC في مقاطعة كارتاغو
3. وفرت الطاقة المتجددة في كوستاريكا حوالي 5398٪ من الطاقة الإنتاجية للبلد بأكمله في عام 2018، وفي عام 2014، تم اشتقاق 99٪ من الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة[76]، منها حوالي 80٪ من الطاقة الكهرومائية.

خلال الأيام الـ 75 الأولى من عام 2015، تم اشتقاق 100٪ من الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة، وفي منتصف عام 2016 تم تحقيق هذا الإنجاز لمدة 110 يومًا متتاليًا على الرغم من الظروف الجوية غير المثلى.

تمتلك كوستاريكا، كدولة، ميزة جغرافية على دول أخرى من حيث تركيزها العالي للفرد من الأنهار والسدود والبراكين، مما يسمح لها بإنتاج طاقة متجددة عالية. بالإضافة إلى ذلك، تعد كوستاريكا رابع أعلى دولة من حيث هطول الأمطار، وتتلقى متوسط 2926 مم من هطول الأمطار سنويًا.

**الفرع الأول: البنية التحتية للطاقة**

كدولة صغيرة يبلغ عدد سكانها 5 ملايين فقط وليس لديها صناعة كبيرة، فإن الحاجة إلى بنية تحتية قوية للطاقة أقل من البلدان الكبرى ذات الكثافة السكانية الأعلى[77].

[76] Daniela García, Daniel Avendaño Leadem, Energy transition and path dependence the case of Costa Rica, Revista Geografica de America Central 61E (3), December 2018, pp281-284.

[77] John McKenna, Costa Rica ran entirely on renewable energy for more than 250 days last year, Published: Apr 20 2017, cit: 21-09-2021: https://www.weforum.org/agenda/2017/04/costa-rica-ran-entirely-on-renewable-energy-for-more-than-250-days-last-year/

**الشكل 4-2:** اعتماد كوستاريكا بالكامل على الطاقة المتجددة لأكثر من 250 يومًا في 2016

**Source**: John McKenna, op. cit.

**أولا: الطاقة الشمسية**

مثل طاقة الرياح، تعد الطاقة الشمسية مصدر طاقة جديد آخر في البلاد، وتم إنشاء أول مشاريع الطاقة الشمسية في البلاد في عام 1978 من قبل عدد قليل فقط من الباحثين من الجامعات العامة في مختبر الطاقة الشمسية بالجامعة الوطنية.

خلال عام 2012، افتتحت كوستاريكا محطة ميرافاليس الشمسية بجوار بركان ميرافاليس، تم بناؤها بمساعدة الوكالة اليابانية للتعاون الدولي بلغ إجمالي المشروع 61.11 مليون دولار (10 ملايين دولار من JICA و 51.1 مليون دولار من معهد الكهرباء الكوستاريكي).

تمثل هذه المحطة البالغة 1 ميغاواط 30 ٪ فقط من إجمالي الطاقة المثبتة في البلاد.

**ثانيا: مصادر الطاقة الأخرى**

حاليًا، تولد كوستاريكا أقل من 1٪ من إنتاج الطاقة باستخدام الطاقة الشمسية، ويتكون الباقي من 79٪ هيدرو و 12٪ رياح و 8٪ جيوتيرمال.

يوجد المستخدمون النهائيون للمعدات الشمسية في القطاع السكني والتجاري والمرافق، وبدرجة أقل خارج الشبكة في المناطق الجبلية غير القابلة للوصول وجزيرة كوكوس.

**الفرع الثاني: توليد الكهرباء للتصدير**

يُفوض القانون الشركات والأفراد الخاصة لإنتاج الكهرباء للاستهلاك الذاتي دون أي قيود، يُفوض توليد الكهرباء من أجل توزيعها وبيعها لطرف ثالث فقط عندما تباع هذه الطاقة إلى معهد الكهرباء الكوستاريكي بسعر محدد.

**أولا: الإنتاج المحلي لمعدات الطاقة**

يقتصر الإنتاج المحلي لمعدات الطاقة على المنتجات الصغيرة اللازمة للألواح الشمسية وتركيب المياه، مثل الكابلات والأنابيب المعدنية وبعض الصمامات وخزانات المياه المعدنية.

**المطلب الرابع: تجربة الصين**

يشهد سوق الطاقة المتجددة في الصين نموًا متسارعًا مدفوعًا بمجموعة من العوامل، بما في ذلك السياسات الحكومية الداعمة، وانخفاض تكاليف التكنولوجيا، وزيادة الوعي بأهمية الاستدامة.

**الفرع الاول: المحركات الرئيسية للنمو**

1. تسعى الصين جاهدة لخفض انبعاثاتها الكربونية بنسبة كبيرة بحلول عامي 2035 و2050، وزيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة إلى 37% و58% على التوالي. ان هذه الأهداف الطموحة ستخلق سوقًا واسعًا للطاقة المتجددة.
2. تقدم الحكومة الصينية حوافز مالية وتشريعات داعمة لتشجيع الاستثمار في الطاقة المتجددة.
3. شهدت تكاليف تكنولوجيا الطاقة المتجددة، خاصة الطاقة الشمسية، انخفاضًا حادًا، مما يجعلها أكثر تنافسية[78].

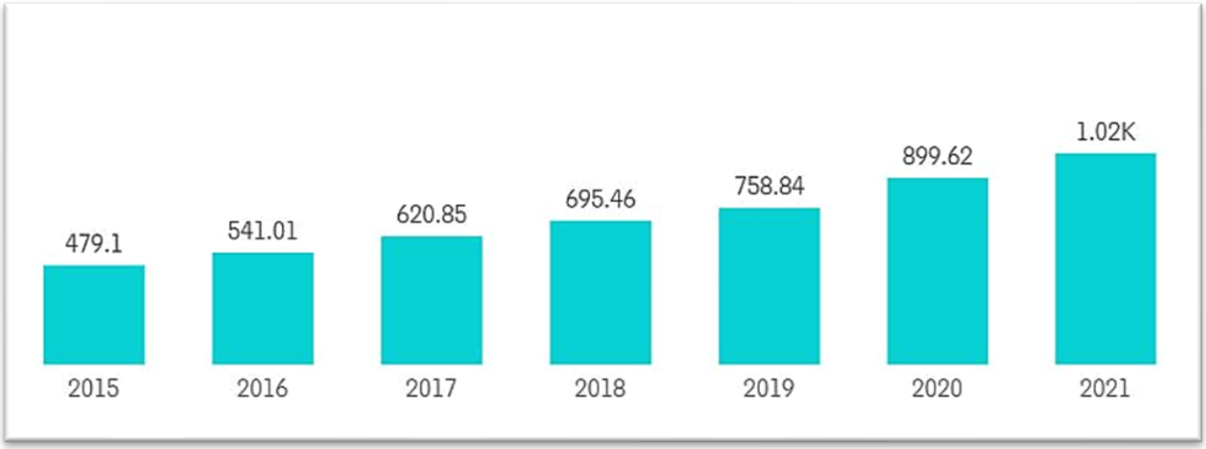
**أولا: التحديات التي تواجه السوق**

1. تؤدي التغيرات في السياسات الحكومية إلى عدم اليقين في السوق.
2. يمثل دمج كميات كبيرة من الطاقة المتجددة المتقطعة في الشبكة الكهربائية تحديًا كبيرًا.
3. تتطلب زيادة إنتاج الطاقة المتجددة تطوير البنية التحتية للشبكة الكهربائية.

**الفرع الثاني: قطاع الطاقة الشمسية: النمو السريع والآفاق المستقبلية**

1. أصبحت الصين أكبر منتج ومستهلك للطاقة الشمسية في العالم.
2. على الرغم من إلغاء الدعم الحكومي، من المتوقع أن يستمر نمو قطاع الطاقة الشمسية بفضل التنافسية المتزايدة للتكنولوجيا.
3. تشهد الطاقة الشمسية الموزعة نموًا سريعًا، حيث يقوم الأفراد والشركات بتركيب أنظمة الطاقة الشمسية على أسطح المباني.

**الشكل 4-3:** سوق الطاقة المتجددة في الصين: سعة الطاقة المتجددة المركبة بالجيغاوات 2015-2021




**Source:** Irena, **China Renewable Energy Market: Installed Renewable Energy Capacity**, in GW, China, 2015-2021 https://www.irena.org/, cit: 21-09-2024.

**الفرع الثالث: النمو المتسارع في قطاع الطاقة المتجددة**

1. وصل إجمالي قدرة الطاقة المتجددة في الصين إلى 1020 جيجاوات في عام 2021، بزيادة قدرها 13 4%. عن العام السابق.

[78] Mordorintelligence, China Renewable Energy Market Size and Share Analysis - Growth Trends and Forecast (2024 - 2029), , Published: 2023,cit: 21-09-2024: https://www.mordorintelligence.com/ar/industry-reports/china-renewable-energy-market

2.تشمل مصادر الطاقة المتجددة الرئيسية في الصين الطاقة الكهرومائية 38 بالمئة، وطاقة الرياح (32%)، والطاقة الشمسية 31 بالمئة، والطاقة الحيوية.

3.شكلت مصادر الطاقة المتجددة 95.14 بالمئة، مزيج استهلاك الطاقة الأولية في عام 2021، وأكثر 27.7بالمئة من الكهرباء المولدة.

**أولا: الطاقة الكهرومائية**

1.تمتلك الصين أكبر قدرة كهرومائية مركبة في العالم، حيث تمثل 38.3 بالمئة من إجمالي قدرتها المتجددة.

2.تم الانتهاء من مشروع باهيتان للطاقة الكهرومائية، وهو ثاني أكبر مشروع من نوعه في العالم.

3.تستمر الصين في زيادة قدرتها الكهرومائية، حيث أضافت 20.8 جيجاوات من الطاقة الكهرومائية في عام 2021.

**ثانيا: طاقة الرياح**

1.تعد الصين أكبر دولة في العالم من حيث قدرة طاقة الرياح البرية والبحرية المركبة.

2.تستمر الصين في توسيع محفظة طاقة الرياح لديها، وتخطط لبناء أكبر مزرعة رياح في العالم.

3.تعمل الصين على دمج طاقة الرياح بفعالية في شبكتها الكهربائية.

4.تشهد الطاقة الشمسية نموًا هائلاً في الصين، مدفوعة بانخفاض التكاليف وزيادة الوعي البيئي.

5.تشجع الصين على نشر الطاقة الشمسية الموزعة، حيث يمكن للأفراد والشركات تركيب أنظمة الطاقة الشمسية الخاصة بهم.

**المطلب الخامس: تجربة الولايات المتحدة الأمريكية**

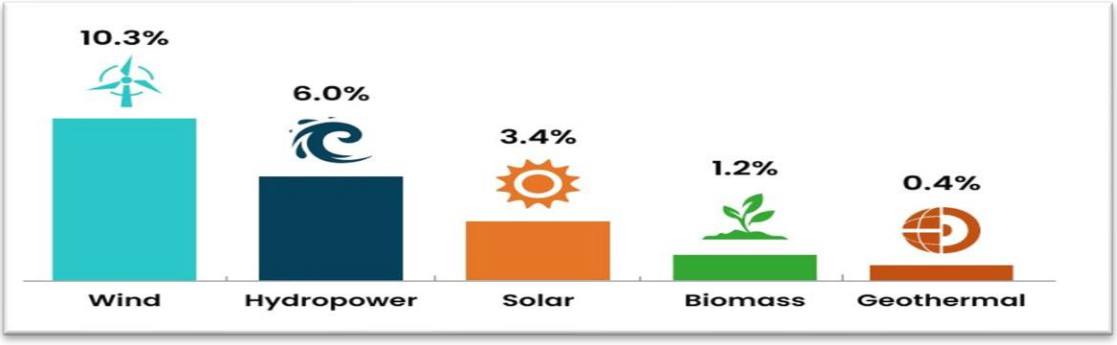
تولد الطاقة المتجددة أكثر من 20% من إجمالي الكهرباء الأمريكية، وتواصل هذه النسبة الارتفاع.

يوضح الرسم البياني التالي حصة كل نوع من الطاقة المتجددة في إجمالي إنتاج الكهرباء في عام 2022:

في عام 2022، تجاوز إنتاج الطاقة المتجددة السنوي في الولايات المتحدة الفحم لأول مرة في التاريخ. ومن المتوقع أن يزداد إنتاج الطاقة الشمسية المحلية بنسبة 75%، والرياح بنسبة 11% بحلول عام 2025.

الولايات المتحدة هي بلد غني بالموارد، حيث تمتلك ما يكفي من موارد الطاقة المتجددة لتوليد أكثر من 100 مرة كمية الكهرباء التي يستخدمها الأمريكيون كل عام، فيما يلي إمكانات الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة.

**الشكل 4-4:** الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة




**Source:** energy.gov, Renewable Energy in the United States, cit: 21-09-2021: https://www.energy.gov/eere/renewable-energy

حصل قطاع الطاقة النظيفة في الولايات المتحدة على انتصارات تشريعية كبيرة في السنوات الأخيرة، خاصة مع قانون خفض التضخم وقانون البنية التحتية الحزبين وقانون شرائح الرقائق الإلكترونية، ولكن هل تؤدي هذه القوانين والاستثمارات المصاحبة لها إلى توليد طاقة خالية من الكربون بما يكفي؟

على الرغم من أنها شهدت زخمًا كبيرًا خلال العام الماضي، مثل مبيعات السيارات الكهربائية التي تحطم الأرقام القياسية، والطاقة الجديدة المهيمنة للطاقة المتجددة، والتحركات السياسية الواعدة في قضايا رئيسية مثل النقل، إلا أن هناك عقبات كبيرة لا تزال قائمة، إن ارتفاع أسعار الفائدة وتكاليف المشاريع وتحديات التصاريح والمواقع والمشاكل المستمرة في سلسلة التوريد تعيق تطوير الطاقة النظيفة في الوقت الذي يجب أن تشهد فيه طفرة.

كان عام 2023 عامًا قياسيًا لنشر الطاقة النظيفة في الولايات المتحدة، بما في ذلك ارتفاع معدل تركيب الطاقة الشمسية وتخزين الطاقة، ونمو مبيعات السيارات الكهربائية وعدد مرافق التصنيع المحلية المخطط لها، وتظل الطاقة النظيفة هي الشكل المهيمن لتوليد الكهرباء الجديدة في الولايات المتحدة، حيث وصلت الطاقة الشمسية إلى مستويات قياسية في عام 2023.

تم تركيب قدرة طاقة شمسية قياسية تبلغ 31 جيغاواط (GW) في الولايات المتحدة في عام 2023، وهو ما يمثل زيادة تقريبية بنسبة 55% عن تركيبات عام 2022 وأكثر بكثير من الرقم القياسي السابق في عام 2021 . حتى مع التأخيرات الكبيرة في المشاريع بسبب مشاكل سلسلة التوريد وعوامل أخرى، كانت الطاقة الشمسية أسرع مصدر للطاقة نموًا في الولايات المتحدة، حيث مثلت نصف إجمالي الطاقة الجديدة المولدة على نطاق المرافق حتى الربع الثالث من عام 2023، وتبلغ إجمالي الطاقة الشمسية المركبة في الولايات المتحدة الآن 161 جيغاواط، وهو ما يكفي لتوفير حوالي 5% من كهرباء البلاد، وفقًا لرابطة صناعات الطاقة الشمسية.

كما تم تخزين البطاريات بشكل كبير في عام 2023[79]، حيث تجاوزت التركيبات حتى الربع الثالث تلك الخاصة بكامل عام 2022، ومن المتوقع أن يستمر النمو القوي، مع مضاعفة السعة المتوقعة في عام 2024.

شهدت الطاقة الريحية نموًا أكثر تواضعًا في عام 2023 (حوالي 8 جيغاواط)، متخلفة عن تركيبات عام 2022، ووصل إجمالي الطاقة المركبة إلى 147 جيغاواط بحلول الربع الثالث من عام 2023، وهو ما يمثل حوالي 11% من توليد الكهرباء ويتوقع زيادة في مشاريع الرياح الجديدة هذا العام، لتصل إلى حوالي 17 جيغاواط في عام 2024.

[79] Lori Bird, Joseph Womble, State of the US Clean Energy Transition: Recent Progress, and What Comes Next, Published: February 7, 2024, cit: 21-09-2024: https://www.wri.org/insights/clean-energy-progress-united-states

## ملخص الفصل الرابع

من خلال ما تم استعراضه في الفصل الرابع حول تعزيز استخدام الطاقات المتجددة في قطاع الصناعة، نجد أن الاعتماد الكبير على الوقود الأحفوري في هذا القطاع يمثل تحديًا بيئيًا واقتصاديًا، مما يستدعي التحول إلى مصادر الطاقة النظيفة. ويمكن للقطا ع الصناعي أن يحقق كفاءة أكبر في استهلاك الطاقة من خلال الاستفادة من مصادر متجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح اللتان تتوفران بشكل كبير في الجزائر، وهو ما سيساهم في تقليل تكاليف الإنتاج الصناعي على المدى الطويل.

من جهة أخرى فان السياسات الصناعية الحالية، يغيب عنها بشكل شبه تام التوجه نحو الاستدامة، وبالتالي فهي تحتاج لتشجيع الشركات الصناعية على الاستثمار في الطاقة المتجددة. ومن بين هذه السياسات، تبرز أهمية تقديم حوافز مالية مثل الإعفاءات الضريبية وتمويل مشاريع الطاقة المتجددة القطاعية، بالإضافة إلى تشجيع الشراكات بين القطاعين العام والخاص لتطوير التكنولوجيا وتوفير البنية التحتية اللازمة.

ومن النتائج المهمة كذلك أن الاستفادة من تطوير استخدامات الطاقات المتجددة في القطاع الصناعي من شأنه أن يساهم في خلق بيئة أعمال مستدامة وهو الامر المطلوب بالنسبة للشركات الوطنية الطاقوية كسوناطراك ونفطال للولوج الى الأسواق العالمية التي تضع معايير الاستدامة، مع توفير فرص عمل في المجالات المرتبطة بالطاقة الخضراء.

وأخيرًا، أظهرت التجارب الدولية التي تمت دراستها في الفصل أن الدول التي تبنت سياسات شاملة ومرنة نجحت في تحقيق نمو صناعي مستدام من خلال تكامل التكنولوجيا المتجددة، مما يوفر نموذجًا مفيدًا يمكن أن تستفيد منه الجزائر في دفع قطاعها الصناعي نحو الاستدامة والتنافسية البيئية.

# الفصل الخامس

## استراتيجية ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع السكن

## تمهيد

يتناول هذا الفصل تحليل الوضع الحالي لاستخدامات الطاقة في قطاع السكن، والوقوف على التحديات والعوائق التي تواجه تطوير استخدامات الطاقة المتجددة في هذا القطاع، بالإضافة إلى اقتراح استراتيجيات عملية وفعالة لتعزيز الاعتماد على هذه المصادر المستدامة.

يتم استعراض التجارب الدولية الناجحة في مجال تطوير استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع السكن، مثل استخدام تقنيات الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء والتدفئة، ودمج تقنيات العزل الحراري لتقليل استهلاك الطاقة. ويتم أيضًا تجارب حديثة ورائدة كتجربة سنغافورة وتجربة الدنمارك التي حققت نجاحًا كبيرًا في هذا المجال.

تحاول الدراسة الوصول الى ما يمكن استخلاصه وتكييفه مع استراتيجية تطوير استخدام الطاقات المتجددة في الجزائر في قطاع السكن، كتقديم حوافز مالية للسكان الذين يعتمدون على الطاقة الشمسية، تشجيع البناء الأخضر، وتعزيز التوعية العامة بأهمية الاستدامة. كما يقترح تطوير الإطار القانوني لتشجيع الشركات الناشئة في مجال البناء والمقاولات ومكاتب الهندسة على استخدام تقنيات الطاقات المتجددة في المشاريع السكنية الجديدة. وعليه سنرى إمكانية تطوير استخدامات الطاقات المتجددة ومقوماتها من خلال هذا الفصل الذي سنتطرق من خلاله إلى النقاط التالية:

**المبحث الأول: مدخل للتنمية الاسكانية المستدامة**

**المبحث الثاني: استهلاك الطاقة ومصادرها في قطاع السكن**

**المبحث الثالث: كفاءة استخدام الطاقات المتجددة في قطاع السكن**

**المبحث الرابع: السياسات الوطنية في مجال ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع السكن**

**المبحث الخامس: مساهمة الطاقات المتجددة في استدامة قطاع السكن**

**المبحث السادس: تجارب دولية**

## المبحث الأول: مدخل للتنمية الاسكانية المستدامة

سيتم التطرق الى أهم المفاهيم الخاصة بالتنمية الاسكانية المستدامة واقتصاديات قطاع السكن من خلال الاتي:

### المطلب الأول: مفاهيم عامة

يسعى كل نظام طبيعي لتجديد نفسه والحفاظ على عناصره كما قال الفيلسوف شيشرون، ونفس الامر بالنسبة للإنسان الذي يعد جزء من النظام الطبيعي. لقد بدأ سكان المدن الكبرى التفكير بشكل متزايد في مستقبل المدن وكيفية تحسين البيئة المحيطة بمكان إقامتهم، ولعل من بين أهم التطورات الحضرية الأكثر ابتكارًا في القرن الحادي والعشرين هو تصميم المباني والأحياء وفق أساسيات الهندسة المعمارية المستدامة، فقد تطرق إيبي نيزار هاوارد، في كتابه عام 1902 "مدينة الحديقة المستقبلية"[1]، الى فكرة أن الاستدامة تعزيز لنوعية الحياة وضمان للأنماط الطبيعية للعيش في بيئة صحية مع تحسين الظروف الاجتماعية والاقتصادية والبيئية[2]، بالإضافة إلى ذلك، يسهل هذا النوع من البناء أسلوب الحياة الأكثر احترامًا للمنطقة، مما يقلل من البصمة البيئية.

الاستدامة موضوع أساسي في مجال أبحاث الإسكان، وهي موضوع مهم بالنسبة لسكان المدن والجماعات المحلية والمهندسين المعماريين في جميع أنحاء العالم، وهي موضوع معقد بالنسبة لسكان المدن والمنشئين والمهندسين المعماريين في جميع أنحاء العالم. وبشكل عام فانَّ المبنى المستدام هو هندسة معمارية عالية التقنية وصديقة للبيئة، يسعى إلى تقليل التأثير السلبي على البيئة من خلال الاستخدام الفعال والمدروس للمواد والطاقة والمساحة والنظام البيئي، ويركز تصميم الإسكان المستدام على الحفاظ على الطاقة وحماية البيئة والعديد من العوامل الداعمة الأخرى، أي انّ الإسكان المستدام يهدف إلى توفير إسكان ميسور التكلفة ومستدام لجميع سكان المدينة، وتطرح هنا مقاربة استدامة الاسكان على تحمل التكاليف المرتبطة بها.

تتضمن تكاليف الإسكان كل من تكاليف البناء الأولية وتكاليف تشغيل وصيانة المبنى، لذلك، فإن الإسكان منخفض التكلفة القائم على دورة الحياة بأكملها هو الإسكان منخفض التكلفة الحقيقي، يعني الإسكان عالي الجودة أن الإسكان يحتاج إلى جودة بناء جيدة والتركيز على توفير ظروف معيشية عالية الجودة للمستخدمين، في التحليل النهائي[3]، إن بيئة داخلية وخارجية صحية قابلة للعيش هي أكثر ملاءمة للصحة البدنية والعقلية للمقيمين.

#### الفرع الأول: المنزل المستدام

يعد المنزل المستدام اتجاه في مجالات التصميم والبناء، حيث تثير أسعار الطاقة المرتفعة والطبيعة المحدودة لهذه الموارد المشكلة الحادة لتكاليف تشغيل الإسكان، وعليه فالسعي الان نحو تطوير المباني الموفرة

[1] Lehmann S. Green Urbanism: Formulating a Series of Holistic Principles, Online since 12 October 2010, connection on 04 December 2021, SAPIENS, 2010, 3(2), Available from: http://journals.openedition.org/sapiens/1057

[2] Akadiri PO, Chinyio EA, Olomolaiye PO. Design of a sustainable building: A conceptual framework for implementing sustainability in the building sector. Buildings. 2012, 2, pp126-152. DOI: 10.3390/buildings2020126

[3] Sodagar B, Fieldson R, Gilroy-Scott B. Design for sustainable architecture and environments. The International Journal of Environmental, Cultural, Economic, and Social Sustainability: Annual Review. 2008, 4(4), pp73-84. DOI: 10.18848/1832-2077/CGP/v04i04/54505

للطاقة خاصة في أوروبا والدول الصناعية المتقدمة أمر بالغ الاهمية. في هذا الشأن تم تطوير برامج حكومية لخفض استهلاك الطاقة في جميع المرافق إلى مستوى منخفض عبر هندسة المنزل المستدام الذي يحتوي على مواد بيئية ويستخدم أنظمة قابلة لإعادة التدوير ويُمدد بالطاقة النظيفة .فالاستدامة مفهوم واسع ومعقد، وقد أصبحت أحد القضايا المهمة، والقت بثقلها في مجال تطوير الأفكار الهندسية المرتبطة بالإسكان المستدام.

في الوقت الحاضر، ترتبط المنازل المستدامة ارتباطًا وثيقا بجعل المباني مريحة وملائمة قدر الإمكان من جميع النواحي، وهو ما أدى الى تزايدها عبر انحاء العالم من خلال الاستثمارات العقارية التي ادمجت نسبة 30-40٪ من إجمالي الموارد الأساسية العالمية[4]، وتستهلك المباني الطاقة بشكل واسع في المناطق ذات الكثافة السكانية وكذلك الموارد التي تولد النفايات على نطاق واسع. لهذا يعد الهدف الأساسي للتصميم والبناء المستدام هو تقليل التأثيرات البيئية والاجتماعية والاقتصادية السلبية للمباني، والمساهمة في الحد من تغير المناخ والمخاطر الصحية وعدم التوازن البيئي[5]، يشير المفهوم (الإسكان المستدام) عموما إلى المباني المخطط لها وفقًا لمفهوم التنمية المحلية المستدامة، بما في ذلك مواد البناء، والمباني، وحجم المناطق الحضرية، إلخ، إلى العوامل الوظيفية والاقتصادية والاجتماعية والثقافية والبيئية المتعلقة بها، فعندما يكون تصميم المساكن سيئًا، فإنه يترك إرثًا له آثار جانبية سلبية اجتماعية واقتصادية وبيئية للجيل القادم. ولهذا تتطلب خطة الاستدامة التي تمتاز بالتحديات، تغييرًا جذريًا في فهمنا للطبيعة، وغرض المباني، ودور المهندسين المعماريين والمنشئين، ومستخدمي المرافق، عادات المستخدمين وسلوكهم وأسلوب حياتهم في الممارسة اليومية وهي مواضيع للنقاش بسبب التحديات البيئية التي يواجهها العالم.

بالإضافة إلى ذلك، تعزز هذه الأنواع من الإسكان النظم البيئية والثقافية وفق خصوصيات السكان والمناطق وهي من وأكثر أنماط الحياة احترامًا للفرد، مما يقلل من بصمتها البيئية[6]. يحتوي المنزل عادةً على مناطق للطهي والنظافة والنوم، بالإضافة إلى ذلك، غالبًا ما تكون هناك مساحات للتواصل الاجتماعي والحياة الأسرية والمناسبات الرسمية .المنزل لا يفي بالمتطلبات الذاتية فحسب، بل إنه أيضًا مصدر للراحة النفسية[7].

يُعرَّف المبنى السكني عادةً بأنه منزل يكون نصف مساحته على الأقل مخصصًا كمساحة معيشية، يمكن تعريف الإسكان بأنه "صناعة الحماية والراحة، في المقام الأول، يحمي الإنسان من مختلف الاعتداءات التي يشعر بالحاجة إلى الدفاع عنها .في تاريخ المجتمعات التي جعلت المستوطنات البشرية الأكثر أمانًا، يتم فيها تفوق عنصر او مفهوم المأوى من خلال الراحة والرفاهية .

[4] Kaushik ACG. Renewable energy technologies for sustainable development of energy efficient building. Alexandria Engineering Journal. 2018, 57(2), pp655-669. DOI: 10.1016/j.aej.2017.02.027

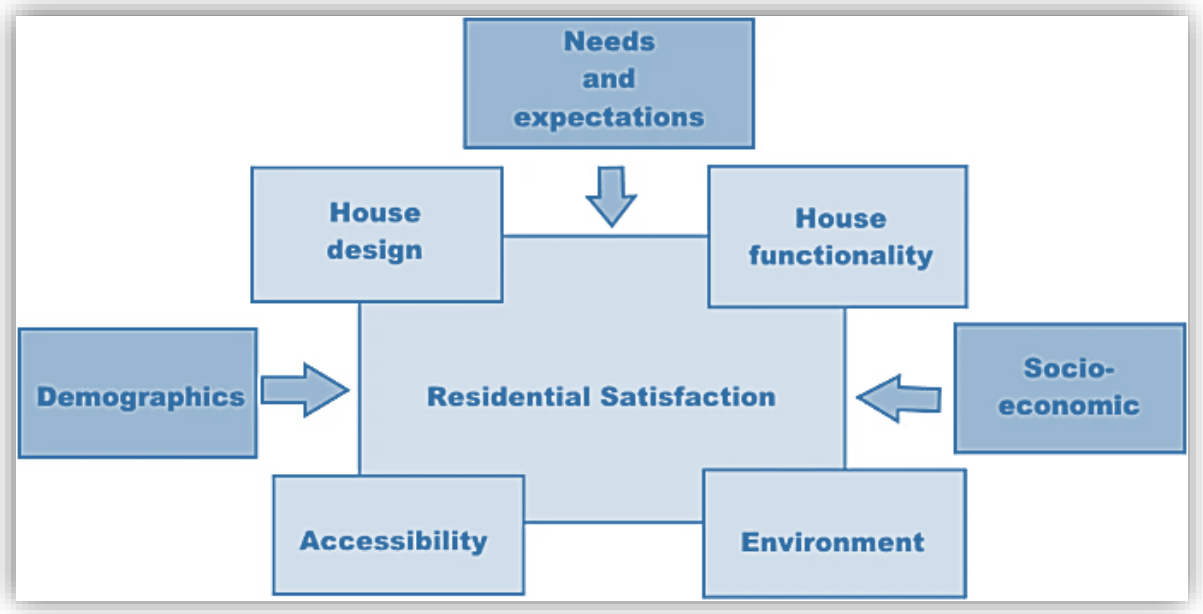
[5] Amaral REC, Brito J, Buckman M, Drake E, Ilatova E, Rice P, et al. Waste management and operational energy for sustainable buildings: A review. Sustainability. 2020, 12, p5337. DOI: 10.3390/su12135337

[6] Almusaed A, Almssad A. Introductory chapter: Housing policy matters. In: Housing. UK: IntechOpen; 2018. DOI: 10.5772/intechopen, 81622. Available from: https://www.intechopen.com/chapters/64126

[7] Gyurkovich J. Living space in a city—selected problems of shaping modern housing complexes in cracow—a multiple case studies: Part 1—the case study of urban villas. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019;471:092015

خلال الثمانينيات، تم التشكيك بشكل متزايد في افتراض أن التنمية والبيئة غير متوافقين[8]، وظهرت تدريجياً وجهات نظر مفادها أن النمو المستقبلي القائم على الاستخدام المستدام للموارد الطبيعية هو خيار استراتيجي. لذلك، تم اتخاذ القرار في عام 1983 في الأمم المتحدة بإنشاء لجنة عالمية للبيئة والتنمية، منذ إعلان ريو، الذي يعد أيضًا مصدر قمة البيئة، يشير مصطلح "مستدام" إلى الأنشطة الاقتصادية التي تراعي البيئة العالمية[9]، الإسكان المستدام هو إسكان طويل الأمد يسهل العيش فيه وسيتم توريثه للجيل البشري التالي.

**الشكل 5-1:** تمثيل تخطيطي لنموذج قياس رضا الإقامة




**Source:** Iman Abdelshahid Ibrahim, **Sustainable housing development: role and significance of satisfaction aspect**, City, Territory and Architecture, 21 (2020), pp2-13.

### المطلب الثاني: الإسكان المستدام

الإسكان هو مأوى يوفر ظروف معيشية أساسية مثل الإسكان الآمن ومياه الشرب والغذاء الصحي للبشر[10]، حتى في البلدان المتقدمة، غالبًا ما تفتقر الأسر منخفضة الدخل إلى الإسكان لأسباب اقتصادية أو تواجه مشاكل صحية وسلامة ناتجة عن رداءة جودة الإسكان[11]، تتجسد الهندسة المعمارية المستدامة بشكل أساسي في التخطيط العام للاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية والثقافية. يلتزم الإسكان المستدام بمفهوم التنمية المستدامة، ويجري تخطيطًا وتصميمًا معقولًا، ويستخدم الموارد بفعالية في عملية البناء والاستخدام،

[8] Asefi-Najafabady S, Villegas-Ortiz L, Morgan J. **The failure of Integrated Assessment Models as a response to 'climate emergency' and ecological breakdown**: The emperor has no clothes. Globalizations. 2021, 18(7), pp 1178-1188

[9] Clémençon R. **From Rio 1992 to Rio 2012 and beyond: Revisiting the role of trade rules and financial transfers for sustainable development.** Journal of Environment & Development. 2012, 21(1), pp5-14. DOI: 10.1177/1070496512436890

[10] Krieger J, Higgins DL. **Housing and health: Time again for public health action**. American Journal of Public Health. 2002;92(5):758-768

[11] Almssad A, Almusaed A. **Environmental reply to vernacular habitat conformation from a vast area of Scandinavia.** Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015, 48, pp825-834. DOI: 10.1016/j.rser.2015.04.013

ويقلل من التأثير على البيئة، ويوفر للسكان مساحة آمنة للعيش، وحاملة حياة تمكن الناس من الشعور بالرضا في بيئة أنيقة[12].

يتعلق تصميم الإسكان الجديد بالنشاط المدروس الذي يوفر للإنسان مكان حمايته وراحته، ويلعب الإسكان المستدام دورًا مهمًا في ضمان جودة حياة الإنسان المناسبة[13]، يمكن تعزيز التأثير الإيجابي للإسكان من خلال تطبيق مبادئ الحفاظ على البيئة والكفاءة الاقتصادية والشمول الاجتماعي والمشاركة العامة والملاءمة من حيث الثقافة، كما يواجه تطوير الإسكان المستدام في منطقة الاتحاد الأوروبي العديد من التحديات، التي يقودها بشكل أساسي العولمة والتغير الديمغرافي وتغير المناخ والأزمة الاقتصادية .تتمثل التحديات في أن الإسكان العام المستدام يختلف عادة عن البناء العادي، يمكن أن يختلف البناء المستدام في التدفئة والتهوية والتقنيات المستخدمة وما إلى ذلك[14]، وهذا يعني أن هذه المنازل مختلفة للغاية فيما يتعلق بالمعرفة اللازمة والتعامل مع الظروف التشغيلية .بدون استخدام الطاقة البترولية، التي تسبب الاحتباس الحراري، فان الهندسة المعمارية والمدنية ملزمة اليوم بإنشاء منازل تستخدم الطاقة النظيفة الطبيعية مثل الحرارة الشمسية وطاقة الرياح[15]، بالإضافة إلى جعل المنزل يدوم لفترة أطول، يتميز الإسكان المستدام أيضًا بانه منزل يمكن أن يقلل من النفايات عند تفكيكه وإعادة استخدام مواد بنائه. وهو في الاساس منزل صديق للناس والأرض ابتداء من الهيكل، وخطة الأرضية، والمعدات، ومواد البناء المستخدمة[16]. ويجب أن يكون أيضًا قادرًا على توليد طاقته الخاصة واستخدام موارده الخاصة، من أهم سمات الطاقة المستدامة استخدام المولدات الشمسية، الألواح الشمسية التي تسمح باستخدام الطاقة الشمسية وبالتالي، تساعد في التوفير في فواتير، بالإضافة الى إدارة المياه والنفايات المنزلية والتحكيم في كل من التهوية وتكييف الهواء.

جذبت القضايا البيئية الأخيرة اهتمامًا عالميًا، وأدى ذلك إلى استجابة في العديد من البلدان، مما أدى إلى مراجعة عميقة لاستراتيجيات الحفاظ على الطاقة من خلال وضع سياسات لتطوير استخدامات الطاقة المتجددة في قطاع السكن والتخلص من استخدامات الوقود الأحفوري التقليدي، ومن بين إحدى طرق تقليل استهلاك الطاقة في المباني هي تصميم مباني أكثر اقتصادية في استخدامها للطاقة للتدفئة والتبريد والتهوية والإضاءة[17]، يمكن تحقيق ظروف إضاءة مريحة، ويمكن تحقيق أعلى مستوى من عزل الصوت دون استخدام العديد من المواد الاستهلاكية، ولهذا السبب، يجب أن يراعي المنزل المستدام كفاءة الطاقة والتوفير في تكاليف الإمداد والبناء على مدار عمر خدمته بأكمله. يجب أيضًا مراعاة أن المنازل المستدامة تبدأ في توفير تكاليف

[12] Dutil Y, Rousse D, Quesada G. Sustainable buildings: An ever evolving target. Sustainability. 2011, 3(2), pp443-464. DOI: 10.3390/su3020443

[13] Almusaed A, Almssad A. Building materials in eco-energy houses from Iraq and Iran. Case Studies in Construction Materials. 2015, 2, pp42-54. DOI: 10.1016/j.cscm.2015.02.001.

[14] Dutil Y, Rousse D, Quesada G. Sustainable buildings: An ever evolving target. Sustainability. 2011, 3(2), p443-464. DOI: 10.3390/su3020443

[15] Almusaed A. Biophilic and Bioclimatic Architecture, Analytical Therapy for the Next, Generation of Passive Sustainable Architecture. England, London: Springer-Verlag Limited; 2011, p341. DOI: 10.1007/978-1-84996-534-7

[16] White K, Habib R, Hardisty DJ. How to shift consumer behaviors to be more sustainable: A literature review and guiding framework. Journal of Marketing. 2019, 83(3), p22-49. DOI: 10.1177/0022242919825649

[17] Omer AM. Built environment: Relating the benefits of renewable energy technologies. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME). 2012, 5, p561-575. DOI: 10.15282/ijame.5.2012.3.0044.

الإمداد بالمقارنة مع المنزل التقليدي وهو ما يحقق نجاعة من الناحية الاقتصادية والبيئية[18]، لخلق ميزة تنافسية باستخدام ممارسات البناء الصديقة للبيئة، يجب أن تكون دورة حياة المباني بأكملها ضمن السياق الذي يتم فيه تنفيذ عناصر الاستدامة.

يستخدم مصطلح "الإسكان المستدام" بشكل عام لوصف التنمية المستدامة كما هو مطبق على صناعة الإسكان، بما في ذلك:

1. إنشاء نفايات أقل (ليس فقط من خلال المواد الفائضة ولكن من خلال الاستخدام الأمثل للأرض والوقت، بما في ذلك تقليل التأثيرات على التنوع البيولوجي المحلي)؛
2. توفير فرص لزيادة إعادة استخدام المواد وإعادة تدويرها .التركيز على تجديد الأصول القديمة وإعادة استخدام المباني الحالية كمخزون سكني جديد؛
3. الاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة، بما في ذلك الميزات الطبيعية للموقع (التهوية الطبيعية والإضاءة وما إلى ذلك)؛
4. خفض تأثيرات البيئة والتكاليف على مدى الحياة .تحسين الموثوقية، وخفض احتياجات الصيانة والتكاليف، وخلق رضا أكبر للمستخدم؛
5. يرتبط تكلفة دورة الحياة المستدامة مباشرة بتقييم دورة الحياة، ويمكن أن توفر استراتيجيات تكلفة دورة الحياة بأكملها نظرة طويلة الأمد على مختلف التأثيرات؛
6. يجب أن تشمل التقييمات التكاليف ضمن المفهوم المتعلق بالأساسات إلى التجديد (من المهد إلى المهد) حتى نهاية العمر المحتملة وتضم جميع التكاليف الاقتصادية والبيئية والاجتماعية المرتبطة بها.

## المبحث الثاني: استهلاك الطاقة ومصادرها في قطاع السكن

يؤدي ارتفاع استهلاك الطاقة العالمي إلى ضغط متزايد على التلوث البيئي والاحتباس الحراري، وقد حددت اتفاقية مؤتمر باريس للمناخ (COP21) مؤخرًا خطة عمل لتجنب تغير المناخ من خلال الحفاظ على ارتفاع متوسط درجة الحرارة العالمية أقل بكثير من 2 درجة مئوية، لتحقيق هذا الهدف، يجب خفض استهلاك الطاقة وانبعاثات غازات الدفيئة (GHG) في جميع القطاعات الاقتصادية.

### المطلب الأول: مدخل لاستخدام الطاقة في مجالات السكن (الطاقة السكنية)

أصبح قطاع الطاقة السكنية (RE) أساسيًا في خفض الانبعاثات الصادرة من القطاعات السكنية لسببين: أولاً، لأن القطاع السكني يمثل حوالي 25% من استهلاك الطاقة العالمي و 17% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية وبالتالي له آثار كبيرة مباشرة على البيئة العالمية[19]، وبالتالي، فإن هذا القطاع يتأثر بشكل واسع باستخدامات الطاقة التي تلعب دور حيوي في تخفيف هذه الانبعاثات، إن الامكانيات العالمية في مجال توفير الطاقة تبلغ معدلات ضخمة سنويًا،.

[18] Almusaed A, Yitmen I, Almssad A, Homod RZ. Environmental profile on building material passports for hot climates. Sustainability (Switzerland). 2020, 12(9), p3720. DOI: 10.3390/su12093720

[19] G. Bridge et al, Geographies of energy transition: space, place and the low-carbon economy, Energy Policy, 2013, pp1-5.

ثانيًا، لأن إنتاج الانبعاثات السكنية يصعب نقله إلى بلدان أخرى[20]، فالسياسات الطاقة المطبقة تكون بالضرورة أكثر فعالية عالميًا ضمن هذا القطاع .وفي هذا السياق، يشير بعض المؤلفين إلى أن العديد من البلدان تعمل على خفض انبعاثاتها، بل وتفي بالتزاماتها بموجب بروتوكول كيوتو .ومع ذلك، قد تكون قد حققت هذه الالتزامات جزئيًا لأنها نقلت الصناعات الملوثة إلى بلدان أخرى، حيث تكون المعايير البيئية منخفضة للغاية، ومن الصعب نقل الضوابط البيئية السكنية إلى بلدان أخرى، وبالتالي، قد تكون سياسات الطاقة أكثر فعالية ضمن القطاعات الأخرى.

رغم أهمية قطاع الطاقة السكنية، هناك دراسات قليلة تركز على تباينها في جميع أنحاء العالم، وتشير بعض الدراسات إلى جزء محدد من العالم، مثل الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية، ومن منظور أكثر عمومية، يستعرض بعض الباحثين حالة واتجاهات استهلاك الطاقة في القطاع السكني عالميًا ، ومع ذلك، تم إيلاء اهتمام ضئيل للغاية لبعض المناطق[21]، مثل إفريقيا وأمريكا اللاتينية والشرق الأوسط والاقتصادات الانتقالية، وذلك على الرغم من حقيقة أن أسباب وتأثيرات تغير المناخ تعود اليه، لذلك، هناك حاجة إلى مزيد من البحث حول الاختلافات الجغرافية.

من ناحية أخرى، يتم التركيز دوما إلى الطاقة السكنية والدخل على دور السلوك الاقتصادي للأسر السكنية باستخدام البيانات الصغيرة، وهناك تحليل –حسب بعض الدراسات- لقرارات الأسر المنزلية للحصول على أصول تستخدم الطاقة في ظل ارتفاع الدخول كما تشير نتائج هذه الدراسات إلى أن نمو الطلب على الطاقة السكنية قد يكون مختلفًا[22]، اعتمادًا على مستوى دخل الأسر المعيشية، من منظور الاقتصاد الكلي، هناك أيضا شكل توزيع الدخل الذي يلعب دورًا رئيسيًا في دفع الأسر المنزلية للحصول على السلع التي تستخدم الطاقة. ومن المؤكد انه سيكون هناك زيادة كبيرة في الطلب على الطاقة السكنية في السنوات القادمة، مع نمو الدخل، لذلك، هناك حاجة إلى مزيد من البحث حول العلاقات بين استهلاك الطاقة السكنية والدخل، لربط هذه النتائج بالاتجاهات العالمية في استهلاك الطاقة من أجل القدرة على تطبيق سياسات الطاقة الفعالة.

**الفرع الأول: المباني المستدامة**

تشكل عمليات المباني 30% من استهلاك الطاقة النهائي العالمي و26% من الانبعاثات العالمية المرتبطة بالطاقة، 8% هي انبعاثات مباشرة في المباني و18% هي انبعاثات غير مباشرة من إنتاج الكهرباء والحرارة المستخدمة في المباني، فقد انخفضت الانبعاثات المباشرة من قطاع المباني في عام 2022 مقارنة بالعام السابق، وعلى الرغم من ارتفاع درجات الحرارة القصوى التي دفعت الانبعاثات المرتبطة بالتدفئة في بعض المناطق .في عام 2022، زاد استخدام الطاقة في قطاع المباني بنحو 1بالمئة.

تزداد المعايير الدنيا للأداء بالإضافة الى التشريعات المتعلقة بطاقة المباني ضمن جميع أنحاء العالم، كما يتسارع استخدام تقنيات المباني الفعالة والمتجددة .ومع ذلك، يحتاج القطاع إلى تغييرات أسرع للالتزام

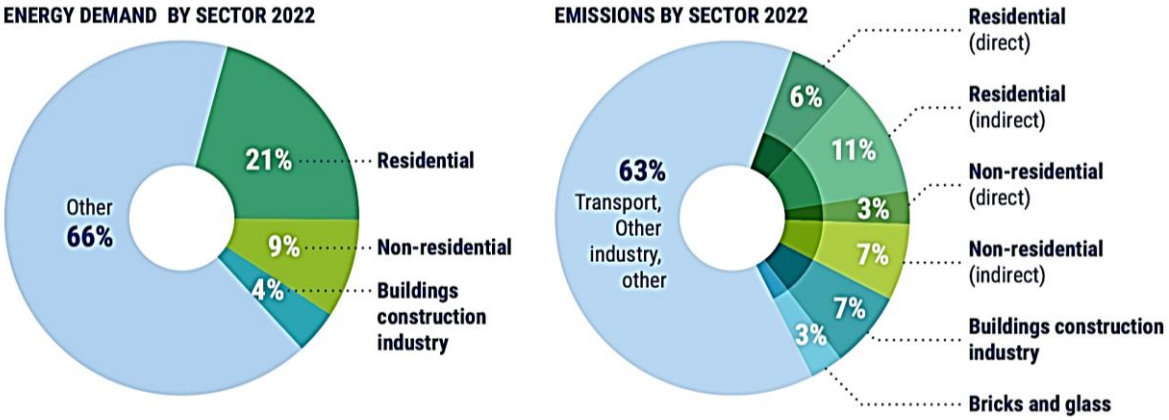
[20] M. Filippini et al, Residential energy demand and energy-efficiency of the EU member states: a stochastic frontier approach, Energy Policy, 2014, p11-12.
[21] K. Kanemoto et al, international trade undermines national emission reduction targets: new evidence from air pollution, Glob. Environ, Change, 2014, p15.
[22] P. Nejat et al, A global review of energy consumption, CO2 emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO2 emitting countries), Renew. Sustain. Energy Rev, 2015, p14.

بسيناريو انبعاثات صفرية صافية بحلول عام 2050 .(NZE) يعد هذا العقد حاسمًا لتنفيذ التدابير اللازمة لتحقيق أهداف جميع المباني الجديدة و20% من المخزون المبني الحالي الذي يكون جاهزًا للصفر الكربوني بحلول عام 2030.

تشمل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قطاع الطاقة الانبعاثات الناتجة عن احتراق الطاقة والعمليات الصناعية.

تشير المباني الجاهزة للصفر الكربوني إلى المباني عالية الكفاءة الطاقة والمرنة التي تستخدم إما الطاقة المتجددة مباشرة، أو تعتمد على مصدر إمداد بالطاقة يمكن أن يتم إلغاء كربونه بالكامل، مثل الكهرباء أو الطاقة الحضرية .يشمل مفهوم الصفر الكربوني الجاهز كل من الانبعاثات التشغيلية والجسيمة.

**الشكل 5-2:** تقرير الوضع العالمي للمباني والبناء- ما وراء الأساسات ودمج الحلول المستدامة لخفض الانبعاثات من قطاع المباني 2022




**Source:** Globalabc, cit 15-09-2024: https://globalabc.org/global-status-report

يظهر التقدم في السياسات من خلال خطط العمل المناخية الأكثر شمولاً التي تغطي المباني والمنشئات في المساهمات المحددة وطنياً NDCs ومع ذلك، فإن القليل منها يتماشى مع انبعاثات التشغيل الصفرية الصافية، وفي حين أن أكثر من 81 دولة لديها قوانين الطاقة للمباني، فإن العديد منها قديمة ومتهالكة.

لقد تجاوزت الاستثمارات في نزع الكربون عن المباني 285 مليار دولار أمريكي في عام 2022، ولكن من المتوقع أن تنخفض في عام 2023، وذلك إلى حد كبير بسبب بيئة الاستثمار الأقل ملاءمة بسبب ارتفاع التكاليف .يمثل الارتفاع اللازم في الاستثمارات نقصًا في أهداف الصفر الصافي للمباني الجديدة والموجودة بحلول عامي 2030 و2050، على التوالي.

توضح التحديث لعام 2022 لمؤشر المناخ العالمي للمباني (GBCT) صورة مثيرة للقلق: فالفرق بين الوضعية الحالية ومسار نزع الكربون المطلوب كبير جدا ويشير GBCT إلى أنه لمواءمة ذلك مع إنجاز عام 2030، يلزم الآن زيادة سنوية قدرها عشر نقاط نزع كربون، وهي قفزة كبيرة مقارنة بالست نقاط المتوقعة سنويًا ابتداءً من عام 2015.

يكشف مؤشر المناخ العالمي للمباني (GBCT) عن تراجع سلبي منذ عام 2020 في عملية نزع الكربون عن قطاع المباني، مع زيادة كثافة الطاقة وارتفاع الانبعاثات، تتسع الفجوة بين الأداء المناخي الفعلي للقطاع ومسار نزع الكربون الضروري. يؤدي عدم وجود تحسن هيكلي أو منهجي في نزع الكربون في قطاع المباني إلى جعل تخفيضات الانبعاثات عرضة للعوامل الخارجية.

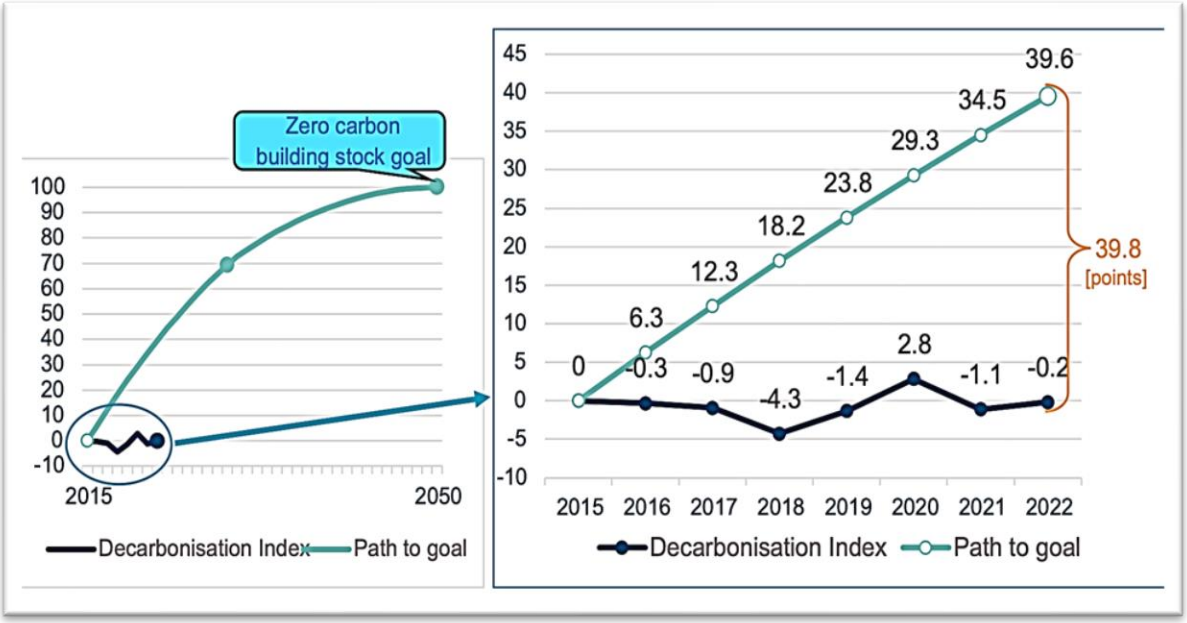
لتحقيق أهداف انبعاثات الكربون الصفرية للمباني الجديدة بحلول عام 2030 والمباني القائمة بحلول عام 2050، هناك حاجة إلى سياسات أقوى لتعزيز كفاءة الطاقة ومعالجة انبعاثات الكربون من مواد البناء والتشييد. ولهذا تعد الجهود الوطنية ضرورية، حيث تشكل البلدان تحالفات لتبادل أفضل الممارسات وتعزيز البناء منخفض الكربون.

في 2024، يتم التركيز على ما يلي: أساليب التكييف وطرق البناء المرنة؛ الابتكارات في الحالات التجارية (صناعة وتجديد المباني والبناء الأخضر)، والحلول القائمة على الطبيعة والتصميم البيوفيلي.

كان التطور الهام في عام 2023 هو إطلاق "استدامة المباني" في مؤتمر الأطراف COP28، بهدف التنسيق بين البلدان لجعل التقنيات النظيفة والحلول المستدامة في قطاع المباني والإنشاءات الخيار الأكثر فعالية من حيث التكلفة والميسور والجاذبية في جميع المناطق بحلول عام 2030.

بالنظر إلى عام 2024، يجب أن يركز الاهتمام على خفض الانبعاثات الملموسة وتحسين أداء المباني وزيادة استخدام الطاقة المتجددة ومعالجة التفاوت في الإسكان والوصول إلى الطاقة، على الرغم من التعقيدات، يمكن للشراكات الاستراتيجية تسهيل التحول إلى مخزون مباني عالمي صافي الكربون .

**الشكل 5-3:** مؤشر نزع الكربون عن المباني (GBCT) ما بين سنتي 2015-2022




**Source:** Globalabc, cit 15-09-2024: https://globalabc.org/global-status-report

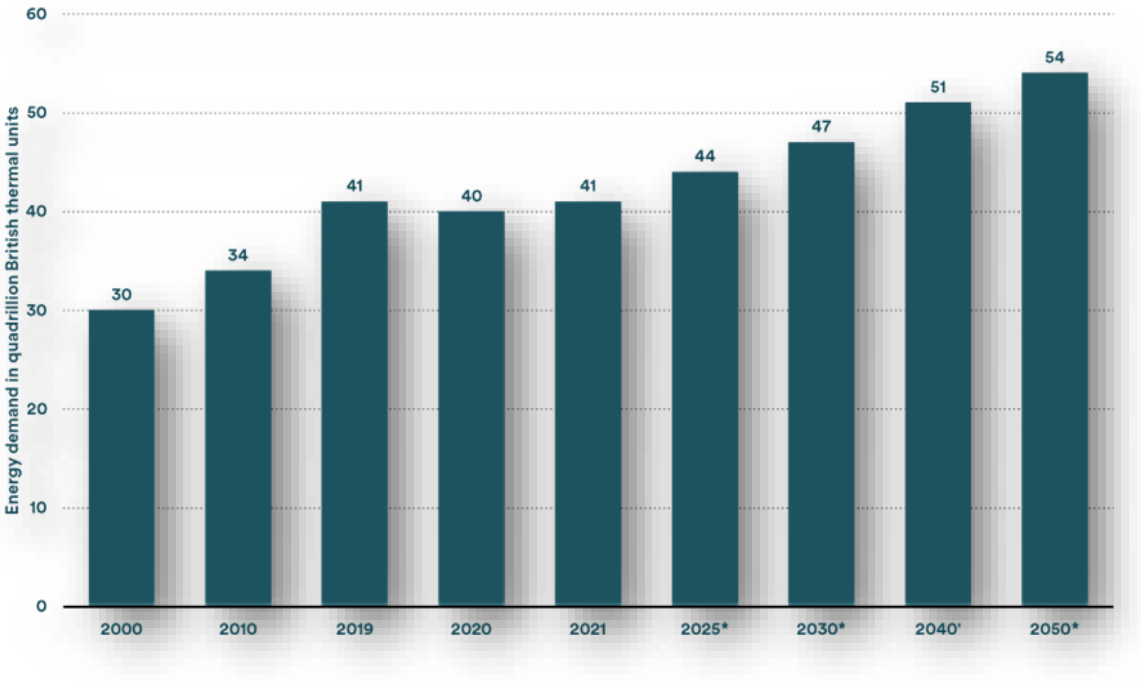
يوضح الشكل البياني أن التقدم في نزع الكربون عن المباني أبطأ مما هو مطلوب لتحقيق الأهداف المناخية الطموحة. على الرغم من وجود بعض التحسن في السنوات الأخيرة[23]، إلا أن الفجوة بين الواقع والهدف المرجو لا تزال كبيرة، هذا يعني أن هناك حاجة إلى بذل المزيد من الجهود وتنفيذ سياسات أكثر صرامة لتعزيز كفاءة الطاقة في المباني وتقليل انبعاثاتها الكربونية.

**الفرع الثاني: استهلاك الطاقة النهائية في القطاع السكني**

مع نمو سكان العالم وتطور مفهوم الرفاهية، ستكون هناك حاجة إلى مزيد من الطاقة لتشغيل المنازل والمدارس والمكاتب ومراكز التسوق والمستشفيات ومراكز الأغذية، إلخ، وفقًا لدراسة أجرتها شركة Exxon Mobil، من المتوقع أن يزداد كل من الطلب على الطاقة السكنية والتجارية بنحو 15% بحلول عام 2050، مدفوعًا بالاقتصادات النامية في البلدان النامية، من المتوقع أن يزيد متوسط استخدام الكهرباء في القطاع السكني بأكثر من 70% بحلول عام 2050.

وفقًا لنفس المصدر، في عام 2050، سيبلغ الطلب على الطاقة في القطاع السكني والتجاري في منطقة آسيا والمحيط الهادئ 54 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية .(BTU) بالمقارنة، بلغ الطلب على الطاقة في القطاع السكني والتجاري في تلك المنطقة 41 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية (BTU) في عام 2021.

**الشكل 5-4:** الطلب على الطاقة السكنية والتجارية في منطقة آسيا والمحيط الهادئ من عام 2000 إلى عام 2021. التقديرات حتى عام 2050




**Source:** Globalabc, cit 15-09-2024: https://globalabc.org/global-status-report

وفقًا للبيانات التي نشرتها Eurostat، في أوروبا عام 2021، شكلت الأسر المعيشية 27% من استهلاك الطاقة النهائية - أي ما يمثل 18.6% من إجمالي استهلاك الطاقة الداخلية الخام في الاتحاد الأوروبي. في هذه الفترة،

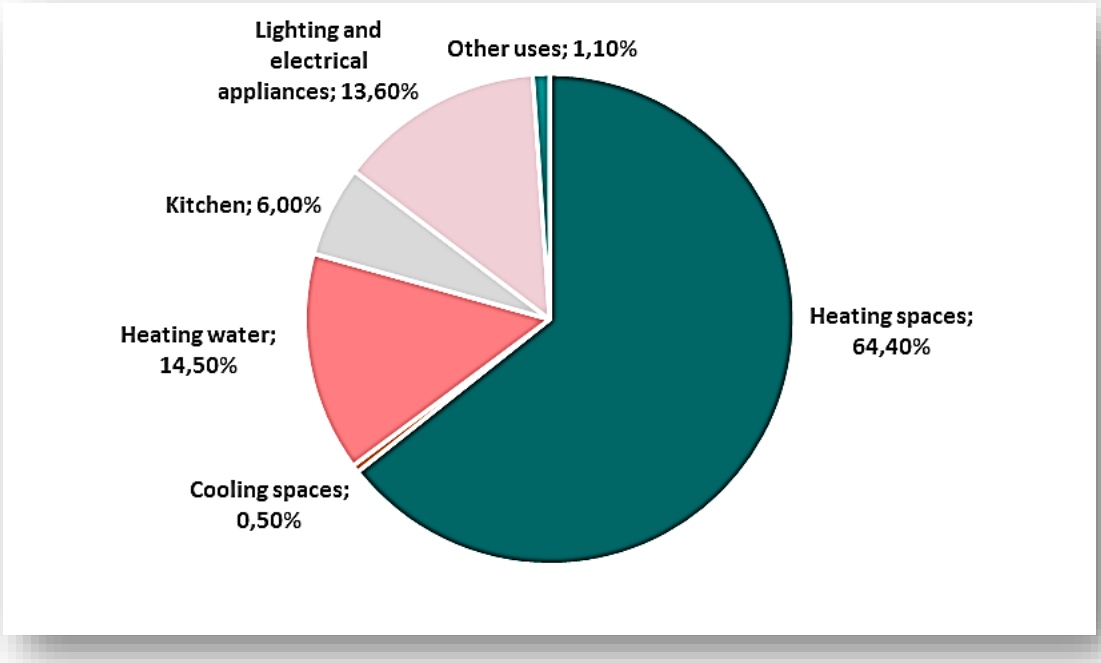
[23] Norvento, Industrial, comercial and residential energy demand, pub 27-07-2023, cit 13-09-2024: https://www.norvento.com/en/blog/industrial-comercial-and-residential-energy-demand/

شكل الغاز الطبيعي 33.5% من استهلاك الطاقة النهائية للأسر المعيشية في الاتحاد الأوروبي، والكهرباء 24.6%، والطاقات المتجددة والطاقة المستخرجة من النفايات 21.2%، ومنتجات النفط 9.5%، وحصة صغيرة، 2.5%، تم تغطيتها بالوقود الأحفوري الصلب.

بالنظر إلى نوع الوقود المستخدم في استهلاك الطاقة النهائية في القطاع السكني، اعتمدت دول مثل هولندا (71.2%) وإيطاليا (52.6%) وهنغاريا (51.8%) ولوكسمبورغ (50.1%) على الغاز الطبيعي بأكثر من 50% لتلبية احتياجاتها في القطاع السكني. اعتمدت دول مثل مالطا (73.6%) والسويد (50.4%) والبرتغال (40.62%) وقبرص (44%) وإسبانيا (42.66%) بشكل أساسي على الكهرباء. استخدمت كرواتيا (46.6%) وسلوفينيا (45%) وإستونيا (40.2%) بشكل أساسي الطاقة المتجددة والوقود الحيوي. تحصل الأسر المعيشية في أيرلندا على 42.3% من طاقتها من منتجات البترول، بينما تحصل الأسر المعيشية البولندية على 21.9% من طاقتها من الوقود الصلب.

كانت الطاقة الرئيسية المستخدمة من قبل الأسر المعيشية في الاتحاد الأوروبي مخصصة لتدفئة منازلهم (64.4%)، تمثل الكهرباء المستخدمة للإضاءة ومعظم الأجهزة المنزلية 13.6% - باستثناء استخدام الكهرباء لتشغيل أنظمة التدفئة أو التبريد أو الطهي الرئيسية - بينما تبلغ الحصة المستخدمة لتسخين المياه 14.5%. تتطلب أجهزة الطهي الرئيسية 6% من الطاقة المستخدمة من قبل الأسر المعيشية، بينما يغطي تبريد المساحات وغيرها من الاستخدامات النهائية 0.5% و1.1% على التوالي، تستحوذ تدفئة المساحات والماء على 78.9% من الطاقة التي تستهلكها الأسر المعيشية.

**الشكل 5-5:** الاستهلاك النهائي للطاقة في القطاع السكني في أوروبا-حسب الاستخدام لسنة 2021

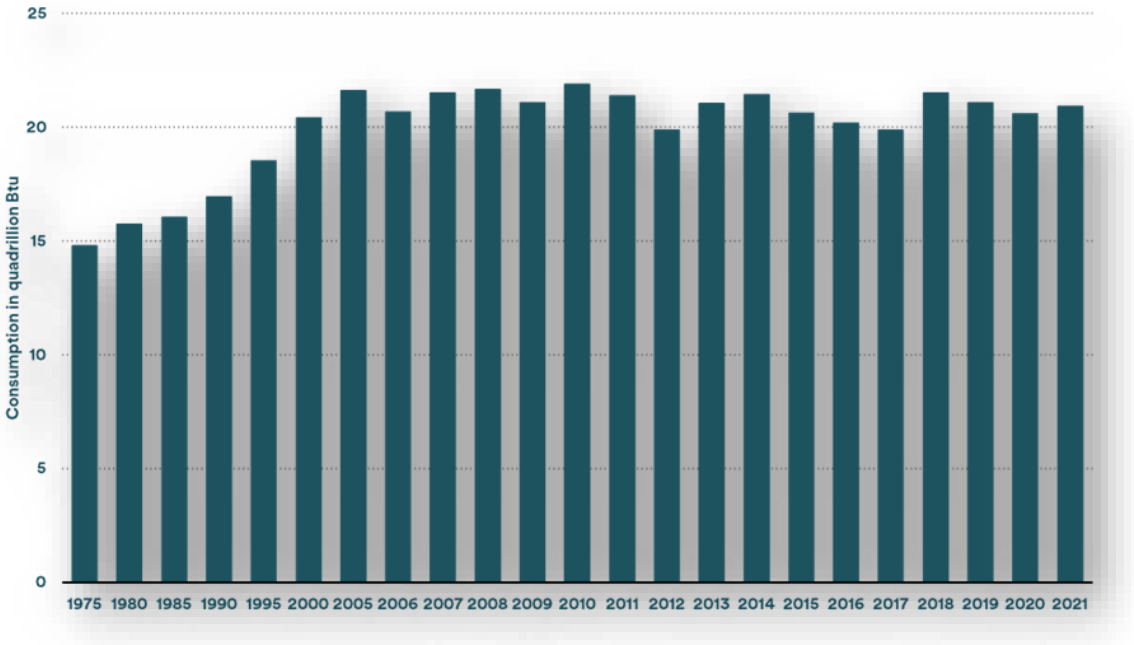



**Source:** Globalabc, cit 15-09-2024: https://globalabc.org/global-status-report

وفقًا للبيانات التي نشرتها إدارة معلومات الطاقة الأمريكية (EIA)، استهلكت الأسر الأمريكية حوالي 20.92 تريليون وحدة حرارية بريطانية (BTU) في عام 2021. وهذا يمثل زيادة طفيفة مقارنة بالعام السابق. وبلغ ذروة

استهلاك الطاقة في القطاع السكني في عام 2010 حيث وصل إلى 21.89 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية، يعني هذا أن كمية الطاقة التي استخدمتها المنازل في الولايات المتحدة في عام 2021 كانت كبيرة جدًا، ووصلت إلى رقم ضخم. وعلى الرغم من أن هذا الرقم زاد قليلاً عن العام الذي قبله، إلا أنه أقل من أعلى مستوى تم تسجيله في عام 2010.

**الشكل 5-6:** استهلاك الطاقة في القطاع السكني في الولايات المتحدة من عام 1975 إلى عام 2021




**Source:** Globalabc, cit 15-09-2024: https://globalabc.org/global-status-report

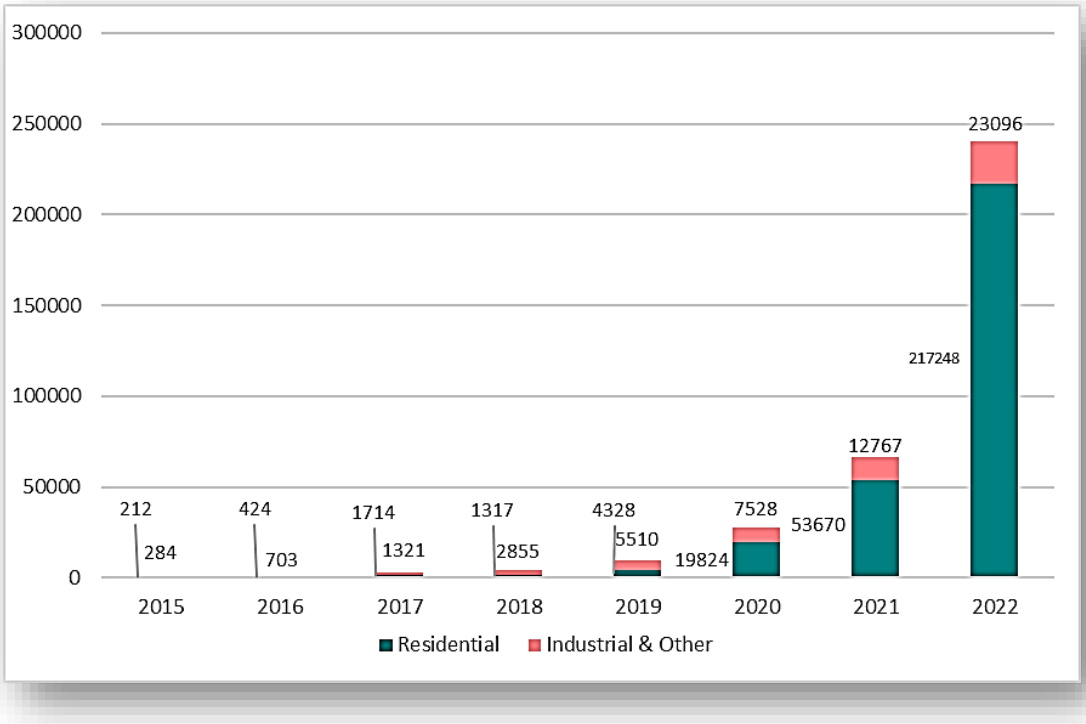
وكنموذج عن البلدان الأوروبية، نأخذ إسبانيا كمثال، حيث ووفقًا للتقرير السنوي عن الاستهلاك الذاتي للطاقة الشمسية الذي أصدرته جمعية شركات الطاقة المتجددة (APPA Renovables)، بلغت الاستثمارات في الاستهلاك الذاتي خلال عام 2022 في إسبانيا 3.065 مليون يورو، منها 1.707 مليون يورو تمثل الاستثمارات التي قام بها الأفراد في المنشآت السكنية و 1.358 مليون يورو في المنشآت الصناعية، تبلغ متوسط طاقة المنشأة السكنية 4.6 كيلووات بدون تخزين مع متوسط استثمار يبلغ 7.855 يورو لكل منشأة، وفي حالة المنشآت الصناعية، كان متوسط الطاقة 70 كيلووات مع متوسط استثمار يبلغ 58.807 يورو لكل منشأة، وفي هذه المرحلة، يجب أن يذكر أنه هناك تشتت كبير في البيانات التي تم تحليلها بواسطة APPA، حيث تتراوح من منشآت صغيرة تبلغ 15 كيلووات إلى عدة ميغاواط، بفضل أموال NextGenerationEU، بدأ العديد من المشاريع في أن تتم معالجتها وسترى النور هذا العام.

وفقًا لنفس المصدر، APPA Renovables، في عام 2022، أنتجت منشآت الاستهلاك الذاتي المتراكمة ما مجموعه 4.564 جيغاواط ساعة - بما في ذلك الطاقة المستهلكة ذاتيًا على الفور والفائض المستخدم من قبل نظام الكهرباء - من طاقة إنتاجية قدرها 5.631 جيغاواط ساعة، بالنسبة لنفس العام وبأخذ متوسط السعر النهائي لشركة Red Eléctrica والرسوم والضرائب والهوامش التجارية كمرجع، يتم تقدير توفير قدره 338 يورو لكل كيلووات تم تثبيته للاستخدام الذاتي السكني و280 يورو للمنشآت الصناعية.

الحقيقة هي أن الاحتياجات الحقيقية للطاقة بالنسبة للمستهلكين أعلى بكثير من الطاقة المستثمرة حاليا، ويرجع ضعف ادماج الطاقات المتجددة بشكل أساسي إلى التشبع الحالي لعقد ونقاط التوزيع والشبكات، مما يمنعها من تلبية الاحتياجات الحقيقية للعملاء النهائيين، يتم إهدار 19% من توليد الاستهلاك الذاتي الوطني بسبب صعوبة تغذيتها في الشبكة (خاصة في المنشآت التي تزيد عن 100 كيلووات).

وفقًا للبيانات التي نشرتها MITECO، من المتوقع أن يصل إمكانات الاستهلاك الذاتي للطاقة الشمسية الكهروضوئية في إسبانيا إلى 7.5 جيغاواط في عام 2025 و14 جيغاواط في عام 2030 - في سيناريو ذو اختراق كبير للطاقات المتجددة، في سيناريو أكثر تشاؤماً، من المتوقع أن يصل إلى 1.1 و4.3 جيغاواط في عامي 2050 و2030 على التوالي.

**الشكل5-7:** عدد المنشآت المتجددة سنويا في إسبانيا




**Source:** Norvento**, Industrial, comercial and residential energy demand**, pub 27-07-2023, cit 13-09-2024: https://www.norvento.com/en/blog/industrial-comercial-and-residential-energy-demand/

يشير الشكل 5-7 أعلاه إلى:

1. هناك زيادة مستمرة في عدد المنشآت المتجددة، سواء السكنية أو الصناعية، منذ عام 2015 وحتى عام 2022.
2. تسجل المنشآت المتجددة في القطاع السكني أرقامًا أعلى مقارنة بالقطاع الصناعي.
3. يلاحظ أن الزيادة في عدد المنشآت أصبحت أكثر حدة في السنوات الأخيرة، خاصة في عام 2022 حيث سجلت أعلى رقم.
4. على الرغم من أن القطاع السكني مهيمن، إلا أن هناك اتجاهًا واضحًا لزيادة مساهمة القطاع الصناعي في إجمالي المنشآت المتجددة.

## المبحث الثالث: كفاءة استخدام الطاقات المتجددة في قطاع السكن

الطاقة عنصر أساسي واستراتيجي في مجتمعنا الحديث، حيث يتم استخدامها في جميع جوانب الحياة اليومية في مدننا ومجتمعاتنا، كما ترتبط بالتحديات الرئيسية مثل تغير المناخ والتدهور البيئي والأمن والفقر والصحة وإنتاج الغذاء والزراعة والموارد المائية، وغيرها، إن إنتاج الطاقة في جميع أنحاء العالم مسؤول عن 87% من انبعاثات غازات الدفيئة العالمية، وخفض الانبعاثات إلى مستوى صفر هو أحد أكبر التحديات العالمية في السنوات المقبلة.

يُعد قطاع الإسكان مسؤولاً عن 27% من إجمالي استهلاك الطاقة العالمي (أو 24% من إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة)، وبالتالي، فهو يواجه تحديات من حيث التخطيط والتصميم وبناء المساكن الجديدة، بالإضافة إلى التجديد والصيانة للمخزون الحالي[24]، يجب أن تستخدم المساكن طاقة أقل ولديها أداء حراري أعلى، كما أن تقييم أدوات الطاقة السكنية على مستوى المدينة والنهج المتبعة في الأحياء الموفرة للطاقة، وأهمية الخدمات والمرافق منخفضة الكربون التي تدعم الإسكان، قد حظيت أيضًا بالتركيز في السنوات الأخيرة، وبالتالي، فإن كفاءة الطاقة في الإسكان والاستدامة البيئية الأوسع نطاقًا هي مجالات مهمة للتحقيق بالنسبة للمجتمعات البحثية والسياسية.

في الاتحاد الأوروبي (EU)، تشكل المباني 36% من انبعاثات غازات الدفيئة و40% من استخدام الطاقة، لهذا السبب، يجري حاليًا مراجعة توجيه أداء الطاقة في المباني EPBD؛ بهدف زيادة معدل تجديد المباني غير الكفاءة بشكل كبير، وتقليل استهلاك الطاقة وانبعاثات غازات الدفيئة، ينص النص المنقح على أنه اعتبارًا من عام 2028، يجب أن تكون جميع المباني السكنية محايدة الكربون (اعتبارًا من عام 2026 للمباني العامة) وتستخدم فقط الطاقة المتجددة إذا كانت مستدامة اقتصاديًا.

فيما يتعلق بأداء الطاقة[25]، يقدم الاقتراح الحكومي أنه سيتعين على المباني السكنية أن تكون في الفئة E بحلول عام 2030 والفئة D بحلول عام 2033[26]، بينما سيتعين على المباني غير السكنية والعامة الوصول إلى نفس الفئات بحلول عامي 2027 و2030 على التوالي، وأخيرًا، اعتبارًا من تاريخ نقل التوجيه، لن يُسمح للمباني الجديدة أو تلك التي تخضع لإصلاحات رئيسية باستخدام الوقود الأحفوري في أنظمة التدفئة[27] حيث يجب أن يتم التخلص التدريجي منها تمامًا بحلول عام 2035.

في الوقت نفسه، في مايو 2022، في ضوء الحاجة إلى أن يتغلب الاتحاد الأوروبي على اعتماده على واردات الطاقة من روسيا، والأسعار المرتفعة للطاقة والظروف المتغيرة في سوق الطاقة، اقترحت المفوضية مراجعة ثانية لتوجيه كفاءة الطاقة (EED) (التوجيه (الاتحاد الأوروبي) 2002/2018، يوفر هذا التعديل زيادة أخرى،

---

[24] Ebru Ergöz Karahan, Henk Visscher, Catalina Turcu, **Energy Efficiency and Environmental Sustainability of Housing**, cit 19-09-2024: https://enhr.net/energy-efficiency-and-environmental-sustainability-of-housing/

[25] European Union. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 **on the Energy Performance of Buildings**. Available online: http://data.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj (28-09-2024).

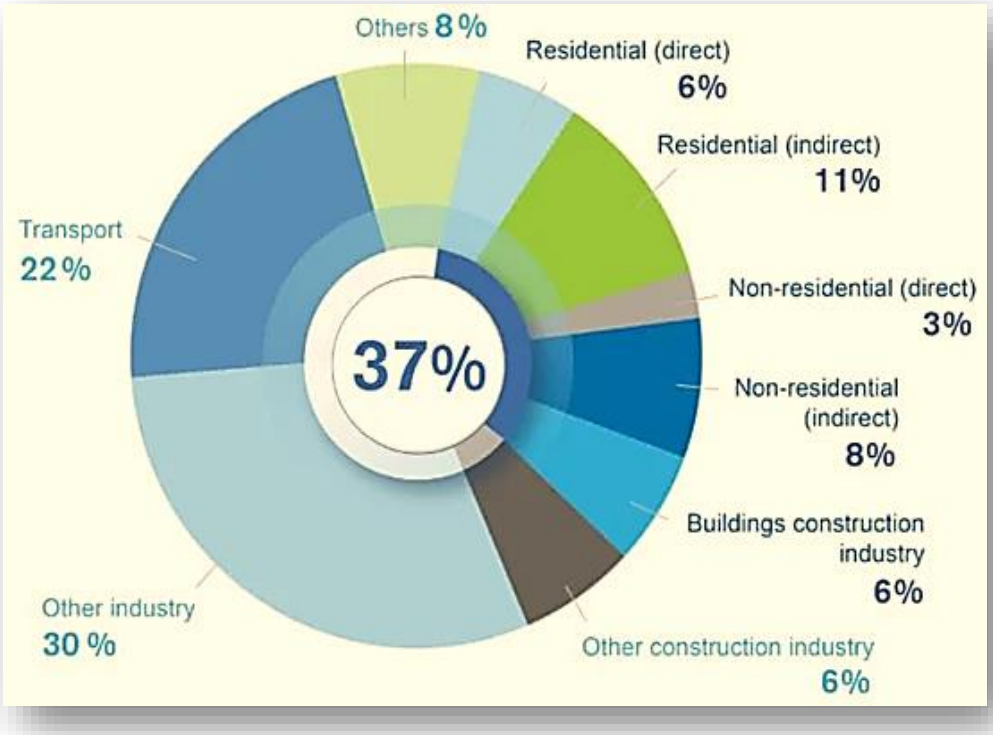
[26] European Parliament. Energy Performance of Buildings: Climate Neutrality by 2050, Press Release 9 February 2023—10:09 a.m. Available online: https://www.europarl.europa.eu/news/it/press-room/20230206IPR72112/energy-performance-of-buildings-climate-neutrality-by-2050 (28-09-2024).

[27] European Union. Directive (EU) 2018/2002 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 Amending Directive 2012/27/EU **on Energy Efficiency**. Available online: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2018.328.01.0210.01.ENG (accessed on 28-09-2024).

فيما يتعلق بالهدف البالغ 32.5% الذي تم تحديده في الأصل في يوليو 2021 كجزء من الحزمة "تقديم الصفقة الأوروبية الخضراء"[28]، في أهداف خفض استخدام الطاقة الأولية والنهائية إلى ما لا يقل عن 41% و 39%، على التوالي، بحلول عام 2030 مقارنةً بتوقعات خط الأساس لعام 2007، كما يقترح الاقتراح، بالتفصيل، تغييرًا قصير الأجل في العادات يهدف إلى تقليل الطلب على الغاز والنفط بنسبة 5%، علاوة على ذلك، فهو يشجع الدول الأعضاء على إطلاق حملات تواصل محددة تستهدف الأسر المعيشية والشركات وكذلك استخدام التدابير المالية لتشجيع توفير الطاقة.

وأخيرًا، قدمت مفوضية الاتحاد الأوروبي لأول مرة مراجعة لتوجيه الطاقة المتجددة (RED II، التوجيه (الاتحاد الأوروبي) 2001/2018 في عام 2021 لتناسب حزمة اللياقة البيئية 55[29]، وهي خطة لتقليل انبعاثات تغير المناخ بنسبة 55% بحلول عام 2030 (مقارنةً بمستويات 1990) والوصول إلى انبعاثات صفرية صافية بحلول عام 2050، تم التغلب على هذه المراجعة الأولى، التي اقترحت رفع حصة الطاقة المتجددة إلى 40%، بمراجعة ثانية في مايو 2022 من خلال خطة REPowerEU، حيث رفعت المفوضية هدف عام 2030 للطاقات المتجددة إلى 45%.

**الشكل 5-8:** انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالطاقة في قطاع البناء العالمي لسنة 2021




**Source:** Vennapusa Jagadeeswara Reddy, N. P. Hariram, Mohd Fairusham Ghazali, Sudhakar Kumarasamy, **Pathway to Sustainability: An Overview of Renewable Energy Integration in Building Systems**, Sustainability journal, 2024, 16(2), p638.

[28] Authority for the Regulation of Energy, Grids and Environment (in Italian, Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA)). Available online: https://www.arera.it/it/dati/condec.htm (accessed on 28-09-2024).
[29] Ballerini, V.; Rossi di Schio, E.; Valdiserri, P. **How the Energy Price Variability in Italy Affects the Cost of Building Heating: A Trnsys-Guided Comparison between Air-Source Heat Pumps and Gas Boilers.** Buildings 2022, 12, p1936.

### المطلب الأول: دمج مبادئ التصميم الموفر للطاقة

حققت أنظمة التدفئة الفعالة وفورات كبيرة في الطاقة وخفض الانبعاثات في قطاع المباني، ومع ذلك، ظهرت تحديات عند تحديث التقنيات بهدف تحقيق كفاءة أكبر، وهو ما قد يؤدي إلى انبعاثات غازات الدفيئة دون تحقيق انخفاضات أساسية طويلة الأجل[30]، تعد كفاءة الطاقة أمرًا حيويًا في إدارة الطلب على الطاقة، خاصة خلال ذروة الطلب على الشبكة[31]، ويمكن أن تساعد الاستراتيجيات المتنوعة في تقليل تأثير الظروف الجوية الخارجية، مثل الحرارة العالية أو البرد القارس على البيئة الداخلية، ويركز تصميم المباني ذات الطاقة الصفرية الصافية (NZEBs) على كفاءة الطاقة العالية، مع دمج العزل المتقدم والنوافذ عالية الأداء وأنظمة الإضاءة والتدفئة والتهوية الفعالة.

من وجهة نظر كفاءة الطاقة في NZEBs، هناك فئتان رئيسيتان:

تقليل الحمل على المبنى ومعالجة الحمل بشكل أكثر فعالية، تشمل أمثلة تقليل الحمل تحسين تصميمات المبنى (الظرف، والتخطيط، والتوجيه، إلخ)، والظل الشمسي، وتشجيع السلوكيات الفعالة للمقيمين (مثل فتح النوافذ خلال الظروف الخارجية الملائمة، وإيقاف تشغيل التدفئة والتهوية عند عدم الاستخدام، ومواءمة ملفات سحب المياه الساخنة المنزلية (DHW) مع قدرة إنتاج سخان المياه باستخدام مضخة الحرارة (HPWH) ، إلخ) يتضمن تحقيق متطلبات الحمل باستخدام مدخلات طاقة أقل اختيار أنظمة ميكانيكية فعالة (مثل التدفئة والتهوية وتكييف الهواء و DHW) ومعدات وأجهزة تحكم وأجهزة بناء موفرة للطاقة (الإضاءة والثلاجات وأجهزة الغسيل والمجففات، إلخ).يتضمن تعزيز كفاءة الطاقة تحسين الأنظمة الميكانيكية الفعالة وأنظمة التحكم والتطورات في غلاف المبنى.

على الرغم من أن العوامل الأخرى مثل التخطيط والهندسة والمكاسب الداخلية والشغل والموقع والمناخ يتم تحسينها بشكل أقل شيوعًا، إلا أنه يمكن أن يُعزى ذلك إلى أن هذه المعلمات غالبًا ما يتم إنشاؤها في وقت مبكر من عملية التصميم قبل استشارة مصممي الطاقة، من المهم تسليط الضوء على أن الشغل والموقع والمناخ لا يتم عادةً تحسينها للمباني السكنية، وفيما يتعلق بمعايير التحسين في تصميم NZEB، يمكن التركيز على استهلاك الطاقة، وتحليل التكاليف، والراحة، وانبعاثات الكربون، والإضاءة، والتهوية، وجودة الهواء الداخلي. يمكن دمج اعتبار شامل لتحليل دورة الحياة والانبعاثات الكربونية في التقييم العام، في حين أن التحول إلى وقود خالٍ من الكربون في طور الانتقال، فإن الاستخدام الفعال للوقود الأحفوري لا يزال قيماً للحد من الكربون، ومع ذلك، على المدى الطويل، تصبح الوقود الأحفوري عفا عليها الزمن داخل نظام الطاقة الخالي من الكربون، بغض النظر عن مدى كفاءتها في الاستخدام، وبالتالي، فإن الاعتماد بشكل مباشر وغير مباشر على كفاءة الطاقة المعتمدة على الوقود الأحفوري لن يكون كافياً كمسار للقضاء على انبعاثات غازات الدفيئة.

---

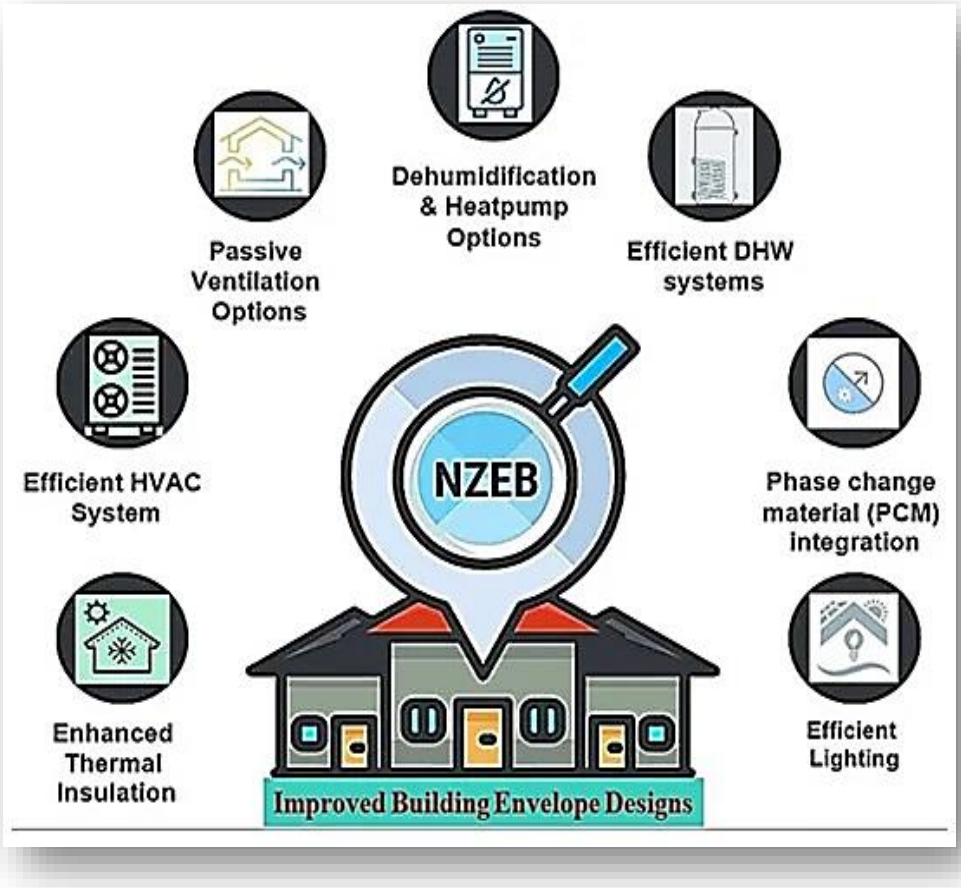
[30] Skillington, K.; Crawford, R.H.; Warren-Myers, G.; Davidson, K. **A review of existing policy for reducing embodied energy and greenhouse gas emissions of buildings.** Energy Policy 2022, 168, 112920.

[31] Hernández, F.F.; Suárez, J.M.P.; Cantalejo, J.A.B.; Muriano, M.C.G**. Impact of zoning heating and air conditioning control systems in users comfort and energy efficiency in residential buildings**. Energy Convers. Manag. 2022, 267, 115954.

**المطلب الثاني: تطور إعادة النظر في فوائد كفاءة الطاقة**

في السنوات الأخيرة، ركز دعاة كفاءة الطاقة بشكل أساسي على تقليل انبعاثات الكربون، لأنه من الضروري الاعتراف بأن كفاءة الطاقة ليست قيمة في حد ذاتها، بل تستمد قيمتها من خلال تقديم فوائد اجتماعية، بما في ذلك تعزيز الأمن الطاقة والكفاءة الاقتصادية وتقليل التأثيرات البيئية، تم تحديد الأنظمة وأجهزة التحكم على أنها أكثر معلمات التصميم تعقيدًا وديناميكية، مما يؤكد الأهمية الحاسمة لتحسين التصميم، وفي تصميم غلاف المبنى للمباني الموفرة للطاقة، يجب مراعاة معايير متعددة. يوضح الشكل أدناه، تدابير مختلفة لكفاءة الطاقة قابلة للتطبيق على المباني ذات الطاقة الصفرية الصافية. يكمن التحدي البارز في معالجة أحمال المبنى الحرارية. يمكن التخفيف من هذا التحدي من خلال تنفيذ عزل حراري محسّن، وسعة حرارية محسّنة، وتدابير محكمة للضغط، واتجاه وشكل محسّن، ونسب مناسبة بين النافذة والجدار، وتحسين زجاج النوافذ، والظل الشمسي، والتقنيات الشمسية السلبية، واستراتيجيات أخرى.

**الشكل 5-9:** نموذج إجراءات كفاءة الطاقة لبناء مبنى خالٍ من الطاقة




**Source:** Vennapusa Jagadeeswara Reddy, N. P. Hariram, Mohd Fairusham Ghazali, Sudhakar Kumarasamy, **Pathway to Sustainability: An Overview of Renewable Energy Integration in Building Systems**, Sustainability journal, 2024, 16(2), p638.

## المطلب الثالث: توليد الطاقة الجديدة في قطاع الإسكان

لقد أدى نمو السكان في جميع أنحاء العالم إلى زيادة متزايدة في الطلب على الطاقة، وللتأثيرات الناجمة عن هذا الاستهلاك تأثير بيئي ثقيل للغاية، مع عواقب تصبح أكثر وضوحًا في الوقت الحاضر. فيما يخص تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون واستهلاك الطاقة، فإن أنشطة البناء مسؤولة عن 26% من الانبعاثات العالمية المرتبطة بالطاقة (حيث تأتي 8% من الانبعاثات مباشرة من المباني و 18% من توليد الحرارة والكهرباء المستخدمة في المباني)، بما في ذلك تلك الناتجة عن احتراق الطاقة والعمليات الصناعية، و 30% من استهلاك الطاقة النهائي العالمي، على الرغم من وجود بعض الأماكن التي لديها انبعاثات أعلى مرتبطة بالتدفئة بسبب درجات الحرارة القاسية، انخفضت الانبعاثات المباشرة لقطاع المباني في عام 2022 مقارنة بالعام 2023.

يمكن أن يؤدي تركيب أنظمة الطاقة المتجددة السكنية، مثل مضخات الحرارة الجيوحرارية وأنظمة الطاقة الشمسية أو الريحية، إلى توفير الطاقة وخفض فواتير المرافق وكسب المال لأصحاب المنازل.

سيؤدي جعل المنزل موفرًا للطاقة قبل تركيب نظام طاقة متجددة إلى توفير المال على فواتير الكهرباء، يمكن لتحسينات كفاءة الطاقة الحفاظ على الطاقة ومنع تسرب الحرارة أو الهواء البارد، يمكن لأصحاب المنازل الحصول على تقييمات الطاقة المنزلية وتركيب العزل المناسب وإغلاق الهواء والنوافذ المؤهلة لمعيار ENERGY STAR®، ومعدات التدفئة والتبريد، وأجهزة المطبخ، وأنظمة الإضاءة، يمكن أن يؤدي استخدام المياه الذكي والضوء الطبيعي المناسب والتنسيق المناسب للتشجير والنباتات المحلية أيضًا إلى تحسين كفاءة المنزل.

بعد إجراء تحسينات كفاءة الطاقة المنزلية، يكون أصحاب المنازل في أفضل وضع للنظر في خيارات تركيب نظام طاقة متجددة.

### الفرع الأول: مضخات الحرارة الجيوحرارية

تنقل مضخات الحرارة الجيوحرارية، المعروفة أيضًا باسم مضخات الحرارة الأرضية أو المائية، الحرارة إلى المنزل ومنه، باستخدام الأرض كمصدر للحرارة وبالوعة للحرارة[32]، يمكن أن تحقق هذه المضخات كفاءة أكبر مرتين إلى ثلاث مرات من مضخات الحرارة الهوائية (ASHPs) المستخدمة عادةً، لأنها تعتمد على درجات الحرارة الأرضية المتسقة نسبيًا لنقل الحرارة إلى المنزل أو منه. في معظم أنحاء الولايات المتحدة، تظل درجة الحرارة في الجزء العلوي من 10 أقدام من الأرض بين 45 درجة فهرنهايت و 75 درجة فهرنهايت، وغالبًا ما تكون بين 50 درجة فهرنهايت و 60 درجة فهرنهايت فقط، على النقيض من ذلك، يمكن أن تتراوح درجات حرارة الهواء، على مدار العام، من أقل من 0 درجة فهرنهايت إلى أكثر من 100 درجة فهرنهايت. مضخات الحرارة الجيوحرارية طويلة الأمد ومتينة، ويمكن للأنظمة المجهزة خصيصًا أيضًا تزويد المياه الساخنة خلال الصيف، في حين أن شراء وتثبيت مضخة الحرارة الجيوحرارية يكلف أكثر من تركيب نظام ASHP بسعة مماثلة، يمكن استرداد التكاليف الإضافية من خلال وفورات الطاقة في 10 إلى 15 عامًا مقارنةً بـ ASHPs.

[32] energy.gov, **Residential Renewable Energy**, cit 15-09-2024: https://www.energy.gov/energysaver/residential-renewable-energy

**الفرع الثاني: تسخين المياه بالطاقة الشمسية**

تستخدم سخانات المياه الشمسية ضوء الشمس لتسخين المياه للمنازل، تستخدم أنظمة تسخين المياه الشمسية خزانات تخزين معزولة وجمع الطاقة الشمسية لالتقاط وحفظ الحرارة من الشمس وتسخين المياه المتداولة، تتطلب سخانات المياه الشمسية نظامًا احتياطيًا، مثل سخانات المياه الساخنة التقليدية، عندما يكون ضوء الشمس غير كافٍ.

**الفرع الثالث: أنظمة الطاقة الشمسية**

تحول أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية (PV) ضوء الشمس إلى كهرباء، يمكن للطاقة الشمسية توليد كل احتياجات الكهرباء المنزلية أو بعضها، اعتمادًا على عدد الألواح الشمسية المستخدمة، ويمكن أيضًا تسخين المياه. مع وجود ضوء شمس كافٍ، يمكن لأنظمة PV تسخير الطاقة في المناخات الحارة والباردة، الوحدة الأساسية لبناء نظام PV هي الخلية الشمسية، تشكل العديد من الخلايا الشمسية وحدات تسمى الألواح الشمسية التي تتراوح من 10 إلى 400 واط. تم تصميم الألواح لتحمل العواصف والأضرار الناجمة عن البرد وتكون مقاومة للتدهور من الأشعة فوق البنفسجية، إنها موثوقة للغاية وتتطلب صيانة قليلة، يتم عادةً تجميع الألواح معًا على سطح المبنى أو على مستوى الأرض في رف لتشكيل مجموعة PV. يمكن تركيب المصفوفة بزاوية ثابتة أو على جهاز تعقب يتبع الشمس لتحقيق أقصى قدر من التقاط ضوء الشمس.

**المبحث الرابع: السياسات الوطنية في مجال ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع السكن**

حققت وزارة السكن والعمران والمدينة (MHUV) قفزات كبيرة في مجال الطاقة المتجددة خلال السنوات الأخيرة. ويعود الفضل في ذلك بشكل كبير إلى برامج تحويل المدارس إلى طاقة شمسية وتعميم أنظمة الإنارة العامة بالطاقة الشمسية، كما تشير الأرقام إلى أن القدرة الإجمالية للطاقة المتجددة التي قامت الوزارة بتركيبها حتى نهاية عام 2023 بلغت 8.04 ميغاواط، وهو ما يمثل نسبة 1.7% من إجمالي الطاقة المتجددة غير المائية على المستوى الوطني و15.3% من إجمالي القدرة المثبتة لأنظمة الطاقة المتجددة خارج الشبكة. وتشمل هذه الأنظمة أكثر من 64 ألف و816 مصباحًا شمسياً، تم تركيب أكثر من 57 ألفًا منها خلال الفترة من 2020 إلى 2023، وقد شهد عام 2023 نموًا ملحوظًا في قدرة الطاقة المتجددة التي تم تركيبها بنسبة 75.3% مقارنة بالقدرة الإجمالية حتى نهاية عام 2022. ويعزى هذا النمو إلى مشاريع جديدة بلغت قدرتها 3.45 ميغاواط، بما في ذلك أنظمة الإنارة العامة بالطاقة الشمسية (80%)[33]، وأنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية لتزويد المنازل المعزولة بالطاقة (17%)، وتحويل المدارس إلى طاقة شمسية (3%)، ومن الجدير بالذكر أن حوالي 97% من هذه المشاريع الجديدة تعمل خارج الشبكة، وأصبحت وزارة السكن والعمران والمدينة ثالث أكبر قطاع يقوم بتركيب أنظمة الطاقة المتجددة منذ عام 2019، فخلال الفترة من 2020 إلى 2023، زادت قدرة الطاقة المتجددة التي قامت الوزارة بتركيبها بنسبة 712% مقارنة بالقدرة الإجمالية في نهاية عام 2019".

[33] الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، المحافظة الوطنية للطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية: **حوصلة الطاقة المتجددة في الجزائر الى غاية نهاية 2023**، ص26.

### المطلب الأول: أهمية اعتماد الطاقة المتجددة في قطاع السكن

تعد الطاقة المتجددة في الجزائر، وخاصة الطاقة الشمسية، خيارًا استراتيجيًا واعدًا لتحقيق التنمية المستدامة والحد من الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية، إن دمج هذه التقنية في السكنات الجزائرية يحمل معه مجموعة واسعة من الفوائد التي تمتد لتشمل الاقتصاد والبيئة والمجتمع من خلال:

#### الفرع الأول: تقليل الاعتماد على الطاقة التقليدية

يواجه العالم تحديات كبيرة في مجال الطاقة، حيث يزداد الطلب على الكهرباء بشكل مستمر، ويؤدي هذا إلى زيادة الضغط على شبكات الكهرباء التقليدية وارتفاع أسعار الطاقة، من خلال الاعتماد على الطاقة المتجددة في السكنات، يمكن تخفيف هذا الضغط وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة الاحفورية المحدودة، هذا بدوره يساهم في استقرار أسعار الطاقة على المدى الطويل ويحمي المستهلكين من التقلبات في أسعار الوقود الأحفوري.

#### الفرع الثاني: الحفاظ على البيئة

تعتبر الطاقة المتجددة صديقة للبيئة، حيث لا تؤدي إلى انبعاث الغازات الدفيئة التي تساهم في تغير المناخ، من خلال استبدال جزء كبير من الطاقة التقليدية بالطاقة الشمسية، يمكن تقليل الانبعاثات الكربونية بشكل كبير والمساهمة في جهود مكافحة الاحتباس الحراري وآثاره المدمرة على البيئة، بالإضافة إلى ذلك، فإن الطاقة المتجددة لا تنتج أي نفايات ضارة، مما يحافظ على نظافة الهواء والماء.

#### الفرع الثالث: الاستقلالية الطاقوية

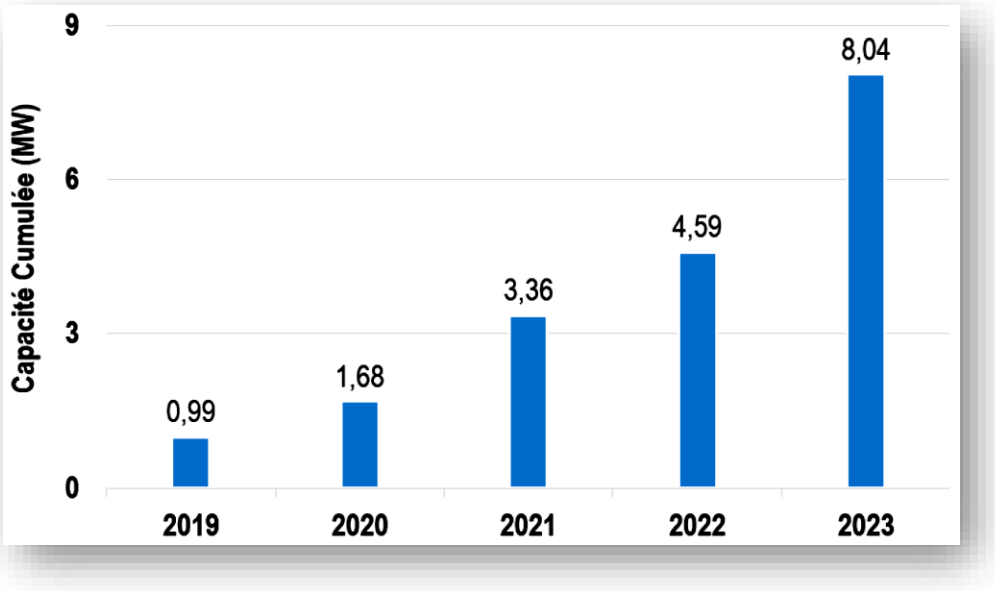
يعتبر الاعتماد على الطاقة المتجددة خطوة مهمة نحو تحقيق الاستقلالية الطاقوية، خاصة في المناطق النائية التي تعاني من نقص في الوصول إلى شبكات الكهرباء التقليدية، يمكن للطاقة الشمسية أن توفر الكهرباء للمنازل والمباني بشكل مستقل ومستمر، مما يحسن من نوعية الحياة ويفتح آفاقًا جديدة للتنمية في هذه المناطق.

#### الفرع الرابع: تحفيز الاقتصاد الوطني

إن الانتقال إلى الطاقة المتجددة ليس مجرد تحول بيئي، بل هو أيضًا فرصة لتحفيز الاقتصاد الوطني وخلق فرص عمل جديدة، يمكن للجزائر أن تستفيد من إمكاناتها الشمسية الهائلة لتطوير صناعة الطاقة المتجددة المحلية، مما يؤدي إلى خلق فرص عمل في التصنيع والتركيب والصيانة، بالإضافة إلى ذلك، يمكن للجزائر أن تصبح مصدرًا للطاقة المتجددة في المنطقة، مما يعزز مكانتها الاقتصادية.

يمكن توضيح تطور القدرات التراكمية التي تم تركيبها بواسطة MHUV حتى نهاية عام 2023 من خلال الشكل الموالي:

**الشكل 5-10:** تطور القدرات التراكمية التي تم تركيبها بواسطة MHUV حتى نهاية عام 2023




**المصدر:** الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، المحافظة الوطنية للطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية: **حوصلة الطاقة المتجددة في الجزائر إلى غاية نهاية 2023**، ص26.

## المطلب الثاني: التطبيقات العملية للطاقة المتجددة في السكنات الجزائرية

تُعتبر الطاقة المتجددة، وخاصة الشمسية، من الحلول المستدامة والاقتصادية لتلبية احتياجات الطاقة في المنازل الجزائرية، وتتنوع تطبيقاتها العملية في العديد من المجالات، مما يجعل من السكن مجهزًا بالطاقة المتجددة مكانًا أكثر راحة واستدامة.

### الفرع الأول: الخلايا الشمسية

تعد الخلايا الشمسية من أكثر تطبيقات الطاقة المتجددة شيوعًا في المنازل، يتم تركيب ألواح شمسية على أسطح المنازل لتحويل ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء، يمكن استخدام هذه الكهرباء لتشغيل الأجهزة الكهربائية المنزلية، وتخزين الفائض منها في بطاريات للاستخدام لاحقًا، وبفضل التطور التكنولوجي، أصبحت تكلفة الألواح الشمسية في تناقص مستمر، مما يجعلها خيارًا جذابًا للمزيد من الأشخاص.

### الفرع الثاني: سخانات المياه الشمسية

تعتبر سخانات المياه الشمسية من التطبيقات التقليدية للطاقة الشمسية في العديد من الدول، بما في ذلك الجزائر. تعمل هذه الأنظمة على تسخين المياه باستخدام الطاقة الشمسية، مما يقلل بشكل كبير من استهلاك الغاز أو الكهرباء المستخدمة في تسخين المياه، وتتوفر سخانات المياه الشمسية بأنواع مختلفة، منها الأنبوبية والشمسية المسطحة، ولكل منها مزاياه وعيوبه.

### الفرع الثالث: مضخات المياه الشمسية

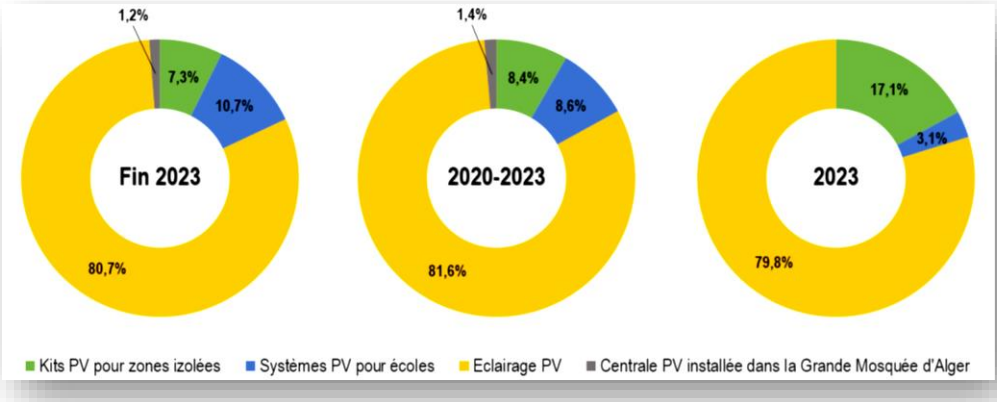
في المناطق الريفية والنائية، تعتبر مضخات المياه الشمسية حلاً فعالًا لضخ المياه من الآبار العميقة، تعمل هذه المضخات على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة ميكانيكية لضخ المياه، مما يوفر بديلاً نظيفًا ومستدامًا لمضخات المياه التقليدية التي تعمل بالوقود الأحفوري.

### الفرع الرابع: أنظمة التهوية والتدفئة الشمسية

يمكن الاستفادة من الطاقة الشمسية في تدفئة وتبريد المنازل، هناك العديد من التقنيات المتاحة، مثل الجدران الماصة للحرارة، والأسقف الزجاجية، والنوافذ ذات الزجاج العازل، تعمل هذه الأنظمة على امتصاص حرارة الشمس خلال فصل الشتاء وتخزينها لتدفئة المنزل، وفي فصل الصيف تعمل على عكس حرارة الشمس وتقليل الحاجة إلى أجهزة التكييف.

**من خلال الشكل الموالي نوضح توزيع إنجازات** وزارة الطاقة المتجددة في مجال الطاقة المتجددة حسب النوع ومدة التنفيذ حتى نهاية عام 2023

**الشكل 5-11:** توزيع إنجازات وزارة الطاقة المتجددة في مجال الطاقة المتجددة حسب النوع ومدة التنفيذ حتى نهاية عام 2023




**المصدر:** الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، المحافظة الوطنية للطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية: **حوصلة الطاقة المتجددة في الجزائر إلى غاية نهاية 2023**، ص26.

### أولا: مزايا استخدام الطاقة المتجددة في السكنات

1. **توفير التكاليف**: على المدى الطويل، يؤدي استخدام الطاقة المتجددة إلى تقليل فواتير الكهرباء بشكل كبير، خاصة مع ارتفاع أسعار الطاقة التقليدية.
2. **الحفاظ على البيئة**: تساهم الطاقة المتجددة في تقليل الانبعاثات الكربونية والحد من التلوث، مما يحسن جودة الهواء والبيئة بشكل عام.
3. **الاستقلالية الطاقوية**: تقلل الاعتماد على شبكات الكهرباء التقليدية، مما يوفر استقرارًا في إمدادات الطاقة.
4. **الاستدامة**: تعتبر الطاقة المتجددة مصدرًا طاقة متجدد وغير محدود، مما يضمن استدامة الطاقة على المدى الطويل.

## المطلب الثالث: التحديات التي تواجه انتشار الطاقة المتجددة في قطاع السكن بالجزائر

رغم الإمكانات الهائلة التي تزخر بها الجزائر في مجال الطاقة المتجددة، إلا أنها تواجه تحديات عديدة تعيق انتشارها في السكنات، هذه التحديات تتطلب جهودًا مشتركة من الحكومة والقطاع الخاص والمواطنين لتذليلها وتحقيق الانتقال إلى الطاقة المستدامة:

### الفرع الأول: التكاليف الأولية المرتفعة

تشكل التكاليف الأولية لتركيب الأنظمة الشمسية عائقًا كبيرًا أمام انتشارها على نطاق واسع، فأسعار الألواح الشمسية والمكونات الأخرى قد تكون مرتفعة بالنسبة للعديد من الأسر الجزائرية، خاصة ذوي الدخل المحدود، هذا الأمر يتطلب توفير حوافز مالية وسياسات تشجع على الاستثمار في الطاقة المتجددة، مثل تقديم قروض ميسرة أو تخفيضات ضريبية،

### الفرع الثاني: نقص الوعي

يعاني قطاع الطاقة المتجددة في الجزائر من نقص في الوعي بأهميتها وفوائدها الاقتصادية والبيئية. فالكثير من المواطنين لا يزالون غير مدركين للإمكانات التي توفرها الطاقة الشمسية في تقليل فواتير الكهرباء والحفاظ على البيئة، لذلك، يجب تنظيم حملات توعية واسعة النطاق تستهدف مختلف شرائح المجتمع، لتوضيح مزايا الطاقة المتجددة وكيفية الاستفادة منها.

### الفرع الثالث: قصور البنية التحتية

تعتبر البنية التحتية من العناصر الأساسية لنجاح أي مشروع للطاقة المتجددة، فغياب شبكات التوزيع الذكية وقلة المحطات الشمسية المركزية يعيق عملية دمج الطاقة المتجددة في الشبكة الكهربائية، بالإضافة إلى ذلك، فإن نقص الكوادر الفنية المتخصصة في مجال الطاقة الشمسية يمثل تحديًا آخر.

### الفرع الرابع: تعقيد الإجراءات الإدارية

تعاني العديد من المشاريع المتعلقة بالطاقة المتجددة من تعقيد الإجراءات الإدارية للحصول على التراخيص والموافقات اللازمة. فالإجراءات البيروقراطية الطويلة والمعقدة تثبط حماس المستثمرين وتؤخر تنفيذ المشاريع، لذلك، يجب تبسيط الإجراءات وتوفير نافذة واحدة لتقديم الطلبات وتسريع عملية الحصول على التراخيص.

## المطلب الرابع: الحلول المقترحة لتشجيع استخدام الطاقة المتجددة قطاع السكن

رغم التحديات التي تواجه انتشار الطاقة المتجددة في السكنات الجزائرية، إلا أن هناك العديد من الحلول المقترحة لتشجيع الاستثمار في هذا المجال وتحقيق الانتقال إلى الطاقة المستدامة، هذه الحلول تتطلب تضافر جهود الحكومة والقطاع الخاص والمجتمع المدني:

### الفرع الأول: توفير حوافز مالية

تعتبر الحوافز المالية من أهم العوامل التي تشجع المواطنين على الاستثمار في الطاقة المتجددة. يمكن تحقيق ذلك من خلال:

1. توفير قروض بفوائد مخفضة أو بدون فوائد لتمويل تركيب الأنظمة الشمسية، مما يجعل هذه التقنية في متناول الجميع.

2. منح تخفيضات ضريبية للأفراد والشركات التي تستثمر في الطاقة المتجددة، مما يشجع على زيادة الاستثمارات في هذا المجال.
3. تقديم دعم مالي مباشر للمواطنين لتغطية جزء من تكاليف تركيب الأنظمة الشمسية.

**الفرع الثاني: برامج التوعية**

يلعب التوعية دورًا حيويًا في تشجيع استخدام الطاقة المتجددة. يمكن تحقيق ذلك من خلال:

1. تنظيم حملات إعلامية واسعة النطاق عبر وسائل الإعلام المختلفة لتوعية المواطنين بأهمية الطاقة المتجددة وفوائدها الاقتصادية والبيئية.
2. تنظيم ورش عمل وندوات تفاعلية لتدريب الفنيين والمواطنين على كيفية تركيب وصيانة الأنظمة الشمسية.
3. إدراج موضوع الطاقة المتجددة في المناهج الدراسية لتعريف الأجيال الشابة بأهمية هذه التقنية.

**الفرع الثالث: تسهيل الإجراءات الإدارية**

تعتبر الإجراءات الإدارية المعقدة عائقًا كبيرًا أمام انتشار الطاقة المتجددة. يمكن تسهيل هذه الإجراءات من خلال:

1. تبسيط الإجراءات وتوحيدها على مستوى جميع الولايات، وتحديد فترة زمنية محددة للحصول على التراخيص.
2. إنشاء نافذة واحدة لتقديم الطلبات والحصول على جميع التراخيص اللازمة، مما يقلل من البيروقراطية ويختصر الوقت والجهد.
3. الاستفادة من التكنولوجيا الرقمية لتقديم الطلبات والحصول على الموافقات إلكترونيًا.

**أولا- تطوير الصناعة المحلية:** يمكن لدعم الصناعة المحلية أن يساهم في خفض تكاليف الأنظمة الشمسية وتحسين جودتها، وذلك من خلال:

1. تقديم الدعم المالي للشركات المحلية العاملة في مجال تصنيع الألواح الشمسية والمكونات الأخرى.
2. تنظيم برامج تدريبية لتطوير الكوادر الوطنية العاملة في هذا المجال.
3. تشجيع البحث والتطوير: دعم البحث والتطوير في مجال الطاقة المتجددة لتطوير تقنيات جديدة ومبتكرة.

**الفرع الرابع: إنشاء بنية تحتية مناسبة**

تعتبر البنية التحتية من العناصر الأساسية لنجاح أي مشروع للطاقة المتجددة. يمكن تطوير البنية التحتية من خلال:

1. تطوير شبكات ذكية قادرة على دمج الطاقة المتجددة بشكل فعال؛
2. إنشاء محطات شمسية مركزية لتوفير الطاقة الكهربائية للشبكة العامة؛
3. تدريب الفنيين: تدريب الفنيين على صيانة وإصلاح الأنظمة الشمسية.

## المبحث الخامس: مساهمة الطاقات المتجددة في استدامة قطاع السكن

يؤدي اعتماد الطاقات المتجددة في استدامة قطاع السكن إلى تقليل التأثير البيئي، والتنمية الاقتصادية، وتوفير فرص العمل، وتحسين نوعية الحياة للمقيمين، ومن خلال فهم مزايا هذه التقنيات وإمكاناتها، يمكن للسلطات المحلية أن تلعب دورًا استباقيًا في تشكيل مستقبل أكثر اخضرارًا واستدامة لمجتمعاتهم:

### المطلب الأول: الفوائد البيئية

من أهم الأسباب التي يجب على السلطات المحلية تشجيع الطاقة الشمسية ومضخات الحرارة الهوائية الفوائد البيئية الكبيرة التي تقدمها، تساعد هذه التقنيات المتجددة في تقليل انبعاثات الكربون والتخفيف من آثار تغير المناخ، ومن خلال الانتقال إلى الطاقة الشمسية ومضخات الحرارة الهوائية، يمكن للسلطات المحلية المساهمة في بيئة أكثر نظافة وأخضر بعدة طرق:

#### الفرع الأول: تقليل انبعاثات الكربون

تستفيد أنظمة الطاقة الشمسية من الطاقة الشمسية وتحولها إلى كهرباء دون انبعاث غازات الدفيئة الضارة، بواسطة تشجيع اعتماد الألواح الشمسية في المباني السكنية والتجارية، يمكن للسلطات المحلية تقليل انبعاثات الكربون بشكل كبير من توليد الكهرباء[34]، كما يساهم هذا التحول نحو مصادر الطاقة النظيفة في التخفيف من تغير المناخ وتحسين جودة الهواء في المجتمع.

#### الفرع الثاني: خفض الاعتماد على الوقود الأحفوري

تقدم مضخات الحرارة الهوائية بديلاً فعال لأنظمة التدفئة التقليدية التي تعتمد على الوقود الأحفوري، كما تسحب هذه المضخات الحرارة من الهواء وتنقلها إلى الداخل لتوفير التدفئة والماء الساخن، ومن خلال تشجيع استخدام مضخات الحرارة الهوائية، يمكن للسلطات المحلية تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري مثل النفط والغاز، وهي مساهمات رئيسية في انبعاثات الكربون، ويساهم هذا التحول نحو مصادر الطاقة المتجددة في تعزيز أمن الطاقة ومرونتها في المجتمع.

#### الفرع الثالث: حفظ الموارد الطبيعية

تستخدم الطاقة الشمسية ومضخات الحرارة الهوائية موارد متجددة وفيرة متاحة بحرية، ومن خلال تسخير قوة الشمس والحرارة في الهواء، يمكن للسلطات المحلية تقليل الطلب على الموارد المحدودة مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي، ويساعد هذا الحفاظ على الموارد الطبيعية في حماية البيئة ويضمن استخدامها المستدام للأجيال القادمة.

### المطلب الثاني: الفوائد الاقتصادية

بالإضافة إلى المزايا البيئية، تقدم الطاقة الشمسية ومضخات الحرارة الهوائية أيضًا فوائد اقتصادية كبيرة للسلطات المحلية ومجتمعاتها، من خلال تبني هذه التقنيات المتجددة للطاقة، يمكن للسلطات المحلية تحفيز التنمية الاقتصادية، وتوفير فرص العمل، وتوليد وفورات في التكاليف للمقيمين.

ويمكن إيجاز الفوائد الاقتصادية فيما يلي:

---

[34] Phscom, **The Benefits of Renewable Energy to Social Housing: A Breakdown for Local Authorities**, pub 21-3-2023, cit 15-09-2024: https://phscom.co.uk/the-benefits-of-renewable-energy-to-social-housing-a-breakdown-for-local-authorities/

**الفرع الأول: خلق فرص العمل والنمو الاقتصادي**

يؤدي اعتماد الطاقة الشمسية ومضخات الحرارة الهوائية إلى خلق فرص عمل في مختلف القطاعات، بما في ذلك التصنيع والتركيب والصيانة وخدمات الدعم.

كما يمكن للحكومات دعم هذه الصناعات من خلال تشجيع نمو الشركات المتخصصة في الطاقة المتجددة داخل مجتمعاتها، ويساعد خلق فرص العمل هذا في تحفيز النمو الاقتصادي، وجذب الاستثمارات، وتعزيز مجموعة المهارات في القوى العاملة المحلية

**الفرع الثاني: وفورات في التكاليف للساكنة**

توفر الطاقة الشمسية ومضخات الحرارة الهوائية فرصة للساكنة لتقليل فواتير الطاقة وتحقيق وفورات في التكاليف على المدى الطويل، ومن خلال تركيب الألواح الشمسية على الأسطح واستخدام مضخات الحرارة الهوائية للتدفئة والماء الساخن، يمكن للساكنة توليد طاقتهم النظيفة الخاصة وتقليل اعتمادهم على الكهرباء الشبكية المكلفة والوقود الأحفوري."

**الفرع الثالث: زيادة قيمة العقارات**

تزيد دمج أنظمة الطاقة الشمسية ومضخات الحرارة الهوائية من قيمة العقارات السكنية والتجارية[35]، وقد أظهرت الدراسات أن العقارات المجهزة بألواح شمسية أو أنظمة تدفئة فعالة للطاقة تميل إلى جذب أسعار أعلى في السوق.

**المطلب الثالث: الفوائد الاجتماعية**

تقدم الطاقة الشمسية ومضخات الحرارة الهوائية أيضًا العديد من الفوائد الاجتماعية التي يمكن أن تحسن نوعية الحياة للساكنة وتخلق مجتمعًا أكثر استدامة ومرونة، يمكن للسلطات المحلية أن تلعب دورًا حيويًا في تشجيع هذه التقنيات لضمان أن يتمكن سكانها من الوصول إلى المزايا التالية

**الفرع الأول: الاستقلال والمرونة في الطاقة**

من خلال تبني الطاقة الشمسية ومضخات الحرارة الهوائية، يمكن للحكومات المساعدة في إنشاء مجتمع أكثر مرونة واعتمادًا على نفسه، كما تمكن الألواح الشمسية ومضخات الحرارة الهوائية الساكنة من توليد طاقتهم الخاصة والاعتماد بشكل أقل على مصادر الطاقة الخارجية، ويعزز هذا الاستقلال في الطاقة مرونة المجتمع خلال انقطاع التيار الكهربائي أو حالات الطوارئ الأخرى، مما يضمن استمرار الخدمات الأساسية مثل المستشفيات والمدارس والسلامة العامة.

**الفرع الثاني: تحسين الراحة الداخلية**

توفر مضخات الحرارة الهوائية حلول تدفئة وتبريد فعالة وموثوقة للمباني السكنية والتجارية، وتقدم هذه الأنظمة تحكمًا دقيقًا في درجة الحرارة وتحسين جودة الهواء وتقليل الضوضاء مقارنة بطرق التدفئة والتبريد التقليدية.

[35] Phscom, **The Benefits of Renewable Energy to Social Housing: A Breakdown for Local Authorities**, pub 21-3-2023, cit 15-09-2024: https://phscom.co.uk/the-benefits-of-renewable-energy-to-social-housing-a-breakdown-for-local-authorities/

**الفرع الثالث: التعليم والتوعية**

يوفر تشجيع الطاقة الشمسية ومضخات الحرارة الهوائية فرصة للسلطات المحلية لتثقيف الساكنة حول الطاقة المتجددة وحفظ الطاقة، ويساهم هذا التعليم في تمكين الساكنة من اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن اعتماد حلول الطاقة المتجددة، ويساهم في بناء مجتمع أكثر استدامة ووعيًا بيئيًا."

تمثل الطاقة الشمسية ومضخات الحرارة الهوائية حلاً مستدامًا واقتصاديًا يمكن للحكومات والبلدات الاستفادة منه بشكل كبير، فمن خلال تشجيع تبني هذه التقنيات، يمكن للمجتمعات المحلية تحقيق نقلة نوعية نحو مستقبل أكثر استدامة، حيث تساهم هذه التقنيات في تقليل الانبعاثات الكربونية، وتحسين جودة الهواء، وتوفير فرص عمل جديدة، وخفض تكاليف الطاقة للمواطنين، ولضمان نجاح هذه المبادرة، يتعين على السلطات المحلية توفير الحوافز اللازمة، وتنفيذ برامج توعية شاملة، وبناء شراكات قوية مع القطاع الخاص والمجتمع المدني، وذلك لتعزيز الوعي بأهمية هذه الحلول ودفع عجلة التحول نحو الطاقة المتجددة

توفر الاستدامة في الإسكان العديد من المزايا. فالمساكن ليست أكثر كفاءة في استخدام الطاقة فحسب، بل إنها تستخدم أيضًا موارد أقل في البناء، وتساعد على حماية البيئة الطبيعية وتساهم في الحفاظ عليها.

يركز البناء البيئي على كفاءة الطاقة من خلال ميزات مثل العلية المحكمة، والألواح الشمسية، والنوافذ ذات الانبعاثية المنخفضة، وعزل الرغوة المغلقة، واستراتيجيات الإنشاء المبتكرة، كما أن المنازل المستدامة غالبًا ما تقلل استهلاك المياه من خلال أنظمة الأنابيب الفعالة والمعدات عالية الكفاءة -حيث تساهم كفاءة الطاقة في تقليل فواتير الخدمات.

من مزايا الاستدامة في الإسكان المتانة[36]، وبالتالي، انخفاض متطلبات الصيانة، هذه المنازل ليست مجرد مساحة مريحة للعيش فيها، بل إنها غالبًا ما تكون أكثر صحة وأمانًا من المباني التقليدية بسبب استخدام مواد أقل سمية خلال التطوير.

إن إنشاء المزيد من المنازل الصديقة للبيئة هو اتجاه متزايد، حيث يسعى العديد من مطوري العقارات إلى تلبية معايير استدامة أعلى للمباني الجديدة، يفهم البناة جاذبية المنازل ذات التصنيفات العالية للطاقة. كما أنهم ملتزمون بأهداف الصافي الصفر ويريدون أن تستخدم مساكنهم الجديدة مصادر الطاقة المتجددة بدلاً من الوقود الأحفوري الذي ينبعث منه غازات الدفيئة، ويزيد من بصمتنا الكربونية، ويؤثر على المناخ العالمي.

لا تقلل المنازل الأكثر خضرة من النفقات التشغيلية فحسب، بل إنها أيضًا أكثر جاذبية للمشترين المحتملين، وأصبحت أكثر وأكثر شعبية لدى المطورين الذين يستفيدون من المخططات الحكومية لزيادة الكفاءة وتوفير سكن حديث ومستدام.

[36] Sebastian Weise, **Sustainability in housing and why it is important**, Published 21-03-2023, cit 18-09-2024: https://www.placechangers.co.uk/blog/sustainability-in-housing-and-why-it-is-important/

## المبحث السادس: تجارب دولية

يمكن للجزائر ان تستفيد من عديد التجارب في مجال تطوير استخدامات الطاقة المتجددة في قطاع السكن منها:

### المطلب الاول: تجربة سنغافورة

تعتبر سنغافورة نموذجًا رائدًا في مجال الاستدامة والتحول نحو المدن الذكية. وقد نجحت في تحقيق تقدم ملحوظ في قطاع البناء، حيث أصبحت المباني الخضراء والطاقة المتجددة جزءًا لا يتجزأ من المشهد العمراني. في هذا التقرير، سنتعمق في تجربة سنغافورة، مستعرضين الجهود المبذولة في مجال المباني الخضراء، والحوافز المالية المقدمة، والبرامج التعليمية والتوعوية التي ساهمت في تحقيق هذا النجاح.

#### الفرع الأول: التركيز على المباني الخضراء: نحو مدن مستدامة

المباني الخضراء هي تلك التي صُممت وبُنيت وُتشغل بطريقة تقلل من التأثيرات البيئية السلبية، وتوفر بيئة صحية ومريحة للمستخدمين. وهي تستخدم مواد بناء مستدامة، وتعتمد على كفاءة الطاقة، وتدير المياه بكفاءة، وتقلل من النفايات.

تبنت سنغافورة استراتيجية شاملة لتحويل مدنها إلى مدن ذكية ومستدامة، حيث تشجع على بناء المباني الخضراء وتطبيق مبادئ الاستدامة في جميع مراحل دورة حياة المبنى، كما تسعى سنغافورة إلى تحقيق أهداف طموحة في مجال الاستدامة، بما في ذلك خفض انبعاثات الكربون، وتحسين كفاءة الطاقة، والحفاظ على الموارد الطبيعية.

توجد العديد من الأمثلة على المباني الخضراء في سنغافورة، مثل مبنى " The Park royal Collection Pickering" الذي حصل على شهادة LEED بلاتينيوم، ومبنى "The Star Vista" الذي يضم مزرعة عمودية.

**الشكل 5-12:** نموذج عن المباني الخضراء في سنغافورة

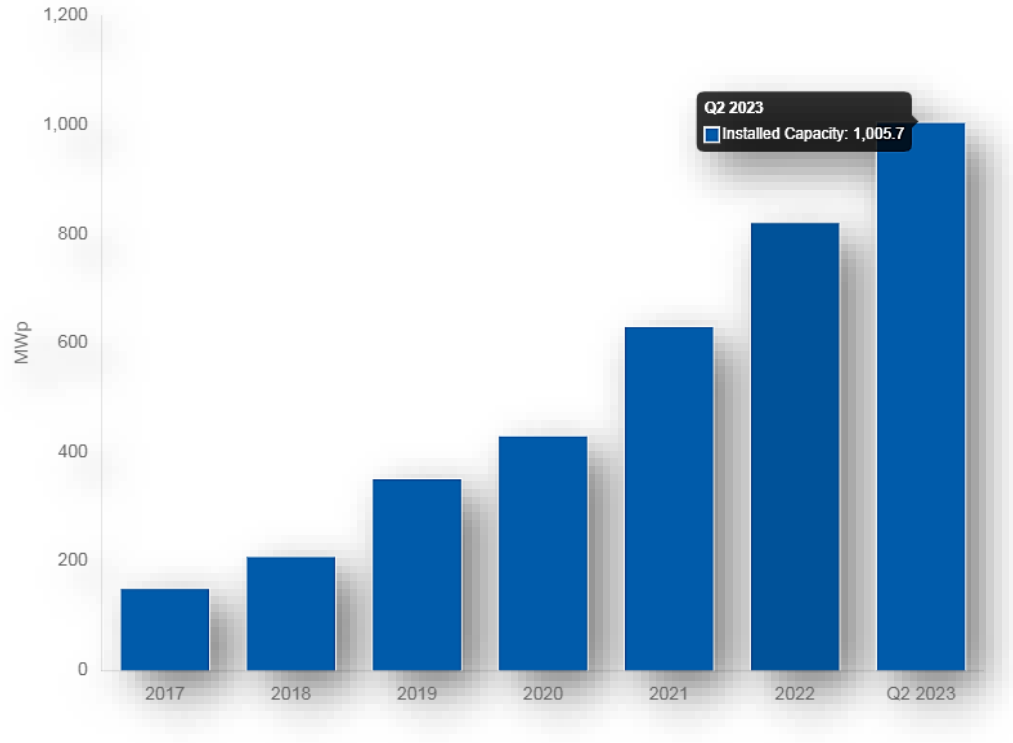
**Source**: Constructive, pub 16-02-2024, cit 15-09-2024 : https://constructive-voices.com/ar/

تلعب الحوافز المالية دورًا حاسمًا في تشجيع المطورين والملاك على الاستثمار في المباني الخضراء، حيث تقدم الحكومة السنغافورية مجموعة متنوعة من الحوافز المالية، كما يتم تقديم إعفاءات ضريبية للمشاريع التي تلتزم بمعايير المباني الخضراء، وتقدم الحكومة قروضًا بأسعار فائدة مخفضة للمشاريع الخضراء، وتوفير الدعم التقني للمطورين لمساعدتهم على تصميم وبناء مباني خضراء.

لم يمر سوى 54 عامًا منذ إعلان سنغافورة استقلالها، لكن الدولة الجزيرة نمت لتصبح واحدة من أقوى اقتصادات العالم وأكثرها مسؤولية بيئيًا .أثناء المشي في وسط مدينة سنغافورة النابض بالحياة، يتجلى هذا الارتفاع الهائل في العمارة المستدامة - والذي تم تشييده معظمها خلال العقد الماضي - في مزيج رائع من الزجاج والصلب والأبنية الخضراء المورقة التي تخلق بانوراما غنية من التصميم الهيكلي.

في حين أنها معالم معمارية رائعة في حد ذاتها، فإن ما يميز مباني سنغافورة الحضرية هو التزامها بالمبادرات الخضراء، يقول مايانك كوشال، وهو مهندس معماري ومستشار استدامة كبير وباحث في مختبر المدن المستقبلية، وهو برنامج يدعمه المعهد التقني الفدرالي السويسري ومؤسسة البحوث الوطنية في سنغافورة للمساعدة في تعزيز مدن المستقبل المستدامة من خلال البحث والعلوم والتصميم" :سنغافورة هي الدولة الوحيدة التي تجعل من القانوني إلزام أي مبنى يبلغ حوالي 5000 متر مربع [53820 قدمًا مربعة] لتحقيق معايير الحد الأدنى وفقًا لقانون الاستدامة البيئية."

**الشكل 5-13:** نمو استخدام الطاقة الشمسية في سنغافورة




**Source** : ema.gov.sg,cit 15-09-2024: https://www.ema.gov.sg/resources/singapore-energy-statistics/chapter6

### أولا: القدرات المثبتة وعدد التثبيتات

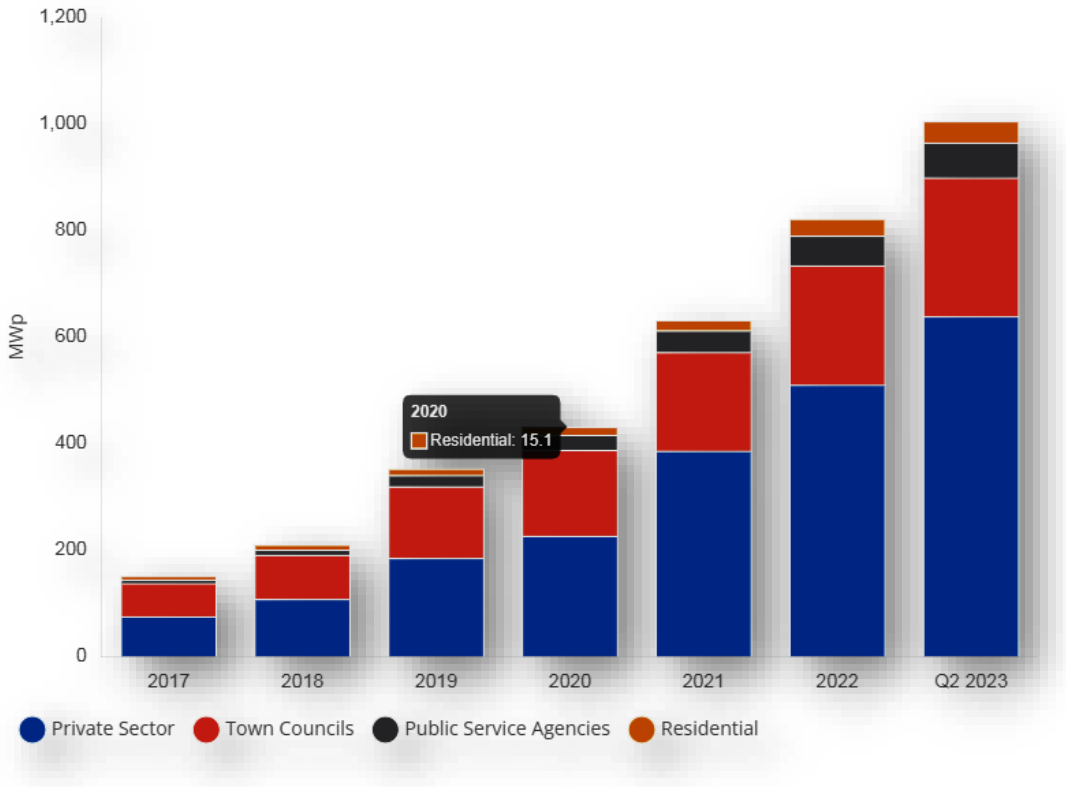
شهدت الطاقة الشمسية في سنغافورة نمواً كبيراً على مر السنين، حيث تجاوزت قدرتها المثبتة 1 جيغاواط في النصف الأول من عام 2023، وارتفعت القدرة المثبتة المتصلة بالشبكة من 126.0 ميجاواط في عام 2016

إلى 1005.7 ميجاواط في النصف الأول من عام 2023. وتسعى سنغافورة إلى تحقيق 1.5 جيغاواط من نشر الطاقة الشمسية بحلول عام 2025، و2 جيغاواط على الأقل بحلول عام 2030.

**ثانيا: نمو القدرة الشمسية (ميغاواط) والتثبيتات**

كان القطاع الخاص هو القوة الدافعة وراء هذا النمو، حيث استحوذ على 63.5% (أو 638.8 ميجاواط) من إجمالي القدرة المثبتة، كما قدمت المجالس البلدية والخدمات المشتركة للإسكان العام مساهمات كبيرة، حيث استحوذت على 25.9% (أو 260.4 ميجاواط) من إجمالي القدرة المثبتة، وساهمت وكالات الخدمة العامة والتثبيتات السكنية بنسبة 6.6% (أو 66.0 ميجاواط) و4.0% (أو 40.4 ميجاواط) من إجمالي القدرة المثبتة، على التوالي.

**الشكل 5-14:** السعة المركبة وعدد الألواح الشمسية الكهروضوئية المتصلة بالشبكة



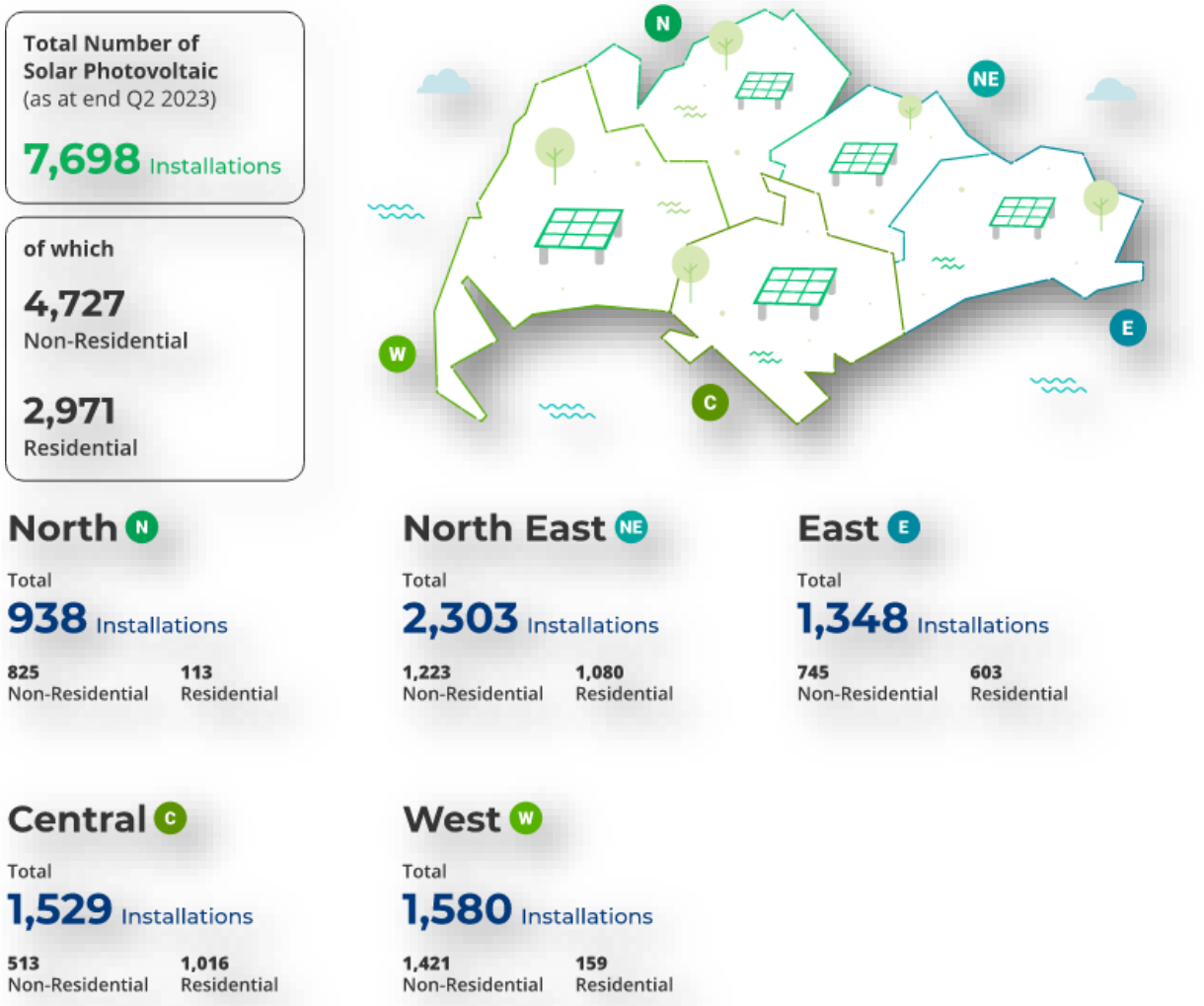

**Source** : ema.gov.sg,cit 15-09-2024: https://www.ema.gov.sg/resources/singapore-energy-statistics/chapter6

انعكس هذا النمو في قدرة الطاقة الشمسية الكهروضوئية في عدد التثبيتات في سنغافورة، وبحلول النصف الأول من عام 2023، كان هناك ما مجموعه 7698 تثبيتًا للطاقة الشمسية الكهروضوئية في سنغافورة، واستحوذت المجالس البلدية والخدمات المشتركة للإسكان العام على نسبة عالية من التثبيتات بنسبة 43.9% (أو 3377)، تليها التثبيتات السكنية بنسبة 38.6% (أو 2971)، واستحوذ القطاع الخاص غير السكني على 14.8% (أو 1138) من إجمالي التثبيتات، بينما شكلت وكالات الخدمة العامة الباقي بنسبة 2.8% (أو 212).

بحلول النصف الأول من عام 2023، كانت المنطقة الغربية من سنغافورة تمتلك أعلى قدرة شمسية كهروضوئية تبلغ 366.8 ميجاواط (أو 476.4 ميجاواط) من 1580 تثبيتًا، وهذا يمثل 47.4% من إجمالي القدرة المثبتة البالغة 774.4 ميجاواط (أو 1005.7 ميجاواط)، كما استضافت المنطقة الغربية الغالبية العظمى من

التثبيتات الشمسية الكهروضوئية غير السكنية في سنغافورة (1421 تثبيتًا أو 30.1% من إجمالي الألواح غير السكنية).

**الشكل 5-15:** توزيع تثبيت الطاقة الشمسية الكهروضوئية السكنية في سنغافورة




**Source:** ema.gov.sg,cit 15-09-2024: https://www.ema.gov.sg/resources/singapore-energy-statistics/chapter6

بلغ إجمالي العاملين في قطاع الطاقة عام 2022 حوالي 6,280 موظفًا، حيث شكل الموظفون الفنيون (مثل المهندسين والضباط الفنيين والفنيين) الغالبية العظمى وعددهم 3,540 موظفًا، وقد شكل المقيمون الجزء الأكبر من القوى العاملة في قطاع الطاقة بنسبة 93.3% عام 2022. وشهدت القوى العاملة نموًا سنويًا بلغ 2.05% خلال الفترة من 2020 إلى 2022.

استوردت سنغافورة 145.3 مليون طن من معادل النفط الخام من منتجات الطاقة في عام 2022، بانخفاض قدره 2.8% عن العام السابق، ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى انخفاض واردات منتجات البترول، خاصة في شكل زيت الوقود (انخفاض بنسبة 13.4%).

ظلت حصة الأسد من واردات الطاقة في سنغافورة تأتي في شكل منتجات البترول (58.1%).

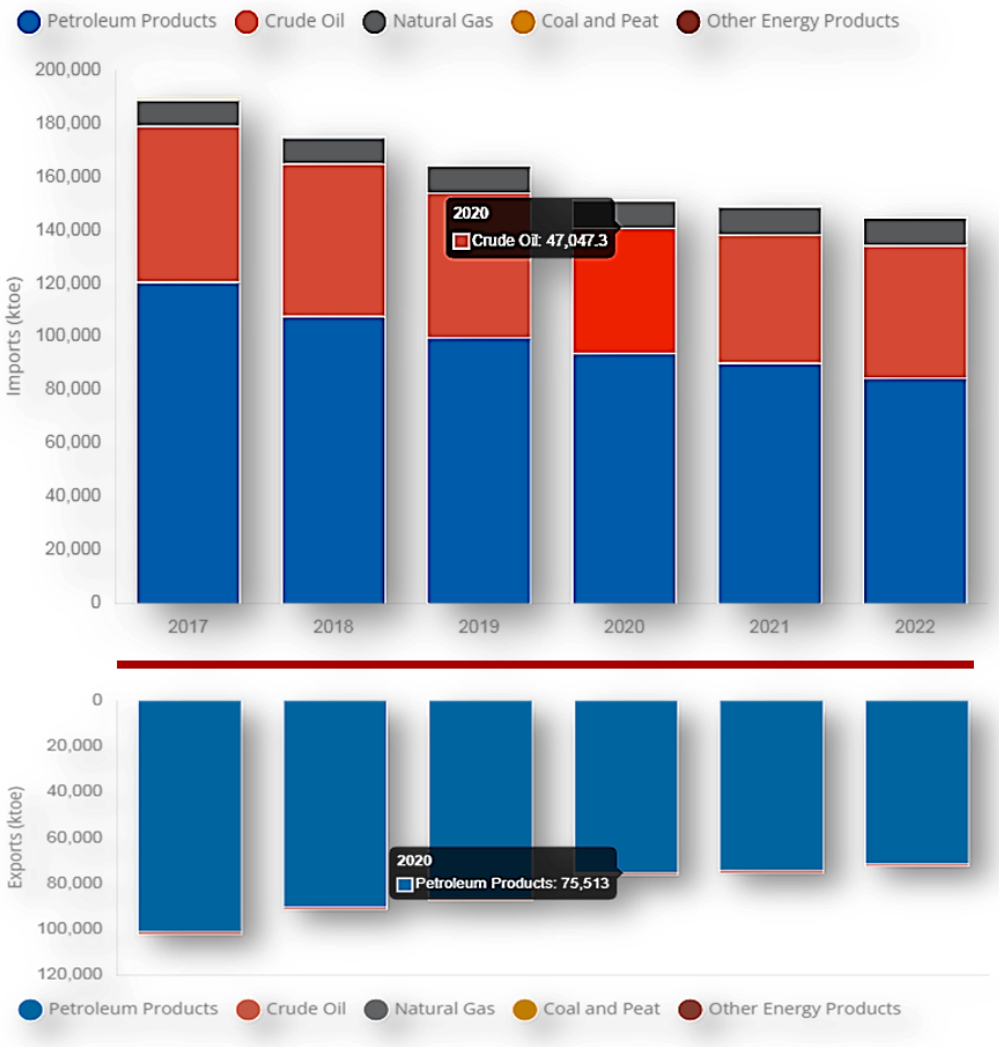
بلغ إجمالي واردات الغاز الطبيعي 10.5 مليون طن من معادل النفط الخام في عام 2022، حيث شكلت الغاز الطبيعي المسال الجزء الأكبر (6.4 مليون طن من معادل النفط الخام)، وانخفضت كمية واردات الغاز

الطبيعي بنسبة 0.8% في عام 2022، وفي حين انخفضت كمية الغاز الطبيعي المسال المستورد بنسبة 13.0%، زادت كمية الغاز الطبيعي المسال بنسبة 27.0%.

**ثالثا: تصدير الطاقة**

انخفضت صادرات منتجات الطاقة بنسبة 4.1%، من 75.8 مليون طن من معادل النفط الخام في عام 2021 إلى 72.7 مليون طن من معادل النفط الخام في عام 2022، ويعزى هذا الانخفاض بشكل رئيسي إلى انخفاض صادرات منتجات البترول (71.7 مليون طن من معادل النفط الخام) في عام 2022.

**الشكل 5-16:** واردات وصادرات منتجات الطاقة

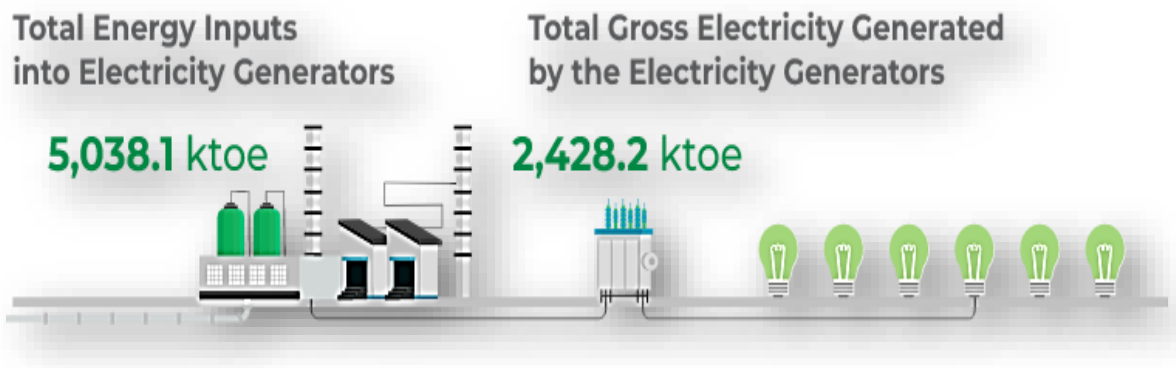



**Source:** ema.gov.sg,cit 15-09-2024: https://www.ema.gov.sg/resources/singapore-energy-statistics/chapter6

في سنة 2021، كان هناك انخفاض صافي في مخزونات إجمالي منتجات الطاقة بلغ 750.6 ألف طن من معادل النفط الخام. وتألف انخفاض المخزون في عام 2021 من النفط الخام والمكثفات الغازية (440.7 ألف طن من معادل النفط الخام) ومنتجات البترول (470.3 ألف طن من معادل النفط الخام). ومن ناحية أخرى، كان هناك زيادة في مخزونات الغاز الطبيعي (160.4 ألف طن من معادل النفط الخام).

إن التغير في المخزون هو الفرق بين مستويات المخزون الافتتاحي والختامي على المستوى الوطني في اليوم الأول والأخير من السنة التقويمية، على التوالي، ويشير ارتفاع صافي التغير في المخزون إلى انخفاض في المخزون لأنه إضافة إلى العرض، أما الانخفاض الصافي في التغير في المخزون فيشير إلى زيادة في المخزون حيث يتم سحب العرض في المخزون، ويتوافق هذا التعريف للتغير في المخزون مع تعريف الوكالة الدولية للطاقة.

**الشكل 5-17:** مدخلات ومخرجات توليد الكهرباء




**Source:** ema.gov.sg,cit 15-09-2024: https://www.ema.gov.sg/resources/singapore-energy-statistics/chapter6

ازدادت إجمالي مدخلات الطاقة اللازمة لتوليد إجمالي الطاقة الكهربائية في سنغافورة منذ عام 2020، مما يعكس النمو في الطلب على الكهرباء، ويعزى ذلك إلى ارتفاع أنشطة تحويل الطاقة بعد رفع قيود كوفيد-19، وفي عام 2022، أنتجت 10,054.5 ألف طن من معادل النفط الخام (116.9 تيراواط ساعة) من مدخلات الطاقة إجمالي إنتاج كهربائي قدره 4,910.8 ألف طن من معادل النفط الخام (57.1 تيراواط ساعة).

منذ جوان 2023، أنتجت 5,038.1 ألف طن من معادل النفط الخام (58.6 تيراواط ساعة) من مدخلات الطاقة إجمالي إنتاج كهربائي قدره 2,428.2 ألف طن من معادل النفط الخام (28.2 تيراواط ساعة).

ظل توزيع حصة السوق في سوق توليد الطاقة ثابتًا نسبيًا منذ عام 2016، حيث تستحوذ شركات تواس باور جينيريشن وسينوكو إنيرجي وي تي إل باورسيرايا على أكثر من نصف حصة السوق اعتبارًا من يونيو 2023، وفي الفترة بين عامي 2021 و2022، زادت حصة تواس باور جينيريشن من 18.9% إلى 22.0%، بينما زادت حصة وي تي إل باورسيرايا من 13.2% إلى 13.9%، واعتبارًا من جوان 2023، تحتفظ تواس باور جينيريشن بأكبر حصة في السوق (21.3%)، تليها وي تي إل باورسيرايا (15.6%) وسينوكو إنيرجي (15.4%).

يمكن استخلاص الاستنتاجات التالية حول تجربة سنغافورة في مجال الاستدامة والتحول نحو المدن الذكية:

**الفرع الثاني: رؤية شاملة واستراتيجيات واضحة:**

تتميز تجربة سنغافورة برؤية واضحة نحو التحول إلى مدينة مستدامة، حيث تم وضع استراتيجيات شاملة تشمل تشجيع المباني الخضراء، واستخدام الطاقة المتجددة، وتطبيق مبادئ الاستدامة في جميع القطاعات. هذه الاستراتيجيات المدعومة بحوافز مالية وقوانين تنظيمية، ساهمت في تحقيق تقدم ملحوظ في مجال الاستدامة.

**أولا: الريادة في مجال المباني الخضراء**

تعتبر سنغافورة رائدة في مجال المباني الخضراء، حيث حققت تقدمًا ملحوظًا في بناء وتشغيل المباني المستدامة، وقد ساهم ذلك في تحسين جودة الحياة للمواطنين وتقليل التأثير البيئي للمباني، كما أن الحوافز المالية والتوعية المجتمعية ساهمت في زيادة الوعي بأهمية المباني الخضراء وتشجيع القطاع الخاص على الاستثمار فيها.

**ثانيا: تنويع مصادر الطاقة**

تسعى سنغافورة جاهدة لتنويع مصادر الطاقة لديها والاعتماد بشكل أكبر على الطاقة المتجددة، لا سيما الطاقة الشمسية، وقد حققت نجاحًا كبيرًا في هذا المجال، حيث زادت قدرة الطاقة الشمسية المثبتة بشكل كبير خلال السنوات الأخيرة.

**ثالثا: دور الحكومة المحوري**

لعبت الحكومة السنغافورية دورًا محوريًا في تحقيق هذا النجاح، من خلال وضع السياسات والاستراتيجيات، وتقديم الحوافز المالية، وتوفير الدعم التقني للمشاريع المستدامة، كما ساهمت التعاون بين القطاع العام والخاص في تسريع وتيرة التحول نحو الاستدامة.

**رابعا: تحديات مستقبلية وفرص**

على الرغم من الإنجازات التي حققتها سنغافورة، إلا أنها تواجه تحديات مستقبلية، مثل الحاجة إلى زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة، وتطوير تقنيات جديدة لتخزين الطاقة، والتعامل مع التغيرات المناخية. ومع ذلك، فإن هذه التحديات تمثل أيضًا فرصًا للابتكار والنمو المستدام.

**المطلب الثاني: تجربة الدانمارك**

لطالما تبنت الدنمارك سياسة الانتقال إلى الطاقة المتجددة منذ حوالي خمسين عامًا، بهدف تحقيق الاستقلال التام عن الوقود الأحفوري بحلول عام 2050، وقد مهدت الدروس المستفادة من الماضي الطريق لحلول مبتكرة وأكثر استدامة للمستقبل، والتي تخضع للدراسة الدولية.

في السبعينيات، واجهت البلاد ارتفاع أسعار النفط ونقصًا كبيرًا أدى إلى توقف جزء من الاقتصاد، ووضعت نصب عينيها استقلال الطاقة واعتمدت على الطاقات المتجددة، ورفضت الطاقة النووية، وبنت آلاف توربينات الرياح، مستوحاة من ماضيها: في نهاية عام 1880، كان الفيزيائي داميان بول لا كور يجرب بالفعل طاقة الرياح للزراعة ثم الكهرباء، وفي الفترة بين أواخر السبعينيات وعام 2000، تم بناء 6000 توربين رياح، وفي الثمانينيات، تم إنشاء عشرين مصنعًا لتوربينات الرياح، وفي عام 1991، تم إنشاء أول مزرعة رياح بحرية (تم تفكيكها الآن) في المياه الضحلة قبالة فينديبي، في جنوب شرق الدنمارك. ومنذ ذلك الحين، استمرت التثبيتات على نطاق واسع في بحر الشمال وبحر البلطيق، وأكثرها ابتكارًا هي تلك الموجودة في هورنز ريف وكريغرز فلاك.

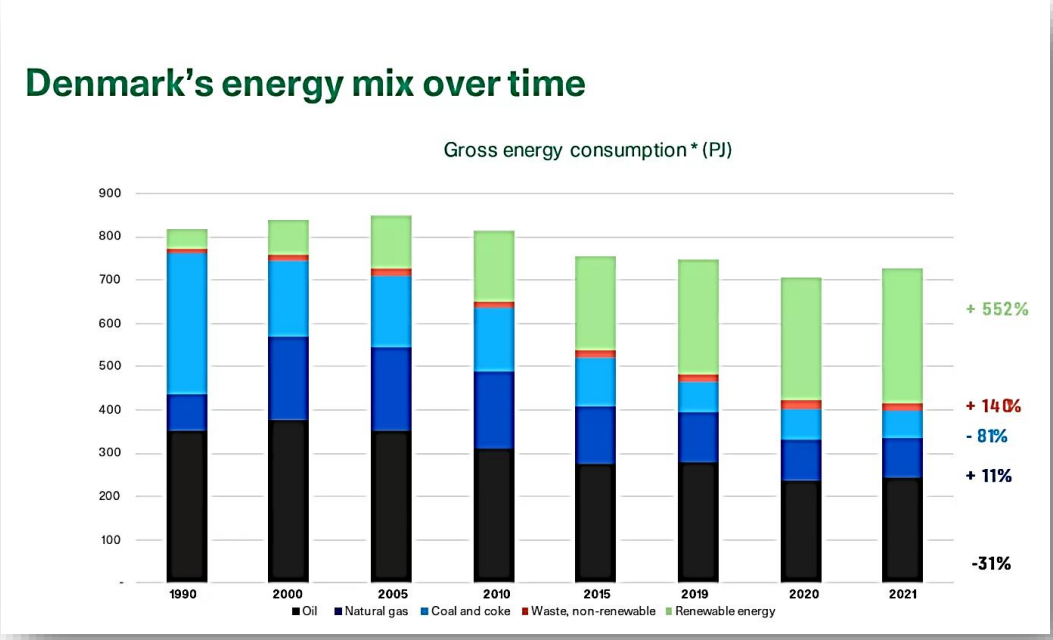
**الفرع الأول: تطوير الطاقة الريحية البحرية**

وبالتالي، فإن الحديقة تعتبر مهد طاقة الرياح البحرية، وفي الوقت نفسه، تأمل الدنمارك في إطلاق بناء أول جزيرة صناعية مخصصة لتوزيع الطاقة المتجددة التي يتم جمعها من مزرعة الرياح البحرية في بحر الشمال، على بعد 80 كيلومترًا من ساحل شبه جزيرة جوتلاند. وهذا وحده يمكن أن يغطي استهلاك 10 ملايين أسرة

أوروبية، ولا يزال هناك النقاش الأبدي حول توربينات الرياح: تلوث المناظر الطبيعية، وتأثيرها على النباتات والحيوانات على الأرض وفي البحر، ونهاية العمر الافتراضي، إلخ وحتى الآن، ينتج حوالي 4800 توربين 6.9 جيغاواط على الأرض وفي البحر (4،593 جيغاواط (4،500 توربين رياح) و 2،306 جيغاواط على التوالي)، حيث توظف 33000 شخص مخصصين لتشغيلها. ولا شك في كفاءة توربينات الرياح في الدنمارك: حيث تحقق أحدث الموديلات إنتاجًا يصل إلى 15 ميجاواط على مدار 24 ساعة[37]، وتعد طاقة الرياح أرخص مصدر للطاقة في البلاد. وبحلول عام 2030، تخطط الدنمارك لتوليد 60% من طاقتها من طاقة الرياح.

في حين تلعب طاقة الرياح دورًا مهمًا، هناك أيضًا حاجة إلى مصادر أخرى للطاقة، خاصة في الأيام الأقل رياحًا، ويتطلب الاستقلال في الطاقة مزيجًا من مصادر الطاقة، بما في ذلك الطاقة الحيوية والطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية، وتلعب الطاقة الحيوية، القائمة على المخلفات والمنتجات الثانوية من القطاع الزراعي والمصادر البيولوجية والنفايات المنزلية والصناعية، دورًا مهمًا في استقرار الشبكة وتمثل أكثر من ثلثي الاستهلاك المشترك للطاقة المتجددة في الدنمارك، كما يتم استغلال روافع أخرى، مثل الحلول الهجينة (مزيج الرياح والشمس، وتخزين الطاقة عبر البطاريات، إلخ).

**الشكل 5-18:** مزيج الطاقة في الدنمارك (1990-2021)




**Source:** Stéphanie Obadia, **Denmark's energy policy: built on renewables, driven by wind**, pub 07/02/2024, cit 15-09-2024: https://www.construction21.org/articles/h/denmark.html

فيما يتعلق بالغاز الحيوي، تهدف الدنمارك إلى أن يشكل 22% من استهلاك الغاز المسال في عام 2025، و50% في عام 2025، و108% في عام 2030، مقارنة بـ 22% في عام 2021. ويأتي ما يقرب من 43% من طاقة الدنمارك من المصادر المتجددة، حيث تأتي 20% من طاقة الرياح، و64% من الكتلة الحيوية، و9% من الغاز

[37] Mary-Ann Knudstrup, Hanne Tine Ring Hansen, Camilla Brunsgaard, **Approaches to the design of sustainable housing with low CO2 emission in Denmark**, Renewable Energy, vol34, n9, September 2009, Pp 2007-2015.

الحيوي، و3% من الطاقة الشمسية، و5% من مضخات الحرارة. وتأتي الباقي من النفط (34%) والغاز (12%). وفي حين أن حصة النفط والغاز لا تزال مهمة بالنسبة للاقتصاد الدنماركي، إلا أنها انخفضت على مدى العشرين عامًا الماضية، بنسبة -41% و-57% على التوالي، بينما ارتفع إنتاج الطاقة المتجددة بنحو 300% وتتماشى هذه النتائج مع قانون الحياد الكربوني لعام 2020 (قانون المناخ الدنماركي)، الذي يدعو إلى الابتعاد عن النفط والغاز بحلول عام 2050 والتركيز على الطاقات المتجددة.

**الفرع الثاني: إعادة تدوير شفرات توربينات الرياح**

إعادة تدوير شفرات توربينات الرياح هي أحد التحديات الرئيسية التي يواجهها القطاع، خاصة وأن مكب النفايات مشكلة في العديد من البلدان الأوروبية، ومن الممكن الآن إعادة تدوير 85% من توربين، باستثناء الراتنج المستخدم في دمج مكونات الشفرة[38]، وقد طورت شركة سيمنس غامسا Recyclable Blade، وهي شفرة تقليدية تستخدم نوعًا جديدًا من الراتنج يمكن إذابته، ويمكن بعد ذلك فصل الألياف الزجاجية والراتنج والمادة الأساسية والمعدن وإعادة استخدامها في الصناعات الأخرى، وتم تركيب أول شفرات من هذا النوع على مزرعة كاسكاسي للرياح البحرية في ألمانيا (بحر الشمال) في عام 2022، وسيتم قريبًا تركيب 44 شفرة أخرى من هذه الموديلات على مشروع سوفيا للرياح البحرية قبالة الساحل الشرقي للمملكة المتحدة، ومن المقرر أن يتم التسويق التجاري على نطاق واسع في عام 2025.

**الفرع الثالث: برج توربينات الرياح الجديد**

أيضًا، في محاولة لتقليل البصمة الكربونية، أعلنت الشركة للتو عن برج توربينات رياح مصمم من صفائح فولاذية أكثر متانة (ومن المتوقع أن يؤدي ذلك إلى انخفاض -63% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالفولاذ التقليدي)، ويقول ماكسيميليان شنيبرينج، رئيس الاستدامة في سيمنس غامسا: "تعد طاقة الرياح إحدى الركائز الأساسية للانتقال إلى الطاقة الخضراء[39]، ومع وجود أكثر من 600 جيغاواط من الطاقة الإنتاجية الجديدة التي سيتم تركيبها في جميع أنحاء العالم على مدى السنوات الخمس المقبلة، من المهم أن يقلل قطاع الرياح من بصمته الكربونية".

**الفرع الرابع: التعاون بين القطاعين العام والخاص**

إذا كانت هذه الإنجازات ممكنة، فإن ذلك بفضل التماسك بين القطاعين العام والخاص والدعم المالي الذي يمكن الاستثمار الكبير في البحث والابتكار، والدليل على ذلك هو معهد حالة الأخضر، وهو مؤسسة عامة خاصة تستفيد من موارد مالية كبيرة ودعم أربع وزارات ومنظمات عامة وشركات، فضلاً عن دعم الأمير فريدريك. وقد تم إنشاؤه في عام 2008، في وقت مؤتمر الأطراف الخامس عشر، ويجمع بين 600 شريك مشارك في الانتقال إلى الطاقة أو البيئة، ويهدف إلى التأثير على السلطات العامة والأسواق الخاصة، وخلق التآزر وتعزيز الصادرات، وتقول غري كليتموس هولم، مديرة المشاريع الأولية في المعهد: "تضم الدنمارك وزارة البيئة ووزارة

[38] Mitch Wiesinger, **Sustainable Solutions for the World of Tomorrow**, pub 17.6.2024, cit 15-09-2024: https://www.visitdenmark.com/denmark-pavillion/press/sustainable-solutions-world-tomorrow

[39] Housingeurope, **Exploring energy efficiency and sustainability in residential buildings in Denmark, Italy and Slovenia: Insights from the Super-I project**, pub 3-06-2024, cit 15-09-2024: https://www.housingeurope.eu/resource-1915/exploring-energy-efficiency-and-sustainability-in-residential-buildings-in-denmark-italy-and-slovenia-insights-from-the-super-i-project

المناخ والطاقة والمشتريات، ويعملان معًا لتنسيق سياسات الانتقال العادل، وكجزء من جهود البلاد المناخية، أبرمت الحكومة شراكات عديدة مع الشركات، وقد أطلقت منتدى الاقتصاد الأخضر لتقوية الحوار بين الحكومة والأعمال والحركة النقابية.

**أولا: الاستقلال في الطاقة**

في نهاية المطاف، يجب أن تجعل الطاقة الخضراء الدنمارك مستقلة في الطاقة وتساعدها على تحقيق نجاح الانتقال إلى الطاقة، ولكن يجب أن تكون أيضًا مصدرًا للربح. والإمكانات التصديرية كبيرة: فقد جاء 11% من الصادرات حتى الآن من الطاقة الخضراء والخدمات[40]، مما يمثل 3.4% من الناتج المحلي الإجمالي و33 مليار يورو من المبيعات. علاوة على ذلك، تقدر المفوضية الأوروبية أن هذه الطاقة ستتمكن من تغطية ما يصل إلى 12% من استهلاك الاتحاد الأوروبي للكهرباء بحلول عام 2030، وما يصل إلى 20% بحلول عام 2040، ويمكن أن يكون شعار الدنمارك "العمل الأخضر هو عمل جيد"[41]، ولا تدخر البلاد أي جهد - ربما المبالغة؟ - لتحقيق طموحاتها. وقوتها: دولة غنية تتمتع بمستوى عالٍ من التماسك الاجتماعي والاقتصادي.

**ثانيا: كوبن هيل، نادي ميد للتوليد المشترك**

ينتج محطة كوبنهاغن لتوليد الطاقة المشتركة 66% من الطاقة اللازمة لشبكة التدفئة الحضرية في المدينة من خلال حرق النفايات القابلة للتحلل الحيوي. وقد تم إطلاقها كجزء من مشروع النفايات ذات الطاقة الصفرية، حيث تسخن 800000 شخص. وفي كل يوم، يقوم ما بين 250 و300 شاحنة من البلديات الدنماركية الخمس، بما في ذلك كوبنهاغن، بإمداد المصنع، ويمكن حرق ما مجموعه 613000 طن من النفايات سنويًا، مع حاجة إلى 430000 طن كحد أدنى لجعل العملية مربحة. وقد أدى ذلك في بعض الأحيان إلى انحرافات، حيث كان لا بد من استيراد النفايات. ويتم إدارة هذا المصنع من قبل بلدية كوبنهاغن، وهو فريد من نوعه لأنه يضم مرافق ترفيهية على سقفه: بار وحائط تسلق ومنحدرات للتزلج، إلخ، وقد ولدت الفكرة في عام 2011 نتيجة تعاون بين المهندسين والمهندسين المعماريين (هندسة BIG في هذه الحالة)، وفي عام 2017، تم تسليم المصنع ومنذ عام 2019، أصبح هذا الجبل المفتوح في متناول الجميع، وتكلف بناؤه 600 مليون يورو، مما يجعله أغلى محطة في الدنمارك، وقد مكن استبدال التدفئة الحضرية بالتدفئة بالغاز والنفط، بالإضافة إلى مبادرات أخرى مثل الحوافز لعزل المباني واعتماد الطاقات المتجددة، الدنمارك من اتخاذ زمام المبادرة في توفير الطاقة.

لطالما دارت طواحين الرياح في هورنز ريف 1، وهي أقدم مزرعة الرياح البحرية في العالم، على إيقاع الرياح في بحر الشمال، على بعد حوالي عشرين كيلومترًا من ساحل الدنمارك. وقد اعتبرت المنطقة البحرية مثالية في عام 2003، عندما جعلتها مجموعة إلسام، التي أصبحت الآن أورستد، موطنًا لـ 80 توربينًا للرياح تولد 160 ميجاواط، وتزود حوالي 150000 منزل دنماركي بالكهرباء، وقد أصبح هذا الرائد من حيث التثبيتات (المحولات على المنصات في البحر بدلاً من الأرض) منذ ذلك الحين مثلاً للآخرين الذين تجاوزوه. وعلى الرغم من أن مزرعة الرياح لا تبدو في أفضل حالاتها، إلا أنها تأخرت عن أشقائها الأصغر هورنز ريف 2 وهورنز ريف 3، اللذين تم

[40] Hivepower, **Renewable Energy in Denmark: What you Should Know**, pub january 17-2022, cit 15-09-2024: https://www.hivepower.tech/blog/renewable-energy-in-denmark-what-you-should-know

[41] State of Green, **Denmarks journey to decarbonise its buildings through energy efficiency**, pub 23 JUNE 2023, cit 14-09-2024: https://stateofgreen.com/en/news/a-brief-introduction-to-denmarks-green-ambitions-policies-and-initiatives/

افتتاحهما في عام 2019 وهما الآن أكبر مزرعة للرياح البحرية في العالم بقوة إجمالية تبلغ 406.7 ميجاواط، ومن المتوقع أن يعزز هذا الجيل الأخير، الذي تديره شركة الطاقة السويدية فاتنفال، إنتاج طاقة الرياح في الدنمارك بنسبة 12%، ولا يزال يفيد حوالي 425000 منزل.

**ثالثا: شبكات التدفئة الحضرية ذات الانبعاثات الصفرية**

تعد معظم محطات التدفئة الحضرية نتيجة سياسات ما بعد أزمة النفط في السبعينيات، حيث تجمع بين إنتاج الحرارة والطاقة وتوزيع الحرارة الفائضة الناتجة عن إنتاج الكهرباء، وقد استخدمت السلطات المحلية حتى شبكات التدفئة الحضرية كأداة تخطيط منذ الثمانينيات، مما جعل التوصيل إلزاميًا في الأحياء التي تعتبر فيها هذا الحل هو الأكثر فضيلة من الناحية الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، وقبل عشر سنوات، كانت التدفئة الحضرية تمثل بين 30% و40% من إجمالي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في الدنمارك، ووفقًا لوكالة الطاقة الدنماركية[42]، فإن الهدف هو خفض هذه الحصة إلى 3% بحلول عام 2025 وأقل من 1% بحلول عام 2030، وهو ما يمثل 0.1 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، ومن الأمثلة المثيرة للاهتمام على التدفئة الحضرية محطة سوندربورج كرافتفارميفيورك (CHP) في جنوب الدنمارك، التي تحرق النفايات لتوليد الحرارة والكهرباء، أو محطة كوبنهاغن التي تديرها مدينة كوبنهاغن، حيث يتم تغذية 66% من الحرارة الناتجة عن حرق النفايات في نظام التدفئة الحضرية في المدينة، ويمكن حرق جميع المنتجات القابلة للتحلل الحيوي، وحتى الآن، يتصل 64% من المنازل الدنماركية بشبكات التدفئة، مقارنة بأقل من 6% في فرنسا.

**الفرع الخامس: المنتج الدانماركي الإجمالي الأخضر**

تطلق الدنمارك المنتج المحلي الإجمالي الأخضر لتقييم فقدان التنوع البيولوجي وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتلوث الهواء والماء، من بين أمور أخرى، وبالتالي يمكن أن يساعد المنتج المحلي الإجمالي الأخضر المواطنين والسياسيين على تقييم ما إذا كان النمو الاقتصادي قد تم على حساب المناخ والبيئة، ويستند بشكل خاص إلى GreenREFORM، وهي أداة تحليلية تقيم الآثار البيئية والمناخية للسياسات الاقتصادية من 2015 إلى 2100، وتهدف النماذج[43]، التي طورها فريق من الباحثين من جامعة كوبنهاغن بالتعاون مع باحثين من جامعة أرهوس، وDREAM، وإحصاءات الدنمارك، إلى "إعطاء الغابات والغلاف الجوي والأنواع المهددة صوتًا أوضح في الاقتصاد الدنماركي"، ومن خلال فحص كيفية ما سيدفعه الدنماركيون من أجل الهواء النظيف، وما يجب أن تكلفه انبعاث طن من ثاني أكسيد الكربون وكيفية تسعير تلوث المياه، تمكن النماذج من تقييم سياسات المناخ المختلفة لإبلاغ الهدف السياسي من الحد من غازات الاحتباس الحراري، وبالتالي، يمكن للنموذج حساب الجهود اللازمة لتحقيق الأهداف. ويقول بيتر بيرتش سورنسن، الأستاذ في الاقتصاد بجامعة كوبنهاغن، وهو أحد الرواد في تطوير النماذج: "يجعل المنتج المحلي الإجمالي الأخضر من الممكن استثمار الأصول البيئية والطبيعية، في المرحلة الأولى، نحسب التدابير المادية لكمية الموارد الطبيعية المختلفة التي استنفدناها

[42] STEPHANIE FOURNIER, **Denmark's renewable energy progress**, cit 16-09-2024: https://www.araner.com/blog/denmarks-renewable-energy-progress

[43] GREEN THINKING, **Sustainability in Denmark** , cit 15-09-2024: https://denmark.dk/innovation-and-design/sustainability

وكمية الملوثات المختلفة التي انبعثناها، وهذا في حد ذاته معلومات قيمة، وفي الخطوة التالية، نحسب التكاليف أو المكاسب من حيث القيمة النقدية".

**أولا: الجزر الطاقوية**

ملايين المنازل التي يتم تزويدها بالكهرباء من جزيرة طاقة اصطناعية: المشروع الضخم الذي يتم إعداده في بحر الشمال - والذي يقف حاليًا في انتظار الأسباب الاقتصادية - على بعد 80 كيلومترًا غرب ساحل الدنمارك، يبدو وكأنه شيء مستخرج مباشرة من مختبر عالم مجنون، ويتم حاليًا طرح ميزانية تتراوح بين 30 و40 مليار دولار لبناء هذه الجزيرة، بالإضافة إلى توأمها في جزيرة بورنهولم، في بحر البلطيق، لإنتاج إجمالي يقدر بـ 6 جيغاواط من الكهرباء، وقد تلتصق حورية البحر الصغيرة بصخرتها[44]، ولكن قبالة كوبنهاغن تتركز كل الأنظار: محاطة بتوربينات الرياح، فإن العديد من الجزر الاصطناعية (أو الموجودة، مثل تلك الموجودة في بحر البلطيق) قبالة الدنمارك أو بلجيكا المجاورة مصيرها أن تصبح مراكز بحرية "تركز إنتاج الكهرباء من مزارع الرياح البحرية المحيطة، بهدف توزيعها بين عدة دول"، وفقًا لخطط الحكومة الدنماركية، ومن شبه الجزيرة الاسكندنافية إلى قبالة سواحل المملكة المتحدة ودول البلطيق، يوجد عدد من الجزر الملجأ قيد الدراسة حاليًا، وكلها "فراديس اصطناعية" حقيقية، وتحديات بيئية وتكنولوجية حقيقية تتماشى مع طموحات الدنمارك في مجال الطاقة.

**الفرع السادس: ما يمكن استنتاجه من التجربة الدانماركية**

تبرز تجربة الدنمارك أهمية الرؤية الطويلة الأمد والسياسات المستمرة في مجال الطاقة المتجددة، فمنذ سبعينيات القرن الماضي، اتبعت الدنمارك استراتيجية واضحة للانتقال نحو الطاقة المتجددة، ونجحت في تحقيق تقدم ملحوظ بفضل الاستثمار المستمر في البحث والتطوير ودعم السياسات الحكومية، ولم تعتمد الدنمارك على مصدر واحد للطاقة المتجددة، بل عملت على تنويع مصادرها لتشمل طاقة الرياح، والطاقة الحيوية، والطاقة الشمسية، والطاقة الحرارية الأرضية، وهذا التنوع يضمن استقرار إمدادات الطاقة ويقلل من الاعتماد على تقلبات أي مصدر واحد، كما أثبتت الشراكة بين القطاع العام والخاص في الدنمارك فعاليتها في تسريع عملية الانتقال إلى الطاقة المتجددة. فقد ساهمت هذه الشراكة في جذب الاستثمارات، وتطوير التقنيات الجديدة، وتنفيذ المشاريع الكبرى، واستثمرت الدنمارك بكثافة في البحث والتطوير في مجال الطاقة المتجددة، مما أدى إلى تطوير تقنيات جديدة وفعالة. كما ساهمت هذه الاستثمارات في تعزيز مكانة الدنمارك كرائدة عالمية في هذا المجال، وعلى الرغم من النجاحات التي حققتها الدنمارك، إلا أنها تواجه أيضًا تحديات مثل تكلفة التخلص من شفرات توربينات الرياح وإدارة النفايات. ومع ذلك، فإن هذه التحديات تمثل أيضًا فرصًا لتطوير حلول مبتكرة وتعزيز الاقتصاد الدائري.

[44] ens.dk, Denmark's Energy Islands, cit 15-09-2024: https://ens.dk/en/our-responsibilities/offshore-wind-power/denmarks-energy-islands

**خلاصة الفصل الخامس:**

بيّنت الدراسة والنتائج المتوصل لها في الفصل الخامس أن استخدام الطاقات المتجددة في المباني السكنية، خاصة من خلال ادماج الألواح الشمسية وأنظمة تسخين المياه، يمكن أن يقلل من استهلاك الكهرباء بنسبة كبيرة، مما يخفض التكاليف على الأفراد ويخفف من الاعتماد على شبكة الكهرباء الوطنية.

إن الاعتماد على الطاقات المتجددة في قطاع السكن يسهم بشكل فعّال في تقليل انبعاثات الكربون في القطاع السكني، مما يدعم أهداف التنمية المستدامة ويقلل من الأثر البيئي للمباني السكنية. وتعد هذه الخطوة مهمة لتحقيق الاستدامة البيئية في المجتمعات السكنية، ما يؤدي إلى بيئة سكنية صحية وأكثر توافقًا مع المعايير العالمية للمدن الذكية والمستدامة.

وأخيرًا، أظهرت النتائج أن اتباع الجزائر لتجارب دولية ناجحة يمكن أن يسهم في تسريع وتيرة التحول نحو الطاقة المتجددة في قطاع السكن، حيث تساعد هذه التجارب في توجيه السياسات المحلية وتقديم نماذج عملية للتحول السكني المستدام.

# الخاتمة

**نتائج الدراسة**

**مناقشة نتائج الدراسة**

**توصيات الدراسة**

**أفاق الدراسة**

**نتطرق في هذا الجزء الأخير إلى نتائج الدراسة ومناقشتها ثم المقترحات والتوصيات و أفاق الدراسة التي يمكن أن تكون بحوث مستقبلية لأطروحات دكتوراه**

**أولا / النتائج**

وصلت الدراسة إلى مجموعة كبيرة من النتائج المتعلقة بالدراسة التطبيقية القطاعية المقارنة لمجالات تطوير استراتيجية متعلقة بتطوير استخدامات الطاقات المتجددة في القطاعات الوطنية على ضوء التجارب الحديثة، يمكن تلخيصها في المحاور الثلاثة التالية:

**أولا- النتائج المتعلقة باستخدامات الطاقات المتجددة في قطاع النقل:**

1. **مساهمة كبيرة في استهلاك الطاقة و انبعاثات غازات الاحتباس الحراري:** يعد قطاع النقل أحد المساهمين الرئيسيين في استهلاك الطاقة العالمي وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وذلك بشكل أساسي بسبب اعتماده الكبير على الوقود الأحفوري.
2. **ارتباط قوي بين التنمية الاقتصادية واستهلاك الطاقة:** توجد علاقة قوية بين النمو الاقتصادي وزيادة الطلب على النقل، مما يؤدي إلى ارتفاع استهلاك الطاقة.
3. **تأثير وسيلة النقل على استهلاك الطاقة:** يؤثر اختيار وسيلة النقل بشكل كبير على استهلاك الطاقة، فعلى سبيل المثال، يعتبر الطيران أكثر كثافة الطاقة لكل راكب-كيلومتر مقارنة بالنقل السككي أو البحري.
4. **تحسين كفاءة الطاقة في المركبات:** أدت التطورات التكنولوجية إلى زيادة كفاءة الطاقة في المركبات، ومع ذلك، غالبًا ما تم تعويض هذه المكاسب من خلال عوامل مثل زيادة حجم المركبات ووزنها.
5. **تحول إلى السيارات الكهربائية:** تكتسب التحول إلى السيارات الكهربائية زخمًا، مما يمثل مسارًا واعدًا للحد من الانبعاثات المرتبطة بالنقل، ومع ذلك، يعتمد الانتشار الواسع للسيارات الكهربائية على عوامل مثل تكنولوجيا البطاريات، والبنية التحتية للشحن، وسعة الشبكة.
6. **تغيرات في أنماط النقل:** تدفع التحضر والنمو السكاني التغيرات في أنماط النقل، مما يؤدي إلى زيادة الازدحام والطلب على النقل العام.
7. **تحديات في الانتقال إلى مستقبل منخفض الكربون:** يواجه قطاع النقل تحديات كبيرة في التحول إلى مستقبل منخفض الكربون، مثل التكاليف الأولية العالية للتقنيات الجديدة، والقيود في البنية التحتية، وسلوك المستهلك.
8. **دور السياسات الحكومية:** تلعب السياسات الحكومية دورًا حاسمًا في تشكيل استهلاك الطاقة في النقل، يمكن للسياسات مثل ضرائب الوقود، والمدعيات للنقل العام، ومعايير الانبعاثات، التأثير على خيارات النقل.
9. **دمج أنظمة النقل والطاقة:** يصبح دمج أنظمة النقل والطاقة أكثر فأكثر أهمية. فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام السيارات الكهربائية لتوفير خدمات الشبكة، مثل شحن السيارة إلى الشبكة.
10. **تأثير جائحة COVID-19:** كان للوباء العالمي COVID-19 تأثير كبير على أنماط النقل واستهلاك الطاقة. بينما أدى الوباء إلى انخفاض مؤقت في السفر، فإن آثاره طويلة الأجل على سلوك النقل لا تزال غير مؤكدة.
11. **هيمنة الوقود الأحفوري:** على الرغم من الجهود المبذولة للانتقال إلى مصادر طاقة بديلة، لا يزال الوقود الأحفوري، وخاصة النفط، يهيمن على قطاع النقل.

12. **التحديات البيئية**: يعتبر قطاع النقل أحد أكبر المساهمين في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري والتلوث الهوائي.
13. **الاعتماد على النفط**: يرتبط النمو الاقتصادي بزيادة الطلب على النفط، مما يزيد من الضغط على الموارد الطبيعية ويؤدي إلى تقلبات في الأسعار.
14. **كفاءة الطاقة**: هناك اختلافات كبيرة في كفاءة الطاقة بين وسائل النقل المختلفة، حيث يعتبر النقل العام والسكك الحديدية أكثر كفاءة من النقل البري بالسيارات.
15. **البدائل المتاحة**: هناك مجموعة متنوعة من البدائل للوقود الأحفوري في قطاع النقل، بما في ذلك الكهرباء، الهيدروجين، الغاز الطبيعي، والوقود الحيوي.
16. **التحديات التي تواجه البدائل**: تواجه البدائل تحديات مثل التكاليف المرتفعة، البنية التحتية المحدودة، وكثافة الطاقة المنخفضة في بعض الحالات.
17. **أهمية السياسات الحكومية**: تلعب السياسات الحكومية دورًا حاسمًا في تشجيع الانتقال إلى أنظمة نقل أكثر استدامة من خلال تقديم الحوافز، وضع اللوائح، والاستثمار في البنية التحتية.
18. **التكامل بين مختلف وسائل النقل**: هناك حاجة إلى تكامل مختلف وسائل النقل (الكهرباء، الهيدروجين، الوقود الحيوي) لتلبية احتياجات النقل المتنوعة.
19. **الأثر الاقتصادي**: يمكن لارتفاع أسعار النفط أن يؤثر بشكل كبير على الاقتصاد العالمي ويؤدي إلى تغييرات في أنماط الاستهلاك والنقل.
20. **الانتقال التدريجي**: الانتقال إلى أنظمة نقل مستدامة سيكون عملية تدريجية تتطلب استثمارات كبيرة وتعاونًا دوليًا.
21. **أهداف الجزائر الطموحة في مجال الطاقة المتجددة**: وضعت الجزائر أهدافًا طموحة لزيادة إنتاجها من الطاقة المتجددة وتقليل اعتمادها على الوقود الأحفوري، تهدف البلاد إلى زيادة حصة الطاقة المتجددة بشكل كبير في مزيج الطاقة الإجمالي بحلول عام 2040.
22. **مصادر الطاقة المتجددة المتنوعة**: تستثمر الحكومة الجزائرية في مجموعة متنوعة من مصادر الطاقة المتجددة، بما في ذلك الطاقة الشمسية والرياح والطاقة الكهرومائية، وتُدفع هذه الاستثمارات من خلال الموارد الطبيعية الوفيرة للبلاد والرغبة في تنويع مزيج الطاقة.
23. **التركيز على الطاقة الشمسية والرياح**: تُعد الطاقة الشمسية والرياح في طليعة استراتيجية الجزائر للطاقة المتجددة، توفر الصحاري الشاسعة والرياح القوية في البلاد ظروفًا ممتازة لتسخير هذه الموارد المتجددة.
24. **التحديات في الانتقال إلى الطاقة المتجددة**: رغم الأهداف الطموحة، تواجه الجزائر تحديات في الانتقال إلى اقتصاد قائم على الطاقة المتجددة، بما في ذلك الحاجة إلى استثمارات كبيرة في البنية التحتية والتكنولوجيا ورأس المال البشري.
25. **الحوافز والسياسات الحكومية**: نفذت الحكومة الجزائرية سياسات وحوافز مختلفة لتشجيع اعتماد تقنيات الطاقة المتجددة، مثل الإعفاءات الضريبية والدعم والأطر التنظيمية المواتية.

26. **كهربة النقل:** تُعد كهربة قطاع النقل عنصرًا رئيسيًا في استراتيجية الجزائر للطاقة المتجددة. تشجع الحكومة استخدام السيارات الكهربائية وتطور البنية التحتية للشحن.

27. **هيمنة الغاز الطبيعي:** رغم الدفع نحو الطاقة المتجددة، يظل الغاز الطبيعي المصدر الرئيسي للطاقة في الجزائر، وقد شكّلت احتياطيات الغاز الطبيعي الشاسعة للبلاد مشهد الطاقة فيها لعقود.

28. **كفاءة الطاقة:** تُعد تحسين كفاءة الطاقة جانبًا حاسمًا آخر من استراتيجية الطاقة الجزائرية، تركز الحكومة على تقليل استهلاك الطاقة في مختلف القطاعات، بما في ذلك المباني والصناعة.

29. **الفوائد الاقتصادية والبيئية:** يتيح الانتقال إلى الطاقة المتجددة فوائد اقتصادية وبيئية عديدة، مثل خلق فرص العمل، والحد من الاعتماد على الوقود الأحفوري، وتحسين جودة الهواء.

30. **التعاون الدولي:** تسعى الجزائر إلى التعاون الدولي لتسريع انتقالها إلى الطاقة المتجددة، ومن المتوقع أن تلعب الشراكات مع دول ومنظمات دولية أخرى دورًا مهمًا في تحقيق أهداف الطاقة في البلاد.

**ثانيا – النتائج المتعلقة باستخدامات الطاقات المتجددة في قطاع الصناعة:**

1. **تطور الاقتصاد الصناعي:** تطور الاقتصاد الصناعي من مجموعة متنوعة من التخصصات ذات الأسماء والنطاقات المختلفة إلى مجال أكثر توحيدًا، تأثر تطوره بالمدرسة التاريخية والمدرسة النيوكلاسيكية للاقتصاد.

2. **تنوع وجهات النظر:** كانت هناك تنوعًا كبيرًا في وجهات النظر داخل الاقتصاد الصناعي، مع اختلافات في أهدافه ومنهجيته ومستوى التجريد المناسب.

3. **دمج النهج:** مع مرور الوقت، كان هناك تقارب متزايد بين النهج المؤسسي والنيوكلاسيكي للاقتصاد الصناعي، حيث قام الباحثون بشكل متزايد بدمج التحليل التجريبي مع النمذجة النظرية.

4. **أهداف الاقتصاد الصناعي:** يتمثل الهدف الأساسي للاقتصاد الصناعي في تطوير تفسيرات لكيفية عمل القوى الاقتصادية داخل القطاع الصناعي، ويشمل ذلك فهم هياكل السوق وسلوك الشركات وتأثير السياسات الحكومية.

5. **العلاقة مع الاقتصاد الإداري:** يرتبط الاقتصاد الصناعي ارتباطًا وثيقًا بالاقتصاد الإداري، الذي يركز على تطبيق المبادئ الاقتصادية على اتخاذ القرارات التجارية، ومع ذلك، يتمتع الاقتصاد الصناعي بنطاق أوسع ويهتم بشكل أكبر بفهم الهيكل العام ووظائف الصناعات.

6. **استهلاك الطاقة في الصناعة:** يعد القطاع الصناعي مستهلكًا رئيسيًا للطاقة، ويؤثر اختيار مصادر الطاقة بشكل كبير على كل من التنافسية الاقتصادية والاستدامة البيئية.

7. **العوامل المؤثرة على استهلاك الطاقة الصناعية:** تؤثر عوامل مختلفة على استهلاك الطاقة الصناعية، بما في ذلك طبيعة الصناعة، وكفاءة عمليات الإنتاج، وتكلفة الطاقة، والسياسات الحكومية.

8. **كفاءة الطاقة في الصناعة:** يعد تحسين كفاءة الطاقة في الصناعة أمرًا حاسمًا للحد من التكاليف والتخفيف من تغير المناخ وتعزيز الاستدامة البيئية، ويمكن تحقيق ذلك من خلال التطورات التكنولوجية وتحسين العمليات والتدخلات السياسية.

9. **دور الطاقة المتجددة:** تزداد أهمية مصادر الطاقة المتجددة في القطاع الصناعي بسبب المخاوف البيئية وارتفاع تكاليف الطاقة والتطورات التكنولوجية، تستثمر الحكومات والصناعات بشكل متزايد في تقنيات الطاقة المتجددة للحد من بصمتها الكربونية.

10. **الفوائد البيئية للطاقة المتجددة في الصناعة:** تتمثل الميزة الأساسية لاستخدام الطاقة المتجددة في العمليات الصناعية في مساهمتها الكبيرة في تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري والتخفيف من تغير المناخ. من خلال استبدال الوقود الأحفوري بمصادر الطاقة النظيفة، يمكن للصناعات خفض بصمتها الكربونية بشكل كبير.

11. **أمن الطاقة وتنويعها:** توفر مصادر الطاقة المتجددة طريقًا لأمن الطاقة من خلال تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، الذي يتعرض لتقلبات الأسعار والمخاطر الجيوسياسية، يمكن لمزيج الطاقة المتنوع الذي يشمل الطاقة المتجددة أن يعزز استقلال الطاقة في البلد.

12. **تحسين الصورة المؤسسية:** يمكن للشركات التي تعتمد ممارسات الطاقة المتجددة تعزيز صورتها العامة وجذب المستهلكين والمستثمرين الواعين بالبيئة، يمكن أن يؤثر سمعة بيئية قوية بشكل إيجابي على العلامة التجارية وقيمة السوق للشركة.

13. **التوفير على المدى الطويل:** في حين أن الاستثمارات الأولية في تقنيات الطاقة المتجددة يمكن أن تكون كبيرة، فإن التوفير على المدى الطويل يمكن أن يكون كبيرًا. غالبًا ما تكون تكاليف التشغيل لمصادر الطاقة المتجددة أقل مقارنة بالوقود الأحفوري، ويمكن أن توفر تحوطًا ضد الزيادات المستقبلية في أسعار الطاقة.

14. **التقدم التكنولوجي:** ساهم التطور السريع لتقنيات الطاقة المتجددة، مثل الألواح الشمسية وتوربينات الرياح، في جعلها أكثر كفاءة وأقل تكلفة، أدت التطورات التكنولوجية في تخزين الطاقة وتكامل الشبكة إلى تسريع اعتماد الطاقة المتجددة في القطاع الصناعي.

15. **التحديات في تنفيذ الطاقة المتجددة:** رغم الفوائد، هناك تحديات مرتبطة باعتماد الطاقة المتجددة في الصناعة، بما في ذلك التكاليف الأولية العالية، والطبيعة المتقطعة لمصادر الطاقة المتجددة، والحاجة إلى تحديثات البنية التحتية للشبكة.

16. **أهمية دراسات الجدوى الشاملة:** قبل الاستثمار في مشاريع الطاقة المتجددة، يجب على الصناعات إجراء دراسات جدوى شاملة لتقييم الجدوى التقنية والاقتصادية والبيئية للمشروع.

17. **دور السياسات الحكومية:** تلعب السياسات الحكومية، مثل الدعم والحوافز الضريبية وتعريفات تغذية الطاقة، دورًا حاسمًا في تعزيز اعتماد الطاقة المتجددة في القطاع الصناعي. يمكن أن تساعد هذه السياسات في تسوية الملعب وجعل الطاقة المتجددة أكثر تنافسية.

18. **التدريب والتثقيف في مجال القوى العاملة:** يعد الاستثمار في التدريب والتثقيف أمرًا ضروريًا للتنفيذ الناجح لمشاريع الطاقة المتجددة، هناك حاجة إلى قوة عاملة ماهرة لتصميم وتثبيت وصيانة أنظمة الطاقة المتجددة.

19. **دمج الطاقة المتجددة في العمليات الصناعية:** يتطلب دمج الطاقة المتجددة في العمليات الصناعية تخطيطًا وتصميمًا دقيقين، من المهم مراعاة الاحتياجات المحددة للطاقة للعملية الصناعية واختيار أنسب تقنيات الطاقة المتجددة.

20. **الإطار القانوني الشامل:** أقامت الجزائر إطارًا قانونيًا وتنظيميًا قويًا لدعم تطوير الطاقة المتجددة، بما في ذلك القوانين التي تحكم إدارة الطاقة وتعزيز الطاقة المتجددة وتوزيع الكهرباء.

21. **الإطار المؤسسي:** تم إنشاء شبكة من المؤسسات والمنظمات في الجزائر للإشراف على تطوير مشاريع الطاقة المتجددة وتعزيزها، وتشمل هذه المراكز البحثية والوكالات الحكومية والشركات المتخصصة.

22. **دور"طاقة الجزائر الجديدة" (NEAL):** يمثل إنشاء "طاقة الجزائر الجديدة" (NEAL) خطوة مهمة نحو توحيد الجهود في قطاع الطاقة المتجددة وتنفيذ مشاريع واسعة النطاق.

23. **تنويع مزيج الطاقة:** تهدف سياسات الطاقة المتجددة في الجزائر إلى تنويع مزيج الطاقة في البلاد، والحد من الاعتماد على الوقود الأحفوري، وتعزيز أمن الطاقة.

24. **الفوائد البيئية:** يساهم اعتماد الطاقة المتجددة في الجزائر في تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري والتخفيف من تأثيرات تغير المناخ.

25. **الفرص الاقتصادية:** يقدم قطاع الطاقة المتجددة فرصًا للنمو الاقتصادي وخلق فرص العمل والتطور التكنولوجي في الجزائر.

26. **إمكانات الطاقة الشمسية:** تتمتع الجزائر بإمكانات هائلة للطاقة الشمسية، مما يجعلها موقعًا مثاليًا لمشاريع توليد الطاقة الشمسية.

27. **إمكانات طاقة الرياح:** تتميز بعض مناطق الجزائر، خاصة في الجنوب، بإمكانات كبيرة لطاقة الرياح، مما يوفر فرصًا لتطوير طاقة الرياح.

28. **الاستثمارات الحكومية:** التزمت الحكومة الجزائرية باستثمارات كبيرة لدعم تطوير مشاريع الطاقة المتجددة، بما في ذلك مزارع الطاقة الشمسية والرياح.

29. **التحديات والفرص:** على الرغم من التقدم الكبير الذي حققته الجزائر في تطوير قطاع الطاقة المتجددة، فإن التحديات مثل الحاجة إلى استثمار المزيد، وتطوير القوى العاملة الماهرة، وتكامل الشبكة لا تزال قائمة.

**ثالثا – النتائج المتعلقة باستخدامات الطاقات المتجددة في قطاع السكن**

1. **الإسكان المستدام:** اكتسب مفهوم الإسكان المستدام زخمًا كبيرًا في جميع أنحاء العالم، مدفوعًا بالقلق بشأن تغير المناخ واستنفاد الموارد والرغبة في بيئات معيشية أكثر صحة.

**2. استهلاك الطاقة في القطاع السكني:** يعد القطاع السكني مستهلكًا رئيسيًا للطاقة، يساهم بشكل كبير في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية. يعد تقليل استهلاك الطاقة في المنازل أمرًا حاسمًا للتخفيف من تغير المناخ.

**3. حلول الطاقة المتجددة:** تقدم تقنيات الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، حلاً واعدًا للحد من التأثير البيئي للقطاع السكني وخفض تكاليف الطاقة.

4. **السياسات واللوائح الحكومية:** تُنفذ الحكومات في جميع أنحاء العالم سياسات ولوائح لتشجيع الإسكان المستدام واعتماد الطاقة المتجددة، مثل قوانين البناء والحوافز وتعريفات تغذية الطاقة.

5. **الفوائد الاقتصادية للإسكان المستدام:** على الرغم من أن الاستثمارات الأولية في الإسكان المستدام قد تكون أعلى، إلا أنه يمكن تحقيق وفورات في التكاليف على المدى الطويل من خلال تقليل استهلاك الطاقة وزيادة قيمة العقار.

6. **التحديات في الإسكان المستدام:** تشمل الحواجز أمام الانتشار الواسع للإسكان المستدام التكاليف الأولية العالية، ونقص الوعي، والتوفر المحدود للقوى العاملة الماهرة.

7. **دور التكنولوجيا:** تلعب التطورات التكنولوجية، مثل تقنيات المنازل الذكية وأنظمة تخزين الطاقة، دورًا حاسمًا في تعزيز أداء المنازل المستدامة.

8. **أهمية قوانين البناء:** تلعب قوانين البناء والمعايير دورًا حيويًا في تعزيز ممارسات البناء المستدام وضمان كفاءة الطاقة في المباني الجديدة.

9. **الاتجاهات العالمية في الإسكان المستدام:** هناك اتجاه متزايد نحو الإسكان المستدام على مستوى العالم، حيث يطبق العديد من البلدان سياسات وبرامج لتشجيع المباني الموفرة للطاقة.

10. **الحاجة إلى البحث والتطوير المستمر:** يلزم إجراء المزيد من البحث والتطوير لتحسين فعالية وأسعار حلول الإسكان المستدام.

11. **استهلاك الطاقة الكبير في القطاع السكني:** يعد القطاع السكني مستهلكًا رئيسيًا للطاقة عالميًا، يساهم بشكل كبير في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. لذلك، فإن زيادة كفاءة الطاقة في المنازل أمر حاسم للتخفيف من تغير المناخ.

12. **التزام الاتحاد الأوروبي بالطاقة المتجددة في المباني:** وضع الاتحاد الأوروبي أهدافًا طموحة للحد من استهلاك الطاقة وزيادة حصة الطاقة المتجددة في المباني. يفرض توجيه أداء الطاقة في المباني (EPBD) المنقح أن تكون جميع المباني الجديدة ذات طاقة صفرية تقريبًا بحلول عام 2030.

13. **التخلص التدريجي من الوقود الأحفوري في التدفئة:** يتخلص الاتحاد الأوروبي تدريجيًا من الوقود الأحفوري في أنظمة التدفئة للمباني الجديدة والمرممة، مما يشجع استخدام مصادر الطاقة المتجددة.

14. **تدابير كفاءة الطاقة:** يعد تحسين كفاءة الطاقة في المباني استراتيجية رئيسية للحد من استهلاك الطاقة وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري. ويشمل ذلك تدابير مثل عزل أفضل وأنظمة تدفئة وتبريد فعالة واستخدام تقنيات الطاقة المتجددة.

15. **تقنيات الطاقة المتجددة للمنازل:** تزداد شعبية تقنيات الطاقة المتجددة مثل الألواح الشمسية ومضخات الحرارة والغلايات الحيوية في القطاع السكني.

16. **دور السياسات الحكومية:** تلعب السياسات والحوافز الحكومية دورًا حاسمًا في تعزيز اعتماد الطاقة المتجددة في القطاع السكني. ويشمل ذلك الحوافز المالية وقوانين البناء والحملات الإعلامية.

17. **التحديات في تحقيق كفاءة الطاقة:** رغم التقدم الكبير، لا تزال هناك تحديات في تحقيق كفاءة الطاقة في القطاع السكني، مثل التكاليف الأولية العالية لتحديث المباني القائمة والحاجة إلى قوة عاملة ماهرة.

18. **أهمية النهج الشامل:** يلزم اتباع نهج شامل لتحقيق الإسكان المستدام، مع مراعاة عوامل مثل تصميم المبنى والمواد وسلوك المقيمين.
19. **الاتجاهات العالمية والآفاق المستقبلية:** هناك اتجاه عالمي متزايد نحو الإسكان المستدام والطاقة المتجددة، حيث يطبق العديد من البلدان سياسات لتشجيع كفاءة الطاقة.
20. **الحاجة إلى التحسين المستمر:** يحتاج قطاع البناء إلى التطور المستمر واعتماد التقنيات الجديدة لتلبية الطلب المتزايد على الإسكان المستدام والموفر للطاقة.
21. **تقدم في اعتماد الطاقة المتجددة في الجزائر:** حققت الجزائر تقدماً كبيراً في دمج الطاقة المتجددة في القطاع السكني، لا سيما من خلال جهود وزارة الإسكان.
22. **الطاقة الشمسية كمحور رئيسي:** برزت الطاقة الشمسية كمحور رئيسي لمبادرات الطاقة المتجددة في القطاع السكني، مع التركيز بشكل خاص على أنظمة الإضاءة الشمسية وأنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية للمنازل خارج الشبكة.
23. **قيادة الحكومة الجزائرية:** لعبت الحكومة الجزائرية، وبشكل خاص وزارة الإسكان، دورًا حاسمًا في دفع اعتماد الطاقة المتجددة في القطاع السكني من خلال سياسات ومبادرات مختلفة.
24. **الفوائد البيئية:** يساهم اعتماد الطاقة المتجددة في القطاع السكني في الجزائر في تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتحسين جودة الهواء.
25. **الفوائد الاقتصادية:** تخلق مشاريع الطاقة المتجددة في القطاع السكني فرص عمل وتحفز النمو الاقتصادي وتقلل اعتماد الجزائر على الوقود الأحفوري.
26. **الفوائد الاجتماعية:** يساهم الانتشار الواسع للطاقة المتجددة في تحسين نوعية الحياة للجزائريين، خاصة في المناطق الريفية والنائية، من خلال توفير الطاقة النظيفة والموثوقة.
27. **التحديات والفرص في الجزائر:** رغم التقدم المحرز، لا تزال هناك تحديات مثل التكاليف الأولية العالية وقلة الوعي والقيود في البنية التحتية. ومع ذلك، توجد أيضًا فرص كبيرة للنمو والتطور المستقبلي.
28. **الدعم الحكومي:** نفذت الحكومة الجزائرية سياسات وحوافز مختلفة لتشجيع اعتماد الطاقة المتجددة، بما في ذلك الدعم المالي والمساعدة التقنية والإصلاحات التنظيمية.
29. **دوروزارة الإسكان:** لعبت وزارة الإسكان دورًا فعالاً في تعزيز الطاقة المتجددة في القطاع السكني من خلال مشاريعها ومبادراتها المختلفة.
30. **آفاق المستقبل في الجزائر:** يبدو مستقبل الطاقة المتجددة في القطاع السكني في الجزائر واعدًا، مع الدعم الحكومي المستمر والتقدم التكنولوجي والتوعية العامة المتزايدة.

**رابعا – التأثيرات التطبيقية**

ستتم مناقشة التأثيرات التطبيقية للدراسة، حيث تتعلق أساسا باستراتيجية تطوير استخدامات الطاقات المتجددة في القطاعات الاقتصادية على ضوء التجارب الحديثة لقطاع النقل وقطاع السكن وقطاع الصناعة وفق كل قطاع حسب العناصر الاتية:

**1. التفاعل المعقد: النقل والطاقة والبيئة**

يُعد قطاع النقل لاعبًا محوريًا في المشهد العالمي للطاقة، حيث يُمارس تأثيرًا عميقًا على النمو الاقتصادي والاستدامة البيئية على حد سواء، تبرز البيانات المقدمة مساهمة القطاع الكبيرة في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري واستهلاك الطاقة الإجمالي، والذي يُعزى بشكل أساسي إلى اعتماده الكبير على الوقود الأحفوري، ومع توسع الاقتصادات، يزداد أيضًا الطلب على النقل، مما يخلق علاقة دائرية بين التنمية الاقتصادية واستهلاك الطاقة.

**2. تأثيروسيلة النقل على استهلاك الطاقة:**

يؤثر نوع وسيلة النقل المختارة بشكل كبير على استهلاك الطاقة، على سبيل المثال، يُعتبر الطيران، رغم تسهيله للاتصال العالمي، مكثفًا للطاقة بشكل ملحوظ مقارنة بالنقل السككي أو البحري، أدت التطورات التكنولوجية إلى تحسين كفاءة الطاقة في المركبات، ومع ذلك، غالبًا ما تُعوض هذه المكاسب من خلال عوامل مثل زيادة حجم المركبات ووزنها.

**3. التحول إلى السيارات الكهربائية:**

يمثل التحول إلى السيارات الكهربائية مسارًا واعدًا لخفض الكربون في قطاع النقل. ومع ذلك، يعتمد الانتشار الواسع للسيارات الكهربائية على عدة عوامل، بما في ذلك تكنولوجيا البطاريات والبنية التحتية للشحن وسعة الشبكة. علاوة على ذلك، يدفع التحضر والنمو السكاني التغيرات في أنماط النقل، مما يؤدي إلى زيادة الازدحام والطلب على النقل العام.

**4. كهربة قطاع النقل:**

تُعد كهربة قطاع النقل ركيزة أساسية لاستراتيجية الجزائر للطاقة المتجددة، من خلال تعزيز اعتماد السيارات الكهربائية وتوسيع البنية التحتية للشحن، تهدف البلاد إلى تقليل بصمتها الكربونية وتحسين جودة الهواء في مراكزها الحضرية، ومع ذلك، فإن هيمنة الغاز الطبيعي في مزيج الطاقة الجزائري والحاجة إلى نهج أكثر تكاملاً لتخطيط النقل يمثلان تحديات مستمرة.

**5. الاتجاهات العالمية والآثار السياسية:**

يجد نفسه قطاع النقل عند مفترق طرق، بينما أحدثت جائحة COVID-19 اضطرابات مؤقتة في أنماط السفر العالمية، تظل الآثار طويلة الأجل على سلوك النقل غير مؤكدة، ومع سعى العالم إلى معالجة تغير المناخ، لم تكن الحاجة إلى حلول النقل المستدام أكثر إلحاحًا من أي وقت مضى.

**6. نهج متعدد الأبعاد لتحقيق انتقال منخفض الكربون:**

لتحقيق انتقال ناجح إلى نظام نقل منخفض الكربون، يلزم اتباع نهج متعدد الأبعاد، يجب على الحكومات تنفيذ سياسات تحفز اعتماد التقنيات النظيفة، مثل ضرائب الوقود والمدعيات للنقل العام ومعايير

الانبعاثات، بالإضافة إلى ذلك، تعد الاستثمارات في البحث والتطوير حاسمة لتطوير تكنولوجيا البطاريات والخلايا الوقودية الهيدروجينية وغيرها من التقنيات الناشئة.

7. **تطوروتحديات القطاع الصناعي:**

خضع القطاع الصناعي لتطور كبير، متحولًا من مجموعة متنوعة من التخصصات إلى مجال أكثر توحيدًا، تأثر هذا التحول بالمدرسة التاريخية والمدرسة النيوكلاسيكية للاقتصاد. في حين ركزت المدرسة التاريخية على المؤسسات والبحث التجريبي، ركز النهج النيوكلاسيكي على نماذج أكثر تجريدًا وتشكلات نظرية، مع مرور الوقت، كان هناك تقارب متزايد بين هذين النهجين، حيث قام الباحثون بشكل متزايد بدمج التحليل التجريبي مع النمذجة النظرية.

**8. استهلاك الطاقة في الصناعة ودور الطاقة المتجددة:**

يعد القطاع الصناعي مستهلكًا رئيسيًا للطاقة، ويؤثر اختيار مصادر الطاقة بشكل كبير على التنافسية الاقتصادية والاستدامة البيئية، تؤثر عوامل مختلفة على استهلاك الطاقة الصناعية، بما في ذلك طبيعة الصناعة، وكفاءة عمليات الإنتاج، وتكلفة الطاقة، والسياسات الحكومية.

يعد تحسين كفاءة الطاقة في الصناعة أمرًا حاسمًا للحد من التكاليف والتخفيف من تغير المناخ وتعزيز الاستدامة البيئية، يمكن تحقيق ذلك من خلال التطورات التكنولوجية وتحسين العمليات والتدخلات السياسية، تكتسب مصادر الطاقة المتجددة أهمية متزايدة في القطاع الصناعي بسبب المخاوف البيئية وارتفاع تكاليف الطاقة والتطورات التكنولوجية، تستثمر الحكومات والصناعات بشكل كبير في تقنيات الطاقة المتجددة للحد من بصمتها الكربونية.

**9. انتقال الجزائر إلى الطاقة المتجددة في القطاع الصناعي:**

تتمتع الجزائر، بمواردها الشمسية والريحية الوفيرة، بإمكانية أن تصبح رائدة في مجال الطاقة المتجددة، وضعت البلاد إطارًا قانونيًا وتنظيميًا قويًا لدعم تطوير الطاقة المتجددة، بما في ذلك القوانين التي تحكم إدارة الطاقة وتعزيز الطاقة المتجددة وتوزيع الكهرباء، إنشاء "طاقة الجزائر الجديدة" (NEAL) كانت خطوة مهمة نحو توحيد الجهود في قطاع الطاقة المتجددة وتنفيذ مشاريع واسعة النطاق.

من خلال تنويع مزيج الطاقة والحد من الاعتماد على الوقود الأحفوري، تسعى الجزائر إلى تعزيز أمن الطاقة والتخفيف من تأثيرات تغير المناخ، توفر الموارد الشمسية والريحية الشاسعة في البلاد فرصًا هائلة لتطوير مشاريع الطاقة المتجددة، ومع ذلك، لا تزال التحديات مثل الحاجة إلى استثمار المزيد، وتطوير القوى العاملة الماهرة، وتكامل الشبكة قائمة.

**10. التكنولوجيا المستدامة والاقتصاد:**

تقدم تقنيات الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، حلولًا واعدة لتقليل التأثير البيئي للقطاع السكني وخفض تكاليف الطاقة، تعمل الحكومات في جميع أنحاء العالم على تنفيذ سياسات ولوائح لتشجيع الإسكان المستدام واعتماد الطاقة المتجددة، بما في ذلك قوانين البناء والحوافز.

بينما قد تكون الاستثمار الأولي في الإسكان المستدام أعلى، يمكن تحقيق وفورات في التكاليف على المدى الطويل من خلال خفض استهلاك الطاقة وزيادة قيمة العقار، ومع ذلك، يواجه التبني الواسع النطاق للإسكان

المستدام تحديات مثل التكاليف الأولية العالية وقلة الوعي ونقص العمالة الماهرة، تلعب التطورات التكنولوجية، بما في ذلك تقنيات المنازل الذكية وأنظمة تخزين الطاقة، دورًا حاسمًا في تعزيز أداء المنازل المستدامة، تشكل قوانين البناء والمعايير عنصرًا حيويًا في تعزيز ممارسات البناء المستدام وضمان كفاءة الطاقة في المباني الجديدة، علاوة على ذلك، هناك اتجاه عالمي متزايد نحو الإسكان المستدام، حيث تقوم العديد من البلدان بتنفيذ سياسات وبرامج لتشجيع المباني الموفرة للطاقة.

**11. مبادرة الجزائر في مجال الإسكان المستدام:**

لقد حققت الجزائر خطوات كبيرة في دمج الطاقة المتجددة في القطاع السكني، لا سيما من خلال مبادرات الطاقة الشمسية، لعبت الحكومة، ولا سيما وزارة الإسكان، دورًا حاسمًا في تعزيز اعتماد الطاقة المتجددة في المنازل من خلال سياسات وبرامج مختلفة، كانت أنظمة الإضاءة الشمسية وأنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية خارج الشبكة للمنازل محور التركيز، من خلال اعتماد الطاقة المتجددة في القطاع السكني، يمكن للجزائر تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتحسين جودة الهواء وخلق فرص العمل. ومع ذلك، لا تزال التحديات قائمة، مثل التكاليف الأولية العالية وقلة الوعي والقيود المتعلقة بالبنية التحتية.

**12. مستقبل الإسكان المستدام في الجزائر:**

يبدو مستقبل الطاقة المتجددة في القطاع السكني الجزائري واعدًا، مع الدعم المستمر من الحكومة والتقدم التكنولوجي وزيادة الوعي العام، يمكن للجزائر الانتقال بنجاح إلى بيئة مبنية أكثر استدامة، على الرغم من وجود تحديات، فإن الفوائد المحتملة للإسكان المستدام، بما في ذلك خفض تكاليف الطاقة وتحسين الصحة وحماية البيئة، تجعلها استثمارًا يستحق العناء للبلاد.

**ثانيا / المقترحات والتوصيات**

**1. قطاع النقل**

أ. تعزيز استخدام المركبات الكهربائية.

ب. إنشاء بنية تحتية لشحن المركبات: تطوير شبكة واسعة من محطات الشحن في المدن والمناطق الريفية، بما في ذلك الشحن السريع.

ت. الحوافز الحكومية: تقديم تخفيضات ضريبية ودعم مالي للأفراد والشركات التي تشتري سيارات كهربائية.

ث. تطوير وسائل النقل العامة: عبر الاستثمار في الحافلات الكهربائية واستبدال الحافلات التقليدية بأخرى تعمل بالكهرباء، مما يقلل من الانبعاثات الكربونية.

ج. تحسين خدمات النقل المتكاملة: دمج أنظمة النقل المختلفة (الحافلات، المترو، القطارات) لتوفير خيارات نقل سلسة ومستدامة.

ح. تطبيق أنظمة النقل الذكي.

خ. أنظمة إدارة حركة المرور: استخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين تدفق المرور وتقليل الازدحام، مما يقلل من استهلاك الوقود.

د. تطوير تطبيقات الهاتف: توفير تطبيقات للمستخدمين تتيح لهم الوصول إلى معلومات حية عن وسائل النقل العامة، مما يشجع على استخدامها.

ذ. تشجيع وسائل النقل البديلة.

ر. إنشاء مسارات خاصة للدراجات: تطوير بنية تحتية آمنة للدراجات، مما يشجع المواطنين على استخدامها كبديل للنقل الشخصي.

ز. تنظيم فعاليات تشجيعية: تنظيم أحداث محلية لتشجيع المشي وركوب الدراجات، مثل "يوم بلا سيارات".

س. تنفيذ معايير كفاءة استهلاك الوقود، وتقديم حوافز ضريبية للسيارات منخفضة الانبعاثات، وإنشاء مناطق التسعير للازدحام.

**1. قطاع الصناعة**

أ. تحفيز استخدام الطاقة الشمسية في المناطق الصناعية.

ب. منح للشركات الصغيرة والمتوسطة: تقديم دعم مالي أو منح لتحفيز الشركات على الاستثمار في الطاقة الشمسية.

ت. تطوير مراكز تعليمية: إنشاء مراكز تعليمية للمصانع لتدريب الموظفين على كيفية استخدام وتركيب أنظمة الطاقة المتجددة.

ث. تحسين كفاءة الطاقة:

ج. برامج تقييم الطاقة: إجراء تقييمات دورية لاستهلاك الطاقة في المصانع وتقديم توصيات لتحسين الكفاءة.

ح. التكنولوجيا الحديثة: تشجيع اعتماد تكنولوجيا متقدمة مثل إنترنت الأشياء (IoT) لتحسين إدارة الطاقة.

خ. تطوير برامج إعادة التدوير.

د. تشجيع الابتكار في إعادة التدوير: دعم البحث والتطوير في تقنيات جديدة لإعادة تدوير المواد.

ذ. تحفيز الشراكات: خلق شراكات بين المصانع والشركات المتخصصة في إعادة التدوير لتبادل الموارد.

ر. استثمار في البحث والتطوير.

ز. مراكز الأبحاث: إنشاء مراكز متخصصة في تطوير تقنيات جديدة للطاقة المتجددة، وتشجيع التعاون مع الجامعات.

س. برامج المنح البحثية: تقديم منح للباحثين والمبتكرين في مجال الطاقة المتجددة.

**2. قطاع السكن**

أ. تحفيز تركيب الألواح الشمسية

ب. برامج التمويل المدعومة: توفير قروض منخفضة الفائدة للأسر التي ترغب في تركيب أنظمة الطاقة الشمسية.

ت. استدامة التصميم المعماري: تشجيع التصميم المعماري الذي يدمج الألواح الشمسية بشكل جمالي وفعال.

ث. تعزيز كفاءة الطاقة في المباني

ج. تطبيق معايير البناء الأخضر: إلزام المطورين بالالتزام بمعايير بناء مستدامة تضمن كفاءة استهلاك الطاقة.

ح. برامج تحسين المنزل: توفير دعم مالي للأسر التي تقوم بإجراء تحسينات على كفاءة الطاقة في منازلها، مثل العزل الحراري.

خ. حملات إعلامية: تنظيم حملات توعية على وسائل التواصل الاجتماعي ووسائل الإعلام المحلية حول أهمية الطاقة المتجددة.

د. ورش عمل تعليمية: إقامة ورش عمل للمجتمع المدني حول كيفية تقليل استهلاك الطاقة واستخدام مصادر الطاقة المتجددة.

ذ. تطوير برامج التمويل الأخضر المخصصة للمباني الخضراء

ر. شراكات مع البنوك: العمل مع البنوك المحلية لتقديم قروض ميسرة لدعم مشاريع الطاقة المتجددة في المنازل.

ز. أنظمة الدعم المباشر: توفير مساعدات مالية مباشرة للأسر ذات الدخل المنخفض لتحسين كفاءة الطاقة أو تركيب أنظمة الطاقة المتجددة.

س. تعزيز الاقتصاد الدائري من خلال تقليل النفايات، وإعادة استخدام المواد، وإعادة التدوير.

ش. تنفيذ برامج تحديث واسعة النطاق لتحسين كفاءة الطاقة في المباني الحالية.

ص. تعزيز التعاون الدولي لمعالجة تغير المناخ وتعزيز تقنيات الطاقة النظيفة.

**ثالثا / أفاق الدراسة**

تتناول التوجهات المستقبلية والإمكانات التي يمكن أن تتحقق من خلال تطبيق استراتيجيات تطوير استخدامات الطاقات المتجددة في القطاعات الاقتصادية، وخاصة في قطاعات السكن والصناعة والنقل بالجزائر أفاق واعدة والتي يمكن أن تكون مواضيع لأطروحات الدكتوراه والدراسات العليا. من بينها:

1. **تعميق البعد الافريقي من خلال تصدير نموذج جزائري متطور للمحطات الهجينة (الطاقة الشمسية مع الغاز الطبيعي) تساهم في تطوير استخدامات** الطاقات المتجددة لتحقيق تنمية اقتصادية وبيئية متوازنة ومستدامة. يمكن أن يجعل الجزائر نموذجًا للدول التي تتبنى الطاقات النظيفة.
2. **تعزيز الأمن الطاقوي من خلال تنويع المزيج الطاقوي الجزائري:** من خلال تعزيز استخدام الطاقات المتجددة في قطاع السكن بالخصوص يليه النقل ثم الصناعة، يمكن للجزائر أن تخفف من اعتمادها على المصادر التقليدية، مما يعزز الأمن الطاقوي ويقلل من التأثر بتقلبات أسعار النفط والغاز في الأسواق العالمية.
3. **الفرص الاقتصادية الجديدة لتطوير استخدامات الطاقة المتجددة في الاقتصاد الجزائري:** سيفتح الاعتماد على تقنيات الطاقة المتجددة مجالات جديدة في الصناعة والبحث والتطوير، مما يخلق فرص عمل جديدة ويدعم الاقتصاد الوطني. كما يمكن أن تتحول الجزائر إلى **مركز إقليمي لتكنولوجيا الطاقات المتجددة**.

يمكن اقتراح بعض العناوين بالنسبة لكل قطاع او في إطار تكامل قطاعي يضمن تطوير استخدامات الطاقة المتجددة:

**أولا / قطاع النقل**

1. تحليل الجدوى الاقتصادية لاعتماد المركبات الكهربائية في شبكات النقل العامة: دراسة حالة الجزائر مع دراسة مقارنة لدولة معينة.
2. تقييم تأثير البنية التحتية لشحن المركبات الكهربائية على سلوك المستهلكين: دراسة تحليلية.
3. استراتيجيات تعزيز استخدام وسائل النقل البديلة المستدامة في المدن الكبرى (العاصمة، وهران، سطيف والجلفة).
4. دور أنظمة النقل الذكي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة وتقليل الانبعاثات في قطاع النقل.

**ثانيا/ قطاع الصناعة**

1. تطبيق تقنيات الطاقة الشمسية في الصناعة: دراسة حالة لتقليل التكاليف وتحسين الكفاءة
2. تقييم دور الابتكار التكنولوجي في تعزيز كفاءة الطاقة في المصانع: مقاربة شاملة.
3. استراتيجيات إعادة التدوير واستخدام المواد المستدامة في الصناعة: نموذج متكامل.
4. تأثير الطاقة المتجددة على استدامة العمليات الصناعية: دراسة تطبيقية على الشركات المتوسطة والصغيرة.

**ثالثا/ قطاع السكن**

1. تحليل فعالية أنظمة الطاقة الشمسية في المباني السكنية: دراسات اقتصادية مع حالة مقارنة.
2. التكلفة الاقتصادية لتطوير نماذج تصاميم مستدامة للمنازل تعتمد على الطاقة المتجددة: استراتيجيات التنفيذ والتحديات.
3. أثر تبني تقنيات الطاقة المتجددة في القطاع السكني: دراسة ميدانية.
4. تقييم السياسات الحكومية لتشجيع استخدام الطاقة المتجددة في المباني السكنية: دراسات حالة من دول مختلفة.

**رابعا / دراسات متعددة القطاعات**

13. "التكامل بين القطاعات: استراتيجيات استخدام الطاقة المتجددة في النقل والصناعة والسكن لتحقيق التنمية المستدامة"
14. "دراسة تأثير التحولات في سياسات الطاقة المتجددة على القطاعات الوطنية الاستراتيجية: تحليل مقارن"
15. "إمكانية تحقيق الاستدامة في المدن الذكية من خلال إدماج الطاقة المتجددة في القطاعات المختلفة"

# قائمة المختصرات

## قائمة المختصرات (ترتيب أبجدي)

1. **APRUE**: l’Agence pour la Promotion et la Rationalisation de l’Utilisation de l'Energie.
2. **AAPG**: American Association of Petrol Geologists.
3. **CCS**: $CO_2$ Capture and Storage.
4. **CIF**: Cost Insurance and Freight.
5. **CIME**: le Comité Intersectoriel de la Maîtrise de l’Energie.
6. **CMED**: Commission mondiale pour l’environnement et le Développement.
7. **CNUED**: La Conférence des Nations Unies sur l’environnement et le Développement.
8. **FNME**: le Fonds National pour la Maîtrise de l’Energie.
9. **FOB**: Free on board.
11. **GECF**: Gas Exporting Countries Forum.
12. **GGFR**: Global Gas Flaring Reduction Partnership.
13. **GN**: Gaz Naturel.
14. **GNL**: Gaz Naturel Liquéfié.
15. **GNC**: Gaz Naturel Comprimé.
16. **GPL**: Gaz de Pétrole Liquéfié.
17. **GTL**: Gas To Liquids.
18. **IEA**: International Energy Agency.
19. **OCDE**: Organisation de Coopération et de Développement Economiques.
20. **PNME**: le Programme National de Maîtrise de l'Energie.
21. **SMDS**: Shell Middle Distillate Synthesis.
22. **TSGP**: Transe Saharien Gas Pipeline.
23. **UICN**: Union internationale pour la conservation de la nature.

## قائمة المختصرات المتعلقة بوحدات القياس (ترتيب أبجدي)

| | | |
|---|---|---|
| ***bcm*** | *billion cubic metres* | مليار متر مكعب |
| ***Gcal*** | *gigacalorie* | جيغا حرارية |
| ***GCV*** | *gross calorific value* | قيمة الحرارية |
| ***GW*** | gigawatt | جيغا واط |
| ***GWh*** | *gigawatt hour* | جيغاواط ساعي |
| ***kb/cd*** | *thousand barrels per calendar day* | ألف برميل في يوم جدولي |
| ***kcal*** | kilocalorie | كيلو حراري |
| ***kg*** | kilogramme | كيلوغرام |
| ***kJ*** | *kilojoule* | كيلو جول |
| ***KWH*** | *kilowatt hour* | كيلو واط ساعي |
| ***MBtu*** | *million British thermal units* | مليون وحدة حرارية بريطانية |
| ***Mt*** | *million tonnes* | مليون طن |
| ***Mtoe*** | *million tonnes of oil equivalent* | مليون طن نفط مكافئ |
| ***TJ*** | *terajoule* | تيرا جول |
| ***toe*** | *tonne of oil equivalent = 107 kcal* | طن نفط مكافئ = 107 كيلو حراري |
| ***TWh*** | *terawatt hour* | تيراواط ساعي |

# قائمة المراجع

# أولا: المراجع باللغة العربية (ترتيب أبجدي)


1. أحمد عمار، **مزيج توليد الكهرباء في الجزائر- هيمنة شبه كاملة للغاز(إنفوغرافيك)**، 2024.
2. برينيس عبد القادر، أمال قلبازة، **الطاقة المتجددة كبديل للطاقة الأحفورية في ظل تحديات حماية البيئة في الجزائر**، ورقة بحثية مقدمة ضمن فعاليات الملتقى الوطني حول "فعاليات الاستثمار في الطاقات المتجددة في ظل التوجه الحديث للمسؤولية البيئية"، جامعة سكيكدة، 2013.
3. الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية / العدد 32، 6 رجب عام 1432هـ الموافق لـ 8 يونيو سنة 2011
4. الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية / العدد 43، الأحد 20 جمادى الأولى عام 1424هـ الموافق لـ 20 يوليو سنة 2003.
5. الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية / العدد 44، الأربعاء 18 جمادى الأولى عام 1422هـ الموافق لـ 8 غشت سنة 2001 .
6. الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية / العدد 52، الأربعاء 02 رجب عام 1425هـ الموافق لـ 18 غشت سنة 2004 .
7. الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، القانون رقم 99-09 المتعلق بالتحكم في الطاقة، العدد56، الجزائر، 2أوت 1999.
8. الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، القانون رقم 04-09 المتعلق بالطاقات المتجدد والتنمية المستدامة، العدد52، الجزائر، 18 أوت 2004.
9. الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، مرسم تنفيذي رقم 03-10 المتعلق بحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة، العدد43، الجزائر، 2 أوت 2003.
10. الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، مرسم تنفيذي رقم 04-149 يحدد كيفيات إعداد برنامج وطني للتحكم في الطاقة المتجدد، العدد32، الجزائر، 23 ماي 2004.
11. الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، المحافظة الوطنية للطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية: **حوصلة الطاقة المتجددة في الجزائر الى غاية نهاية 2023**.
12. الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، لجنة الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، **تقرير حول تطوير غاز البترول المسال (GPL) والغاز الطبيعي المضغوط (GNC) كمحركات للانتقال إلى الطاقة النظيفة في قطاع النقل بالجزائر**، 2024.
13. حافظ جاسم عرب المولى، **دور الطاقات المتجددة في التحول إلى الاقتصاد الأخضر وتحقيق التنمية المستدامة**، شركة دار الأكاديميون للنشر والتوزيع، الأردن، 2022.
14. حسن أحمد شحاتة، **التلوث البيئي ومخاطر الطاقة**، الدار العربية للكتاب، القاهرة، يناير2002.
15. حلاسة هناء، طرايش معمر، **الطاقة المستدامة ودورها في تفعيل أبعاد التنمية المستدامة في الجزائر خلال الفترة 200-2021**، مجلة آفاق علمية، 16(01)، 2024.

16. حميدي كلثوم، حيولة إيمان، **سبل تحقيق التشغيل الكامل في ظل التنمية المستدامة، ملتقى دولي حول استراتيجية الحكومة في القضاء على البطالة وتحقيق التنمية المستدامة**، جامعة المسيلة، 15-16 نوفمبر2011.

17. خضير عقبة، عادل سلماني، **التجربة الجزائرية في مجال الطاقات المتجددة كبديل للبترول**، مجلة العلوم الإدارية والمالية، المجلد01، العدد01، الجزائر، ديسمبر 2017.

18. ردينة عثمان يوسف، **إدارة خدمات النقل الجوي**، دار المناهج للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2009.

19. زحوط إسماعيل، رسالة ماجستير بعنوان: **استراتيجية ترقية استخدامات الموارد الطاقوية الناضبة ضمن ضوابط التنمية المستدامة: دراسة مقارنة بين الجزائر والولايات المتحدة الأمريكية**، نوقشت علنا بتاريخ: 2013/06/19، مدارس الدكتوراه الاقتصاد الدولي والتنمية المستدامة، كلية الاقتصاد جامعة فرحات عباس سطيف.

20. سعد الدين عشماوي، **تنظيم وإدارة النقل، الأسس، المشكلات**، الحلو، دار المريخ للنشر، الرياض، المملكة العربية السعودية، 2023.

21. سليم بوقنة واخرون، **الطاقات المتجددة وتأثيرها على أبعاد التنمية المستدامة -دراسة حالة الجزائر**، مجلة الأصيل للبحوث الاقتصادية والإدارية، المجلد02، العدد3، 30-12-2018.

22. صبحي أحمد الدليمي ومنى علي دعيج الكناني، **الطاقة المتجددة: مفهومها، مصادرها، أهميتها**، دار إبصار ناشرون وموزعون، الطبعة1، 2022.

23. عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، **ترشيد استهلاك الطاقة**، دار مجدلاوي للنشر والتوزيع، عمان، 1996.

24. عبد الرؤوف رهبان، **الأهمية النسبية النوعية لموارد الطاقة (دراسة في جغرافية الطاقة)**، مجلة جامعة دمشق، المجلد 27، العدد الأول والثاني، 2011.

25. عبد الناصر حنو، **الجزائر ضمن 11 بلداً بإمكانها توفير 100 مليار دولار سنوياً بالانتقال إلى السيارات الكهربائية**، تاريخ النشر 18 نوفمبر,2023.

26. علي العبسي، بلال شيخي، **واقع وآفاق طاقة الرياح في الجزائر**، مجلة المقار للدراسات الاقتصادية، المجلد2، العدد1، الجزائر، 15-06-2018.

27. علي عبد السلام المعزاوي، **اقتصاديات النقل**، دار السلام للطباعة والنشر والتوزيع والترجمة، ط1، القاهرة، 2006.

28. فروحات حدة، **الطاقة المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر**، مجلة الباحث، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، العدد 2012/11.

29. منظمة الدول المصدرة للبترول OPEC، التقرير **السنوي الثالث والثلاثون**، العدد: 33.

30. القانون رقم 09 – 09 والقرار التنفيذي رقم 423-11 المتعلق بنشاء الصندوق الوطني للطاقة المتجددة والتوليد المشترك «في ديسمبر .2011».

31. قانون رقم 22-24 مؤرخ في اول جمادى الثانية عام 1444 هـ الموافق ل 25 ديسمبر 2022، يتضمن قانون المالية لسنة 2023.

32. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي أسيا، **الطاقة المتجددة: التشريعات والسياسات في المنطقة العربية**، الأمم المتحدة،2019.

33. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، **الطاقة وجدول أعمال القرن 21 –الأهداف والتقدم المحرزفي تطبيقها**، مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة، أوراق موجزة 2، جوهانسبورغ 26-أوت إلى 04 سبتمبر2002.

34. المجلس الاقتصادي والاجتماعي للأمم المتحدة، **دور العلم والتكنلوجيا والابتكار لتحقيق زيادة كبيرة في حصة الطاقة المتجددة بحلول عام 2030**، 2018.

35. محمد صلاح السباعي بكري الشربيني، **استثمارات الشركات المتعددة الجنسيات في تكنولوجيا الطاقة المتجددة**، دار الفكر الجامعي، مصر، 2017.

36. مداح عبد الهادي، جريو سارة، **و اقع و آفاق الطاقات المتجددة في الجز ائر**، مجلة الحدث للدراسات المالية والاقتصادية، 2021.

37. المصدر: تقرير وكالة الأعمال الهولندية بعنوان "**زيادة عدد الوظائف الدائمة والإيرادات المرتبطة بشكل مباشر بقطاع المركبات الكهربائية في هولندا**، 2008-2020.

38. معهد فرانهوفر الألماني للنظام الطاقوي الشمسي Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE، **دراسة حول: كلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية**، نوفمبر 2013، ألمانيا.

39. نادين ماي، أطروحة دكتوراه بعنوان: **التوازن البيئي للكهرباء الشمسية المتصلة بين شمال افريقيا واوربا**، جامعة برانشوينغ التقنية، المانيا، اوت 2015.

40. نبيل جعفر عبد الرضا، **اقتصاد الطاقة**، دار الكتاب الجامعي، لبنان، 2017.

41. ندى عبروس، السيارات الكهربائية- الجزائر تسعى لمواكبة سوقها العالمية, 2022.

42. هشام حريز، **دور إنتاج الطاقة الطاقات المتجددة في إعادة هيكلة سوق الطاقة**، مكتبة الوفاء القانونية، مصر، 2014.

43. هشام مكي، **دور قطاع النقل في تحقيق التنمية المستدامة – الاتحاد الأوروبي نموذجا**، مداخلة مقدمة ضمن فعاليات ملتقى دولي بجامعة المسيلة حول استراتيجيات وآفاق تطوير قطاع النقل في الجزائر في إطار التنمية الوطنية، 07 و08 أكتوبر 2013.

44. الهيئة الحكومية الدولية للتغير المناخي المناخ (IPCC)، الأمم المتحدة، **تقرير حول: مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من آثار تغير المناخ**، نشر للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2011.

45. وزارة الطاقم والمناجم، **برنامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية**، صات انفو، سونلغاز، مارس2011.

46. وكالة الأنباء الجزائرية، **الجز ائر تمتلك أحد أكبر حقول الطاقة الشمسية في العالم**، 2024.

47. الوكالة الجزائرية لترقية الاستثمار، **الإمكانيات المتوفرة في مجال الطاقات الجديدة والمتجددة**، 2024.

## ثانيا: المراجع باللغة الأجنبية (ترتيب أبجدي)

### A. OEUVRAGES

1. Marshall, **Principles of Economics**, 8th edn (London, Macmillan, 1938).
2. Marshall, **The New Cambridge Curriculum in Economics and Associated Branches of Political Science** (London, Macmillan, 1903).
3. Phillips and R. E. Stevenson, **'The historical development of industrial organisation',History of Political Economy**, vol. 6, no. 3 ,Fall 1974.
4. W. Coats, **'The first two decades of the American Economic Association'**, American Economic Review, vol. 50 (1960).
5. Abderrahmane MEBTOUL. In : Revue L'Algérie au XXI siècle du 01/03/2003 **: Le secteur des hydrocarbures face aux enjeux de mondialisation**. Dar El-Gharb.
6. Adesaanu Eunice Ejiroro, Dr Eseosa Omorogiuwa, **Challenges and Way Forward Of Renewables In Developing Energy Economy: Today And Tomorrow**, International Journal of Recent Engineering Science (IJRES), Volume 7 Issue 4 July - Aug 2020.
7. Akadiri PO, Chinyio EA, Olomolaiye PO. **Design of a sustainable building: A conceptual framework for implementing sustainability in the building sector. Buildings**. 2012.
8. Aleksy Kwilinski, Oleksii Lyulyov, Tetyana Pimonenko, **Reducing transport sector CO2 emissions patterns: Environmental technologies and renewable energy**, Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, vol 10, n1, March 2024.
9. Almssad A, Almusaed A. **Environmental reply to vernacular habitat conformation from a vast area of Scandinavia.** Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015.
10. Almusaed A, Almssad A. **Building materials in eco-energy houses from Iraq and Iran. Case Studies in Construction Materials.** 2015.
11. Almusaed A, Almssad A. Introductory chapter: **Housing policy matters. In: Housing.** UK: IntechOpen; 2018.
12. Almusaed A, Yitmen I, Almssad A, Homod RZ. **Environmental profile on building material passports for hot climates.** Sustainability (Switzerland). 2020.
13. Almusaed A. Biophilic and Bioclimatic **Architecture, Analytical Therapy for the Next, Generation of Passive Sustainable Architecture.** England, London: Springer-Verlag Limited; 2011.

14. Amaral REC, Brito J, Buckman M, Drake E, Ilatova E, Rice P, et al. **Waste management and operational energy for sustainable buildings: A review. Sustainability**. 2020.
15. Amin Paykani, Hamed Chehrmonavari, Athanasios Tsolakis, Terry Alger, William F. Northrop, Rolf D. Reitz, **Synthesis gas as a fuel for internal combustion engines in transportation, Progress in Energy and Combustion Science**, Volume 90, May 2022.
16. André Gardel, **DEFINITIONS AND SOURCES OF ENERGY, Energy: Economy and Prospective**, 1981.
17. Andreas W. Schäfer, Ian A. Waitz, **Air transportation and the environment, Transport Policy**, Volume 34, July 2014.
18. Asmiragroup, The Impact of Fuel Prices on the Economy, pub October 13-2023, cit 15-09-2024: https://www.asmiragroup.com/en/news/2/blog/2035/the-impact-of-fuel-prices-on-the-economy.aspx
19. Authority for the Regulation of Energy, Grids and Environment (in Italian, Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA)). Available online: https://www.arera.it/it/dati/condec.htm (accessed on 28-09-2024).
20. Ayhan Demirbas, Alternative Fuels for Transportation, ENERGY EXPLORATION & EXPLOITATION, Volume 24, N 1-2, 2006, pp45–54.
21. Ballerini, V.; Rossi di Schio, E.; Valdiserri, P. **How the Energy Price Variability in Italy Affects the Cost of Building Heating: A Trnsys-Guided Comparison between Air-Source Heat Pumps and Gas Boilers.** Buildings 2022, 12, p1936.
22. Bendik Nybakk Torsæter, Electric transport, cit 15-09-2024: https://www.sintef.no/en/expertise/sintef-energy-research/el-bil-mobilt-lager/
23. Benjamin Campbell, Marginal-Cost Pricing, Published on 01 January 2016, cit 01-09-2024: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1057/978-1-349-94848-2_548-1
24. Bhanu Prakash Sandaka, Jitendra Kumar, Alternative vehicular fuels for environmental decarbonization: A critical review of challenges in using electricity, hydrogen, and biofuels as a sustainable vehicular fuel, Chemical Engineering Journal Advances, vol 14, 15 May 2023, 100442.
25. Billy Cassano, 7 Strategies for Enhancing Energy Efficiency in the Industrial Sector, cit: 21-09-2024: https://tractian.com/en/blog/energy-efficiency-industry-strategies
26. BP Energy Outlook 2019, **Insights from the Evolving transition scenario – China 2019-2040.**
27. BP **Statistical Review of World Energy, 68th edition,** 2019.

28. BP, **annual report**, **Statistical Review of World Energy 2019**, (June 2019).
29. BP, **Statistical review of world energy full report 2012.**
30. Bozarth, R. B. Handfield, Wprowadzenie do zarządzania operacjami i łańcuchem dostaw, Kompletny podręcznik logistyki i zarządzania dostawami [eng. orig. Introduction to Operations and Supply Chain Management], Helion, Gliwice 2007, pp. 80.
31. K. Rowley in the preface to his Readings in Industrial Economics, Vol. II, Macmillan, London (1972).
32. Central Intelligence Agency U.S (CIA), **Algeria - 2022 World Factbook Archive, 2022.**
33. Centre for public impact, pub 17-08-2016: https://www.centreforpublicimpact.org/insights/evaluation-pitfalls-popular-programmes
34. CFI Team, Derived Demand, cit 10-09-2024: https://corporatefinanceinstitute.com/resources/economics/derived-demand/
35. Chems-eddine CHITOUR, **l'énergie : les enjeux de l'an 2000**, OPU, Alger, 1994.
36. Clémençon R. **From Rio 1992 to Rio 2012 and beyond: Revisiting the role of trade rules and financial transfers for sustainable development.** Journal of Environment & Development. 2012, 21(1), pp5-14. DOI: 10.1177/1070496512436890
37. Crispin George, The Essence of Risk Identification in Project Risk Management: An Overview, International Journal of Science and Research, 9(2), 2020, pp1553-1557
38. Da Jiang, Wei Zhu, BalaAnand Muthu, Tamizharasi G. Seetharam, Importance of implementing smart renewable energy system using heuristic neural decision support system, Sustainable Energy Technologies and Assessments journal, Volume 45, June 2021, 101185, https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101185
39. Daniela García, Daniel Avendaño Leadem, Energy transition and path dependence the case of Costa Rica, Revista Geografica de America Central 61E (3), December 2018, pp281-284.
40. Darshan Joshi, Hydrogen vs Electric Cars: Which is Better for the Future?, cit 15-08-2024: https://bacancysystems.com/blog/hydrogen-vs-electric-cars
41. data.albankaldawli, cit 18-09-2024: https://data.albankaldawli.org/indicator/EN.CO2.TRAN.ZS?locations=DZ
42. David Jolly, Norway Is a Model for Encouraging Electric Car Sales, pub 17-12-2015, cit 18-09-0-2024: https://www.nytimes.com/2015/10/17/business/international/norway-is-global-model-for-encouraging-sales-of-electric-cars.html?_r=0

43. Djamila Ait Akil, **étude de développement de l'infrastructure électrique en Algérie**, **contribution à la résorption des déséquilibres régionaux, analyse rétrospective (1970-1995) et perspectives**, thèse de magister, Institute des sciences économiques, alger,1999.
44. Dutil Y, Rousse D, Quesada G. Sustainable buildings: An ever evolving target. Sustainability. 2011, 3(2), pp443-464. DOI: 10.3390/su3020443
45. Dutil Y, Rousse D, Quesada G. Sustainable buildings: An ever evolving target. Sustainability. 2011, 3(2), p443-464. DOI: 10.3390/su3020443
46. Ebru Ergöz Karahan, Henk Visscher, Catalina Turcu, **Energy Efficiency and Environmental Sustainability of Housing**, cit 19-09-2024: https://enhr.net/energy-efficiency-and-environmental-sustainability-of-housing/
47. Enerdata, **Global Energy Statistical Yearbook, 2019.**
48. energy.gov, Renewable Energy in the United States, cit: 21-09-2021: https://www.energy.gov/eere/renewable-energy
49. energy.gov, **Residential Renewable Energy**, cit 15-09-2024: https://www.energy.gov/energysaver/residential-renewable-energy
50. ENI, **Annual-Report-2023**, 2024.
51. ens.dk, Denmark's Energy Islands, cit 15-09-2024: https://ens.dk/en/our-responsibilities/offshore-wind-power/denmarks-energy-islands .
52. European Parliament. Energy Performance of Buildings: Climate Neutrality by 2050, Press Release 9 February 2023—10:09 a.m. Available online: https://www.europarl.europa.eu/news/it/press-room/20230206IPR72112/energy-performance-of-buildings-climate-neutrality-by-2050 (28-09-2024).
53. European Union (EU), **Renewable Energy Directive**, DIRECTIVE 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, **on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently**, repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, 23 April 2009.
54. European Union. Directive (EU) 2018/2002 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 Amending Directive 2012/27/EU **on Energy Efficiency**. Available online: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2018.328.01.0210.01.ENG (accessed on 28-09-2024).
55. European Union. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 **on the Energy Performance of Buildings**. Available online: http://data.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj (28-09-2024).
56. Frankfurt School, **Global Trends in Renewable Energy Investment 2018**, Frankfurt School – UNEP Collaborating Centre, Frankfurt School of Finance & Management,Frankfurt, 2018.

57. Full report, Fostering Effective Energy Transition 2023, Published: 28 June 2023, cit: 21-09-2024: https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2023/in-full/germany/
58. Full report, Fostering Effective Energy Transition 2023, Published: 28 June 2023, cit: 21-09-2024: https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2023/in-full/germany/
59. G. Bridge et al, Geographies of energy transition: space, place and the low-carbon economy, Energy Policy, 2013, pp1-5.
60. G. C. Allen, British Industries and their Organisation (London, Longmans, 1959) which first appeared in 1933, had the stated aim 'to describe the structure of certain British industries against the background of their historical development, at the same time considering some of the more significant trends in British industry as a whole' (preface to 1959 edn).
61. G. F. Shove, 'The place of Marshall's Principles in the development of economic theory', Economic Journal, vol. 52 (1942), pp. 294-329.
62. G. L. S. Shackle, The Years of High Theory, CUP, Cambridge (1967), p. 47
63. Globalabc, cit 15-09-2024: https://globalabc.org/global-status-report
64. Globalabc, cit 15-09-2024: https://globalabc.org/global-status-report
65. GREEN THINKING, **Sustainability in Denmark** , cit 15-09-2024: https://denmark.dk/innovation-and-design/sustainability
66. Grin J, Rotmans J, Schot J. **Transition to sustainable development: New direction in the study of long term transformative change. In: Routledge Study in Sustainability Transformation**. NY/London: Routledge; 2010.
67. Group-met, Pros And Cons Of Fossil Fuels & Why Can Fossil Fuels Be Good?, pub July 6-2020, cit 18-09-2024: https://group.met.com/en/mind-the-fyouture/mindthefyouture/pros-and-cons-of-fossil-fuels
68. Gyurkovich J. Living space in a city—selected problems of shaping modern housing complexes in cracow—a multiple case studies: Part 1—the case study of urban villas. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019;471:092015
69. Håkan Dahlström, Three strategic steps to reduce emissions in development for a carbon-neutral future, 05/11/2015, cit 21-09-2024: https://www.albankaldawli.org/ar/news/feature/2015/05/11/decarbonizing-development-zero-carbon-future
70. Hanif Auwal Ibrahim, & all, Sustainability of power generation for developing economies: A systematic review of power sources mix, Energy Strategy Reviews journal, Volume 47, May 2023, 101085, https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101085 .
71. Harjanne, Atte, and Janne M. Korhonen. "**Abandoning the concept of renewable energy**." Energy Policy 127 (**2019**): 330-340.
72. Hernández, F.F.; Suárez, J.M.P.; Cantalejo, J.A.B.; Muriano, M.C.G**. Impact of zoning heating and air conditioning control systems in users comfort**

**and energy efficiency in residential buildings**. Energy Convers. Manag. 2022, 267, 115954.

73. Hivepower, **Renewable Energy in Denmark: What you Should Know**, pub january 17-2022, cit 15-09-2024: https://www.hivepower.tech/blog/renewable-energy-in-denmark-what-you-should-know
74. Houshmand Masoumi, Energy Consumption and Transportation in Developing Countries: Need for Local Scenario- Based Energy Efficiency Plans, Renewable Energy and Sustainable Development 6(2), December 2020, p2426.
75. Housingeurope, **Exploring energy efficiency and sustainability in residential buildings in Denmark, Italy and Slovenia: Insights from the Super-I project**, pub 3-06-2024, cit 15-09-2024: https://www.housingeurope.eu/resource-1915/exploring-energy-efficiency-and-sustainability-in-residential-buildings-in-denmark-italy-and-slovenia-insights-from-the-super-i-project
76. http://www.naukowy.pl/encyklopedia/Proces_logistyczny , 30.06.2010, cit 22-09-2024.
77. Iea, Renewable energy in transport by fuel in 2023, cit 08-09-2024: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/renewable-energy-in-transport-by-fuel-in-2023
78. Info-nobil-no, 2023, cit 15-09-2024: https://info.nobil.no/english
79. International Bank for Reconstruction and Development/**The World Bank (2023).**
80. International Energy Charter, **agreed text for adoption in The Hague at the Ministerial Conference on the International Energy Charter** on 20 May 2015.
81. IRENA , **Running on Renewables: Transforming Transportation Through Renewable Technologies**, 14 January 2018.
82. Irena, China Renewable Energy Market: Installed Renewable Energy Capacity, in GW, China, 2015-2021 https://www.irena.org/, cit: 21-09-2024
83. IRENA, IRENA Renewable Energy Statistics Training, **Overview of renewable energy**, 2019.
84. J. Dorfman, 'The role of the German Historical School in American economic thought', American Economic Association Papers and Proceedings, vol. 67 (1955), pp17-28.
85. J. S. Bain, 'The theory of monopolistic competition after thirty years', American Economic Association Papers and Proceedings, vol. 76 (1964), pp. 28-32.
86. Jakob Carlander, Patrik Thollander, Barriers to implementation of energy-efficient technologies in building construction projects — Results from a

Swedish case study, Resources, Environment and Sustainability journal, Volume 11, March 2023, pp165-178.
87. Jaroslav Legemza, Mária Fröhlichová, Róbert Findorák, Fossil fuels and renewable energy sources, In book: Biomass and Carbon Fuels in Metallurgy, December 2019, pp.11-18.
88. Jean-Paul Rodrigue, Potential Impacts Of High Energy Prices On Transportation, Pub MAY 17-2022, Cit 18-09-2024: Https://Transportgeography.Org/Potential-Impacts-Of-High-Energy-Prices-On-Transportation/
89. Jean-Paul Rodrigue, Theo Notteboom, Transportation and Economic Development, cit 22-09-2024: https://transportgeography.org/contents/chapter3/transportation-and-economic-development/factors-behind-the-development-of-transport-systems/
90. Jerzy Jedrzejewski, Wojciech Kwasny, Study on Reducing Energy Consumption in Manufacturing Systems, Journal of Machine Engineering, Vol. 11, No. 3, 2011, 2-15.
91. Jingjing Zhao, Shahram Heydari, Michael Forrest, Alan Stevens, John Preston, Investigating correlates of personal and freight road transport energy consumption: A case study of England, Journal of Transport Geography, Volume 112, October 2023, 103693.
92. John Dadzie, Goran Runeson, Francis Kwesi Bondinuba, Grace K C Ding, Barriers to Adoption of Sustainable Technologies for Energy-Efficient Building Upgrade—Semi-Structured Interviews, Buildings journal, 8(4), April 2018 p57.
93. John McCaw, Four Alternative Fuels For Transportation Companies, pub April 20-2021, cit 15-09-2024: https://www.breakthroughfuel.com/blog/overview-alternative-transportation-fuels/
94. John McCaw, Four Alternative Fuels For Transportation Companies, pub 20-04-2021, cit 18-09-2024: https://www.breakthroughfuel.com/blog/overview-alternative-transportation-fuels/
95. John McKenna, Costa Rica ran entirely on renewable energy for more than 250 days last year, Published: Apr 20 2017, cit: 21-09-2021: https://www.weforum.org/agenda/2017/04/costa-rica-ran-entirely-on-renewable-energy-for-more-than-250-days-last-year/
96. John McKenna, op. cit.
97. Joyce Dargay, The effect of income on car ownership: evidence of asymmetry. Transportation Res Part A: Policy Practice, Transportation Research Part A Policy and Practice 35(9), November 2001, pp807-821.

98. K. Kanemoto et al, International trade undermines national emission reduction targets: new evidence from air pollution, Glob. Environ, Change, 2014, p15.
99. Kaushik ACG. Renewable energy technologies for sustainable development of energy efficient building. Alexandria Engineering Journal. 2018, 57(2), pp655-669. DOI: 10.1016/j.aej.2017.02.027
100. Kawtar Ibn Batouta، Sarah Aouhassi, Khalifa Mansouri, Energy Efficiency In The Manufacturing Industry — A Tertiary Review And A Conceptual Knowledge-Based Framework, Energy Reports Journal, Volume 9, December 2023, pp 4635-4653.
101. Kemp R. **Technology and the transition to environmental sustainability: The problem of technology regime shift.** Futures. 1994.
102. Kenneth Ifeanyi Ibekwe1, Aniekan Akpan Umoh, Zamathula Queen Sikhakhane Nwokediegwu, Emmanuel Augustine Etukudoh, Valentine Ikenna Ilojianya, & Adedayo Adefemi, Energy Efficiency In Industrial Sectors: A Review Of Technologies And Policy Measures, Engineering Science & Technology Journal, Volume 5, Issue 1, January 2024, Pp171-173.
103. Khairul Nizam Abdul Maulud, Potential For Adoption Of Renewable Energy As Alternative Energy Sources In Developing Region, Conference: Proceedings Of The 5th International Conference On ENERGY, ENVIRONMENT, ECOSYSTEMS And SUSTAINABLE DEVELOPMENT (EEESD '09)At: Vouliagmeni, Athens, Greece, September 2009.
104. Khaled Obaideen, Maryam Nooman AlMallahi, Abdul Hai Alami, Mohamad Ramadan, Mohammad Ali Abdelkareem, Nabila Shehata, A.G. Olabi, On the contribution of solar energy to sustainable developments goals: Case study on Mohammed bin Rashid Al Maktoum Solar Park, International Journal of Thermofluids, Volume 12, November 2021: https://doi.org/10.1016/j.ijft.2021.100123
105. Klimavest, Sustainable and responsible investing Profitable and Green Investing in 2024, Published in 12.04.2024, cit 21-09-2024: https://klimavest.de/en/knowledge/guide/sustainable-and-responsible-investing/
106. Krieger J, Higgins DL. **Housing and health: Time again for public health action**. American Journal of Public Health. 2002;92(5):758-768
107. Krishna Kumar Jaiswal,& al, Renewable and sustainable clean energy development and impact on social, economic, and environmental health, Energy Nexus journal, Volume 7, September 2022, p100118.
108. L. C. Robbins, An Essay on the Nature and Significance of Economic Science (London, Macmillan, 1935).
109. Lehmann S. Green Urbanism: Formulating a Series of Holistic Principles, Online since 12 October 2010, connection on 04 December

2021, SAPIENS, 2010, 3(2), Available from: http://journals.openedition.org/sapiens/1057

110. lhyfe-heroes, Understanding what a hydrogen battery is, pub 09-08-2024, cit 18-09-2024: https://www.lhyfe-heroes.com/about-hydrogen/what-is-a-hydrogen-battery
111. Linda STEG, SUSTAINABLE TRANSPORTATION: A Psychological Perspective, IATSS Research journal, Volume 31, Issue 2, 2007, Pp 58-66.
112. Lora chinn, Renewable Energy: The Clean Facts, Published in June 1, 2022, cit 21-08-2024:
113. Lori Bird, Joseph Womble, State of the US Clean Energy Transition: Recent Progress, and What Comes Next, Published: February 7, 2024, cit: 21-09-2024: https://www.wri.org/insights/clean-energy-progress-united-states
114. Lucía Fernández, Energy consumption of the residential sector in the United States from 1975 to 2023, Apr 25, 2024, cit 15-09-2024: https://www.statista.com/statistics/183625/us-residential-sector-energy-consumption-from-2000/
115. M. Filippini et al, Residential energy demand and energy-efficiency of the EU member states: a stochastic frontier approach, Energy Policy, 2014, p11-12.
116. M. J. Farrell, 'Deductive systems and empirical generalisations in the theory of the firm', Oxford Economic Papers, vol. 4 (1952), pp. 45-9.
117. m.geidco, cit 15-09-2024: https://m.geidco.org.cn/pcarticle/1073
118. M.Yu. Shabalov, & al, The influence of technological changes in energy efficiency on the infrastructure deterioration in the energy sector, Energy Reports journal, Volume 7, November 2021, Pp2664-2680.
119. Marc Barthélemy, Transportation Network, in Physics Reports 2011, cit 11-09-2024: https://www.sciencedirect.com/topics/physics-and-astronomy/transportation-network
120. Maria Kottari, PROMOTING SUSTAINABLE MOBILITY: A VIEW FROM THE NETHERLANDS, pub Mar 29-2023, cit 15-09-2024: https://www.ippi.org.il/promoting-sustainable-mobility-a-view-from-the-netherlands/
121. Marie Aarestrup Aasness, James Odeck, The increase of electric vehicle usage in Norway—incentives and adverse effects, European Transport Research Review 7(4), 2015, p10.
122. Marija Petrović-Ranđelović, Nataša Kocić, The importance of renewable energy sources for sustainable development, Economics of Sustainable Development journal, 4(2), 2020, pp15-24
123. Marshall, op. cit. (n. IO), p. 778.
124. Mary-Ann Knudstrup, Hanne Tine Ring Hansen, Camilla Brunsgaard, **Approaches to the design of sustainable housing with low CO2 emission**

**in Denmark**, Renewable Energy, vol34, n9, September 2009, Pp 2007-2015.

125. Md Qamruzzaman, Do natural resources bestow or curse the environmental sustainability in Cambodia? Nexus between clean energy, urbanization, and financial deepening, natural resources, and environmental sustainability, Energy Strategy Reviews, Volume 53, May 2024, 101412
126. Meier, P. Vagliasindi, & others, **The Design and Sustainability of Renewable Energy Incentives: An Economic Analysis,** World Bank, 2015.
127. Michael Keenan, Marginal Cost: Definition, Formula, and Examples (2024), Published on jul 14, 2023, cit 01-09-2024: https://www.shopify.com/blog/what-is-marginal-cost
128. Michael Mussa, The Impact of Higher Oil Prices on the Global Economy, INTERNATIONAL MONETARY FUND, December 8-2000, pp23-24.
129. Mikhail Shabalov, Y.L. Zhukovskiy, Aleksandra Buldysko, Bernard Gil, The influence of technological changes in energy efficiency on the infrastructure deterioration in the energy sector, Energy Reports 7(10), November 2021, pp 2664-2680.
130. Mitch Wiesinger, **Sustainable Solutions for the World of Tomorrow**, pub 17.6.2024, cit 15-09-2024: https://www.visitdenmark.com/denmark-pavillion/press/sustainable-solutions-world-tomorrow
131. Mordorintelligence, China Renewable Energy Market Size and Share Analysis - Growth Trends and Forecast (2024 - 2029), , Published: 2023,cit: 21-09-2024: https://www.mordorintelligence.com/ar/industry-reports/china-renewable-energy-market
132. Muhammad Khalid, Smart grids and renewable energy systems: Perspectives and grid integration challenges, Energy Strategy Reviews journal, Volume 51, January 2024, 101299, https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101299
133. Nabila RAHMINE et Rachida IHADADENE , **Energie Renouvelables**, Pages Bleues, Algérie, 2018.
134. Neste, Why does transport need renewable fuels?, pub12-08-2024: https://www.neste.com/news-and-insights/transportation/transportation-and-renewable-fuels
135. Noah Kaiser, Christina K. Barstow, Rural Transportation Infrastructure in Low- and Middle-Income Countries: A Review of Impacts, Implications, and Interventions, Sustainability journal, 14(4), 2022, p2119.
136. Norvento, Industrial, comercial and residential energy demand, pub 27-07-2023, cit 13-09-2024: https://www.norvento.com/en/blog/industrial-comercial-and-residential-energy-demand/

137. Norvento, Industrial, comercial and residential energy demand, pub 27-07-2023, cit 13-09-2024: https://www.norvento.com/en/blog/industrial-comercial-and-residential-energy-demand/
138. Olga Mazurova; Elena Galperova, Energy Consumption in the Transport Sector: Trends and Forecast Estimates, IEEE, Published in (03-04 October 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon), cit 18-09-2024,
139. Olusanya E. Olubusoye, Sylvester Anaba, Electricity Generation from Renewable Resources, In book: Affordable and Clean Energy, January 2020, pp.1-13, DOI:10.1007/978-3-319-71057-0_137-1.
140. Omer AM. Built environment: Relating the benefits of renewable energy technologies. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME). 2012, 5, p561-575. DOI: 10.15282/ijame.5.2012.3.0044.
141. One of the early studies which still deserves reading today is A. A. Berle and G. G. Means, The Modern Corporation and Private Property, Harcourt, Brace and World, New York (1932), rev. ed. (1967)
142. P. J. Devine, R. H. Jones, N. Lee and W. J. Tyson, An Introduction to Industrial Economics, Allen and Unwin, London, (1974), p. 23
143. P. Nejat et al, A global review of energy consumption, CO2 emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO2 emitting countries), Renew. Sustain. Energy Rev, 2015, p14.
144. P. Sraffa, 'The law of returns under competitive conditions', Economic Journal, vol. 36 (1926), pp. 535-50.
145. P. W. S. Andrews, 'Industrial analysis in economics', in T. Wilson and P. W. S. Andrews (eds), Oxford Studies in the Price Mechanism (Oxford, Clarendon Press, 1951); and P. W. S. Andrews, 'Industrial economics as a specialist subject', Journal of Industrial Economics, vol. I (1952).
146. P.K. Senecal, Felix Leach, Diversity in transportation: Why a mix of propulsion technologies is the way forward for the future fleet, Results in Engineering journal, Volume 4, December 2019, 100060.
147. People's Democratic Republic of Algeria, Commission for Renewable Energy and Energy Efficiency, Assessment Of Renewable Energy Capacities Installed In Algeria At The End Of 2023, p05.
148. Philipp Haessler, Strategic Decisions between Short-Term Profit and Sustainability, Adm. Sci. 2020, 10(3), 63; https://doi.org/10.3390/admsci10030063 .
149. Phscom**, The Benefits of Renewable Energy to Social Housing: A Breakdown for Local Authorities**, pub 21-3-2023, cit 15-09-2024: https://phscom.co.uk/the-benefits-of-renewable-energy-to-social-housing-a-breakdown-for-local-authorities/

150. Phscom, **The Benefits of Renewable Energy to Social Housing: A Breakdown for Local Authorities**, pub 21-3-2023, cit 15-09-2024: https://phscom.co.uk/the-benefits-of-renewable-energy-to-social-housing-a-breakdown-for-local-authorities/
151. Por. http:// c.wrzuta.pl/wo8503/.../0/logistyka%203.pdf, 25.04.2012, cit 22-09-2024.
152. Quickonomics, Marginal Cost Pricing, Published Apr 29, 2024, cit 10-09-2024, https://quickonomics.com/terms/marginal-cost-pricing/
153. Qusay Hassan, Aws Zuhair Sameen, Hayder M. Salman, Marek Jaszczur, Ali Khudhair Al-Jiboory, Hydrogen energy future: Advancements in storage technologies and implications for sustainability, Journal of Energy Storage, vol 72, 20 November 2023, 108404.
154. Qusay Hassan, Patrik Viktor, Tariq J. Al-Musawi, Bashar Mahmood Ali, Sameer Algburi, Haitham M. Alzoubi, Ali Khudhair Al-Jiboory, Aws Zuhair Sameen, Hayder M. Salman, Marek Jaszczur j, The renewable energy role in the global energy Transformations, Renewable Energy Focus, Volume 48, March 2024, https://doi.org/10.1016/j.ref.2024.100545
155. Qusay Hassan, Sameer Algburi, Aws Zuhair Sameen, Hayder M. Salman, Marek Jaszczur, Green hydrogen: A pathway to a sustainable energy future, International Journal of Hydrogen Energy, vol 50, n2, 2024, P310-333.
156. Qusay Hassan, Sameer Algburi, Aws Zuhair Sameen, Hayder M. Salman, Marek Jaszczur, A review of hybrid renewable energy systems: Solar and wind-powered solutions: Challenges, opportunities, and policy implications, Results in Engineering journal, Volume 20, December 2023, https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101621 .
157. R. B. Heflebower and G. W. Stocking (eds), AEA Readings in Industrial Organisation and Public Policy (Homewood, Ill., Irwin, 1958), p.v.
158. Ranjula Bali Swain, Amin Karimu, Renewable electricity and sustainable development goals in the EU, World Development journal, Volume 125, January 2020, 104693: https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104693
159. REN21, **Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Renewable Energy Policies in a Time of Transition,**2018.
160. REN21**, Renewables 2019 Global Status Report**, 2019.
161. REN21, **Renewables Global Futures Report: Great Debates towards 100% Renewable Energy**,2017.
162. René Taudal Poulsen, Martin Viktorelius, Hanna Varvne, Hanna Barbara Rasmussen, Hannes von Knorring, Energy efficiency in ship operations - Exploring voyage decisions and decision-makers, Transportation Research Part D: Transport and Environment, vol 102, January 2022, 103120.

163. Rogers, J. N., B. Stokes, J. Dunn, H. Cai, M. Wu, Z. Haq, H. Baumes, An Assessment of the Potential Products and Economic and Environmental Impacts Resulting from a Billion Ton Bioeconomy, biofuels, Bioproducts, and Biorefining, 2016, 110–128.
164. Saket Mundra, shika Shyamkishore, Ramesh Bhande, Alternative Transportation Fuels, World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences, 7(2), 07- 2022 ,pp 044-053, DOI:10.30574/wjaets.2022.7.2.0123
165. Salman Zafar, **Renewable Energy in Algeria**, October 15, 2023.
166. Samir Saci, Transportation Network Analysis with Graph Theory, Jan 12-2022, cit 13-09-2024: https://www.samirsaci.com/transportation-network-analysis-with-graph-theory/
167. Sascha Samadi, Andreas Fischer, Stefan Lechtenböhmer, The renewables pull effect: How regional differences in renewable energy costs could influence where industrial production is located in the future, Energy Research & Social Science, vol104, October 2023, 103257.
168. Sebastian Weise, **Sustainability in housing and why it is important**, Published 21-03-2023, cit 18-09-2024: https://www.placechangers.co.uk/blog/sustainability-in-housing-and-why-it-is-important/
169. See J. Jewkes, D. Sawers and R. Stillerman, The Sources of Invention, Macmillan, London, 2nd ed. (1969)
170. See J.J. Coyle, E.J. Bardi, C. Langly Jr., Zarządzanie logistycznie [eng. Management of Business Logistics] , PWE, Warsaw 2002, p 404.
171. See R. T. Nelson, An Outline of Industrial Economics, Economics, Vol. X, (1974), 211–26
172. sefi-Najafabady S, Villegas-Ortiz L, Morgan J. **The failure of Integrated Assessment Models as a response to 'climate emergency' and ecological breakdown**: The emperor has no clothes. Globalizations. 2021, 18(7), pp 1178-1188
173. Shiv Prasad, & al, Review on biofuel production: Sustainable development scenario, environment, and climate change perspectives – A sustainable approach, Journal of Environmental Chemical Engineering, vol 12, n2, April 2024, 111996.
174. Shutterstock Allahfoto, Electric vehicles vs hydrogen fuel cell vehicles: Comparing the benefits, pub 18-06-2024, cit: 15-09-2024: https://www.innovationnewsnetwork.com/electric-vehicles-vs-hydrogen-fuel-cell-vehicles-comparing-the-benefits/45393/
175. Sickles & Robin, **energy economics**, The New Palgrave Dictionary of Economics, 2nd Edition, 2008.
176. Sikandar Abdul Qadir, Hessah Al-Motairi, Luluwah al-Fagih, Furqan Tahir, Incentives and strategies for financing the renewable energy

transition: A review, Energy Reports 7(7), 2021, pp3590-3606, DOI:10.1016/j.egyr.2021.06.041

177. Sketchbubble, Industrial Economics,
178. Skillington, K.; Crawford, R.H.; Warren-Myers, G.; Davidson, K. **A review of existing policy for reducing embodied energy and greenhouse gas emissions of buildings.** Energy Policy 2022, 168, 112920.
179. Słownik terminologii logistycznej, M. Fertsch, ILiM, Poznan 2006, p. 204.
180. Sodagar B, Fieldson R, Gilroy-Scott B. Design for sustainable architecture and environments. The International Journal of Environmental, Cultural, Economic, and Social Sustainability: Annual Review. 2008, 4(4), pp73-84. DOI: 10.18848/1832-2077/CGP/v04i04/54505
181. Sofia Tsemekidi Tzeiranaki, & al, "The impact of energy efficiency and decarbonisation policies on the European road transport sector", Transportation Research Part A: Policy and Practice journal, Volume 170, April 2023, p103623.
182. Soib Taib, Al-Mofleh Anwar, Tools and Solution for Energy Management, In book: Energy Efficiency - The Innovative Ways for Smart Energy, the Future Towards Modern Utilities, October 2012, p80-83.
183. Soumitra Dutta & others, **Global Innovation Index 2023.**
184. Spencer Scott, Karl Burkart, The global transition to 100% renewable transportation, cit 14-09-2024: https://www.oneearth.org/renewable-transport/
185. State of Green, Denmark — a frontrunner in wind energy, Published: 17 NOVEMBER 2021, cit: 21-09-2024: https://stateofgreen.com/en/news/denmark-a-frontrunner-in-wind-energy/
186. State of Green, Denmark — a frontrunner in wind energy, Published: 17 NOVEMBER 2021, cit: 21-09-2024: https://stateofgreen.com/en/news/denmark-a-frontrunner-in-wind-energy/
187. State of Green, **Denmarks journey to decarbonise its buildings through energy efficiency**, pub 23 JUNE 2023, cit 14-09-2024: https://stateofgreen.com/en/news/a-brief-introduction-to-denmarks-green-ambitions-policies-and-initiatives/
188. Statista Research Department, **Renewable energy in Algeria - statistics & facts**, 2024.
189. Stefano Faberi, Loriana Paolucci, Trends and policies for energy savings and emissions in transport, ODYSSEE, September 2015, 41-42.

190. STEPHANIE FOURNIER, **Denmark's renewable energy progress**, cit 16-09-2024: https://www.araner.com/blog/denmarks-renewable-energy-progress
191. Stéphanie Obadia, Denmark's energy policy : **built on renewables, driven by wind**, pub 07/02/2024, cit 15-09-2024: https://www.construction21.org/articles/h/denmark.html
192. Steve Keen, Robert U. Ayres, Russell Standish, A Note On The Role Of Energy In Production, Ecological Economics Journal, Volume 157, March 2019, P 40-46.
193. Syed Ali Raza, Nida Shah, Arshian Sharif, Time frequency relationship between energy consumption, economic growth and environmental degradation in the United States: Evidence from transportation sector, Energy journal, Volume 173, 15 April 2019, Pp 706-720
194. T. C. Koopmans, Three· Essays on the State of Economic Science (New York, McGrawHill, 1957), p. 145.
195. Thomas B. Johansson, Laurie BURNHAM, Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity, Energy Studies Review, Volume 4, Issue 3, January 1994, pp1-15.
196. Thomas Bennett, What Is Marginal Cost Pricing & How to Calculate It, Published on May 26, 2023, cit 22-09-2023: https://priceva.com/blog/marginal-cost-pricing
197. Thomas Brock, Derived Demand: Definition, How It's Calculated, and Uses, Published on 24-03-2023, cit 11-09-2024: https://www.investopedia.com/terms/d/derived_demand.asp
198. Thomas Zunder, Dewan Md Zahurul Islam, Experiences of rail intermodal freight transport for low-density high value (LDHV) goods in Europe, European Transport Research Review, 10(2), 6-2018, p24, DOI:10.1186/s12544-018-0295-7
199. Toi-no, cit 18-09-2024: https://www.toi.no/frontpage/electricity-for-road-vehicles-in-norway-article30810-25.html
200. Tom Clynes, How did Norway go electric?, PublishedJune 21-2023, cit 18-09-2024: https://vitalsigns.edf.org/story/how-did-norway-go-electric
201. Transport geography, Energy Efficiency by Transportation Mode, cit 15-09-2024: https://transportgeography.org/contents/chapter4/transportation-and-energy/transportation-mode-energy-efficiency/
202. Transport geography, Typical Energy Use for a Car, cit 15-09-2024: https://transportgeography.org/contents/chapter4/transportation-and-energy/typical-car-use/
203. UN, Industrial Development Organization, **Renewable Energy in Industrial Applications (An assessment of the 2050 potential)**, 2019.

204. Valentine Ikenna Ilojianya, Aniekan Akpan Umoh, Emmanuel Augustine Etukudoh, Kenneth Ifeanyi Ibekwe, Ahmad Hamdan, Renewable energy technologies in engineering: A review of current developments and future prospects, International Journal of Science and Research Archive 11(1), 2024, pp952-964, DOI:10.30574/ijsra.2024.11.1.0114
205. Vishal Ram, Surender Reddy Salkuti, An Overview of Major Synthetic Fuels, Energies journal, vol 16(6), 2023, pp1-35.
206. Vladimir N. Pokrovski, Energy In The Theory Of Production, Energy Journal, Volume 28, Issue 8, June 2003, P769-788
207. Vocabularies-unesco, Transport Economics Concept; pub 15-12-2019, cit 22-09-2024: https://vocabularies.unesco.org/browser/thesaurus/ar/page/?uri=http%3A%2F%2Fvocabularies.unesco.org%2Fthesaurus%2Fconcept8744
208. W. J. Ashley, Commercial Education (London, Williams & Norgate, 1966).
209. W. Reitler , M. Rudolph, H. Schaefer, Analysis of the factors influencing energy consumption in industry: A revised method, Energy Economics journal, Volume 9, Issue 3, July 1987, p 145-148
210. W. S. Jevons, Principles of Economics and Other Papers (London, Macmillan, 1905), pp. 195-6, 197-8, 200-1.
211. W.W. Cooper, et al., 'Managerial economics: a new frontier?', American Economic Association Papers and Proceedings, vol. 73 (1960), pp. 131-59.
212. Wais Khan, Naqibullah Karger, Energy Consumption from Transport Sector and CO2 Emission: A Case of Kandahar City, European Journal of Energy Research, March 15, 2022, DOI :10.24018/ejenergy.2022.2.2.45, pp13-19.
213. Wendy Koch, Training needed! Energy efficiency firms struggle to find qualified workers, Published in January 23-2017, cit 21-08-2024: https://www.aceee.org/blog/2017/01/training-needed-energy-efficiency
214. Wessel Johannes Pienaar, Opportunities for the achievement of economies of scale in freight transport, Corporate Ownership and Control 11(1), January 2013, pp 161-174.
215. White K, Habib R, Hardisty DJ. How to shift consumer behaviors to be more sustainable: A literature review and guiding framework. Journal of Marketing. 2019, 83(3), p22-49. DOI: 10.1177/0022242919825649
216. World Energy & Climate Statistics – **yearbook 2024.**
217. Xiaoli Hao, Yuhong Li, Haitao Wu, Ways to improve the efficiency of clean energy utilization: Does digitalization matter?, Energy Strategy Reviews, Volume 5, November 2023, 101257, https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101257 .

218. Yacan Wang, Achim I. Czerny, Zhigang Cao, TSTE 2018-sustainable transportation: Theory and practice, Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review, February 2020, p134.
219. Yen-Hsiung Kiang, Fossil Alternative Fuel, in Fuel Property Estimation and Combustion Process Characterization, 2018, cit 18-09-2024: https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/fossil-alternative-fuel
220. Younes Zahraoui, Current Status, Scenario and Prospective of Renewable Energy in Algeria: A Review, Energies 2021, p 07.
221. Yu Yang, Siyou Xia, Ping Huang, Junxi Qian, Energy transition: Connotations, mechanisms and effects, Energy Strategy Reviews, Volume 52, March 2024, p101320.
222. Zhihan Lv, Wenlong Shang, Impacts of intelligent transportation systems on energy conservation and emission reduction of transport systems: A comprehensive review, Green Technologies and Sustainability, Volume 1, Issue 1, January 2023, 100002.
223. Zhour Abada, Malek Bouharkat, **Study of management strategy of energy resources in Algeria, Energy Reports**, 2018.
224. Zofia Kalicka, Wojciech JERZAK, Elżbieta Kawecka Cebula, The Effect of Combustion of Natural Gas With 21–29% O2/CO2/N2Mixtures on Emission of Carbon Monoxide, Archives of Environmental Protection 39(4), February 2014, pp93-103.

## ثالثا: مواقع الأنترنيت الرسمية والمعتمدة

1. http://ec.europa.eu/
2. http://www.mtp.gov.dz
3. http://www.renewable-energysources.com
4. https://aprue.org.dz
5. https://www.bp.com
6. https://www.cder.dz
7. https://www.cerefe.gov.dz
8. https://www.dlr.de
9. https://www.ecomena.org/renewables-algeria
10. https://www.energytoday.net
11. https://www.iea.org
12. https://www.iea.org/about/faqs/renewableenergy
13. https://www.marefa.org
14. https://www.michigan.gov
15. https://www.worldometers.info
16. https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html
17. www.energycharter.org

# فهرس الجداول

# فهرس الجداول


| رقم الجدول | عنوان الجدول | رقم الصفحة |
|---|---|---|
| 1-1 | الفرق بين الطاقة المتجددة والطاقة التقليدية | 19 |
| 2-1 | خصائص اهم مصادر الطاقة المتجددة | 29 |
| 3-1 | أكبر مزارع الرياح البرية onshore في العالم | 37 |
| 4-1 | أكبر مزارع الرياح البحرية off-shore في العالم | 38 |
| 5-1 | تكاليف الكهرباء العالمية من مصادر متجددة في عام 2018 | 42 |
| 1-2 | مراحل انشاء المركز الوطني لتطوير الطاقة المتجددة CDER | 54 |
| 2-2 | الوكالة الوطنية لتعزيز وترشيد استخدام الطاقة APRUE | 56 |
| 3-2 | التقييم الشامل للإنجازات حسب القطاع في مشاريع الطاقة المتجددة (ميغاواط) | 57 |
| 4-2 | السياسة الطاقية الجزائرية سارية المفعول | 82 |
| 5-2 | برنامج الطاقة المتجددة الجزائري 2015-2030 (ميغاواط). | 83 |
| 1-3 | مقارنة بين النقل بالسيارات والسكك الحديدية | 109 |
| 2-3 | العوامل المؤثرة في تطور أنظمة النقل | 111 |
| 3-3 | الأرقام المتوقعة ضمن البرنامج (ENR) | 141 |
| 4-3 | البرنامج المخطط لتطوير الطاقة الشمسية والطاقة الهوائية (2011-2030) | 142 |
| 5-3 | توزيع هذه القدرة على مختلف مصادر الطاقة المتجددة | 143 |
| 6-3 | توزيع الأهداف على المرحلتين الأولى والثانية من البرنامج | 144 |
| 7-3 | خطوط أنابيب نقل غاز البترول المسال | 152 |
| 8-3 | مقارنة استهلاك البنزين وغاز البترول المسال لسيارات ذات سعات مختلفة | 153 |

# فهرس الأشكال

## فهرس الأشكال


| رقم الجدول | عنوان الشكل | رقم الصفحة |
|---|---|---|
| 1-1 | تصنيفات الطاقة | 17 |
| 2-1 | اقتصاديات الطاقة المتجددة | 24 |
| 3-1 | نتاج الكهرباء من مختلف المصادر 1990-2019 | 32 |
| 4-1 | **توليد** الكهرباء المتجددة حسب المصدر 1990-2019 | 32 |
| 5-1 | استهلاك الطاقة في العالم حسب المصدر 2000 - 2019 | 33 |
| 6-1 | **المساهمة** في نمو استهلاك الطاقة الأولية في عام 2018 | 34 |
| 7-1 | التكلفة العالمية المستوية للكهرباء في تقنيات توليد الطاقة المتجددة على نطاق المنفعة 2010-2018 | 42 |
| 8-1 | الاستثمار في الطاقة المتجددة من 2010 الى النصف الاول من 2019 أفضل 20 دولة، مليار دولار | 46 |
| 9-1 | **تطور** مساهمة الطاقات المتجددة والطاقات التقليدية في انتاج الطاقة الكهربائية 2001- 2018 | 49 |
| 1-2 | تطور القدرات التراكمية للطاقة المتجددة (باستثناء الطاقة الكهرومائية) مثبتة حتى نهاية عام 2023. | 57 |
| 2-2 | تطور القدرات التراكمية للطاقة المتجددة (باستثناء الطاقة الكهرومائية) مثبتة حتى نهاية عام 2023. | 58 |
| 3-2 | حصة قدرة توليد الطاقة المتجددة المثبتة حديثًا والتي تكون أرخص من الخيار الأرخص الذي يعمل بالوقود الأحفوري، 2016-2021. | 62 |
| 4-2 | تغلغل الطاقات المتجددة في الانتاج الوطني (تيرا واط ساعي) | 74 |
| 5-2 | هيكلة حظيرة الإنتاج الوطني (ميغا واط) | 75 |
| 6-2 | أكبر 10 دول تمتلك احتياطيات في العالم في عام 2017 | 89 |
| 7-2 | انتاج الغاز الطبيعي في العالم (أكبر10 دول منتجة لسنة 2023) | 90 |
| 8-2 | ملخص تدفقات الطاقة (M Tep) - عام 2021 | 92 |
| 1-3 | عملية النقل بشكل عام | 103 |
| 2-3 | أنواع عمليات النقل | 105 |
| 3-3 | مخطط عمل نظرية الطلب المشتق | 113 |
| 4-3 | استهلاك الطاقة الأولية في دول مختارة 1965-2020 | 117 |
| 5-3 | مصادر الطاقة | 118 |

| | | |
|---|---|---|
| 6-3 | عوامل استخدام الطاقة في النقل | 120 |
| 7-3 | كفاءة الطاقة حسب وسيلة النقل | 121 |
| 8-3 | الاستخدام النموذجي لطاقة السيارة | 123 |
| 9-3 | استهلاك الوقود وكفاءته | 125 |
| 10-3 | التأثيرات المحتملة لارتفاع أسعار الطاقة على النقل | 129 |
| 11-3 | مخطط عمل الوقود البديل للمركبات من أجل إزالة الكربون من البيئة | 130 |
| 12-3 | كيف يتم تصنيع الديزل الحيوي والديزل المتجدد | 132 |
| 13-3 | انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من النقل البري للركاب في جميع أنحاء العالم بين عامي 2010 و2020 | 135 |
| 14-3 | استهلاك الوقود الحيوي في سيناريو التنمية المستدامة من 2015 إلى 2030 حسب وسيلة النقل | 136 |
| 15-3 | الطاقة المتجددة في النقل بالوقود في عام 2023 | 137 |
| 16-3 | تطور استهلاك الطاقة الأولية والنهائية في الجزائر خلال الفترة 2007-2018 | 145 |
| 17-3 | توزيع حصص القطاعات الاقتصادية من الاستهلاك النهائي للطاقة لسنة 2019 بالجزائر | 146 |
| 18-3 | المزيج الطاقوي في الجزائري لسنة 2019 | 147 |
| 19-3 | كثافة الطاقة النهائية في الجزائر حسب كل قطاع خلال الفترة 2000-2021. | 148 |
| 20-3 | مزيج توليد الكهرباء في الجزائر لسنة 2021 | 149 |
| 21-3 | بيانات الطاقة المتجددة في الجزائر لعام 2023 | 150 |
| 22-3 | تأثير نمو الطلب على غاز البترول المسال على توفير البنزين | 153 |
| 23-3 | تطور الاستهلاك النهائي حسب القطاعات الاقتصادية في الجزائر خلال الفترة (2007-2018) | 155 |
| 24-3 | تاريخ رحلة النرويج نحو التحول إلى الانبعاثات الصفرية في النقل | 160 |
| 25-3 | مساهمات القطاعات الهولندية في انبعاثات غازات الدفيئة خلال الربع الثالث من عام 2022 | 161 |
| 26-3 | نمو ملحوظ في صناعة المركبات الكهربائية في هولندا خلال الفترة من 2008 إلى 2019 | 164 |
| 1-4 | نطاق الاقتصاد الصناعي | 170 |
| 2-4 | اعتماد كوستاريكا بالكامل على الطاقة المتجددة لأكثر من 250 يومًا في 2016 | 203 |

| | | |
|---|---|---|
| 3-4 | سوق الطاقة المتجددة في الصين: سعة الطاقة المتجددة المركبة بالجيغاوات 2015-2021 | 205 |
| 4-4 | الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة | 207 |
| 1-5 | تمثيل تخطيطي لنموذج قياس رضا الإقامة | 213 |
| 2-5 | تقرير الوضع العالمي للمباني والبناء - ما وراء الأساسات ودمج الحلول المستدامة لخفض الانبعاثات من قطاع المباني 2022 | 218 |
| 3-5 | مؤشر نزع الكربون عن المباني (GBCT) ما بين سنتي 2015-2022 | 219 |
| 4-5 | الطلب على الطاقة السكنية والتجارية في منطقة آسيا والمحيط الهادئ من عام 2000 إلى عام 2021. التقديرات حتى عام 2050 | 220 |
| 5-5 | الاستهلاك النهائي للطاقة في القطاع السكني في أوروبا-حسب الاستخدام لسنة 2021 | 221 |
| 6-5 | استهلاك الطاقة في القطاع السكني في الولايات المتحدة من عام 1975 إلى عام 2021 | 222 |
| 7-5 | عدد المنشآت المتجددة سنويا في إسبانيا | 223 |
| 8-5 | انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالطاقة في قطاع البناء العالمي لسنة 2021 | 225 |
| 9-5 | نموذج إجراءات كفاءة الطاقة لبناء مبنى خالٍ من الطاقة | 227 |
| 10-5 | تطور القدرات التراكمية التي تم تركيبها بواسطة MHUV حتى نهاية عام 2023 | 230 |
| 11-5 | توزيع إنجازات وزارة الطاقة المتجددة في مجال الطاقة المتجددة حسب النوع ومدة التنفيذ حتى نهاية عام 2023 | 231 |
| 12-5 | نموذج عن المباني الخضراء في سنغافورة | 237 |
| 13-5 | نمو استخدام الطاقة الشمسية في سنغافورة | 238 |
| 14-5 | السعة المركبة وعدد الألواح الشمسية الكهروضوئية المتصلة بالشبكة | 239 |
| 15-5 | توزيع تثبيت الطاقة الشمسية الكهروضوئية السكنية في سنغافورة | 240 |
| 16-5 | واردات وصادرات منتجات الطاقة | 241 |
| 17-5 | مدخلات ومخرجات توليد الكهرباء | 242 |
| 18-5 | مزيج الطاقة في الدنمارك (1990-2021) | 244 |

# فهرس المحتويات

# فهرس المحتويات


| العنوان | رقم الصفحة |
|---|---|
| **مقدمة عامة** | أ - ل |
| **الفصل الأول: مدخل لاقتصاديات الطاقات المتجددة** | 13 |
| المبحث 01: مفاهيم حول الطاقات المتجددة. | 15 |
| المبحث 02: استخدامات الطاقات المتجددة وعوائقها | 37 |
| المبحث 03: استثمارات وتمويل استخدامات الطاقات المتجددة | 44 |
| **الفصل الثاني: و اقع قطاع الطاقات المتجددة في الجز ائر** | 50 |
| المبحث 01: تطور استخدامات الطاقات المتجددة في الجزائر | 52 |
| المبحث 02: برامج الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية في الجزائر | 69 |
| المبحث 03: السياسات والاستراتيجيات المتبعة في مجال ترقية الطاقات المتجددة | 80 |
| المبحث 04: الاستثمارات في قطاع الطاقات المتجددة | 88 |
| **الفصل الثالث: استر اتيجية ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع النقل** | 101 |
| المبحث 01: مدخل لاقتصاديات النقل | 103 |
| المبحث 02: استهلاك الطاقة في قطاع النقل | 115 |
| المبحث 03: كفاءة استخدام الطاقات المتجددة في قطاع النقل | 135 |
| المبحث 04: السياسات الوطنية في مجال ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع النقل | 141 |

| | |
|---|---|
| المبحث 05: مساهمة الطاقات المتجددة في استدامة قطاع النقل | 155 |
| المبحث 06: تجارب دولية | 157 |
| **الفصل الرابع: استراتيجية ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع الصناعة** | 167 |
| المبحث 01: مدخل حول الاقتصاد الصناعي | 169 |
| المبحث 02: استهلاك الطاقة ومصادرها في قطاع الصناعة | 178 |
| المبحث 03: كفاءة استخدام الطاقات المتجددة في قطاع الصناعة | 184 |
| المبحث 04: السياسات الوطنية في مجال ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في القطاع الصناعي | 191 |
| المبحث 05: مساهمة الطاقات المتجددة في استدامة قطاع الصناعة | 195 |
| المبحث 06: تجارب دولية | 199 |
| **الفصل الخامس: استراتيجية ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع السكن** | 209 |
| المبحث 01: مدخل للتنمية الاسكانية المستدامة | 211 |
| المبحث 02: استهلاك الطاقة ومصادرها في قطاع السكن. | 216 |
| المبحث 03: كفاءة استخدام الطاقات المتجددة في قطاع السكن | 223 |
| المبحث 04: السياسات الوطنية في مجال ترقية استخدامات الطاقات المتجددة في قطاع السكن | 229 |
| المبحث 05: مساهمة الطاقات المتجددة في استدامة قطاع السكن | 233 |
| المبحث 06: تجارب دولية | 236 |
| **خاتمة عامة:** | 249 |
| **نتائج الدراسة** | 250 |
| **مناقشة نتائج الدراسة** | 257 |
| **توصيات الدراسة** | 260 |
| **خاتمة** | 261 |

| | |
|---|---|
| أفاق الدراسة | 263 |
| قائمة المختصرات | 264 |
| قائمة المراجع | 267 |
| فهرس الجداول | 288 |
| فهرس الأشكال | 290 |
| فهرس المحتويات | 295 |

## ملخص:

تناولت الدراسة **استراتيجية تطوير استخدامات الطاقات المتجددة** في القطاعات الاقتصادية المختلفة في الجزائر، مع التركيز على **قطاع النقل والصناعة والسكن**.حيث تهدف الدراسة إلى تقديم تصور متكامل حول كيفية تعزيز استخدامات مصادر الطاقة المتجددة في هذه القطاعات الحيوية، اعتمادًا على **التجارب الحديثة** في دول أخرى.

وتعرضت لأهمية الطاقات المتجددة كبديل مستدام ومتمم لمصادر الطاقة التقليدية وتأثيرها الإيجابي على **الاقتصاد الوطني**، مثل تقليص التبعية للوقود الأحفوري وخفض الانبعاثات الكربونية. وتركّز من جهة أخرى على الحلول المتاحة للتحديات التي تواجه تطبيق هذه الاستراتيجية مثل التمويل، التكنولوجيا المتقدمة، الوعي المجتمعي والعديد من التحديات الأخرى.

من خلال **الدراسة التطبيقية**، تم تحليل الوضع الحالي للقطاعات الثلاثة (النقل، الصناعة، والسكن) في الجزائر فيما يخص استخدامات الطاقات المتجددة فيها، مع تقديم اقتراحات **لاستراتيجيات فعّالة** لتوسيع نطاق استخدامها.

وثمنت الدراسة التجارب الدولية الناجحة في هذا المجال، مثل التجربة الالمانية وتجربة الدول الاسكندنافية، مع التركيز على مدى إمكانية **تكييف هذه التجارب** لتناسب السياق الوطني، بهدف تعزيز **التنمية المستدامة** وتحقيق الفائدة الاقتصادية والبيئية على المدى الطويل.



**الكلمات المفتاحية:** الطاقة المتجددة، استخدامات الطاقة المتجددة، القطاعات الوطنية، الجزائر.



**Abstract:**

The study discusses **the strategy for promoting the use of renewable energy** in various economic sectors in Algeria, with a focus on **the transportation, industry and housing sectors**. The study aims to provide an integrated vision on how to enhance the use of renewable energy sources in these vital sectors, based on **recent experiences** in other countries.

The study initially addresses the importance of renewable energy as a sustainable and complementary alternative to traditional energy sources and its positive impact on the national economy, such as reducing dependence on fossil fuels and reducing carbon emissions. On the other hand, it focuses on the available solutions to the challenges facing the implementation of this strategy, such as financing, advanced technology, community awareness and many other challenges.

Through **the applied study**, the current situation of the three sectors (transport, industry and housing) in Algeria was analyzed in terms of the use of renewable energy in them, with suggestions for **effective strategies** to expand the scope of their use.

The study benefits from successful international experiences in this field, such as the German experience and the experience of Scandinavian countries, with a focus on the extent to which these experiences can be **adapted to suit the national context**, with the aim of promoting **sustainable development** and achieving economic and environmental benefits in the long term.



**Keywords:** Renewable energy, renewable energy uses, national sectors, Algeria.