

دراسة تحليلية للتحديات التي تواجه قطاع الطاقات المتجددة: مراجعة أدبية

An analytical study of the challenges facing the sector of renewable energies : Literature Review

بوبكر صابة،* جامعة قسنطينة 2، الجزائر، الإيميل: boubakeur.saba@univ-constantine2.dz

Received: 22/ 12/ 2024

Accepted: 19/05/2025

Published: 03/06/2025

ملخص: حاولنا في هذه الورقة البحثية تحديد العوامل المؤثرة على قطاع الطاقات المتجددة ومعرفة الدور الذي يمكن أن تلعبه في مزيج الطاقة العالمي وتحديد القيود والمعوقات التي تحد من هذا الدور. اتضح بالاطلاع على الأدبيات الاقتصادية والمراجع العلمية أن تكاليف إقامة محطات الطاقات المتجددة عالية جدا، ولديها أثر سلبي على البيئة، وتتأثر بالمناخ وتؤثر فيه، وتتميز بطابع احتكاري وحماية قوية لبراءات الاختراع، وعدم قبولها من طرف أطياف واسعة من المجتمع المدني، وأخيرا تعتمد على معادن نفيسة ونادرة تتوفر في عدد محدود جدا من البلدان وهو ما يحول دون التوسع في استخدام الطاقات المتجددة.

الكلمات المفتاحية: طاقات متجددة؛ التكلفة، البيئة؛ المعادن النادرة.

Abstract: We tried in the present paper to determine the factors that influence the renewable energy sector and get acknowledged of role these energies may play in the energy mix, and determine the obstacles that hinder their role. it turned out that the costs of building renewable energy facilities are very high, impact negatively the environment, impacted by the climate, moreover, the technologies of renewable energies are highly protected by patents, depend on rare earth, and their market is to a far extent a monopoly market. These may hinder the widespread of renewable energies.

Keywords: Renewable Energies; costs, The environment; Rare earth metals

JEL codes: P18; Q20, Q29; Q 42; Q 57

Citation : SABA, Boubakeur, (2025). An analytical study of the challenges facing the sector of renewable energies: Literature Review, *Journal of economics studies and researches in renewable energies*, 12(01). 09-23

مقدمة:

يوجد شبه اتفاق في مجال الطاقة على أن المصادر التقليدية لهذه الأخيرة -مصادر الطاقة الأحفورية- وهي النفط والغاز الطبيعي والفحم والتي تلبى 80% من احتياجات العالم من الطاقة حاليا قد بدأت تستنزف وأن الكميات المتبقية منها في مختلف أقطار العالم لن تلبى الطلب المتزايد على الطاقة مستقبلا. مصادر الطاقة هذه وعلاوة على تراجع احتياطياتها وباستثناء الغاز الطبيعي الذي يعتبر أقلها تلويثا فإنها تتسبب في تلويث وفي إحداث تغيير كبير في النظام الغازي للبيئة. مع تزايد الاهتمام بهذه الأخيرة وانتشار مفهوم التنمية المستدامة اكتسبت الطاقات المتجددة أهمية متزايدة خاصة وأنه قد تم الربط بينها وبينها أحداث التنمية المستدامة في جانبها المتعلق بالبيئة. غير أن هذا الاهتمام بالطاقات المتجددة والدعم الذي تتلقاه لا يعني أن الطريق سالك أمامها لتحل محل الطاقات الأحفورية على الأقل في المدى المنظور والمتوسط، فهي تواجه

عقبات وتحديات بعضها تقني وبعضها الآخر اقتصادي تحول دون التوسع في استخدامها وفي زيادة نسبة مساهمتها في مزيج الطاقة العالمي.

بناء على ما سبق يمكن طرح الإشكالية الرئيسية التالية: هل يواجه قطاع الطاقات المتجددة تحديات تحول دون قيامه بالدور المتوقع منه، وما هي هذه التحديات؟ تتفرع عن السؤال الرئيس مجموعة من الأسئلة الفرعية وهي: ما هي الطاقات المتجددة؟ ما هي الدوافع التي تقف وراء سعي الدول إلى التوسع في استعمال الطاقات المتجددة؟ ما هي القيود التي تعرقل الدور الذي يمكن أن تلعبه الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة العالمي؟ تهدف الدراسة إلى اختبار الفرضية التالية: رغم الاهتمام الكبير بقطاع الطاقات المتجددة إلا أن الدور المتوقع منه مقيد بالتحديات التي تواجهه. يحاول هذا البحث أن يقدم تحليلاً موضوعياً للدور الذي يمكن أن تلعبه الطاقات المتجددة بعيداً عن التضخيم الذي يمارسه المدافعون عن البيئة من سياسيين ورجال إعلام وجمعيات وبعيداً عن التهوين من طرف المدافعين عن الطاقات الأحفورية. كما يسعى البحث إلى تحديد الدوافع الأساسية وراء دعم الطاقات المتجددة، وتحديد القيود التي يمكن أن تحد من الدور الذي تلعبه الطاقات المتجددة.

تأتي أهمية هذا البحث من أهمية الطاقات المتجددة حيث تحظى هذه الأخيرة باهتمام كبير جداً خاصة في ظل انتشار مفهوم التنمية المستدامة وتزايد الاهتمام بالبيئة.

كما تكمن أهمية هذا البحث في تحديد الدور الذي يمكن أن تلعبه الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة العالمي خاصة مع تراجع احتياطات الوقود الأحفوري.

أولاً-التأصيل النظري للدراسة:

1-الإطار المفاهيمي للطاقات المتجددة:

يعرفها كل من Hansen و Percebois بأنها الطاقة التي يكون مصدرها تدفقات متجددة وليس مخزونات محدودة لا تتجدد (Hansen & Perceboois, 2015, p 568). أما حسب Usher (2019) فإن الطاقة التي يكون مصدرها غير قابل للنفاد تعتبر طاقة متجددة. ويعرف Speight (2022) الطاقة المتجددة التي يشار إليها غالباً بالطاقة النظيفة بأنها الطاقة التي تأتي من الموارد الطبيعية التي تتجدد باستمرار. يمكن أن نستنتج من التعاريف السابقة أن الطاقة المتجددة مصدرها يتجدد باستمرار وإن لم يكن بصفة دورية؛ وأن مصادر الطاقة الأساسية للطاقة المتجددة هي الطاقة الشمسية؛ وأيضاً الطاقة المتجددة مكمل للطاقات التقليدية.

من الناحية النظرية يبلغ حجم الطاقة الشمسية ما بين 1.36 إلى 7 كيلواط / م² حسب الموقع الجغرافي أو ما يعادل 165 ألف تيراواط سنوياً، أما الطاقة المستخرجة من الطاقة المائية فبلغت 28 جيواط، وبالنسبة للطاقة المستخرجة من طاقة الرياح فبلغت 122158 ميواط، وفيما يتعلق بالطاقة الجوفية فبلغت 10469 ميواط والطاقة العضوية 23825 ميواط، وطاقة المحيطات (طاقة الأمواج) فقدرت بـ 33 جيواط، وفي المجمل يقدر حجم الطاقة التي يمكن الحصول عليها من مختلف مصادرها المتجددة 300 جيواط (Moriarty & Honnery, 2012, p 247 ; Penna, 2020, p 189).

أما فيما يخص قدرات محطات الطاقة المتجددة فتقدرها الوكالة الدولية للطاقات المتجددة بـ 3864 جيغاواط سنة 2023 (IRENA, 2024, p 2)، والجدول رقم 1 يوضح تطور حجم الطاقات المتجددة خلال الفترة 2014-2023 .

الجدول 1: تطور حجم الطاقات المتجددة خلال الفترة 2014-2023، الوحدة جيغاواط

السنة	2014	201	2016	2017	2018
حجم الطاقة	1698	1852	2015	2185	2360
السنة	2019	202	2021	2022	2023
حجم الطاقة	2548	2819	3083	3391	3864

المصدر : IRENA, 2024, p 2

يلاحظ بشكل عام أن الاتجاه العام لحجم الطاقات المتجددة هو نحو الزيادة حيث ارتفع من 1698 جيغاواط سنة 2014 إلى 3864 جيغاواط سنة 2023. أما عن مساهمة الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة العالمي فتبين أرقام الجدول رقم 2 أدناه أن نسبتها بلغت 17% في السنوات الأخيرة، ومن المتوقع أن تصل إلى 35% سنة 2030 و82% سنة 2050 (IRENA, 2023, p 22).

الجدول 2: تطور نسبة مساهمة الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة العالمي

الفترة	السنوات الخمس الأخيرة	2030	2050
النسبة (%)	17	35	82

المصدر : IRENA, 2023, p 22

تتميز الطاقات المتجددة بعدد من الخصائص يمكن تلخيصها فيما يلي (عياش، 1981، ص-ص 280-281):

- كل مصادر الطاقة المتجددة تتطلب تطوير التكنولوجيا المناسبة لاستغلالها؛
 - الطاقة المتجددة الأساسية هي طاقة الشمس وما طاقة الرياح والمياه إلا تجسيد للطاقة الشمسية؛
 - الطاقة المتجددة بالرغم من أنها لها صفة الديمومة والتجدد إلا أنها لا تتوفر طوال الوقت؛
 - شدة الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة ليست عالية التركيز ولهذا تتطلب محطات الطاقة المتجددة أجهزة كثيرة وكبيرة ومساحات شاسعة؛
 - عدم القدرة على الاستفادة من كل الطاقة؛
 - الطاقة المتجددة هي طاقات موضعية بمعنى أنها تتوفر في مكان معين فقط ولذا هي مناسبة للتنمية المحلية.
- تتشارك عدة عوامل وأسباب لتوفر الدوافع لدعم الطاقات المتجددة وتتمثل هذه الدوافع في (Jelley, 2020, pp 28):

- السعي لتحقيق أهداف التنمية المستدامة خاصة الجانب المتعلق بحماية البيئة من التلوث والحد من آثار التغير المناخي؛
- تراجع حجم الاحتياطات من مصادر الطاقة التقليدية؛
- التقليل من آثار ارتفاع أسعار النفط؛
- تحقيق أمن الطاقة؛
- السعي إلى تحقيق التنوع في مزيج الطاقة بهدف تقليل الاعتماد على مصدر وحيد للطاقة؛
- انخفاض تكاليف تشغيل محطات الطاقة المتجددة؛
- تحقيق النمو الاقتصادي وتوفير مناصب عمل من خلال ضخ الاستثمارات في هذا المجال؛
- طول مدة حياة محطات الطاقات المتجددة؛
- إمكانية الاستخدام المحلي وتناسب بشكل كبير جدا الأماكن المعزولة والنائية فيما يتعلق بإنتاج الكهرباء؛

ثانيا-منهجية الدراسة:

اعتمد الباحث على المنهج الوصفي لدراسة واقع الطاقات المتجددة وتحديد خصائصها، مزاياها ودوافع دعمها من مختلف الحكومات. كما تم الاعتماد على المنهج التحليلي وذلك لتحليل العوامل التي تؤثر على استخدام الطاقات المتجددة وهي عوامل مالية مثل التكلفة، عوامل مؤسسية مثل القوانين التي تحمي براءات الاختراع، أو عوامل ذات علاقة بهيكل سوق تكنولوجيا الطاقات المتجددة. إضافة إلى هذا اعتمدنا على المراجع العلمية ذات الطبيعة التقنية والعلمية البحتة لتحديد الجوانب التقنية التي تؤثر على استخدام الطاقات المتجددة وتحديد أثرها على البيئة.

ثالثا-النتائج ومناقشة النتائج:

إن الدور الذي يمكن أن تلعبه الطاقات المتجددة في المستقبل محكوم بعدد من العوامل يمكن أن نوجزها فيما يلي:

- الأبعاد الاقتصادية؛
- الطابع الاحتكاري للتكنولوجيا الطاقات المتجددة.
- أثارها على البيئة وتأثيرها بالتغير المناخي؛
- تأثير المعادن النادرة في تكنولوجيا الطاقة المتجددة.

1-الأبعاد الاقتصادية، الجوانب التنظيمية المرتبطة بالطاقات المتجددة

ذكرنا أنه من بين دوافع استخدام الطاقات المتجددة هو تحقيق النمو الاقتصادي وتوفير فرص العمل، وبهذا الخصوص وجدت الدراسات التطبيقية أن تأثير استخدام هذه الطاقات على النمو الاقتصادي على المدى الطويل هو تأثير سلبي حيث أن كل زيادة بنسبة 1% في استهلاك الطاقة المتجددة يؤدي إلى انخفاض في الناتج القومي الداخلي الخام بـ 0.14% (Deka et al, 2023, p 8)، وانخفاض بنسبة 0.97% حسب دراسة Ozturk & Menegaki (2016).

غالبا ما يكر أن تكاليف الطاقات المتجددة تميل إلى الانخفاض وهذا بفضل التطور التكنولوجي والخبرات المتراكمة والذي أدى إلى زيادة كفاءة محطات الطاقة المتجددة (Batalla-Bejerano, 2023, p 162)، حقيقة هذه المعلومة صحيحة جزئيا ولا تعكس الصورة الكلية للطاقات المتجددة التي تتميز بأن تكلفتها التشغيلية وتكلفة الصيانة الخاصة بها هامشية ومنخفضة جدا وتمثل في المتوسط حوالي 2.5% من مجمل التكاليف (Moore, 2023, p15)، بيد أن تكلفتها الاستثمارية عالية جدا (Ikeda, 2024, p 180)، والجدول 3 أدناه يبين تكاليف توليد الطاقة الكهربائية من مصادر مختلفة.

هذه التكاليف المرتفعة تضع على المحك تنفيذ العديد من مشاريع إقامة محطات للطاقة المتجددة بمختلف أنواعها باعتبارها كثيفة رأس المال ما يرفع من درجة المخاطرة ويجعل المستثمرين الخواص والسلطات العمومية المكلفة بتسيير قطاع الطاقات المتجددة غير قادرين على تنفيذ المشاريع بسبب التكاليف الاستثمارية المرتفعة (Ole, 2023, p 143).

الجدول 3: التكلفة المستوية لتوليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة والناضبة (\$/Kwh)

مصدر الطاقة	التكلفة المستوية	التكلفة الشاملة للإنشاء
الطاقة الحيوية	0.061	2162
طاقة	0.107	1274
الرياح	0.197	3461
الطاقة	0.445	876
الشمسية	0.380	4274
الطاقة المائية	0.042	2881
طاقة حرارية جوفية	0.056	3478
الغاز الطبيعي	0.039	غـم
الفحم	0,068	غـم
الطاقة النووية	0,141	غـم

المصدر Kabeyi & Olanrewaju, 2023

هذا بالتحديد ما يفسر موقف المستهلكين الصغار من الطاقات المتجددة والتي لا يزالون يعتبرونها كمالية فالوفر الطفيف في فواتير الكهرباء التي يدفعونها شهريا لا يمكنهم من استعادة الأموال الطائلة التي يجب عليهم إنفاقها بشكل مبدئي إلا بعد سنوات طويلة قد تصل إلى عقود من الزمن (Maczulak, 2010, pp 24-25).

رغم أن معدل العائد على الطاقة المستثمرة للحصول على الطاقة المتجددة يبرر انشاء محطات الطاقات المتجددة غير أن هذا المعدل أقل بكثير من نظيره في الطاقات الأحفورية (Heinberg & Fridley, 2016, p 19)، وهو الأمر الذي يؤثر على المستثمرين الذين يحبذون تحقيق أكبر عائد على استثماراتهم بغض النظر عن الاعتبارات الأخرى.

تتباين الآراء حول أفضل السبل لتنظيم سوق الطاقات المتجددة فمنهم من يحبذ فكرة التحرير والتعامل في الأسواق الفورية وحثهم في هذا مبنية على مزايا المنافسة والأسواق الحرة وكسر الاحتكار (Nicollia & Vonab, 2019, pp 865-866)، وهناك من يحبذ التدخل الحكومي خاصة وأنها تعتبر سوق ناشئ وبالتالي لا بد من الدخول في إطار تعاقدات طويلة الأجل، والمبرر هو أنها تجنب مخاطر تقلبات أسعار الطاقة ومخاطر تغيير القوانين المنظمة لسوق الطاقة، وكذا مخاطر عدم التزام أحد طرفي العقد بالتزاماته (Di Foggia & Beccarello 2024, p 4). والتحدي هنا هو اختيار السياسة والآليات المناسبة التي تتناسب مع ظروف البلد وامكاناته وأهدافه.

2- الطابع الاحتكاري لقطاع الطاقات المتجددة

تميز الطاقات المتجددة بهيكل احتكاري، فعلى المستوى العالمي نجد أن عددا محدودا من الدول يسيطر على البحث العلمي، إنتاج وتصدير تكنولوجيا الطاقات، وهذه الدول هي الولايات المتحدة الأمريكية، ألمانيا، اليابان، كوريا الجنوبية والصين التي تسيطر معا على 60% من براءات الاختراع في قطاع الطاقات المتجددة (León et al, 2018, p 10)، الجدول رقم 4 أدناه يبين نوع التكنولوجيا الذي تنصده كل دول من الدول السابقة كنسبة مئوية من مجمل براءات الاختراع.

الجدول 4: الدول المهيمنة على تكنولوجيا الطاقات المتجددة، الوحدة: نسبة مئوية

الهيدروجين	الطاقة الجوفية	طاقة الرياح	الطاقة الشمسية الحرارية	الألواح الضوئية	الو. م. أ
7	9	11	11	11	الصين
37	51	39	27	51	كوريا الجنوبية
5	9	4	10	11	اليابان
5	7	37	9	9	ألمانيا
--	--	12≈	5	≈ 3	كندا
--	7	--	--	--	الدنمارك
--	--	14	--	--	روسيا الاتحادية
26	--	--	--	--	بلدان أخرى
20	17	21	9	14	

المصدر: WIPO, 2023,

يلاحظ أن الصين تتصدر بلدان العالم في عدد براءات الاختراع، حيث تستحوذ على أكثر من 50% من براءات الاختراع في مجال الألواح الشمسية، وتتصدر أيضا براءات الاختراع في مجال طاقة الرياح، والطاقة الجوفية بحوالي 40% ونفس الأمر ينطبق على الهيدروجين. يلي الصين اليابان التي تحت المرتبة الأولى عالميا في مجال الطاقة الشمسية الحرارية، تليها كوريا الجنوبية التي يغلب عليها التنوع في الجهود البحثية. يلي البلدان الآسيوية البلدان الغربية وعلى رأسها الولايات المتحدة الأمريكية وألمانيا.

هذا الهيكل الاحتكاري يعبر عن طبيعة هذه الصناعة التي تتسم بأنها تعتمد على نتائج الأبحاث العلمية والتطبيقية التي تسعى الجهات التي تمولها إلى حمايتها ببراءات الاختراع وهذا بهدف تحقيق عوائد مالية (Fernandez et al, 2022, p 5). وفي إطار الطبيعة الاحتكارية نشير إلى أن هذه الأخيرة تحتاج في أجزاء عديدة منها معادن خاصة تعرف باسم المعادن النادرة (Rare earth) وهي مركزه بشكل شبه كلي في أربعة بلدان فقط هي الصين، الولايات المتحدة الأمريكية، روسيا وأستراليا مع احتلال الصين المرتبة الأولى عالميا إذ يتركز بها نحو 50% من حجم الاحتياطات العالمية وكذا ما يفوق 60 % من حجم الإنتاج العالمي الذي بلغ 210 آلاف طن كانت مساهمة الصين فيها 132 ألف طن (Foley & Ayuso, 2024, p 26).

أي أن العالم يعتمد اعتمادا كبيرا على الصين للحصول على هذه المعادن التي يعرف إنتاجها تراجعاً بسبب قرار الصين تسقيف حجم الإنتاج والتوجه نحو فرض شروط وقيود بيئية متشددة لاستخراج واستغلال تلك المعادن (Hansel, 2011, p 16-17; Wang et al, 2015, pp 16-17).

قرار الصين بوضع قيود على الإنتاج، والطلب الكبير من طرف صناعات الأجهزة الذكية إضافة إلى الرغبة في التوسع في استخدام الطاقات المتجددة ودعمها سيزيد الطلب على هذه المعادن هذا الأمر دفع بأسعار هذه المعادن للارتفاع (فون وهوف، 2014، ص 221) وهذا يؤثر على إمكانية التوسع في استخدام تكنولوجيا الطاقة المتجددة.

أخيرا نشير إلى أن الطاقات المتجددة ليست بمنأى عن تأثير المتغيرات الجيولوجية ففرض حظر من طرف الصين على تصدير المعادن النادرة إلى بلدان معينة، والحرب التجارية بينها وبين الولايات المتحدة الأمريكية والتي تبرز المعادن النادرة كأحد أهم ساحاتها (بسبب أهميتها في صناعة الرقائق الالكترونية) كلها عوامل تؤدي إلى التأثير سلبا على تكنولوجيا الطاقات المتجددة وعلى انتشارها عالميا (Escribano & Lazaro-Touza, 2023, p 278 ; Colin, 2016, p 45).

3- الجوانب البيئية والمناخية المتعلقة بالطاقات المتجددة،

فيما يتعلق بالآثار البيئية للطاقات المتجددة فجل الباحثين من مختلف تخصصاتهم يجنحون إلى اختزالها في انبعاثات الغاز الدفيئة وهو ما يسهل تسويقها على أنها صديقة للبيئة، فالطاقات المتجددة لا ينتج عنها انبعاثات غازية بصورة مباشرة وتشير الأبحاث إلى وجود علاقة سلبية بين استخدام الطاقات المتجددة والانبعاثات الغازية (Li et al, 2023, p 10; Saqib et al, 2023, p 14).

لكن يوجد باحثون آخرون لديهم رأي مختلف فالباحث (Pru'homme, 2017) توصل إلى نتيجة وهي أن مساهمة الطاقات المتجددة في تخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المستوى العالمي لا تتعدى 1.4% (Pru'homme, 2017, p 59;) (61).

هذه الطاقات لها أثر على البيئة من خلال المساهمة في الانبعاثات الغازية بصورة غير مباشرة، لكن معظم محطات توليد الكهرباء التي تعتمد على الطاقات المتجددة تحتاج دائما إلى مصدر طاقة أحفوري لدعمها في الفترات التي تكون فيها الطاقات المتجددة غير متوفرة (Inhaber, 2016, p 584). ورغم أن الوقود الحيوي المستعمل في قطاع النقل يمكن أن يسهم في تخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، إلا أنه يتسبب في زيادة انبعاث الغاز الدفيئة وهذا لأن إنتاجه يتطلب استخدام آلات كثيرة تشتغل على الوقود وينتج عنها انبعاثات غازية. الأكثر من ذلك وهو أن محطات الطاقة المائية ينتج عنها ثاني أكسيد الكربون بسبب الفقاعات والفران الذي يحدث على مستوى مسطحات السدود (Hartmann, 2016, p 428). كما أن الهيدروجين ينتج عن استعماله زيادة في تركيز بخار الماء في طبقات الجو وهو ما يؤدي مع مرور الوقت إلى التأثير على طبقة الأوزون (Andersen, 2013, pp 51-53).

فيما يخص النظام الصخري يشير (Lovins, 2011) إلى أن محطات استغلال مصادر الطاقة المتجددة تحتاج إلى شغل مساحات من الأراضي أقل من تلك التي تتطلبها الطاقات التقليدية (Lovins, 2011, p 42)، لكن من جهة أخرى فإن توليد الكهرباء باستعمال الطاقة المائية يتطلب بناء سدود تتسبب في إحداث تغيرات كبيرة على المكان ما يؤثر على النظام الصخري في تلك المنطقة (Forsund, 2007, p 18). ونفس الأثر السلبي يحدثه الوقود الحيوي الذي يستعمل كوقود للمركبات حيث أن له آثار سلبية مثل تآكل التربة وتلوثها نتيجة لزيادة استعمال النيتروجين هذا فضلا عن التسبب في التصحر (Madhu, 2010, p 303).

أما بالنسبة لتأثير الطاقات المتجددة على النظام المائي فتشير بعض الدراسات إلى أن محطات الطاقة المائية يمكن أن تساهم في التسبب في ندرة المياه خاصة وأنها تعتبر ثاني أكبر مستهلك للمياه عالميا بعد القطاع الزراعي (Pfister et al, 2020, pp 3-4). هذا إضافة إلى كميات المياه الكبيرة جدا التي تستلزمها زراعة المحاصيل التي يستخرج منها الوقود الحيوي وهو ما ينذر بإحداث ندرة في المياه إن استمر العالم في هذا الاتجاه لاستخدام للوقود الحيوي (Mendoza, 2007, p 85).

بالنسبة بالنظام الحيوي تبين نتائج الأبحاث أن محطات الطاقة المائية تؤثر على الغطاء النباتي والتنوع الحيواني في تلك المنطقة كما أنغمر المنطقة بمياه السدود يعني القضاء الكامل على الملاذ الآمن للكثير من الأنواع الحيوانية والنباتية وهو ما يعني تغيير التوازن البيولوجي في المنطقة برمتها (Sunderasan, 2015, p 13). وفي نفس الإطار أيضا لا تخلو محطات الطاقة الهوائية من أثر على البيئة إذ تؤثر على التنوع البيولوجي وتسبب في وفيات كبيرة بين الطيور التي ترتطم أثناء طيرانها بمراوح تلك المحطات (Homyacj, & Verschuy, 2019, p 196).

كما تتأثر الطاقات المتجددة بالمناخ. فمثلا يعتمد حجم الطاقة الكهرومائية على مدى وفرة المياه التي تعتمد بدورها على حجم التساقط اللذان يتأثران بالمناخ السائد (Goncalves, 2024, p 7). ونفس الأمر ينطبق كذلك على طاقة الرياح التي تتأثر بالموقع الجغرافي وسرعة الرياح التي يتحكم فيها المناخ السائد في المنطقة المعنية. والطاقة الشمسية هي الأخرى تتأثر بالمناخ وهذا لأن درجة السطوع التي يمكن تركيزها لتحويلها إلى طاقة تخضع لتبخر المياه ودرجة تلبد الغيوم. بل حتى الوقود الحيوي يتأثر بالمناخ وهذا لأن محصول المنتجات الزراعية التي تدخل في صناعته يؤثر فيها المناخ السائد حتى (Schaeffer, 2012, p 2 ff). كما أن ارتفاع منسوب مياه البحار وهبوب الرياح الشديدة يمكن أن يؤدي إلى تحطيم مزارع الرياح سواء المقامة على اليابسة أو تلك الموجودة في عرض المياه (Mikellidou et al, 2018, pp, 114-115). كما تتأثر محطات الطاقة المائية بشكل كبير بالجفاف حيث أن انخفاض منسوب المياه يؤثر في قدرة تلك المحطات على توليد الكهرباء بالكمية المطلوبة وفي الوقت المناسب (Eyer & Wichman, 2018, p 224).

كما بيّنت الدراسات أن محطات توليد الكهرباء من الطاقة الهوائية تتسبب في تغير محلي للمناخ وهذا من خلال التأثير على تدفقات الهواء في المنطقة التي تتواجد بها تلك المحطات (Pope & Naterer, 2016, p 102)، من جهة أخرى يمكن أن تساهم تلك المحطات في الجفاف من خلال تسخين الهواء والتغيير في بنية وتركيب النظام الغازي بسبب الاضطرابات الناتجة عن دورات توربينات الرياح (Roy & Traiteur, 2010).

4-المجتمع المدني والطاقات المتجددة:

من الغرابة أن قطاعات واسعة من المجتمع المدني لها موقف مغاير تماما اتجاه الطاقات المتجددة حيث لا تحظى من طرفهم بقبول كلي وهذا نتيجة لآثار السلبية على البيئة والمرتبطة باستغلال هذه الطاقات، إضافة لخصائصها المتعلقة بعدم التركيز حيث تتطلب إقامة محطات الطاقة الهوائية، الشمسية والمائية مساحات شاسعة من الأراضي، هذا فضلا عن أثرها على جمال المناظر الطبيعية والضجيج الذي تتسبب فيه (Pasqualetti, 2011, p 203ff). هذه الأمور تفسر رفض أطراف من المجتمع المدني إقامة محطات الطاقة المتجددة بالقرب من التجمعات السكانية (Mirza et al, 2024, p 10).

ويمكن أن نشير في هذا المقام إلى أن زراعة المحاصيل التي يستخرج منها الوقود الحيوي وعلى رأسها الذرة أو القمح يتم على حساب زراعة المحاصيل يحتاجها الإنسان في غذائه أدت إلى موجة من ارتفاع أسعار المحاصيل الغذائية والتي تدفع ثمنها الطبقة الفقيرة في الدول النامية والدول الأقل نموا (Ferris & Joshi, 2010, p 91).

هذه الآثار السلبية تؤثر بشكل مباشر على الأفراد والمجتمعات المحلية والبلدان الأقل دخلا والمعرضة بشكل كبير وأكثر من غيرها لتداعيات التغير المناخي وهذا سبب آخر يدفع هذه الجماعات إلى معارضة مشاريع استغلال الطاقات المتجددة لعدم تحقيقها لمبدأ العدالة البيئية (Levenda, 2021, p 7)، وهو الأمر الذي يؤكد الرأي الذي يرى بأن نجاح أي تكنولوجيا مهما كانت يعتمد إلى حد كبير على مدى قبول المجتمع لها وتبنيه إياها، ودون ذلك لن يكتب للتقنيات الحديثة النجاح مهما كانت درجة تطورها والآثار الإيجابية التي تحققها (Yilmaz & Soytaş, 2023, p 1871).

5-الصعوبات التقنية المرتبطة بالطاقات المتجددة

على الرغم من تسجيل براءات اختراع كثيرة في حقل الطاقات المتجددة إلا أنها لا تجد طريقها إلى التطبيق على أرض الواقع وهذا بسبب عدم اليقين بشأن الجدوى التقنية للتكنولوجيات الحديثة المسجلة وعدم قدرتها على منافسة التقنيات المستعملة حاليا (Opoku et al, 2024, p 4). بالإضافة إلى ذلك، الطاقات المتجددة ليست متوفرة دوما عند الطلب وإنما عندم تكون الظروف المناخية ملائمة، وهذا ما يؤثر سلبيا على اقتصاديات مشاريع الطاقات المتجددة، وإن كان بعض الباحثين وبعض الجهات يعملون على حل هذه الإشكالات من خلال اعتماد تقنيات الذكاء الصناعي والتحول الرقمي لعمليات إنتاج، توزيع وبيع الطاقة وفوترتها (Ikeda, 2024, pp 268-269). أيضا، فإن تحقيق هدف زيادة نسبة مساهمة الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة يتطلب تحويل في البنية التحتية المتعلقة بالطاقة سواء في قطاع المنبع أو المصب وهو الأمر الذي يستغرق سنوات طويلة ويتطلب ضخ استثمارات هائلة (Andersen, 2013, p 26) ليست كل الدول مستعدة أو قادرة على تحمل تكاليفها.

من العوائق التقنية أيضا والتي ترتبط بالجانب القانوني والتنظيمي يتمثل فمثل في الوصول إلى شبكات توزيع الكهرباء التي تمتلكها الشركات الاحتكارية الخاصة أو الحكومية ورفض هذه الأخيرة السماح لمزودي خدمات الطاقة المتجددة باستغلال هذه لشبكات، هذا إضافة إلى مسألة حجب أشعة الشمس أو تيارات الهواء من الوصول إلى المباني التي يسعى أصحابها إلى استغلال الطاقات المتجددة وهذا بسبب العوائق كالبنائيات والعقارات المجاورة الأكبر حجما (كاسيدي وغروسمان، 2011، ص ص 372-374).

أحد أوز التحديات التي تواجه الطاقات المتجددة هي مسألة عدم اليقين وهذا ما يجعل من الصعوبة بمكان التنبؤ بكمية الطاقة التي يمكن الاستفادة منها في ظل عدم إمكانية تحديد فترات سطوع الشمس، هبوب الرياح، سرعتها وكثافتها، حركة أمواج البحر وغيرها، وخاصة أن جمع البيانات المتعلقة بتلك المتغيرات يتطلب فترات طويلة تقدر بالسنوات من أجل جمع المعلومات الكافية لبناء نموذج يسمح بالتنبؤ (bessa et al, 2019, p 21).

يحدث هذا رغم الاعتماد الكبير على تقنيات الذكاء الصناعي وتقنيات الكوانتم (Quantum) لمعالجة البيانات والتنبؤ بأحوال الطقس وتغيرات المناخ وبالتبعية التنبؤ بكميات الطاقة التي يمكن استغلالها من المصادر المتجددة، وكذا تحسين تكنولوجيا وتقنيات نظم الإنتاج، التخزين والتوزيع (Sharma et al, 2021, pp 26-27).

بهذا الخصوص نشير إلى أن اعتماد محطات الطاقات المتجددة على تكنولوجيا الإعلام والاتصال والشبكات يجعلها عرضة لمحاولات اختراق من طرف قراصنة المعلومات إما بهدف سرقة معلومات وبيعها لأطراف أخرى أو لأغراض تعطيل تلك المحطات وإخراجها عن الخدمة من أجل إشعال اضطرابات اجتماعية وسياسية في البلاد المستهدفة (Alshawhi, 2022, pp 15-16).

خاتمة:

تَناولنا في هذا البحث دراسة وتحليل العوامل المؤثرة على قطاع الطاقات المتجددة وذلك بالتطرق لمفهوم الطاقات المتجددة، أنواعها، مصادرها، خصائص، مزاياها والدوافع التي تقف وراء الدعم المقدم لها وختمنا البحث بالتطرق إلى جملة من المسائل التي تحد من الدور الذي يمكن أن تلعبه الطاقات المتجددة وقد توصلنا إلى النتائج التالية:

- الطاقات المتجددة هي الطاقات التي يكون مصدرها طبيعي مثل الشمس، الهواء والمياه؛
 - تتميز مصادر الطاقات المتجددة بأنها غير مستقرة ولا تتوفر كل الوقت رغم ديمومتها؛ كما أنها غير مركزة ولذا تتطلب محطاتها مساحات شاسعة؛ هذا إضافة لكونها طاقات موضعية؛
 - الطاقات المتجددة غير موزعة توزيعا عادلا بين البلدان فبعض البلدان لديها سطوع شمسي كبير، وبعضها لديها ميزة هبوب الرياح، وبعضها الآخر لديها مصادر مياه كبيرة وعليه نجد اختلافا بين البلدان فيما يخص تكنولوجيا استغلال الطاقات المتجددة.
 - تتعدد الدوافع التي تقف وراء دعم الطاقات المتجددة ومنها تقليل تلوث البيئة، تراجع احتياطات مصادر الطاقة التقليدية والنحوط ضد تقلبات أسعار النفط، الرغبة في تحقيق أمن الإمدادات والتنوع في مزيج الطاقة، المساهمة في تحقيق النمو الاقتصادي والتنمية المحلية باعتبارها طاقات موضعية، طول حياة مشاريع الطاقات المتجددة والتكاليف التشغيلية المنخفضة؛
 - رغم أن التكاليف التشغيلية للطاقات المتجددة منخفضة إلا أن تكاليفها الاستثمارية عالية؛
 - للطاقات المتجددة آثار سلبية على البيئة بمختلف أنظمتها حيث تساهم الطاقات المتجددة في انبعاثات الغازات الدفيئة بصورة غير مباشرة، كما أن بناء السدود يؤثر على النظام الصخري، الغطاء النباتي والتنوع الحيواني، فضلا عن هذا يساهم الوقود الحيوي في زيادة نسبة انبعاثات النيتروجين فضلا عن تأثيره على الأمن الغذائي؛ هذا مع تأثيرها بالتغيرات المناخية؛
 - تتميز الطاقات المتجددة بالطابع الاحتكاري وحماية براءات الاختراع وهو ما يحول دون الانتشار الكبير لتكنولوجيا الطاقات المتجددة؛
 - تحتاج الطاقات المتجددة في تكنولوجيتها إلى معادن نادرة متوفرة في عدد محدود من البلدان وعلى رأسها الصين وهو ما يضع هدف تحقيق أمن الإمدادات موضع شك.
- النتائج السابقة تؤكد الفرضية التي قامت عليها هذه الدراسة والتي مفادها أن الدور الذي يمكن أن تلعبه الطاقات المتجددة مقيد إلى حد بعيد بالتحديات التي تواجه هذه الطاقات.

من خلال ما سبق يبدو أن أفضل مقارنة لتبني إستراتيجية دعم الطاقات المتجددة هي المقاربة المبنية على فكرة التكامل مع بقية مصادر الطاقة وليس فكرة التنافس، ففي النهاية لا يمكن في الآجال القريبة والمتوسطة إحلال الطاقات المتجددة محل الطاقات الأحفورية وفي نفس الوقت يجب ترشيد استخدام هذه الأخيرة للتقليل بقدر الإمكان من الآثار السلبية على البيئة.

قائمة المراجع:

عياش سعود يوسف، (1981). **تكنولوجيا الطاقة البديلة**، سلسلة عالم المعرفة رقم 38، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت.

كاسيدي، ادوارد وغروسمان، بيترز، (2011). **مدخل إلى الطاقة: المصادر والتكنولوجيا والمجتمع**، ترجمة الدملاحي صباح صديق، سلسلة كتب التقنيات الاستراتيجية والمتقدمة، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية/ المنظمة العربية للترجمة، بيروت، لبنان.

فون، ناوك هوف، ميخائيل، (2014). **المعان الاستراتيجية والمعادن الأرضية النادرة**، ترجمة الشيعي حسام، مجموعة النيل العربية، القاهرة، جمهورية مصر العربية.

Alshawi, Amany, (2022). **Artificial Intelligence for Sustainability: Opportunities and Challenges** in Artificial Intelligence for Renewable Energy and Climate Change edited by Vasant Pandian et al, John Wiley & Sons, Inc, New Jersey, USA.

Andersen, Otto, (2013). **Unintended consequences of renewable energy: problems to be solved**, Springer-Verlag, London, UK.

Batalla-Bejerano, Joan et al, (2023). **The grid costs of renewable energy deployment**, in handbook on the economics of renewable energy edited by del Rio Pablo & Ragwitz Mario, Edward Elgar publishing, Massachusetts, USA.

Bessa, Ricardo et al, (2019). **Handling renewable energy variability and uncertainty in power system operation**, in advances in energy systems: the large scale renewable energy integration challenge edited by Lund Peter et al, John Wiley & Sons, New Jersey, USA.

Colin, Armand, (2016). La géopolitique des énergies renouvelables : amélioration de la sécurité énergétique et/ou nouvelles dépendances, revue internationale et stratégique, (101), 36-46.

Deka, Abraham et al, (2023). Does energy efficiency, renewable energy and effective capital promote economic growth in the emerging 7 economies? New evidence from CS-ARDL model, future business journal, (9), 1-10.

Di Foggia Giacomo & Beccarello, Massimo, (2024). Designing new energy markets to promote renewables, Heliyon, (10) e31427, 1-10.

Escibano Gonzalo & Lazaro-Touza Lara, (2023). **The economic benefits of renewable energies: a geopolitical perspective** in handbook on the economics of renewable energy edited by del Rio Pablo & Ragwitz Mario, Edward Elgar publishing, Massachusetts, USA.

Eyer Jonathan & Wichman, Casey. J, (2018). Does water scarcity shift the electricity generation mix toward fossil fuels? Empirical evidence from the United States, *journal of environmental economics and management*, (87), 224-241.

Fernandez, Ana María et al, (2022). The diffusion of energy technologies. Evidence from renewable, fossil, and nuclear energy patents, *technological forecasting & social change*, (178) 121566, 1-14.

Ferris, John Jake & Joshi, Satish, (2010). **Prospects for Ethanol and Biodiesel, 2008 to 2017 and Impacts on Agriculture and Food**, in *handbook of bioenergy economics and policy* (pp 93-111), edited by Madhu Khanna, Springer science +media , New York, USA.

Foley, Nora. K. & Ayuso, Robert. A, (2024). **Conventional Rare Earth Element Mineral Deposits—The Global Landscape** in *Rare Earth Metals and Minerals Industries: Status and Prospects* edied by Yellapu et al, Springer, Switzerland.

Forsund, Finn. R, (2007). **Hydropower economics**, Springer science and business media, New York, USA.

Goncalves, Ana C. R et al, (2024). Extreme weather events on energy systems: a comprehensive review on impacts, mitigation, and adaptation measures, *sustainable energy research*, (11); 1-28.

Hansel, Nayantara. D, (2011). Economic challenges in the clean energy supply chain: the market for rare earth minerals and other critical inputs, *business economics*, 46(3),171-184.

Hansen, Jean-Pierre & Percebois Jacques, (2015). **Energie : economie et politiques**, Noto de Boeck, Paris, France.

Hartmann, Joerg, (2016). **Sustainability of hydropower**, in *alternative energy and shale gas encyclopedia*, edited by Leaher, Jay et al, John Wiley & sons, New Jersey, USA.

Heinberg, Richard & Fridley, David, (2016). **Our renewable future: laying the path for 100% clean energy**, post carbon institute, California/ Island press, Washington DC, USA.

Homyacj, Jessica & Verschuyt, Jake, (2019). **Effect of harvesting forest-based biomass on terrestrial wildlife**, in *renewable energy and wildlife conservation* (pp 22-40), edited by Moorman, Christopher. E et al, Wildlife society/ John Hopkins University press, John Hopkins University, Baltimore, Maryland, USA.

Ikeda, Yuichi, (2024). **Data Science of Renewable Energy Integration the Nexus of Energy, Environment, and Economic Growth**, Springer, Singapore.

Inhaber, Herbert, (2016). **Will renewable cut carbon dioxide substantially?**, in *alternative energy and shale gas encyclopedia*, edited by Leaher, Jay et al, John Wiley & sons, New Jersey, USA.

IRENA, (2023). **World energy transition outlook 2023**, international renewable energy agency, Abu Dhabi, UAE.

IRENA, (2024). **Renewable energy statistics**, international renewable energy agency, Abu Dhabi, UAE.

Jelley, Nick, (2020). **Les énergies renouvelables**, traduit par Rodney Alan, Chrono Science, Paris, France.

Kabeyi Moses Jeremiah Barasa & Olanrewaju, Oludolapo Akanni, (2023). The levelized cost of energy and modifications for use in electricity generation planning, energy reports, (9), 495-534.

León Rivera Lorena, (2018). **Measuring innovation in energy technologies: green patents as captured by WIPO's IPC green inventory**, Economic Research Working Paper No. 44, WIPO, Geneva, Switzerland.

Levenda, A. M et al, (2021). Renewable energy for whom ? a global systemic review of the environmental justice implications of renewable energy technologies, energy research & social science, (71), 1-13.

Li, Rongrong et al, (2023). Does renewable energy reduce per capita carbon emissions and per capita ecological footprint? New evidence from 130 countries, energy strategy reviews, (49) 10121, 1-12.

Lovins, Amory. B, (2011). Renewable Energy's 'Footprint' Myth, the electricity journal, 24(6), 40-47.

Maczulak, Anne, (2010). **Renewable energy: sources and methods, facts on line**, infobase publishing, New York, USA.

Madhu Khanna et al, (2010). **Meeting the Biofuels Targets: Implications for Land Use, Greenhouse Gas Emissions, and Nitrogen Use in Illinois**, in handbook of bioenergy economics and policy, edited by Madhu Khanna, Springer science +media, New York, USA.

Mendoza, Teodoro, (2007). Are biofuels really beneficial for humanity? Philippine journal of crop science, 32(3), 85-100.

Menegaki & Ilhan Ozturk (2016) Renewable energy, rents and gdp growth in mena countries, energy sources, part b: economics, planning, and policy, 11(9), 824-829.

Mikellidou Cleo Varianou et al, (2018). Energy critical infrastructures at risk from climate change: A state of the art review, safety science, (110 part C), 110-120.

Mirza, Zuhaib Tayar et al, (2024). A thematic analysis of the factors that influence the development of a renewable energy policy, renewable energy focus, (49) 100562, 1-16.

Moore, Elaine. A, (2023). **Explaining renewable energy**, CRC press, a Taylor & Francis group, Florida, USA.

Moriarty, Patrick & Jonnery, Damon, (2012). What is the global potential for renewable energy? Renewable and sustainable energy reviews, (16), 244-252.

Nicolli Francesco & Vonab Francesco, (2019). Energy market liberalization and renewable energy policies in OECD countries, energy policy, (128), 853-867.

Ole, Ngozi Chinwa, (2023). **China, in Regulatory Support for Off-Grid Renewable Electricity**, edited by Ole Ngozi Chinwa, Routledge a Taylor & Francis group, New York, USA.

Opoku Eric Evans Osei et al, (2024). Energy innovation investment and renewable energy in OECD countries, energy strategy review, (54), 101462.

Pasqualetti, Martin. J, (2011). Social barriers to renewable energy landscapes, the geographical review, 101(2), 201-223.

Penna, Anthony. N, (2020). **A history of energy flows: from human labor to renewable energy**, Routledge, Taylor & Francis group, New York, USA.

Pfister, Stephan et al, (2020). Water scarcity footprint of hydropower based on a seasonal approach -Global assessment with sensitivities of model assumptions tested on specific cases, Science of the Total Environment, (724), 138-188.

Pope Kevin & Naterer Greg F, (2016). **Power Curves and Turbulent Flow Characteristics of Vertical Axis Wind Turbines**, in alternative energy and shale gas encyclopedia, edited by Leaher, Jay et al, John Wiley & sons, New Jersey, USA.

Pru'homme Rémy, (2017). **Le mythe des énergies Renouvelables : quand on aime on ne compte pas**, l'artilleur, Paris, France.

Rastegar, Hiva et al, (2024). The impact of environmental policy on renewable energy innovation : a systematic literature review and research direction, sustainable development, 32(4), 3859-3876.

Roy, Somnath Baidya & Traiteur Justin.J, (2010). Impacts of wind farms on surface air temperatures, proceedings of the national academy of science, 107(42), 17889-17904.

Saqib, Najia et al, (2023). Investigating the implications of technological innovations, financial inclusion, and renewable energy in diminishing ecological footprints levels in emerging economies, geoscience frontiers, (14) 101667, 1-17.

Schaeffer, Roberto et al, (2012). Energy sector vulnerability climate change: a review, energy, (38), 1-12.

Sharma, Anupama et al, (2021). **Role of AI in Renewable Energy Management, Introduction to AI Techniques for Renewable Energy Systems** edited by Tripathi Suman Lata et al, CRC press, a Taylor & Francis group, Florida, USA.

Speight, James, (2022). Encyclopedia of renewable energy, Scrivner publishing, Wiley, New Jersey, USA.

Sunderasan, Srinivasan, (2015). **Clean energy investment: cases and teaching notes**, Springer, New Delhi, India.

Usher, Bruce, (2019). **Renewable energy: a premier for the twenty first century**, Columbia University press, New York, USA.

Wang, Xibo et al, (2015). Production forecast of China's rare earths based on the Generalized Weng model and policy recommendations, resources policy, (43), 11-18.

WIPO, (2023). **Patents statistics**, world intellectual property rights organization, Geneva, Switzerland.

Yılmaz, R. Ulusoy & Soytaş U., (2023). **Social Acceptance of Smart Energy Systems**, in handbook of smart energy systems, edited by Fathi Michel et al, Springer, Switzerland.