

تأثير اقتصاديات تكنولوجيا الطاقة المتجددة على كفاءة الطاقة العالمية خلال الفترة: 2001-2020

Impact of the economics of renewable energy technologies on global energy efficiency during the period: 2001- 2020

عادل مياح¹، لحسن دردوري²¹ جامعة محمد خيضر - بسكرة (الجزائر)، adel.mayah@univ-biskra.dz² جامعة محمد خيضر - بسكرة (الجزائر)، l.derdouri@univ-biskra.dz

تاريخ الاستلام: 2022/09/04 تاريخ القبول: 2022/12/12 تاريخ النشر: 2022/12/28

ملخص:

تهدف هذه الدراسة البحثية إلى التعريف بأهمية الأمن الطاقوي العالمي من خلال تعزيز آليات استغلال الطاقات المتجددة المتاحة، واستخدام تدابير كفاءة الطاقة في الحفاظ على حقوق الأجيال القادمة من طاقة والعمل على تخفيض انبعاثات الغازات الملوثة للبيئة.

وخلصت الدراسة على أن تكنولوجيا الطاقة المتجددة التي يمكن استخدامها للاستفادة من هذه الفرص الكبيرة أثبتت فعاليتها وهي متاحة اليوم بتكلفة معقولة. كما يمكن لهذه التكنولوجيات أن تعود بالخير على كل من المستهلكين والمستثمرين من خلال دورها المتوقع في تحقيق التوازن الاقتصادي وزيادة إمدادات الطاقة ودفع عجلة التنمية المستدامة.

كلمات مفتاحية: الطاقة المتجددة، كفاءة الطاقة.

تصنيفات JEL: Q42, Q55

Abstract:

This research study aims to define the importance of global energy security by enhancing the mechanisms of exploiting available renewable energies, and using energy efficiency measures to preserve the rights of future generations of energy and work to reduce emissions of gases polluting the environment.

The study concluded that renewable energy technologies that can be used to take advantage of these great opportunities have proven to be effective and are available today at an affordable cost. These technologies can also benefit both consumers and investors through their expected role in achieving economic balance, increasing energy supplies and advancing sustainable development.

Keywords: Renewable energy, energy efficiency.

Jel Classification Codes: Q42, Q55.

مقدمة:

يعتبر موضوع الطاقة من المواضيع التي حظيت باهتمام الباحثين في مختلف المجالات حيث تدار حولها نقاشات باستمرار، نتيجة زيادة الطلب على الطاقة وما تواجهه هذه الأخيرة من تحديات والمتمثلة في تأمين إمدادات ثابتة وآمنة من الطاقة وبأسعار معقولة، وحماية البيئة من التلوث البيئي وبالتالي التوجه نحو مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة.

هذا التوجه نتاج العديد من الجوانب منها الجوانب الاقتصادية والديموغرافية وتغير المناخ والتكنولوجيا والتي ساهمت بإحداث تحول مستمر في نظام الطاقة العالمي، إذ أن نمو عدد السكان المترافق مع تحسن ظروف المعيشة وتزايد التمرکز في المناطق الحضرية أفضى إلى ارتفاع الطلب بشكل كبير على حلول وخدمات الطاقة. و في الوقت نفسه، شكل الإجماع المتزايد على المخاطر الناتجة عن ظاهرة تغير المناخ دافعا حفزا للأفراد والحكومات حول العالم لاستكشاف أساليب جديدة لتوليد الطاقة، ولكن مع العمل قدر المستطاع على تقليل انبعاث الغازات الدفيئة وغيرها من الآثار الضارة بالبيئة.

وتشكل الطاقة المتجددة الخيار الأمثل في غمرة هذه المعطيات، خصوصا إذا تزامنت مع التطور السريع للتكنولوجيا وانخفاض التكاليف وتحسن فهم المخاطر المالية وزيادة الوعي حول فوائد ذلك. ويظهر تقرير حول خارطة طريق عالمية صادرة عن «الوكالة الدولية للطاقة المتجددة IRENA» أن الطاقة المتجددة يمكن أن تلبى الاحتياجات المتنامية للعالم بتكلفة أقل، فضلا عن دورها في الحد من ظاهرة الاحتباس الحراري إلى ما دون درجتَي مئويتين، وهو المستوى المعروف على نطاق واسع بمرحلة «نقطة التحول» لظاهرة تغير المناخ.

إن إستغلال مصادر الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وطاقة الكتلة الحيوية، والطاقة البحرية، والطاقة الحيوية، قد تفي ببعض إحتياجات البشر من الطاقة لفترة طويلة من الزمن، وحتى إن كانت مساهمة هذه الأنواع في توليد الطاقة من إجمالي الطاقة المستهلكة في العالم، لا يزال محدودا، بسبب الحاجة الماسة إلى المزيد من التطور التقني لتحسين كفاءة الطاقة العالمية بصورة فعالة من خلال الإستخدام الأمثل للطاقة بأعلى مستوى من تقليل الفاقد واستخدام ما يلزم منها فقط لتحقيق الهدف بعينه. وانطلاقا من ذلك يمكن طرح إشكالية الدراسة كما يلي:

كيف يمكن للتكنولوجيات الطاقات المتجددة أن تساهم في تعزيز وضمان الأمن الطاقوي العالمي من خلال تحسين كفاءته الإقتصادية ؟ من خلال السؤال الرئيسي للبحث تتفرع الأسئلة الفرعية التالية:

- بماذا تتميز تكنولوجيا الطاقة المتجددة ؟
- ما مدى مساهمة تكنولوجيا الطاقة المتجددة في الميزج العالمي للطاقة؟
- هل إستطاعت تكنولوجيا الطاقة المتجددة في زيادة الكفاءة الطاقة العالمية من خلال التقنيات الحديثة؟

الفرضيات:

- تتميز الطاقات المتجددة بأنها طاقة مستدامة واستغلالها يتلائم مع التنمية المستدامة ومتطلباتها؛
- أصبح توجه الدول للإستثمار في الطاقات المتجددة خيارا إستراتيجيا في ظل فرضية نفاذ مصادر الطاقة التقليدية وكذا التذبذب الحاصل في أسعار الطاقة على المستوى العالمي؛
- زادت تدابير كفاءة الطاقة على صعيد العالم بأسره وذلك من خلال نشر وتنمية الطاقة المتجددة ووضع سياسات لدعم مصادر الطاقة المتجددة، فإن هناك بعض البلدان التي تستخدم الطاقة بصورة أكفى من غيرها، ومن ثم تتباين الوفورات المحتملة تبائنا واسعا عبر البلدان والمناطق.

أهداف البحث:

تسليط الضوء على السبل المتاحة لحدوث ثورة صناعية جديدة تثمر عن نظام جديد قائم على مصادر الطاقة المتجددة وقادر على تعزيز فرص الوصول إلى الطاقة وحماية البيئة. إن هذه التكنولوجيا الجديدة متاحة للتطبيق الآن ويجب على الأفراد والشركات والحكومات الاستثمار فيها بمجموعة من الإجراءات والوسائل بهدف خفض استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها بما لا يؤثر على مستوى الأداء.

أهمية البحث:

تتمثل أهمية الدراسة في النقاط الآتية:

- توضيح الإطار النظري لتكنولوجيا الطاقة المتجددة، والانتقال الطاقوي إلى هذه التكنولوجيات من خلال الإستهلاك والإستثمار العالمي في هذا المجال؛
- تسليط الضوء على قضية كفاءة الطاقة العالمية، من خلال القيمة المضافة التي يمكن أن تتحصل عليها جميع الدول العالم، من جراء إتباع أهم التقنيات والنظم لتحسين كفاءة الطاقة.

مصادر الدراسة:

سيتم إعداد هذه الدراسة بالاعتماد على عدة مصادر مختلفة ومنوعة وتمثل خاصة في: الكتب والأبحاث والدراسات، بالإضافة إلى الاستعانة ببعض المواقع المتوفرة على شبكة الانترنت للحصول منها على بعض المعلومات والبيانات والتقارير الدورية.

منهجية البحث:

قد تم الاعتماد على منهج متنوع حتى يتمكن من جعله متوافقا مع محاور البحث المختلفة، حيث يستند بدرجة أولى على الوصف والتحليل، وصفي لكشف كل ما يتعلق بجوانب النظرية لمفهوم الطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة العالمية؛ وتحليلي بالتطرق إلى شرح وتفسير التحولات العالمية نحو اقتصاديات تكنولوجيا الطاقة المتجددة كآلية لضمان الأمن الطاقوي؛ وذلك بالإستناد إلى الإحصائيات والمعطيات من أجل التعرف على أهمية هذه التحولات في تحسين كفاءة الطاقة العالمية.

1. مفاهيم حول الطاقات المتجددة، كفاءة الطاقة.

بالرغم من تزايد استخدام الطاقة، فالحاصل أنه للمرة الأولى في أربعة عقود، أن انبعاثات الكربون المرتبطة باستهلاك الطاقة ظلت مستقرة في عام 2014 بينما استمر الاقتصاد العالمي في النمو. وهذا الاستقرار ما زال يرجع جزئياً إلى زيادة إطلاق الطاقة المتجددة، ثم إلى ما طرأ من تحسينات على كفاءة الطاقة.

1.2. مفهوم الطاقة المتجددة:

هناك إجماعاً واسع النطاق بين المنظمات الدولية والمؤسسات الحكومية واللجان الإقليمية حول تعريف الطاقة المتجددة، فإن هذه المجموعات تستخدم تعريفات قانونية أو رسمية تختلف قليلاً في موارد هذه الطاقة واعتبارات الاستدامة.

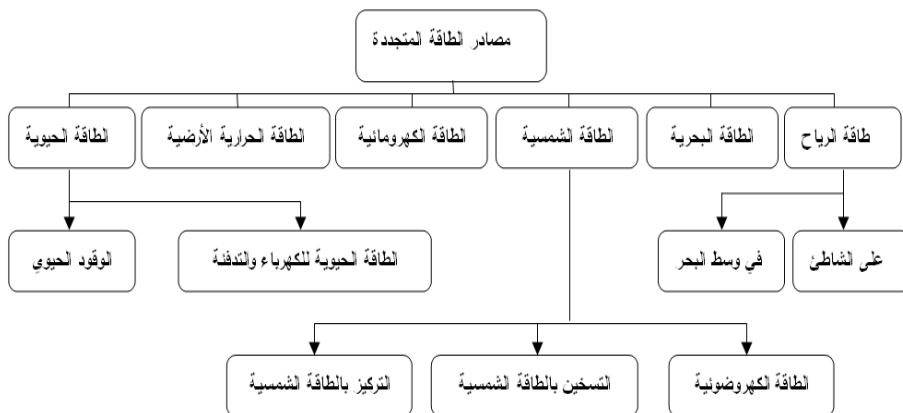
– **الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA):** " تشمل الطاقة المتجددة جميع أشكال الطاقة المنتجة من مصادر متجددة بطريقة مستدامة ، بما في ذلك الطاقة الحيوية، الطاقة الحرارية الأرضية والطاقة المائية وطاقة المحيطات والطاقة الشمسية وطاقة الرياح ؛"

– **تعريف الوكالة الدولية للطاقة (IEA):** " موارد الطاقة المتجددة مشتقة من العمليات الطبيعية و تتجدد بمعدل أسرع مما تستهلك، تشمل هذه المصادر : الحرارة المشتقة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والمحيطات والطاقة المائية والكتلة الحيوية والموارد الحرارية الأرضية والوقود الحيوي والهيدروجين المشتق من الموارد المتجددة؛" (The World Bank, 2012, p. 194)

– **المختبر الوطني للطاقة المتجددة (NREL):** " تستخدم الطاقة المتجددة مصادر الطاقة التي تجدها الطبيعة باستمرار ك: الشمس والرياح والمياه وحرارة الأرض والنباتات. تعمل تكنولوجيات الطاقة المتجددة على تحويل هذه الأنواع من الوقود إلى أشكال قابلة للاستخدام من الطاقة - في أغلب الأحيان الكهرباء ، وكذلك تحويلها إلى الحرارة أو المواد الكيميائية أو الطاقة الميكانيكية. (National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2001, p. 01)

من خلال كل هذه التعاريف يمكن إستنتاج أن الطاقة المتجددة هي: "طاقة المتجددة باستمرار وأنها غير قابلة للنضوب وليس لها عمر افتراضي من الناحية العلمية وهي متوفرة بشكل دائم ومستمر وعلى نطاق واسع بخلاف مصادر الطاقة الأحفورية" (قسوم و معيزي، 2021، صفحة 513). ومنه يمكن تلخيص جميع مصادر الطاقة المتجددة في الشكل البياني التالي:

الشكل 1: مصادر الطاقة المتجددة.



المصدر: من إعداد الباحث بالإعتماد على:

- Omar Ellabban, Frede Blaabjerg. (2014). P 749.
- German Possamai. (2008). P 77.

من خلال الشكل 1 نلاحظ أن مصادر الطاقة المتجددة هي عبارة عن مصادر طبيعية دائمة وغير ناضبة ومتوفرة في الطبيعة، وهي نظيفة لا ينتج عن استخدامها تلوث بيئي، وتختلف هذه المصادر فيما بينها من حيث درجة التقدم الفني ومن حيث جدواها الاقتصادية وأهميتها وفيما يلي سوف نتعرض لمختلف مصادر الطاقة المتجددة:

– **الطاقة الشمسية:** تمتاز تكنولوجيا الطاقة الشمسية بأنها متنوعة في الطبيعة. وباستجابتها للطرق العديدة التي يستخدم بها البشر الطاقة مثل التدفئة، الكهرباء، والوقود. تشكل هذه التكنولوجيات عائلة واحدة. العنصر الرئيسي في الأنظمة الحرارية الشمسية الفعالة هو المجموع الشمسي، يتكون المجموع الشمسي اللوحي المسطح من لوح أسود بقنوات ملحقة، ومن خلاله يمر سائل كي يتم تسخينه.

– **الطاقة الحيوية:** تكمن الطاقة الحيوية بصور معقدة في نظم الكتلة الأحيائية العالمية لإنتاج الغذاء والعلف والألياف، وكذلك في إدارة المخلفات والنفايات. (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2011، الصفحات 45-60)

– **الطاقة البحرية:** تأتي الطاقة البحرية (المحيطية) المتجددة من عدة مصادر مختلفة: الأمواج، المد والجزر، الطاقة الحرارية للمحيطات، وتحويل تدرجات في ملوحة البحر، لكل منها أصول مختلفة وتتطلب تقنيات مختلفة من أجل استخراج الطاقة الكامنة. (Ellabban & Blaabjerg, 2014, p. 752)

— **طاقة الرياح:** هي نتاج عن مولدات الهواء والآلات الكهربائية التي تحركها الرياح لإنتاج الكهرباء، وتسمح المروحة التي تدور بفعل قوة الرياح بإنتاج الطاقة الميكانيكية أو الكهربائية في أي مكان تهب في الرياح سواء في البحر أو على الشاطئ.

— **الطاقة الحرارية الأرضية:** تكون هذه الطاقة عن طريق استخراج الطاقة الموجودة في التربة لاستعمالها في التدفئة المنزلية أو كهرباء، حيث أن الحرارة ترتفع أساسا من سطح الأرض نحو باطنها، ويتم إنتاج هذه الحرارة عن طريق النشاط الإشعاعي الطبيعي للصخور المكونة للقشرة الأرضية، حيث لا يتم الحصول على هذه الحرارة إلا إذا كانت هذه المكونات الجيولوجية لباطن الأرض تحتوي على مسامات و نفوذية وتحتوي أيضا على طبقات مخزنة للماء أي طبقات جوفية بها ماء. (بن فريجة و أنساعد، 2020، صفحة 15)

2.2. كفاءة الطاقة :

تعرف كفاءة الطاقة بأنها الاستخدام الأمثل للطاقة بأعلى مستوى من تقليل الفاقد واستخدام ما يلزم منها فقط لتحقيق هدف بعينه، وهي ليست محددة بتطبيق معين بل يمكن توظيفها في جميع مجالات استخدام الطاقة بكافة صورها، سواء كهربائية أو حرارية . (كافي و محبوب، 2021، صفحة 254)

عندما يتم تحويل الطاقة من شكل إلى آخر فإن الطاقة الناتجة بعد التحويل لن تكون مساوية للطاقة المتوفرة قبل التحويل، والنسبة بين الطاقة بعد وقبل التحويل تدعى الكفاءة، وتختلف قيمة الكفاءة بحسب طريقة تحويلها، فقد تصل إلى 90% كما هو الحال في التوربينات المائية أو الموتور الكهربائي، أو تكون أقل من ذلك بكثير فتتراوح بين 10%- 20% في معدات الطاقة الشمسية وتحديد الخلايا الشمسية.(الخليفة الحموري، 2016، صفحة 44). ومن خلال كل هذا نستنتج أن كفاءة الطاقة تعني: استخدام طاقة أقل لتقديم الخدمة نفسها. (باحيدرة، 2015، صفحة 01) ومنه نستنتج أن لكفاءة الطاقة عدة مزايا نذكر منها:

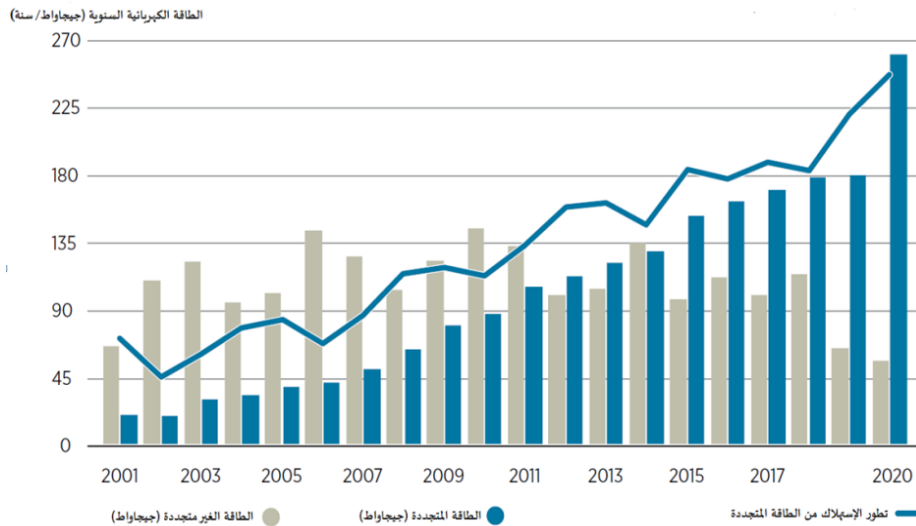
- إن كفاءة الطاقة تساهم في تخفيض التكلفة الاقتصادية لتوليد الطاقة؛
- إن استخدام كفاءة للطاقة تطيل من عمر الوقود الأحفوري، ويوفر مزايا من ناحية عوائد الاستثمار؛
- من وجهة النظر الاقتصادية لدى الشركات الصناعية حافز لتخفيض استهلاكها للطاقة بسبب ارتفاع أسعار الطاقة الأحفورية.

2. التحول نحو اقتصاديات تكنولوجيا الطاقة المتجددة كآلية لضمان الأمن الطاقوي

يعبر الانتقال الطاقوي عن تغيير هيكلي طويل الأجل في أنظمة الطاقة، من خلال تغيير نمط إنتاجها واستهلاكها إلى وضع تكون فيه أكثر كفاءة، يتعلق هذا التغيير بخصائص كل بلد، من حيث مدى توفره على مصادر الطاقة، حماية البيئة والإرادة السياسية للدول. وكذلك حسب نوع الدافع نحوه، والذي يميز البلدان المصدرة للوقود الأحفوري عن المستوردة له.

1.3 الإستهلاك العالمي من مصادر الطاقات المتجددة : يتضمن التحول الطاقوي المرور من نظام الطاقة الحالي إلى مزيج من الطاقات التي تقوم أساساً على الطاقات المتجددة، وهو ضمناً تطوير بدائل الوقود الأحفوري وذلك بالانتقال من الطاقات الأحفورية (التقليدية) غير المتجددة إلى طاقات متجددة غير ناضبة، مما أدى إلى تزايد الإهتمام العالمي بتنوع وتجديد مصادر الطاقة وخاصة المصادر المتجددة، وذلك لتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية المهددة بالزوال، كما تتميز مصادر الطاقة المتجددة بالاستمرارية. والشكل البياني التالي يوضح تطور الإستهلاك العالمي من الطاقة (2001- 2020).

الشكل 2: تطور الإستهلاك العالمي من الطاقة خلال الفترة: 2001- 2020.



Source: IRENA.(2021). P 18.

من خلال الشكل 2 نلاحظ أن النمو السنوي للإستهلاك العالمي للطاقات المتجددة أسرع من النمو السنوي لمصادر الطاقات الأولية المستمدة من الطاقة الأحفورية (الطاقة الغير المتجددة)، حيث نلاحظ أن إستهلاك الطاقة المتجددة زادت من (22 جيجاواط/ السنة) في سنة 2001 إلى (260

جيجاواط/ السنة) في سنة 2020 وهذا من إجمالي الإستهلاك العالمي للطاقة المتجددة. وهذا راجع لعدة أسباب أهمها :

- **زيادة الطلب العالمي على الطاقة:** يأتي طلب الدول والشعوب والمستهلكين بصفة عامة على رأس أسباب التحول الذي يشهده عالم الطاقة، وكذلك الأهداف الرامية إلى تعزيز أمن الطاقة والحاجة لبناء مستقبل مستدام. وخلال الأعوام الأربعين الماضية، ارتفع عدد سكان العالم من 4 إلى 7 مليارات نسمة مع اتساع الطبقة المتوسطة وتنامي مستويات العيش في المدن. وسجل توليد الطاقة الكهربائية خلال هذه الفترة نمواً تخطى 250% مع توجه حتمي نحو استمرار هذا النمو مستقبلاً. و في عام 2030، سيتجاوز عدد سكان العالم 8 مليارات نسمة منهم 5 مليارات سيعيشون في المجتمعات الحضرية. ومن المتوقع أن يزداد إنفاق الطبقة المتوسطة بما يتجاوز الضعف ليرتفع من 21 تريليون دولار عام 2010 إلى 56 تريليون دولار بحلول عام 2030 ومن المرجح أيضاً أن يزداد توليد الكهرباء في العالم بنسبة 70%؛
- **طاقة نظيفة ومستدامة:** الطاقة لا تأتي دون مقابل، فمخاطر تغير المناخ ناجمة عن ارتفاع تركيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، ما يستدعي تضافر الجهود العالمية لخفض هذه الانبعاثات الضارة من خلال التحول نحو الطاقات المتجددة؛
- **التكلفة المنخفضة:** أصبحت تقنيات الطاقة المتجددة أكثر قوة وفعالية، وهي تتيح توليد الطاقة على نحو متزايد حتى خلال الظروف الصعبة مثل انخفاض سرعة الرياح وأشعة الشمس كما أن تقنيات تخزين الطاقة تحسن، وانخفضت تكلفتها إلى حد كبير بفضل رعاية الحكومات لها في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية، وتطورت نتيجة ظهور قوى صناعية جديدة مثل الصين. (IRENA, 2021, pp. 1-2)

2.3 الإستثمار العالمي في مصادر الطاقات المتجددة:

إن الإستثمار في الطاقة المتجددة يحقق العديد من الأهداف التي هي أساس كل تنمية حقيقية ومستدامة ، سواء فيما يتعلق بتنوع مصادر الطاقة، أو المحافظة علي البيئة وعدم استنزاف الموارد، أو تلبية الطلب المتزايد على الطاقة، أو تحقيق التوازن بين الأجيال الحالية والمقبلة وتوفير فرص عمل جديدة. لذلك الإستثمار فيها يعد خطوة إستراتيجية ناجحة مهما كانت التكلفة في الأجل القريب لأن فوائدها الإقتصادية والبيئية مجدية في الأجل الطويل. والشكل التالي يوضح حجم الاستثمارات العالمية السنوية في مجال الطاقة المتجددة حسب التكنولوجيا خلال الفترة: (2005-2019)

الجدول 1: حجم الإستثمارات العالمية السنوية في مجال الطاقة المتجددة (2005-2019)

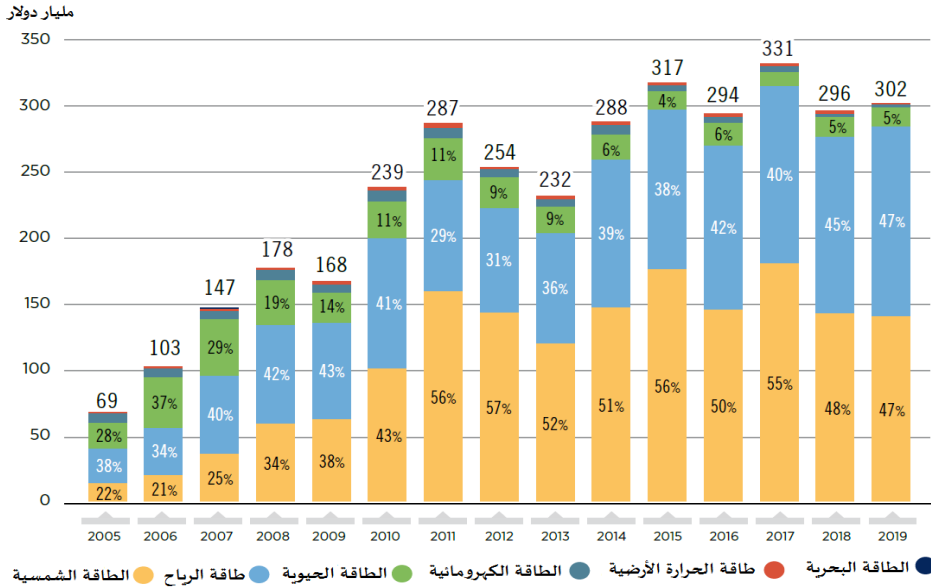
الوحدة: مليار دولار

الطاقة الشمسية	طاقة الرياح	الطاقة الحيوية	الطاقة كهرومائية	طاقة الحرارة الأرضية	الطاقة البحرية	
2005	15,18	26,22	19,32	6,90	0,80	0,058
2006	21,63	35,02	38,11	10,30	7,00	1,24
2007	36,75	58,8	42,63	5,60	2,00	1,20
2008	60,52	74,76	33,82	5,20	2,90	0,80
2009	63,84	72,24	23,52	6,20	2,10	0,10
2010	102,77	97,99	26,29	7,52	3,20	1,23
2011	160,72	83,23	31,57	6,32	3,47	1,69
2012	144,78	78,74	22,86	4,20	2,25	1,17
2013	120,64	83,52	20,88	4,63	2,10	0,23
2014	146,88	112,32	17,28	8,56	1,95	1,37
2015	177,52	120,46	12,68	4,89	0,45	1,00
2016	147,00	123,48	17,64	4,22	0,96	0,70
2017	182,05	132,40	4,90	5,65	3,00	2,00
2018	142,08	133,20	14,80	3,45	1,44	1,03
2019	141,94	141,94	15,10	1,00	0,91	1,11

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على تقارير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة IRENA.

يتضح من الجدول أعلاه تطور حجم الاستثمارات السنوية في الطاقة المتجددة حيث شهدت ارتفاعاً ملحوظاً، إذ بلغت في سنة 2005 (69 مليار دولار) واستمر معدل التزايد في حجم الإستثمارات السنوية على وتيرة متصاعدة، حيث بلغ في سنة 2019 إجمالي الاستثمارات الجديدة في الطاقات المتجددة 302 مليار دولار. هذا الارتفاع يتبين لنا من خلاله الأهمية التي اكتسبها قطاع الطاقات المتجددة في السنوات الأخيرة على مستوى كل اقتصاديات الدول. والشكل البياني التالي يوضح هذه التطورات في حجم الإستثمارات في مجال الطاقات المتجددة .

الشكل 3: الاستثمارات العالمية في مجال الطاقة المتجددة حسب التكنولوجيا (2005-2019)

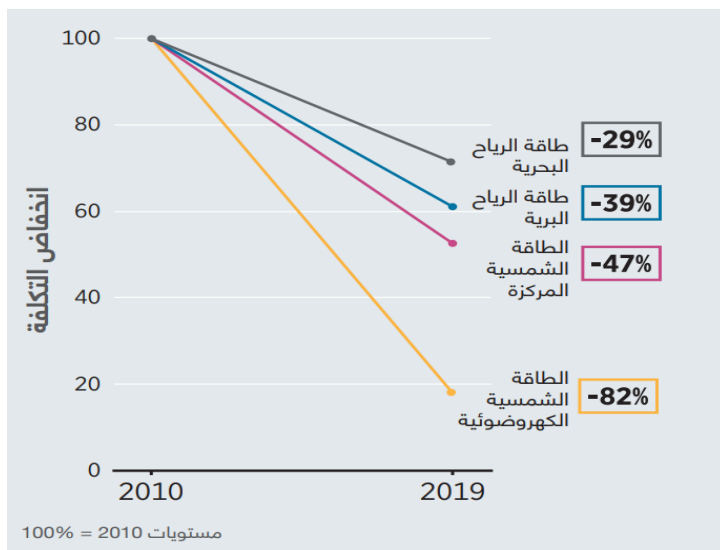


Source: IRENA.(2021). P 49.

مع انخفاض التكاليف، نمت استثمارات الطاقة المتجددة العالمية بشكل طردي مع الخمسة عشر عاما الماضية (2005-2019)، حيث زادت من 69 مليار دولار في عام 2005 إلى 302 مليار دولار في نهاية عام 2019، أي بمعدل نمو 337 % خلال هذه الفترة. كذلك نلاحظ أن العالم أصبح يتجه بخطى ثابتة نحو نظام يعتمد بشكل متنام على مصادر الطاقة المتجددة، لذلك عرف الإستثمار في هذا المجال تطورا مستمرا خلال السنوات الأخيرة، إقتناعا بأن الطاقة المتجددة ستستأثر بحصة إنتاجية جد مهمة في منظومة الطاقة المستقبلية.

وفي المقابل نلاحظ أن الاستثمارات الكبرى كانت في مجال الطاقة الشمسية ثم طاقة الرياح تليها طاقة الحيوية، وذلك بسبب إنخفاض في تكاليف توليد الكهرباء من هذه المصادر، نتيجة لتطور التقنيات، ووفورات الحجم، وزيادة تنافسية سلاسل التوريد، وتنامي خبرة المطورين. والشكل البياني التالي يوضح مستويات انخفاض تكلفة تقنيات الطاقة المتجددة خلال الفترة 2010-2019.

الشكل 4: مستويات انخفاض تكلفة تقنيات الطاقة المتجددة خلال الفترة 2010-2019.



Source: IRENA (2020). P 01 .

فقد سجلت تكاليف الطاقة الشمسية الكهروضوئية انخفاضا بنسبة 82% منذ عام 2010، تلتها الطاقة الشمسية المركزة بنسبة 47%، ثم طاقة الرياح البرية بنسبة 39% وطاقة الرياح البحرية بنسبة 29%؛ وذلك وفقا لبيانات التكلفة التي جمعتها الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) من 17 ألف مشروع لتوليد الطاقة خلال عام 2019. كما أن تكاليف توليد الطاقة في 56% من إجمالي مشاريع توليد الطاقة المتجددة كانت أدنى من أقل خيارات التوليد باستخدام الوقود الأحفوري تكلفة خلال عام 2019. هذا الانخفاض في التكاليف الطاقة المتجددة يرجع إلى الأسباب التالية:

– **الطاقة الشمسية الكهروضوئية:** سجلت تكلفة توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية الكهروضوئية انخفاضا بنسبة 82% بين عامي 2010-2019. ويعزى ذلك في المقام الأول إلى انخفاض أسعار الألواح بواقع 90%. وقد ساهم هذا العامل بخفض التكاليف المركبة للطاقة الشمسية الكهروضوئية بحوالي أربعة أخماس خلال العقد الماضي؛

– **الطاقة الشمسية المركزة:** ساهمت التطورات التكنولوجية الحالية وتنافسية سلسلة التوريد في خفض التكاليف المركبة للطاقة الشمسية المركزة. كما ارتفعت عوامل القدرة من 30% إلى 45% على مدار العقد، ويعود ذلك إلى بناء محطات الطاقة الشمسية المركزة في أكثر المناطق تعرضا لأشعة الشمس؛

– طاقة الرياح البرية والبحرية: انخفضت تكلفة توليد الكهرباء من طاقة الرياح البرية والبحرية بواقع 39% و 29% على التوالي خلال العقد المنصرم. وقد ساهم انخفاض أسعار توربينات الرياح البرية بنسبة 55% إلى 60% منذ عام 2010 بخفض تكاليف تركيبها. كما انخفضت تكاليف تركيب تقنيات طاقة الرياح البحرية بنسبة 29% بين عامي 2010 - 2019، مع تحسن في عامل القدرة بنحو الخمس خلال العقد الماضي (من 37% في عام 2010 إلى 44% في عام 2019) وعلى نحو مشابه، انخفضت تكاليف التشغيل والصيانة، مع زيادة حجم التوربينات واستطاعتها، وتسجيل وفورات في التكلفة عبر مساحات محطات طاقة الرياح البحرية المتزايدة.

3. دور تطور تكنولوجيات الطاقة المتجددة في تعزيز كفاءة الطاقة العالمية

يمكن أن ينجم أثر مفيد بصورة تبادلية عن كفاءة الطاقة وعن استخدام المصادر المتجددة بالنسبة لوضع السياسات. وقد وضعت العديد من البلدان أهدافا وسياسات داعمة للطاقة المتجددة ولكفاءة الطاقة. ومع ذلك فالأمر بحاجة في معظم الحالات إلى إقامة صلة منهجية بين الجانبين إذ يتم حاليا وضعهما حتى في موقع تنافسي بين بعضهما البعض.

1.4 تكاليف المستوية للطاقة والغير المدعومة LCOE :

التكلفة المستوية للطاقة LCOE تعني تكلفة توليد وحدة الطاقة الكهربائية الواحدة (كيلوواط ساعي) ويتم حسابها من خلال قسمة التكلفة الإجمالية لدورة الحياة المشروع على إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة مدار عمر المشروع. كما هو موضح في المعادلة التالية:

$$\text{التكلفة المستوية للكهرباء LCOE} = \frac{\text{التكلفة الإجمالية لدورة حياة المشروع}}{\text{إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة على مدار عمر المشروع}} = \frac{\text{دولار}}{\text{كيلوواط ساعي}}$$

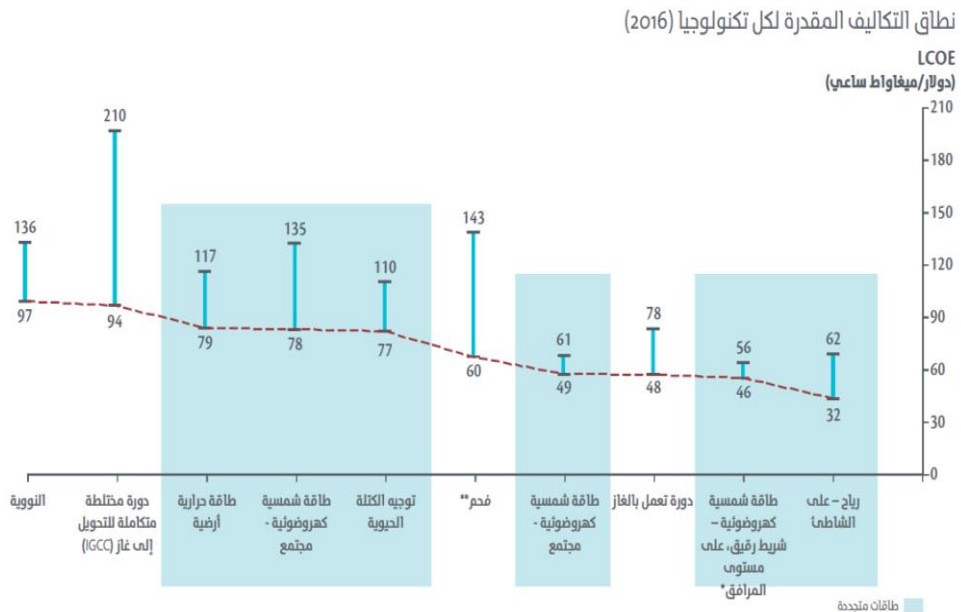
يتم حساب التكلفة المستوية للطاقة LCOE باستخدام المعادلة المبسطة أدناه:

$$\text{LCOE} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

حيث تمثل: I_t : النفقات الاستثمارية خلال السنة t ، M_t : نفقات الصيانة والتشغيل خلال السنة t ، F_t : نفقات الوقود خلال السنة t ، E_t : كمية الكهرباء المولدة خلال السنة t ، r : معدل الخصم، n : عدد سنوات عمر المشروع.

من خلال هذه المعادلة يمكننا الإستنتاج بأنه لا يمكننا مقارنة قيم التكلفة المستوية للطاقة LCOE بدون معرفة الافتراضات التي تم استخدامها في المعادلة لحساب التكلفة المستوية للطاقة. كذلك لا يوجد نفقات للوقود في مشاريع الطاقة المتجددة باستثناء مشاريع الكتلة الحيوية. (نصار، 2020، صفحة 01). والشكل البياني الموضح أدناه يوضح التكلفة المستوية وغير المدعومة للطاقة لسنة 2016 وهذا لكل تكنولوجيا مستخدمة.

الشكل 5: التكلفة المستوية وغير المدعومة للطاقة لسنة 2016.



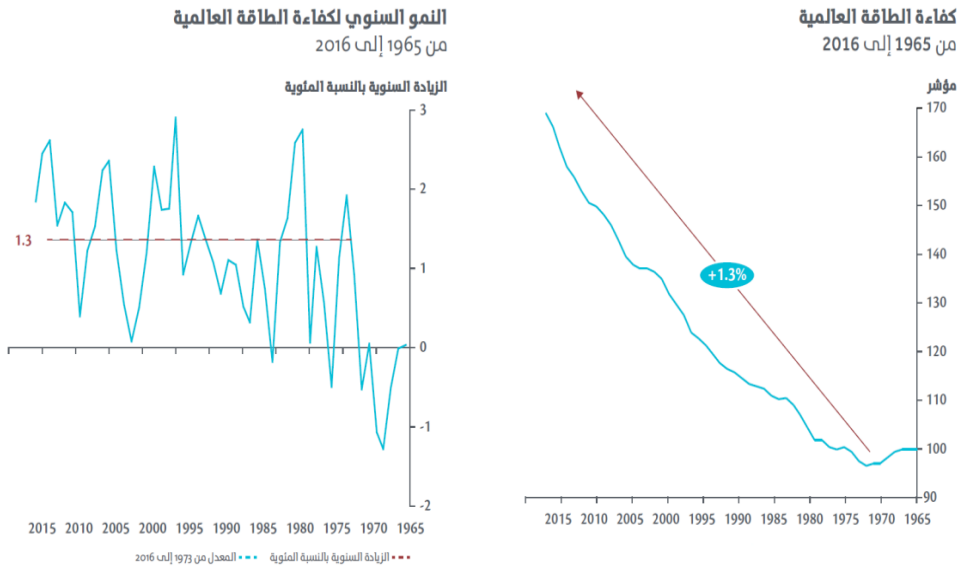
المصدر: إيه تي كيرني AT Kearney. (2016). صفحة 08.

تشير التقديرات الحالية إلى أن الطاقة الشمسية وطاقة الرياح أصبحتا قادرتين على المنافسة في توليد الكهرباء حتى من دون اللجوء إلى الإعانات (الشكل 5) ولا يعني هذا الأمر أنه بإمكان مصادر الطاقة المتجددة أن تحل كلياً مكان المنتجات الهيدروكربونية في توليد الكهرباء، على الأقل بوجود التقنيات الحالية. ويمكن تشغيل مصانع الغاز وزيت الوقود والفحم أو إيقافها بسهولة لتلبية الطلب المتغير، في حين أن الافتقار لحلول تخزين طاقة مجدية من حيث التكلفة تعني أن طاقة الرياح والطاقة الشمسية ستواصل اعتمادها على الظروف الطبيعية، وبالتالي لا يمكنها توفير المرونة نفسها. وعلاوة على ذلك، لا تزال مصادر الطاقة المتجددة تمر بمراحلها الأولى في الوقت الحالي من ناحية مساهمتها في الإنتاج العالمي للطاقة.

2.4 النمو في معدل كفاءة الطاقة العالمية:

تواصل كفاءة استخدام الطاقة مسيرتها في التحسن في جميع أنحاء العالم، ويجب أن تلي حصة أكبر من الطلب من خلال أنواع وقود أنظف. وستكون هذه المكاسب بشكل جزئي نتيجة سعي الحكومات والمستهلكين لتلبية طلبهم على الطاقة مع التصدي لمخاطر تغير المناخ أيضا. والشكل البياني التالي يوضح النمو في كفاءة الطاقة العالمية منذ سنة 1973 إلى غاية 2016.

الشكل 6: كفاءة الطاقة العالمية شهدت تحسنا ثابتا (مع تقلبات) منذ عام 1973



المصدر: إيه تي كيرني AT Kearney (2016). صفحة 09.

نجد أن كفاءة الطاقة العالمية تحسنت بوتيرة ثابتة، حيث بلغ متوسطها 1,3% سنويا (الشكل 6) منذ تغير آليات سوق النفط عام 1973. ولا ينبغي أن يكون ذلك مفاجئا: إذ لا يحدث الابتكار التكنولوجي تحولات جذرية أو ملموسة دائما، وطالما أن تكلفة سلعة ما مرتفعة بما يكفي لتشجيع الجهود الرامية لتكون مجدية اقتصاديا (كما كان الحال منذ أزمة النفط عام 1973)، فإنه يجب مواصلة تحقيق التحسينات الصغيرة مع مرور الوقت. وبالإضافة إلى ذلك، ومع ابتعاد القيمة المضافة العالمية الإجمالية عن القطاعات التي تستهلك الكثير من الطاقة، وتحولها إلى خدمات واقتصاد معرفي (على سبيل المثال: اكتساب تكنولوجيا المعلومات والخدمات الدوائية والخدمات المالية قيمة نسبية مقابل صناعة الفولاذ والمواد الكيميائية الأساسية)، فإن الناتج المحلي الإجمالي يصبح أيضا أقل اعتمادا على إمدادات الطاقة. وقد تبدو هذه العمليات بطيئة ولكن بعد نحو نصف قرن أصبح تأثيرها التراكمي كبيرا: إن الطاقة اللازمة في عام

1972 لتقديم منتجات بقيمة دولار أمريكي واحد) وفقاً لقيمة الدولار الأمريكي عام 2011) تنتج الآن 1,75 دولار أمريكي. وفي المستقبل، ومع تحسن التكنولوجيا واستمرار انخفاض الوزن النسبي للصناعات الثقيلة، فإنه يجب على كفاءة الطاقة العالمية أن تستمر بالازدياد.

4. خاتمة:

طورت خلال العقود الأخيرة وسائل أكثر ابتكارية وأقل تكلفة لتسخير طاقة الرياح والشمس والطاقة البحرية والحيوية، والطاقة الحرارية الأرضية. فأصبحت الطاقة المتجددة أو الطاقة البديلة مصدراً أكثر أهمية للطاقة، فضلاً عن أننا نشهد حالياً تبني واسع النطاق لمختلف أشكال الطاقة المتجددة وهذا لكونه مصدر نظيف ولا يعمل على تلوث البيئة، ولا يؤدي لانبعاث غازات يمكن أن تضر بصحة الإنسان، إذ أن الاعتماد على الوقود الأحفوري بشكل أساسي يعني بالضرورة زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو مما يؤدي لارتفاع درجة حرارة الأرض وبالتالي حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري.

زيادة الطلب على الطاقات المتجددة هو نتيجة عوامل عديدة منها إمكانيات العالم المتاحة من هذه المصادر، والارتفاع المضطرب للنمو الاقتصادي، إضافة للعديد من التأثيرات البيئية وانعكاساتها على الطلب على الطاقات التقليدية، والنمو السكاني والتطور التكنولوجي الذي أدى إلى انخفاض تكلفتها إلى حد كبير بفضل رعاية الحكومات لها في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية، وتطورت نتيجة ظهور قوى صناعية جديدة مثل الصين. كل هذه الظروف أدت إلى زيادة الاستثمارات العالمية في مجال الطاقة المتجددة، إذ تستثمر الدول المصنعة أموالاً ضخمة في مجال البحث والتطوير بغية الوصول إلى تخفيض أسعارها وزيادة كفاءتها.

النتائج:

تأسيساً على ما تقدم، أمكن التوصل إلى النتائج الموجزة في النقاط التالية:

- النمو السنوي للإستهلاك العالمي للطاقات المتجددة أسرع من النمو السنوي لمصادر الطاقات الأولية المستمدة من الطاقة الأحفورية (الطاقة الغير المتجددة)؛
- الاستثمار في الطاقة المتجددة يعد خطوة إستراتيجية ناجحة مهما كانت التكلفة في الأجل القريب لأن فوائدها الاقتصادية والبيئية مجدية في الأجل الطويل؛
- إن الاستثمارات في مجال الطاقة الشمسية ثم طاقة الرياح تليها طاقة الحيوية تعتبر خطوة ناجحة وذلك بسبب انخفاض في تكاليف توليد الكهرباء من هذه المصادر، نتيجة لتطور التقنيات، ووفورات الحجم؛

— إن كفاءة الطاقة العالمية تحسنت بوتيرة ثابتة، حيث بلغ متوسطها نحو 1,3 % سنوياً منذ تغير آليات سوق النفط عام 1973. وذلك بسبب الابتكار التكنولوجي في هذا المجال.

إختبار الفرضيات:

من خلال هذا البحث، تمكنا من البرهنة على صحة الفرضيات الموضوعة، نوردنا على النحو التالي:

الفرضية الأولى: وجود ارتباط وثيق بين الطاقة وتحقيق متطلبات التنمية المستدامة الأمر الذي يستلزم الاهتمام بحماية البيئة لأجل تحقيقها، وتشكل الطاقة المتجددة أحد الوسائل الهامة من أجل ذلك، باعتبارها طاقة غير ملوثة وتحافظ على البيئة؛

الفرضية الثانية: تستطيع الطاقة المتجددة أن تلعب دور كبير في المستقبل البعيد إما نتيجة لتوفر الطاقة الأحفورية بكميات كبيرة تكفي احتياجات العالم حتى نهاية القرن الحالي، وإما للصعوبات التكنولوجية والفنية للطاقات المتجددة وتكلفتها الاستثمارية العالية؛

الفرضية الثالثة: إن التقنيات الحديثة المتاحة للطاقة؛ والتي أثبتت نجاحها تؤدي إلى رفع كفاءة الطاقة وتبني الطاقة المتجددة تدريجياً، وبإمكانها أن تبدد مشكلات الهدر في الطاقة وتزايد الانبعاثات الكربونية، فضلاً عن إجراء تعديلات في ميزان الطاقة العالمي، والذي يؤدي في نهاية المطاف إلى الوصول إلى تحقيق تنمية مستدامة.

الإقتراحات:

وفي ضوء النتائج المتوصل إليها يمكن إقتراح ما يلي:

- وجوب اعتماد التكنولوجيا النظيفة والكفؤة لتحقيق الاستدامة البيئية؛
- العمل على تخفيض الطلب على الطاقات الأحفورية للحد من التلوث عبر إعتداد الطاقات النظيفة وكفاءة الطاقة؛
- هناك فرص هائلة في مجال الإستثمار في الطاقات المتجددة لذا نجد العديد من دول العالم تستثمر مئات الملايير في توسيع إمكانات توليد الطاقة الكهربائية ونقلها وتعزيز كفاءة استخدامها؛
- تقنيات الطاقة المتجددة التي يمكن استخدامها للاستفادة من هذه الفرص الكبيرة أثبتت فعاليتها وهي متاحة اليوم بتكلفة معقولة؛
- هناك فرص عديدة أمام المستثمرين والمطورين المحليين على الساحة العالمية.

5. قائمة المراجع:

1. The National Renewable Energy Laboratory (NREL).(2001). Renewable Energy:An Overview. **ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY: 01.**
2. The World Bank.(2012). Renewable energy. **Global tracking framework.**
3. Omar Ellabban, Frede Blaabjerg. (2014). Renewable energy resources : Current status, future prospects and their enabling technology.**Renewable and Sustainable Energy Reviews.**(39): 749.
4. Organization of the Petroleum Exporting Countries.(2021). **Our Mission.** [Online article] https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/23.htm
5. Organization of the Petroleum Exporting Countries.(2021). **Brief History.** [Online article] https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/24.htm
6. IRENA.(2021). World Energy Transitions Outlook: 1.5⁰ C Pathway. **International Renewable Energy Agency**, Abu Dhabi.
7. IRENA.(2021).Rethinking Energy. **International Renewable Energy Agency**, Abu Dhabi.
8. IRENA (2020). Renewable power generation costs in 2019.**International Renewable Energy Agency**, Abu Dhabi.
9. German Possamai.(2008). **Renewable Energy Sources (Basics)**, Research Gate, Germany.
10. الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. (2011). **التقرير الخاص بشأن مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من آثار تغير المناخ**. الأمم المتحدة. المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO).
11. نجاة بن فريجة، رضوان أنساعد. (2020). **مساهمة الطاقات المتجددة في تزويد العالم بالطاقة ودعمها للتنمية- دراسة تحليلية لمصادر الطاقة المتجددة في العالم والجزائر**. **مجلة دفاتر إقتصادية**.01: (11).
12. فريدة كافي، فاطمة محبوب. (2021). **تحسين كفاءة استخدام الطاقة في القطاع الصناعي - قراءة في البرامج الوطنية في بعض الدول العربية-.** **مجلة البحوث الاقتصادية والمالية**.01: (8)
13. سعيد خليفة الحموري. (2016). **أساسيات إنتاج الطاقة (البترول - الكهرباء - الغاز)**.الأردن. الأكاديميون للنشر والتوزيع.
14. هيثم باحيدر. (10 أوت 2015) **«كفاءة الطاقة»؟ جريدة الإقتصادية** .
15. إيه تي كيرني AT Kearney. (2016). **التحول الكبير في مجال الطاقة. القمة العالمية للحكومات**. الإمارات العربية المتحدة.

16. نضال نصار. (2020). التكلفة المستوية للطاقة. [مقال على الشبكة] <https://thesolarest.com>
17. منصور قسوم، جزيرة معيزي. (2021). التحول نحو الإقتصاد الأخضر والطاقات المتجددة في ضوء تجارب دولية رائدة. مجلة دراسات في الإقتصاد وإدارة الأعمال. 04. (02)