

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة البليدة 2

كلية: العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير

قسم: علوم التسيير

العنوان:

دراسة تحليلية تقييمية للانتقال الطاقوي في الجزائر آفاق 2030

أطروحة مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في: الطور الثالث (ل م د)

تخصص: إدارة مالية

إعداد الطالب:

برحال عبد الرؤوف

أمام اللجنة المشكلة من:

بركان زهية	أستاذ	جامعة البليدة 2	رئيسا
ربحي كريمة	أستاذ	جامعة البليدة 2	مشرفا ومقررا
كركار مليكة	أستاذ	جامعة البليدة 2	ممتحنا
قجاتي عبد الحميد	أستاذ محاضر أ	جامعة البليدة 2	ممتحنا
جبارة مراد	أستاذ	جامعة المدية	ممتحنا
برايس خليفة	أستاذ محاضر أ	جامعة تيبازة	ممتحنا

السنة الجامعية: 2025-2026

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة البليدة 2

كلية: العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير

قسم: علوم التسيير

العنوان:

دراسة تحليلية تقييمية للانتقال الطاقوي في الجزائر آفاق 2030

أطروحة مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في: الطور الثالث (ل م د)

تخصص: إدارة مالية

إشراف الأستاذة الدكتورة:

ربحي كريمة

إعداد الطالب:

برحال عبد الرؤوف

السنة الجامعية: 2025-2026

الإهداء

الحمد لله وحده والصلاة والسلام على من لا نبي بعده وبعد:

إلى والديّ الذيّ كانا سبباً لوجودي فضلاً عن أعمالي، حفظهما الله بمنه وفضله، ووفقهما لما يحبّ ويرضى وجزاهما عنا كل خير، وأقر عينيهما بصلاحنا ونجاحنا وبارك في أعمارهما،

إلى زوجتي التي كانت سندي، ومصدر دعمي في كل رحلة وتحدي، أشكر لها بذلها وصبرها وتحفيزها أبقاها الله في طاعته ومتّعها الله بالصحة وألبسها العافية،

إلى أبنائي الداعمين لي، ومصدر أملّي في تجاوز العقبات، الأبطال: عبد الله، البراء، مريم وعبد الرحمان، حفظهم الله ورعاهم ورفع قدرهم وأعلى مكانتهم،

إلى إخوتي وأحبتي محمد وأيمن وهناء وفقهم الله لكل خير،

إلى من علمنا ونصح لنا وأراد بنا الخير.

شكر وتقدير

الحمد لله على عظيم فضله وجزيل عطائه، وعلى ما منّ به علينا من واسع نعمه، وصلى الله وسلم على نبينا محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

يطيب لي أن أتقدم بالشكر والتقدير إلى الأستاذة الدكتورة: ربحي كريمة، عرفانا لها على ما بذلته من جهود تذكر فتشكر في هذا العمل ولم تبخل علينا بالتوجيه والتحفيز، وعلى صبرها وحلمها علينا، والله أسأل أن يجازيها خير الجزاء وأن يوفقها لكل خير. كما لا يفوتني أن أشكر الأستاذ الدكتور عامر بشير الذي قدّم لنا يد العون والتوجيه، والأستاذ الدكتور علاش أحمد رئيس لجنة التكوين في الدكتوراه على مجهوداته المبذولة ونصحه، جزاهم الله عنا كل خير، ووفقهم لما يحب ويرضى.

الملخص:

تكمن أهمية الدراسة في تحليل واقع النظام الطاقوي في الجزائر، وتقييم الإطار التنظيمي والمؤسساتي وبرامج الانتقال الطاقوي المعتمدة، مع إبراز أبعادها التنموية واستشراف آفاقها المستقبلية، في ظل التوجهات العالمية في قطاع الطاقة. وتهدف الدراسة أساسًا إلى تحليل واقع نظام الطاقة في الجزائر وتحديد مؤهلاته، وتقييم مسار الانتقال الطاقوي من خلال تحليل الإنجازات المحققة واستشراف الأبعاد التنموية المستقبلية.

واعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، فقد تم توظيفه في بحث الجوانب النظرية والمفاهيم المرتبطة بالانتقال الطاقوي، وكذا في تحليل ودراسة المؤشرات الطاقوية على المستويين العالمي والوطني. حيث تم استخدام جمع البيانات الإحصائية المتخصصة من التقارير الصادرة عن الهيئات الوطنية والدولية ومن قواعد البيانات الإلكترونية، ومعالجتها باستخدام برنامج Excel، وتحليلها من خلال مؤشرات كمية ومنحنيات بيانية لتفسير الاتجاهات الطاقوية.

وقد توصلت الدراسة إلى أنّ مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر لا يزال في مرحلة التأسيس، حيث تبقى مساهمة الطاقات المتجددة محدودة، رغم إطلاق برامج ومشاريع مهمة، كما تشير النتائج كذلك إلى أنّ مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية تُعدّ مجدية اقتصاديًا في ظل شروط استثمار مناسبة، فضلًا عن آثارها التنموية المتمثلة في تقليص استهلاك الغاز الطبيعي، وخلق فرص العمل، والحد من الانبعاثات الكربونية. غير أنّ نجاح هذا المسار يبقى رهينًا بتجاوز جملة من التحديات، خاصة القانونية والمؤسسية.

الكلمات المفتاحية: الانتقال الطاقوي، الطاقات المتجددة، الفعالية الطاقوية، المزيج الطاقوي، الطاقة الشمسية الكهروضوئية، الجزائر.

الفهارس

فهرس المحتويات:

الصفحة	العنوان
I	إهداء
II	شكر وتقدير
III	الملخص
V	فهرس المحتويات
VIII	قائمة الجداول
X	قائمة الأشكال
XVII	تعريف المختصرات
أ-ف	مقدمة
69-1	الفصل الأول: موقع الوقود الأحفوري من اقتصاديات الطاقة في العالم
3	المبحث الأول: ماهية الوقود الأحفوري وأبعاده الاقتصادية والبيئية
3	المطلب الأول: مفهوم وأهمية الوقود الأحفوري
6	المطلب الثاني: دور الوقود الأحفوري في التنمية الاقتصادية
11	المطلب الثالث: الأثر البيئي للوقود الأحفوري في العالم
15	المبحث الثاني: أهمية الوقود الأحفوري في المزيج الطاقوي العالمي
15	المطلب الأول: تحليل احتياطات الوقود الأحفوري في العالم
25	المطلب الثاني: تحليل سوق الوقود الأحفوري
51	المطلب الثالث: حصة الوقود الأحفوري في مزيج الطاقة العالمي
56	المبحث الثالث: تحليل الإنتاج الكهربائي من المصادر الأحفورية في العالم
56	المطلب الأول: تطور الطاقة الكهربائية المولدة من الوقود الأحفوري
58	المطلب الثاني: تطور الطاقة الكهربائية المنتجة من عناصر الوقود الأحفوري
59	المطلب الثالث: تحليل الطاقة الكهربائية المنتجة من الوقود الأحفوري حسب الأقاليم الدولية
69	خلاصة الفصل
148-71	الفصل الثاني: تحليل التوجه العالمي نحو الانتقال الطاقوي

72	المبحث الأول: المقاربة النظرية للانتقال الطاقوي
72	المطلب الأول: مدخل نظري للانتقال الطاقوي
88	المطلب الثاني: مفهوم ومصادر الطاقات المتجددة
96	المطلب الثالث: مفهوم ومقومات الكفاءة الطاقوية
98	المبحث الثاني: تحليل المشهد العالمي للطاقات المتجددة
98	المطلب الأول: تطور القدرة المركبة من الطاقات المتجددة في العالم
102	المطلب الثاني: تحليل تطور القدر المركبة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح حسب الأقاليم الدولية
107	المطلب الثالث: تحليل تطور الإنتاج الكهربائي من الطاقات النظيفة في العالم
122	المبحث الثالث: تحليل مؤشرات الكفاءة الطاقوية في العالم
122	المطلب الأول: تحليل نصيب الفرد من الطاقة في العالم
129	المطلب الثاني: تحليل كثافة الطاقة في العالم
135	المطلب الثالث: تحليل تركيبة مزيج الطاقة العالمي ونصيب الفرد من الطاقة
148	خلاصة الفصل:
205-150	الفصل الثالث: تحليل نموذج الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا: التحديات والدروس المستفادة
151	المبحث الأول: الإطار التاريخي والهيكل لنظام الطاقة في جنوب إفريقيا وأزمة النموذج الأحفوري
151	المطلب الأول: المؤشرات الرئيسية وقطاع الطاقة في جنوب إفريقيا
154	المطلب الثاني: الاعتماد التقليدي على الفحم في جنوب إفريقيا
157	المطلب الثالث: أزمة انقطاع الكهرباء لشركة Eskom وآثارها الاقتصادية
165	المبحث الثاني: استراتيجية الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا: السياسات والبرامج
165	المطلب الأول: الإطار القانوني والمؤسسي للتحوّل الطاقوي في جنوب إفريقيا
171	المطلب الثاني: إطار البرامج السياسية للانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا
177	المطلب الثالث: برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين للطاقة المتجددة في جنوب إفريقيا (REIPPPP)
181	المبحث الثالث: التقييم الاقتصادي والبيئي لمشاريع الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا

181	المطلب الأول: تطور القدرة المركبة وتوليد الكهرباء من مشاريع الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا
193	المطلب الثاني: التقييم الاقتصادي والبيئي لمشاريع الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا
200	المطلب الثالث: فرص وتحديات الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا واستخلاص الدروس
205	خلاصة الفصل
287-207	الفصل الرابع: تحليل وتقييم الانتقال الطاقوي في الجزائر
208	المبحث الأول: هيكل نظام الطاقة في الجزائر
208	المطلب الأول: إنتاج واستغلال الطاقة الأولية في الجزائر
216	المطلب الثاني: هيكل إنتاج واستهلاك الطاقة الكهربائية في الجزائر
225	المطلب الثالث: العوامل الدافعة للانتقال الطاقوي في الجزائر
232	المبحث الثاني: تحليل مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر: الإمكانيات المتاحة وواقع التنفيذ
233	المطلب الأول: إمكانيات الانتقال الطاقوي في الجزائر
244	المطلب الثاني: برامج الانتقال الطاقوي في الجزائر
251	المطلب الثالث: مشاريع الانتقال الطاقوي المنجزة وقيد الإنجاز في الجزائر
261	المبحث الثالث: تقييم مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر إلى آفاق 2030
261	المطلب الأول: تقييم الأداء الطاقوي من مشاريع الطاقات المتجددة في الجزائر
269	المطلب الثاني: التقييم المالي لمشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر
274	المطلب الثالث: الأثر التنموي والبعد البيئي لمشاريع الطاقات المتجددة في الجزائر بآفاق 2030
282	المطلب الرابع: فرص وتحديات الانتقال الطاقوي في الجزائر
287	خلاصة الفصل
290	الخاتمة العامة
298	قائمة المراجع
314	قائمة الملاحق
318	الملخص باللغة الأجنبية

قائمة الجداول:

الرقم	العنوان	الصفحة
01	معدلات الانبعاثات من الكربون من مصادر الوقود الأحفوري	12
02	توزيع احتياطات الفحم وكميات الإنتاج حسب المناطق	19
03	توزيع احتياطات النفط وكميات الإنتاج حسب المناطق	21
04	توزيع احتياطات الغاز الطبيعي وكميات الإنتاج حسب المناطق	24
05	تطور العرض والطلب على الوقود الأحفوري 2015-2023	26
06	تطور حصة الوقود الأحفوري في المزيج الطاقوي العالمي 2000-2023	52
07	تطور القدرة المركبة لمختلف المصادر الطاقوية المتجددة في العالم 2014-2023	99
08	المؤشرات الاقتصادية لجنوب إفريقيا سنة 2023	152
09	مؤشرات نظام الطاقة في جنوب إفريقيا سنة 2023	153
10	وضعية محطات توليد الكهرباء من الفحم لشركة إسكوم	161
11	معالم الإطار القانوني للانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا	166
12	خطة الموارد المتكاملة IRP 2019	174
13	مشاريع الطاقة المتجددة في إطار نوافذ العروض من برنامج (REIPPPP)	183
14	مشاريع تخزين الطاقة في البطاريات في إطار نوافذ العروض من برنامج (BESIPPPP)	187
15	تحليل إمكانيات واحتياطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية للجزائر	235
16	الطاقة الإنتاجية لإنتاج الألواح الشمسية في الجزائر	241
17	نتائج مناقصة مشروع صولار 1000 ميغاواط	254
18	نتائج مناقصة مشروع 2000 ميغاواط	255

272	صافي التدفقات السنوية لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية	19
272	القيمة الحالية الصافية لمشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر	20
273	معدل العائد الداخلي لمشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر	21
273	فترة الاسترداد لمشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر	22
277	نسبة الغاز الطبيعي المؤخر من مشاريع الطاقة المتجددة	23
280	انبعاثات CO2 في ظلّ مسار الانتقال الطاقوي بآفاق 2030	24

قائمة الأشكال:

الرقم	العنوان	الصفحة
01	تطور استهلاك الوقود الأحفوري والنتاج المحلي الإجمالي في الفترة [2024-1965]	7
02	تطور نصيب الفرد من الوقود الأحفوري ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي	10
03	تطور انبعاث CO ₂ من عناصر الوقود الأحفوري 2024-2014	13
04	حصص عناصر الوقود الأحفوري في إجمالي انبعاثات الكربون لسنة 2024	14
05	تطور احتياطي الفحم في العالم 2019-2008	16
06	تطور احتياطي النفط في العالم 2020-1980	17
07	تطور احتياطي الغاز الطبيعي في العالم 2019-1980	18
08	توزيع احتياطات الفحم في العالم سنة 2020	20
09	توزيع احتياطات النفط في العالم سنة 2020	22
10	توزيع احتياطات الغاز في العالم سنة 2020	24
11	تطور العرض والطلب على الوقود الأحفوري 2023-2015	27
12	تطور العرض والطلب على الفحم في العالم 2023-2013	28
13	تطور العرض والطلب على الفحم في آسيا والمحيط الهادي	29
14	تطور العرض والطلب على الفحم في أمريكا الشمالية	30
15	تطور العرض والطلب على الفحم في أوروبا	31
16	تطور العرض والطلب على الفحم في إفريقيا	32
17	تطور العرض والطلب على الفحم في اتحاد الدول المستقلة	33
18	تطور العرض والطلب على الفحم في جنوب ووسط أمريكا	34

35	تطور العرض والطلب على الفحم في الشرق الأوسط	19
36	تطور العرض والطلب على النفط في العالم 2013-2023	20
37	تطور العرض والطلب على النفط في الشرق الأوسط	21
38	تطور العرض والطلب على النفط في اتحاد الدول المستقلة	22
39	تطور العرض والطلب على النفط في أمريكا الشمالية	23
40	تطور عرض وطلب النفط في أوروبا	24
41	تطور العرض والطلب على النفط في إفريقيا	25
42	تطور العرض والطلب على النفط في جنوب ووسط أمريكا	26
43	تطور العرض والطلب على النفط في آسيا والمحيط الهادي	27
44	تطور العرض والطلب على الطبيعي في العالم 2013-2023	28
45	تطور العرض والطلب على الغاز الطبيعي في أمريكا الشمالية	29
46	تطور العرض والطلب على الغاز الطبيعي في آسيا والمحيط الهادي	30
47	تطور العرض والطلب على الغاز الطبيعي في اتحاد الدول المستقلة	31
48	تطور عرض وطلب الغاز الطبيعي في أوروبا	32
49	تطور العرض والطلب على الغاز الطبيعي في الشرق الأوسط	33
50	تطور العرض والطلب على الغاز الطبيعي في إفريقيا	34
51	تطور العرض والطلب على الغاز الطبيعي في جنوب ووسط أمريكا	35
52	تطور إنتاج الطاقة من الوقود الأحفوري 2000-2023	36
53	تطور نسبة مساهمة الوقود الأحفوري في المزيغ الطاقوي	37
54	حصة الوقود الأحفوري في مزيغ الطاقة العالمي لسنة 2024	38
55	توزيع إنتاج الطاقة الأولية من الوقود الأحفوري سنة 2024	39
57	تطور الطاقة الكهربائية المنتجة من الوقود الأحفوري 2013-2023	40
58	تطور إنتاج الكهرباء من عناصر الوقود الأحفوري 2013-2023	41
59	حصص مكونات الوقود الأحفوري في إنتاج الكهرباء سنة 2023	42
60	تطور الطاقة الكهربائية من الوقود الأحفوري 2013-2023	43

61	حصة مناطق العالم من الطاقة الكهربائية من الوقود الأحفوري سنة 2023	44
62	التركيبة الطاقوية لإنتاج الكهرباء من الوقود الأحفوري 2023	45
63	حصص الأقاليم الدولية من إنتاج الكهرباء من الفحم 2023	46
63	حصص الأقاليم الدولية من إنتاج الكهرباء من الغاز الطبيعي 2023	47
64	حصص الأقاليم الدولية من إنتاج الكهرباء من النفط 2023	48
64	تطور إنتاج الكهرباء من الفحم 2013-2023	49
65	تطور إنتاج الكهرباء من النفط 2013-2023	50
66	تطور إنتاج الكهرباء من الغاز 2013-2023	51
75	دلالات الانتقال الطاقوي	52
77	الإشعاع الأفقي العالمي (GHI): متوسط سنوي طويل الأمد	53
78	تكلفة الكهرباء المستوية (LCOE) لمحطات الطاقة الكهروضوئية الأرضية واسعة النطاق	54
87	تطور العمالة في قطاع الطاقات المتجددة في العالم	55
88	أبعاد الانتقال الطاقوي	56
91	نظام الطاقة الكهرومائية المخزنة بالضخ	57
92	توربينات تكنولوجيا طاقة الرياح	58
94	آلية توليد الكهرباء من الطاقة الكهروضوئية	59
95	آلية الطاقة الشمسية المركزة	60
98	مقومات تحقيق الكفاءة الطاقوية	61
100	تطور القدرة المركبة من الطاقات المتجدد في العالم 2014-2023	62
102	حصص مساهمة الطاقات المتجددة في القدرة العالمية	63
103	تطور القدرة المركبة من الطاقة الشمسية حسب المناطق الدولية	64
105	توزيع القدرة المركبة من الطاقة الشمسية حسب المناطق الدولية	65
105	تطور القدرة المركبة من طاقة الرياح حسب المناطق الدولية	66
107	توزيع القدرة المركبة من طاقة الرياح حسب المناطق الدولية	67

108	تطور توليد الكهرباء من الطاقات النظيفة 2013-2023	68
110	تطور حصص الطاقات النظيفة من الكهرباء	69
111	تطور الطاقة الكهرومائية في المناطق الدولية 2013-2023	70
113	تطور طاقة الرياح في المناطق الدولية 2013-2023	71
115	تطور الطاقة الشمسية في المناطق الدولية 2013-2023	72
117	تطور الطاقة النووية في المناطق الدولية 2013-2023	73
121	التركيبة الطاقوية للمزيج الطاقوي النظيف في العالم لسنة 2023	74
123	تطور نصيب الفرد من الطاقة الأولية في العالم 2013-2023	75
125	تطور حصة الفرد من الطاقة الكهربائية المولدة في العالم	76
127	تطور حصة الفرد من الطاقة الكهربائية حسب فئة الدخل للدولة	77
127	خريطة العالم حسب مستوى الدخل	78
130	تطور الكثافة الطاقوية حسب المناطق والأقاليم الجغرافية	79
134	تطور كثافة الطاقة بين الدول حسب مستوى دخلها	80
136	تطور تركيبة المزيج الطاقوي العالمي 2013-2023	81
137	تطور تركيبة المزيج الطاقوي في آسيا 2013-2023	82
138	تطور تركيبة المزيج الطاقوي في أمريكا الشمالية 2013-2023	83
139	تطور تركيبة المزيج الطاقوي في أوروبا 2013-2023	84
140	تطور تركيبة المزيج الطاقوي في أمريكا الجنوبية 2013-2023	85
141	تطور تركيبة المزيج الطاقوي في إفريقيا 2013-2023	86
142	تطور تركيبة المزيج الطاقوي في أوقيانوسيا 2013-2023	87
143	مزيج الطاقة الأولية المستهلكة في العالم لسنة 2023	88
144	تركيبة نصيب الفرد من الطاقة في العالم لسنة 2023	89
154	تطور الطاقة الأولية وطاقة الفحم في جنوب إفريقيا 2000-2023	90
155	تطور نسبة طاقة الفحم في الطاقة الأولية في جنوب إفريقيا 2000-2023	91

157	تطور الطاقة الكهربائية وحصة الفحم في توليدها في جنوب إفريقيا 2000-2023	92
158	تركيبية محطات توليد الكهرباء لشركة إسكوم	93
160	كمية عجز الطاقة الكهربائية بفعل الانقطاعات في جنوب إفريقيا 2007-2019	94
164	مخطط توضيحي لأثر انقطاعات الكهرباء على جنوب إفريقيا	95
170	مخطط الهيئات الفاعلة في الانتقال الطاقوي لجنوب إفريقيا	96
180	مراحل برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين للطاقات المتجددة لجنوب إفريقيا	97
185	تطور القدرة المركبة ضمن نوافذ العروض لبرنامج (REIPPPP)	98
186	تطور إنتاج الكهرباء التراكمي لبرنامج (REIPPPP)	99
189	تطور القدرة المركبة من الطاقة المتجددة في جنوب إفريقيا	100
190	تطور إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في جنوب إفريقيا في الفترة [2024-2015]	101
191	تطور توليد الكهرباء من الطاقات المتجددة في جنوب إفريقيا في الفترة [2024-2015]	102
193	مزيج توليد الكهرباء في جنوب إفريقيا لسنة 2024	103
195	تغير تعريفات نوافذ العروض لبرنامج REIPPPP	104
196	تطور الناتج المحلي الإجمالي وكثافة الطاقة في جنوب إفريقيا	105
197	توزيع التنمية الاجتماعية الاقتصادية وتطوير الشركات في جنوب إفريقيا	106
199	تطور انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون CO ₂ في جنوب إفريقيا	107
209	تطور إنتاج الطاقة الأولية في الجزائر 2014-2023	108
210	هيكلية مزيج الطاقة للجزائر لسنة 2023	109
211	تطور الاستهلاك الوطني للطاقة 2014-2023	110
212	تطور الاستهلاك النهائي للطاقة حسب القطاع	111

213	تركيبة الاستهلاك الوطني للطاقة لسنة 2023	112
213	تطور الصادرات والواردات من الطاقة في الجزائر 2023-2014	113
214	تطور تركيبة صادرات الطاقة في الجزائر 2023-2014	114
215	تطور استيراد الطاقة في الجزائر 2023-2014	115
216	هيكلية الصادرات والواردات الطاقوية للجزائر 2023	116
217	تطور توليد الكهرباء في الجزائر 2023-2014	117
218	تطور تركيبة نظام توليد الكهرباء في الجزائر 2023-2014	118
219	هيكلية توليد الكهرباء في الجزائر 2023	119
220	تطور الاستهلاك الوطني للكهرباء 2023-2014	120
221	تطور الاستهلاك النهائي للكهرباء حسب القطاعات في الجزائر 2023	121
222	هيكلية الاستهلاك الكهربائي في الجزائر 2023	122
223	شبكة الكهرباء في الجزائر	123
224	الشبكة الوطنية المتصلة للجزائر (RIN)	124
226	تطور انبعاثات الكربون في الجزائر 2024-2000	125
226	تطور معدلات التغير السنوي لانبعاثات الكربون في الجزائر 2024-2014	126
229	تطور انبعاثات الكربون للفرد في الجزائر 2024-2014	127
230	تطور كثافة الكربون لإنتاج الطاقة في الجزائر 2024-2014	128
230	تطور إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي في الجزائر 2024-2014	129
234	الإمكانيات الإجمالية لإنتاج الطاقة الكهروضوئية في الجزائر	130
234	توزيع إمكانيات إنتاج الطاقة الكهروضوئية في الجزائر	131
236	مواقع الرياح حسب متوسط السرعة على ارتفاع 100 متر	132
240	تركيبة مجموعة GEC'A	133
245	تقديرات تطور القدرة المركبة لإنتاج الكهرباء حسب برنامج (PNEREE)	134
248	البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية نسخة 2015	135
249	تركيبة مزيج الطاقة المتجدد حسب برنامج (PNEREE) 2015	136

258	كميات الانبعاثات المستبعد من خلال آليات الفعالية الطاقوية	137
258	خريطة الطاقات المتجددة في الجزائر 2026	138
259	القدرة المركبة من الطاقات المتجددة في الجزائر 2023	139
259	القدرة المركبة من الطاقات المتجددة المتصلة بالشبكة في الجزائر 2023	140
260	القدرة المركبة من الطاقات المتجددة غير المتصلة بالشبكة في الجزائر 2023	141
262	تطور القدرة المركبة من الطاقات المتجددة 2014-2035	142
263	تركيبية القدرة المركبة من الطاقات المتجددة 2024	143
263	تركيبية القدرة المركبة من الطاقات المتجددة بآفاق 2030	144
264	تطور إنتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة 2014-2024	145
265	تغير ساعات التشغيل لمحطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الجزائر	146
266	تطور إنتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة في الجزائر 2024-2035	147
267	تطور إنتاج الكهرباء حسب المصادر 2014-2023	148
268	تطور إنتاج الكهرباء حسب المصادر 2024-2030	149
276	كميات الغاز المتوقع توفيرها من محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية	150
278	مناصب الشغل الموفرة من الطاقة المتجددة في الجزائر بآفاق 2030	151
281	تطور انبعاثات CO ₂ التراكمية المتجنبة بآفاق 2030	152

تعريف المختصرات

EJ	1exajoule= 10^{18} Joule	إكساجول
Twh	Terawatt-Hours= 10^{12} watt-hours	تيراواط ساعي
Mw _c	Megawatt= 10^9 watt	ميغاواط
LCOE	Levelized Cost of Energy	التكلفة المستوية للطاقة
COUE	The Cost of Unserved Energy	تكلفة فقدان الطاقة
CO ₂	Carbon dioxide	ثاني أكسيد الكربون
IRENA	International Renewable Energy Agency	الوكالة الدولية للطاقة المتجددة
IEA	International Energy Agency	وكالة الطاقة الدولية
CIS	Commonwealth of Independent States	رابطة الدول المستقلة
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development	منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية
LT-LEDs	Long-term low emissions development strategies	استراتيجيات التنمية طويلة الأجل منخفضة الانبعاثات
NDCs	Nationally Determined Contributions strategies	استراتيجيات المساهمات المحددة وطنياً
IPP	Independent Power Producers	منتجي الطاقة المستقلين
REIPPPP	Renewable Energy Independent Power Producer Procurement Programme	برنامج شراء الطاقة المستقلة من منتجي الطاقة المتجددة
IRP	Integrated Resource Planning	خطة الموارد المتكاملة
IEP	Integrated Energy Plan	خطة الطاقة المتكاملة
BW	Bid Window	نافذة عرض
PV	Photovoltaics	الكهروضوئية
CSP	Concentrated solar power	الطاقة الشمسية المركزة
HVAC	Heating, ventilating, and air-conditioning	نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء

مقدمة

مقدمة:

تكتسي الطاقة أهمية بالغة في تغطية احتياجات التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وهذا عبر التاريخ الإنساني، وقد شهد قطاع الطاقة تحولات عديدة في أنماط استغلالها، من الاعتماد على الوقود الحيوي، إلى استغلال الفحم في توريد الثورة الصناعية بالوقود، الأمر الذي جعل العالم يدخل مرحلة جديدة من تسارع النمو الاقتصادي، حيث أسهم في إحداث طفرة في القدرات الإنتاجية من السلع والخدمات، وتحسين البيئة المعيشية والاجتماعية، ثم جاء اكتشاف النفط في القرن العشرين، بكثافة طاقوية أعلى، ومواصفات تقنية تدعم النقل والتخزين، أسهمت في تعزيز المزيج الطاقوي بمركب وسّع من الصناعات الثقيلة وخدمات النقل البري والبحري والجوي، وفي ذات القرن دعم الغاز الطبيعي مزيج الطاقة بمصدر طاقوي ذو أهمية بالغة في توسيع خدمات الكهرباء والتدفئة والتبريد وغيرها، ما انعكس إيجاباً على الواقع الاقتصادي والاجتماعي المعاصر.

غير أنّ هذه التطورات التي سمحت بدعم المسار التنموي بناءً على الوقود الأحفوري، أدت إلى ارتفاع انبعاثات الغازات الدفيئة من ثاني أكسيد الكربون وغيره، الأمر الذي أدى إلى تسارع التغيرات المناخية، واختلال توازن النظم البيئية على نطاق واسع، وتجسدت آثار هذه الاختلالات في تفاقم مظاهر الفيضانات، وارتفاع درجات الحرارة، وانتشار الحرائق وغيرها. ومن زاوية أخرى، برزت إشكالية محدودية الموارد الأحفورية، ممثلة في احتياطات تنضب بفعل استغلالها على المدى الطويل، حيث عمّق تزايد الطلب على الطاقة مخاوف استمرارية إمدادات الطاقة واستقرار أسواقها. وفي نفس الصدد، برز التطور التكنولوجي بتقنيات وبدائل طاقوية تقوم على استغلال مصادر متجددة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وغيرها، ببصمة كربونية منخفضة مقارنة بالوقود الأحفوري، وقد أتاح

تسارع هذا التطور، خفض تكاليف الإنتاج الطاقوي منها، حيث عرف المشهد العالمي للطاقة تسارعاً في إدماج الطاقات المتجددة في المنظومة الطاقوية، مدفوعاً بالالتزامات الدولية اتجاه حفظ المناخ والبيئة، والتي أسهمت في تحفيز دول العالم على صياغة استراتيجيات وطنية، تهدف إلى تعزيز مصادر الطاقة المتجددة في مزيجها الطاقوي، وتدعم الفعالية الطاقوية وفق مخططات طويلة الأجل. وفي سياق هذه التحولات العالمية المتسارعة، لم تكن الجزائر بمنأى عن إعادة النظر في سياستها الطاقوية، خاصة في ظل تزايد الطلب الداخلي على الطاقة، وارتكاز اقتصادها على الوقود الأحفوري. برزت الحاجة إلى تبني رؤية شاملة، تدعم تنويع مصادر الطاقة والفعالية الطاقوية، بما يعزز أمنها الطاقوي على المدى الطويل الأجل. وفي هذا الإطار، صاغت الجزائر البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية في سنة 2011، والذي تم تحديثه سنة 2015 استجابة للعوامل الاقتصادية والتقنية، وفي سنة 2020 أطلقت الجزائر البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي والذي تطمح من ورائه إلى إنجاز 15000 ميغاواط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية بأفاق 2035، مع تعزيز الفعالية الطاقوية من خلال آليات ترشيد استهلاك الطاقة، والحد من الهدر الطاقوي، وتنمين الموارد الطاقوية المتاحة، وهو ما يعكس الإدراك المتزايد بضرورة الانتقال نحو مزيج طاقوي أكثر تنوعاً واستدامة بما يدعم التنمية الاقتصادية ويحفظ البيئة والمناخ.

إشكالية الدراسة:

انطلاقاً من إدراج الجزائر للانتقال الطاقوي ضمن خياراتها الاستراتيجية، التي تهدف إلى تنويع مزيجها الطاقوي بمصادر متجددة وترشيد استغلال مواردها الطاقوية، برزت الحاجة إلى تقييم فعالية هذا التوجّه في إحداث انتقال فعلي في بنية المنظومة الطاقوية للجزائر، فبين الإنجازات المحققة والآفاق المستقبلية لهذا المسار تتحدّد إشكالية هذه الدراسة في التساؤل الرئيسي التالي:

- إلى أي مدى يمكن لمسار الانتقال الطاقوي في الجزائر أن يعيد تشكيل نظام الطاقة بنموذج أكثر تنوعًا واستدامة بآفاق 2030؟

الأسئلة الفرعية:

وتندرج تحت هذا التساؤل الرئيسي الأسئلة الفرعية التالية:

- 1- فيم تتمثل أهمية الوقود الأحفوري في واقع نظام الطاقة العالمي؟
- 2- ما مدى تطوّر حصة الطاقات المتجددة والكفاءة الطاقوية في نظام الطاقة العالمي؟
- 3- ما هي مقومات نجاح مسار الانتقال الطاقوي في نموذج جنوب إفريقيا؟
- 4- ما واقع إرساء الانتقال الطاقوي في الجزائر في ظل الإمكانيات المتاحة؟
- 5- ما مدى فعالية مشاريع الانتقال الطاقوي في الجزائر في ظل الفرص والتحديات بحلول 2030؟

فرضيات الدراسة:

وللإجابة على أسئلة الدراسة نضع الفرضيات التالية:

الفرضية الأولى: استمرار هيمنة الوقود الأحفوري على منظومة الطاقة العالمية مع ما تشهده حصة الطاقات المتجددة من تطور.

الفرضية الثانية: يشهد العالم توجّه متسارعًا في الانتقال الطاقوي من خلال تطوير الطاقات المتجددة وتعزيز الكفاءة الطاقوية.

الفرضية الثالثة: نجاح مسار الانتقال الطاقوي يرتبط باستقرار التوجّه السياسي وتكامل الإطار التنظيمي بما يدعم حفظ البيئة وتحقيق التنمية الاقتصادية.

الفرضية الرابعة: تمتلك الجزائر مقومات موضوعية لتطوير الطاقات المتجددة وتعزيز الفعالية الطاقوية.

الفرضية الخامسة: مسار انتقال الجزائر الطاقوي لا يزال في مرحلة الانطلاق، ويتصور أن يحقق تحولاً هيكلياً لمنظومة الطاقة بآفاق 2030.

أهمية الدراسة:

- تكمّن أهمية الدراسة التحليلية التقييمية للانتقال الطاقوي في الجزائر آفاق 2030 فيما يأتي:
- تسليط الضوء على أدبيات الانتقال الطاقوي، وهو ما يتيح التعرّف على النموذج التقليدي القائم على الوقود الأحفوري ودوره الاقتصادي والاجتماعي وآثاره البيئية، كما يتيح لنا التعرّف على النموذج الحديث الذي يعتمد على دمج مصادر الطاقة المتجددة وتعزيز الكفاءة الطاقوية. وفهم مقومات الانتقال الطاقوي وأبعاده.
- كما تأتي الدراسة لتحليل التوجه العالمي في قطاع الطاقة ومؤشرات الانتقال الطاقوي بما يسمح بالتعرّف على المشهد العالمي ويبرز المقاربة الأمثل لاستراتيجية الانتقال الطاقوي، والتي تقدّم بدورها دروساً يستفاد منها في تجسيد البرنامج الوطني للجزائر. وفي ذات السياق تسهم الدراسة في تحليل مقومات الانتقال الطاقوي للجزائر وتقييم الإطار التنظيمي والقانوني ومدى إنجاز البرامج والمخططات وأبعادها التنموية في الآفاق المستقبلية، بما يتيح مراجعة الخطط والبرامج والإجراءات واتخاذ القرارات التصحيحية لدعم مسار الانتقال الطاقوي.

أهداف الدراسة:

- تسعى هذه الدراسة لتحقيق جملة من الأهداف نلخصها في النقاط التالية:
- توضيح المفاهيم الأساسية حول موضوع الانتقال الطاقوي والطاقات المتجددة والأحفورية والكفاءة الطاقوية وغيرها.
- التعرّف على التوجّه العالمي في اعتماد المصادر الطاقوية الأحفورية والمتجددة، ونمو سوق الطاقة والدول الفاعلة في قطاع الطاقة، والتعرف على المقاربات الدولية للانتقال الطاقوي.

- تحليل نموذج للانتقال الطاقوي من خلال تعميق الدراسة للبناء المؤسسي والتنظيمي له، وبحث الخطط والبرامج والإنجازات واستخلاص الدروس، لاعتماده كمقاربة لدفع مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر.
- تحليل واقع نظام الطاقة في الجزائر، وتحديد مؤهلات الانتقال الطاقوي، وتقييم الإنجازات والمشاريع المستقبلية وأبعادها التنموية.

دوافع اختيار الموضوع:

دفعتنا مجموعة من الأسباب الذاتية والموضوعية لاختيار موضوع الدراسة والتي تتمثل في:

أسباب شخصية: نلخصها في الرغبة في دراسة واقع الطاقات المتجددة ومدى إسهامها في اقتصاديات الطاقة والتعرف على مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر، وأبعاده التنموية، وكذا الميول الشخصي لتحليل إمكانيات الجزائر من الموارد الطاقوية الأحفورية والمتجددة،

أسباب موضوعية: تتمثل في محورية موضوع الانتقال الطاقوي في سياسات الدول، وبعده الاستراتيجي في تأمين إمدادات الطاقة ومواكبة التحولات في استغلال الطاقة، ولما له من أثر إيجابي في تنويع مصادر الطاقة بالجزائر، ودعم التنمية الاقتصادية والاجتماعية.

منهج الدراسة:

تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي في بحث ومعالجة موضوع الدراسة، حيث أتاح هذا المنهج تحليل المقاربة النظرية للانتقال الطاقوي، والتعرف على المفاهيم المتعلقة بالطاقات المتجددة والأحفورية، والكفاءة الطاقوية، ومن جانب آخر اعتمد المنهج التحليلي في تحليل البيانات والمؤشرات الطاقوية المتاحة في قواعد البيانات، والتقارير الرسمية للهيئات الوطنية والدولية، وتفسير التوجهات والمؤشرات بالاستناد إلى البحوث والدراسات العلمية ونتائج التقارير الطاقوية الرسمية.

أدوات الدراسة:

اعتمدنا في معالجة إشكالية الدراسة على جمع المادة العلمية من المصادر المتعددة، والتي شملت الكتب المتخصصة والمقالات العلمية المحكمة والأطروحات الجامعية، ذات الصلة بموضوع الانتقال الطاقوي واقتصاديات الطاقة. كما تم الاعتماد على التقارير الصادرة عن الهيئات الرسمية الوطنية والدولية ذات العلاقة بقطاع الطاقة، لما توفره من معطيات وبيانات موثوقة تساعد على تحليل تطور النظام الطاقوي العالمي والوطني، كما تمّ الاستعانة ببيانات إحصائية مستمدة من قواعد بيانات الكترونية متخصصة، قاعدة البيانات Our World in Data وبيانات Energy Institute التي تصدر تقارير سنوية (Statistical Review of World Energy)، محدّثة حسب المنصات العالمية للطاقة، والتي تتميز بالشمولية في عرض مؤشرات الطاقة على المستوى العالمي. وقد جرى جمع هذه البيانات بتحميلها في شكل ملفات (CSV). وتنظيمها في شكل قواعد بيانات باستخدام برنامج Microsoft Excel، حيث تم تصنيفها وربطها ببعضها ومعالجتها إحصائياً، ثم إعادة تنسيقها وعرضها في شكل جداول وأشكال: منحنيات بيانية ودوائر نسبية وغيرها، بما يوضحها ويساعد على تحليلها وربط النتائج والتفسيرات ببعضها لتحليل وتقييم مسار الانتقال الطاقوي.

حدود الدراسة:

تتمثّل حدود الدراسة في:

الحدود الموضوعية: اقتصرّت الدراسة على بحث التوجه العالمي في مجال قطاع الطاقة، ومؤشرات الانتقال الطاقوي وتحليل واقع الجزائر الطاقوي، وتحليل إنجازاتها في إطار البرامج والسياسات التي وضعتها قيد التنفيذ، وتقييم مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر بما يتيح التعرف على آفاقه المستقبلية في ظلّ الفرص والتحدّيات.

الحدود المكانية: سمحت الدراسة بمسح شامل للمشهد العالمي حسب الأقاليم الجغرافية: إفريقيا، وأمريكا الشمالية والجنوبية، وأوروبا، واتحاد الدول المستقلة، والشرق الأوسط، وآسيا، وأوقيانوسيا، كما أتاح لنا تحليل نموذج الانتقال الطاقوي بدراسة المقاربة الجنوب إفريقية للانتقال الطاقوي، كما بحثنا تحليل مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر، وتقييمه من خلال المؤشرات الطاقوية والاقتصادية والبيئية.

الحدود الزمنية: في ظل التحديثات السنوية لبيانات نظام الطاقة، اعتمدنا آخر البيانات تحديثاً، حيث اعتمدت مؤشرات الطاقة للمشهد العالمي بيانات الفترة: [2024-2013]، والتي تستوعب المحطات الهامة في التوجه العالمي للانتقال الطاقوي، أهمها مؤتمر الأطراف بباريس سنة 2015، واعتمدت الفترة [2024-2000]، في تحليل المقاربة الجنوب إفريقية باعتبار ما أتيح لنا من بيانات، وكذلك بالنسبة للجزائر تم تحليل المؤشرات والبيانات المتعلقة بنظام الطاقة الوطني في الفترة [2014-2024]، مع استشراف مسار الانتقال الطاقوي وأبعاده التنموية إلى آفاق 2030.

صعوبات الدراسة:

لا شك أنّ أيّ بحث علمي لا بد أن تواجهه صعوبات، وهو ما يحفز الباحث على البذل وتجاوز التحديات ومواصلة البحث، إلا أنّ موضوع الانتقال الطاقوي يعد من المواضيع البالغة الأهمية في الوضع الراهن في العالم، ما جعل من هذا الموضوع كثيف البحث بالدراسات على اختلاف تخصصاتها، تقنية واقتصادية وسياسية، وذات البعد البيئي، وهو ما أدّى إلى تشعب الأدبيات العلمية، وهذا ما يتطلب بذل جهد أكبر في اختيار المصادر العلمية التي تخدم التوجه البحثي للدراسة.

ومن جهة ثانية واجهت الدراسة صعوبة تباين البيانات في التقارير الصادرة عن الهيئات الدولية مثل الوكالة الدولية للطاقة المتجددة IRENA والوكالة الدولية للطاقة IEA وقواعد البيانات: Our World in Data و Energy Institute، وكذا التقارير الصادرة عن وزارة الطاقة في الجزائر

وجنوب إفريقيا، وهو ما دفعنا إلى مضاعفة الجهود في المقارنة بين البيانات واختيار الأوثق والتي تتوافق وأغلب المصادر والدراسات الطاقوية.

الدراسات السابقة:

1- دراسة (عبد الرزاق حمزة، 2018) وهي أطروحة دكتوراه بعنوان: "استراتيجية الجزائر في تطوير

الطاقات المتجددة كبديل للطاقة النفطية دراسة مقارنة مع إيران والسعودية"، هدفت الدراسة إلى

تقييم مدى إمكانية مساهمة الموارد الطاقوية في تطوير الطاقات المتجددة في الجزائر، مقارنة مع

إيران والسعودية. وقد توصلت الدراسة إلى جملة نتائج أهمها محدودية تمويل الطاقات المتجددة،

والذي يعتبر أهم التحديات في تجسيد برنامج الطاقات المتجددة. كما توصلت الدراسة إلى أهمية

الطاقة النووية والتي تعتبرها خياراً مرتبطاً بعدد التحديات، وعلى هذا الأساس قدمت توصيات

أهمها: وضع رؤية طاقوية واضحة الأهداف، وإلغاء تدريجي للدعم الطاقوي، ودعم مشاركة

المنتجين المستقلين للطاقة.

2- دراسة (بوعشة إسمهان، 2018)، وهي أطروحة دكتوراه بعنوان: "جدوى استغلال الطاقة

الشمسية كطاقة متجددة وإمكانية استخدامها في التبادلات التجارية الخارجية (دراسة حالة

الجزائر)"، وقد هدفت الدراسة إلى التعرف على جدوى الطاقة الشمسية، من حيث استغلالها كبديل

طاقوي وتنويع الصادرات، وقد توصلت الدراسة إلى نتائج أهمها: عدم إمكانية إحلال الطاقة

الشمسية في مكان الوقود الأحفوري على المدى المتوسط في مزيج الطاقة والمبادلات التجارية

الخارجية، وهذا بسبب توافر الطاقة الأحفورية، كما توصلت الدراسة إلى أهمية الطاقة الشمسية

في تعزيز مكانتها المحورية في تصدير الطاقة، و قدمت توصيات أهمها: تشجيع نشاط البحث

والتطوير في الطاقة المتجددة، بما يعزّز الكفاءات المحلية، ودعم قطاع الاستثمار الخاص في

إنتاج وتسويق الطاقة، وتشجيع إنجاز وتجسيد مشاريع تصدير الطاقة الشمسية لدول أوروبا، بما يحقق مصالح الطرفين.

3- دراسة (أ.د. عبد الرحمان مغاري، 2019)، وهي مقال بعنوان: "استراتيجية النهوض بالطاقة الجديدة والمتجددة كسبيل لتحقيق التحوّل الطاقوي بالجزائر". هدفت الدراسة إلى تحديد دوافع تبني الجزائر لاستراتيجية طاقوية تعتمد بشكل محوري على الطاقات المتجددة، وتوصلت الدراسة إلى أن الجزائر تشهد تأخرًا في هذا المجال، وأنّ محدودية الاحتياطات من الوقود الأحفوري والالتزامات الدولية اتجاه المناخ، من أهم الدوافع للتحوّل إلى الطاقات المتجددة، وقد قدمت توصيات أهمها: دعم البحث في مجال الطاقات المتجددة وتشجيع التعاون الدولي، ومن بين توصياتها عدم التركيز على الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

4- دراسة (د. بن لخضر عيسى، 2020)، وهي مقال بعنوان: "واقع الطاقات المتجددة في الجزائر وآفاقها المستقبلية - دراسة تقييمية"، والتي هدفت إلى تحليل واقع قطاع الطاقة المتجددة في الجزائر وآفاقه المستقبلية، وتوصلت الدراسة إلى أهمية إمكانات الجزائر من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، والتي تؤهلها لبلوغ مكانة اقتصادية هامة بآفاق 2020، وبما يمكن من خلق ما يقارب 1,4 مليون منصب عمل بحلول سنة 2025، وعلى هذا الاعتبار قدمت جملة توصيات أهمها: تشجيع الاستثمار في مجال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، ودعم أعمال البحث والتطوير لتقنيات الطاقة المتجددة.

5- دراسة (Ghandir Hatem, 2020)، مقال بعنوان:

"Comparative SWOT Analysis for Promoting Renewable Energy and Shale Gas: Priorities, Opportunities and Challenges",

والتي هدفت إلى اعتماد نموذج التحليل الاستراتيجي SWOT في تحديد الفرص والتحديات، ونقاط القوة والضعف لمجال تطوير الطاقات المتجددة والغاز الصخري في الجزائر، وتوصلت الدراسة إلى أنّ للجزائر إمكانات هائلة في الطاقات المتجددة والغاز الصخري، يسهم استغلالها في دعم التنمية الاقتصادية وتعزيز الأمن الطاقوي، إلا أنّها تواجه تحديات كبيرة في استغلالها، أهمها أن مشاريع الطاقات المتجددة تدخل تحت وصاية ومسؤولية مؤسسات استغلال الوقود الأحفوري: سوناطراك، وسونلغاز، وكذا انخفاض أسعار النفط والتطورات التكنولوجية التي يمكن أن تتجاوز الطاقات المتجددة.

6- دراسة (Youcef Himri, 2022)، وهي مقال بعنوان:

"Overview of the Role of Energy Resources in Algeria's energy Transition".

هدفت الدراسة إلى تحليل دور مختلف الموارد الطاقوية في دعم مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر، مع التركيز على اعتماد التقنيات النظيفة. وقد توصلت إلى أنّ الجزائر لها إمكانات من الطاقة النووية والطاقات المتجددة تتيح لها محورية الأداء في تأمين توريدات الطاقة لأوروبا، واقترحت اعتماد التقنيات النظيفة لاستغلال الفحم، كما أوصت بأهمية تأمين إمدادات المياه من خلال تشييد سدود متعددة الاستخدام: إمدادات المياه، وتوليد الطاقة وتخزينها، وأوصت باستخدام الطاقات المتجددة مع دمجها مع الطاقة النووية أو الأحفورية بتقنيات نظيفة لتغطية طبيعة الانقطاع للطاقات المتجددة.

7- دراسة (سياري نورة، 2023)، والتي تمثّلت في أطروحة دكتوراه بعنوان: "وسائل النقل الحديثة

وتحدّي الانتقال الطاقوي -دراسة حالة الجزائر"، هدفت الدراسة إلى تحليل واقع قطاع النقل والطاقة في الجزائر، والتحوّل نحو الطاقات البديلة، وخلصت الدراسة إلى أنّ الجزائر تعتمد آليات

دعم الانتقال الطاقوي، وأنَّ إمكانات الجزائر من الطاقة الشمسية يقتصر استغلالها في الإنارة العمومية، ولا يمكن تأمين قطاع النقل في الجزائر بإمدادات الطاقة الشمسية.

8- دراسة (Safaa Bouziani, 2024)، وهي مقال بعنوان:

"Sustainable Energy Transition in Algeria: Factors Influencing Investment"

والتي هدفت إلى تحليل واقع الطاقات المتجددة في الجزائر، وتحديد محددات وعوامل الاستثمار فيها، ولخصتها في المحددات القانونية والاقتصادية والجغرافية، وخلصت الدراسة إلى أنَّ الاستثمار في الطاقة الشمسية الكهروضوئية هو الخيار الأكثر جدوى للجزائر، باعتبار الإمكانات الطبيعية الكبيرة والقوانين الداعمة للاستثمار فيها، وأنَّ قبول ووعي المستهلك للانتقال الطاقوي وأبعاده التنموية يعتبر محددًا حاسمًا.

9- دراسة (Imane Boukhatem, 2024)، وهي مقال بعنوان:

"Fossil gas lock-in risks: analysis of Algeria's electricity sector and implications for a renewable energy transition"

والتي هدفت إلى تحديد عوامل التعلق والارتباط الكلي بالوقود الأحفوري، واستكشاف فرص تجاوز هذه العقبة، وتسهيل الانتقال إلى الطاقات المتجددة. وتوصلت إلى أنَّ نظام الكهرباء المبني على الوقود الأحفوري في الجزائر والدعم الحكومي له، هو من أهم العوامل التي تحدّ من التحوّل إلى الطاقات المتجددة، مع نقص الاهتمام بتغيّر المناخ في سياسات الطاقة، كما أشارت إلى تفاقم ارتباط الجزائر بالغاز في ظل التحولات الجيوسياسية الناتجة عن حرب أوكرانيا.

10- دراسة (Ferial Mansouri, 2024)، مقال بعنوان:

"Transitioning to Renewable Energy: A Pathway for Achieving Net-zero Power Generation in Algeria by 2050"

هدفت الدراسة إلى استكشاف جدوى تحقيق صافي الانبعاثات الصفريّة في قطاع الكهرباء بالجزائر بآفاق 2025، مع التركيز على التحوّلات اللازمة في مزيج إنتاج الكهرباء، وخلصت الدراسة إلى أنّ هذا التحوّل ممكن وضروري في نفس الوقت، وأنّ الطاقة الشمسية المركزة CSP مع التخزين، يتوقع أن تسهم بشكل فعّال في هذا التحوّل بنسبة توليد 46% من كهرباء البلد، وطاقة الرياح مع التخزين بنسبة 18%، في حين تعدّ الطاقة الشمسية الكهروضوئية مصدراً تكميلياً. واعتبار التعاون الدولي والبنية التحتية هي أهم عوامل التحوّل إلى الطاقات النظيفة.

11- دراسة (Khadidja Sakhraoui, 2025)، وهي أطروحة دكتوراه بعنوان:

"Energy Transformation in the MENA Region: Sustainable Pathways for Algeria and Morocco"

وهي تهدف لدراسة شاملة حول الانتقال الطاقوي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، مع التركيز على الجزائر والمغرب، حيث خصصت منشورين من الأربعة التي تتناول فصول الدراسة لتحليل واقع الانتقال الطاقوي في الجزائر، المنشور الأول بموضوع:

"Toward a Systemic Approach to Energy Transformation in Algeria"

والذي يبحث النهج النظامي للانتقال الطاقوي في الجزائر، ويهدف لبحث دوافع وتحديات الانتقال الطاقوي في الجزائر، وآليات تسريع هذا التحوّل. وتوصّلت إلى أهمية التوعية، والدعم الحكومي، والتخطيط الشامل للتنفيذ التدريجي للانتقال السلس إلى مزيج طاقة متجدد.

أما المنشور الثاني فهو بموضوع:

"Sustainable Farming Through Decentralized Energy Systems: Opportunities and Barriers, The Promise of WEF Nexus Approach in Algeria's Energy Transformation"

وهدف إلى تحديد إمكانية أنظمة الطاقة المتجددة اللامركزية، ونهج الربط بين الماء والطاقة والغذاء WEF في بعض المزارع الجزائرية للانتقال الطاقوي المستدام، مع تحديد الفرص والتحديات،

ومن خلال جمع وتحليل البيانات النوعية من المقابلات والاستبيانات. أبرز البحث إمكانيات وقدرة أنظمة الطاقة المتجددة اللامركزية في التحوّل المستدام لقطاع الزراعة في الجزائر.

12- دراسة (يعقوب سلمى، 2025)، وهي مقال بعنوان: "الانتقال الطاقوي وآفاق الاستدامة البيئية

في ظل عصرنة الجماعات المحلية دراسة تحليلية حالة الجزائر 2020-2023"، هدفت الدراسة

إلى بحث أهمية الانتقال الطاقوي على التنمية المستدامة البيئية وتحديث الإدارة المحلية وتوصلت

إلى أهمية الانتقال الطاقوي في تقليل تكاليف الطاقة بالنسبة للجماعات المحلية وأوصت بتشديد

اللامركزية في قرارات الإدارة المحلية بما يتعلق بمشاريع التحول الطاقوي ومساهمة البلديات

بمشاريع المباني الخضراء وإشراك القطاع الخاص في مشاريع الطاقة النظيفة.

التعقيب على الدراسات السابقة:

تظهر مراجعة الدراسات السابقة أنّها تناولت موضوع الانتقال الطاقوي في الجزائر مع تباين

في النتائج والتحليلات والرؤى، فمن جهة، ركّزت بعض الدراسات على إبراز إمكانيات الطاقة المتجددة

في الجزائر بكونها الركيزة المستقبلية ومحور مزيج الطاقة في الجزائر في الآفاق القريبة والمتوسطة،

مع إغفال واقع نظام الطاقة في الجزائر وأهمية الوقود الأحفوري فيه، كما أغفلت البرامج والسياسات

التي تنتهجها الجزائر في مسار الانتقال الطاقوي. ومن جهة أخرى توصلت دراسات أخرى إلى نتائج

تقل من جدوى اعتماد الطاقة الشمسية الكهروضوئية، ومحدودية إسهامها في التوريد الطاقوي من

غير تحليل للإمكانيات التي تشهد لها الدراسات الرصينة بما يؤهلها لتوريد جميع قطاعات استهلاك

الطاقة في الجزائر، وهذا لا شك في تحديد الإمكانيات الطبيعية المتاحة.

كما أظهرت مراجعة الأبحاث والدراسات السابقة تبايناً في تحديد مضمون مسار الانتقال

الطاقوي في الجزائر، حيث اعتبرته بعض الدراسات: توسيع استغلال الوقود الأحفوري بتقنيات نظيفة،

ومنها من جعلت الانتقال الطاقوي يتحقق بتوسيع استغلال الغاز الصخري والوقود النووي، ودراسات

أخرى اعتبرته تحولاً هيكلياً نحو الطاقات المتجددة، دون تحديد مصدر طاقي محدد أو التقيّد بما وضعته الجزائر من خطط وبرامج، وقد أغفلت هذه الدراسات أهمية الفعالية الطاقوية، والتي تدعم مسار الانتقال الطاقي، كما لم تقدّم عديد الدراسات تحليل شامل لواقع نظام الطاقة في الجزائر والتوجه العالمي لتطوير الطاقات المتجددة وتعزيز الكفاءة الطاقوية.

ومن هنا جاءت دراستنا لتكمّل هذه الدراسات، في تحديد الدوافع الأساسية للانتقال الطاقي في الجزائر من محدودية الموارد الأحفورية، وتنامي الطلب الداخلي على الطاقة، وأهمية البعد البيئي اتجاه الالتزامات الدولية حول إدماج الطاقات المتجددة، كما تتوافق مع بقية الدراسات في أهمية إمكانات ومقومات الانتقال الطاقي في الجزائر، من موارد طبيعية، وأطر قانونية وتنظيمية.

لكن تختلف دراستنا عن الدراسات السابقة، في كونها تهدف إلى تحليل وتقييم شامل لمسار الانتقال الطاقي في الجزائر، من خلال دراسة المشهد الطاقي العالمي، وتحليل بنية نظام الطاقة في الجزائر، والتعرف على الإطار المؤسسي والقانوني، والبرامج المعتمدة، والإنجازات المحققة، والتي قيد الإنجاز، مع تقييم الأداء الطاقي والمالي والبيئي والتنموي لمشاريع الانتقال الطاقي، بما يسمح بتحديد الفرص والتحديات التي تواجه مسار الانتقال الطاقي بآفاق 2030.

كما تختلف دراستنا في اعتماد آخر نسخة من برنامج الانتقال الطاقي، والتي صدرت في سنة 2020، والتي بيّنت أن الانتقال الطاقي في الجزائر يعنى بجانبين مهمين:

- تطوير الطاقات المتجددة باعتماد تقنية الطاقة الشمسية الكهروضوئية بإنجاز قدرة 15000 ميغاواط متصلة بالشبكة الوطنية بآفاق 2035.

- تعزيز الفعالية الطاقوية من خلال ترشيد استهلاك الطاقة وتثمين المحروقات، وتوسيع برامج دعم الكفاءة الطاقوية. واعتمدنا لهذين الجانبين مؤشرات موضوعية تسمح بتقييم مسار الانتقال الطاقي

في الجزائر إلى غاية سنة 2024 واستشراف الأثر التنموي بآفاق 2030.

هيكلية الدراسة:

قسمنا دراستنا إلى أربعة فصول نوجز محتواها فيما يلي:

يتناول الفصل الأول دراسة موقع الوقود الأحفوري في اقتصاديات الطاقة في العالم، من خلال ثلاثة مباحث رئيسية، خُصص المبحث الأول لعرض ماهية الوقود الأحفوري وأبعاده الاقتصادية والبيئية، وذلك من خلال توضيح مفهومه وأهميته في النظام الطاقوي، وتحليل دوره في دعم التنمية الاقتصادية، ثم إبراز آثاره البيئية على المناخ والبيئة. أما المبحث الثاني فقد تناول تحليل أهمية الوقود الأحفوري في المزيج الطاقوي العالمي، من خلال دراسة احتياطياته، وتحليل سوقه من حيث العرض والطلب، ثم إبراز حصة الوقود الأحفوري في مزيج الطاقة العالمي. أما المبحث الثالث تناول تحليل الإنتاج الكهربائي المعتمد على المصادر الأحفورية، حيث تم استعراض تطوّر الكهرباء المولّدة من الوقود الأحفوري، وتحليل مساهمة عناصره الرئيسية في إنتاج الكهرباء، إضافة إلى دراسة توزيع هذا الإنتاج حسب الأقاليم الدولية.

يتناول الفصل الثاني تحليل التوجه العالمي نحو الانتقال الطاقوي، من خلال ثلاثة مباحث رئيسية. حيث خُصص المبحث الأول لدراسة المقاربة النظرية للانتقال الطاقوي، وذلك بعرض المدخل النظري لهذا المفهوم، ثم توضيح مفهوم ومصادر الطاقات المتجددة، إضافة إلى بيان مفهوم الكفاءة الطاقوية ومقومات تحقيقها. أما المبحث الثاني فقد ركّز على تحليل المشهد العالمي للطاقات المتجددة، من خلال دراسة تطور القدرة المركبة عالمياً، وتحليل تطور قدرات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح حسب الأقاليم الدولية، إضافة إلى تحليل تطور إنتاج الكهرباء من الطاقات النظيفة. وقد تناول المبحث الثالث تحليل مؤشرات الكفاءة الطاقوية في العالم، من خلال دراسة نصيب الفرد من الطاقة، وتحليل كثافة الطاقة عالمياً، ثم تحليل تركيبة مزيج الطاقة العالمي.

يتناول الفصل الثالث تحليل نموذج الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا من خلال دراسة التحديات التي واجهت نظام الطاقة التقليدي والدروس المستفادة من تجربة التحول نحو الطاقات النظيفة. حيث تضمن المبحث الأول عرض الإطار التاريخي والهيكل لنظام الطاقة في جنوب إفريقيا، من خلال تحليل المؤشرات الرئيسية لقطاع الطاقة، وبيان الاعتماد الكبير على الفحم كمصدر رئيسي للطاقة، إضافة إلى دراسة أزمة انقطاع الكهرباء التي واجهتها شركة Eskom وآثارها الاقتصادية. أما المبحث الثاني فقد تناول استراتيجيات الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا، عبر تحليل الإطار القانوني والمؤسسي، واستعراض البرامج والسياسات المعتمدة، مع التركيز على برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين للطاقة المتجددة (REIPPPP)، في حين خصّص المبحث الثالث لتقييم مشاريع الانتقال الطاقوي من الجانبين الاقتصادي والبيئي، من خلال تحليل تطور القدرات المركبة وإنتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة، ثم تقييم آثار هذه المشاريع، وصولاً إلى إبراز أهم الفرص والتحديات واستخلاص الدروس المستفادة من التجربة الجنوب إفريقية.

يتناول الفصل الرابع تحليل وتقييم مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر، حيث تناول المبحث الأول دراسة لهيكل نظام الطاقة في الجزائر، وذلك عبر تحليل إنتاج واستغلال الطاقة الأولية، ودراسة هيكل إنتاج واستهلاك الطاقة الكهربائية، إضافة إلى إبراز العوامل الاقتصادية والبيئية الدافعة للانتقال الطاقوي. أما المبحث الثاني فقد تناول تحليل مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر من خلال عرض الإمكانيات المتاحة، واستعراض البرامج الوطنية المعتمدة لدعم تطوير الطاقات المتجددة وتعزيز الفعالية الطاقوية، إضافة إلى تحليل أهم المشاريع المنجزة وقيد الإنجاز. في حين خصّص المبحث الثالث لتقييم مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر في آفاق 2030، من خلال تقييم الأداء الطاقوي لمشاريع الطاقات المتجددة، وتحليل مردوديتها المالية، إضافة إلى دراسة آثارها التنموية والبيئية في دعم التحول نحو منظومة طاقوية أكثر تنوعاً واستدامة إلى آفاق 2030.



الفصل الأول: موقع الوقود الأحفوري من اقتصاديات الطاقة في العالم

تمهيد

يُعدّ الوقود الأحفوري بمختلف أنواعه - الفحم، والنفط، والغاز الطبيعي - المصدر الأساسي لمنظومة الطاقة العالمية منذ القرن التاسع عشر 19م، من بداية الثورة الصناعية وإلى غاية عصرنا الحالي، حيث أسهم في تطوير الصناعات، وتوسيع نطاق خدمات النقل والإمداد بشكل غير مسبوق. ورغم أنّ التطور التكنولوجي أوجد بدائل طاقوية عديدة في مجالات الطاقة المتجددة وغيرها، إلّا أنّه لا يزال يستحوذ على حصة 87% من مزيج الطاقة العالمي لسنة 2024، نظراً لخصائصه الاقتصادية، وتوفر البنية التحتية لاستغلاله.

إنّ أهمية تحليل موقع الوقود الأحفوري في اقتصاديات الطاقة، تكمن في فهم البنية التركيبية لمنظومة الطاقة الحالية وأبعادها الاقتصادية والبيئية، وتحديد فرص وتحديات التحول نحو مصادر الطاقة المتجددة وتفعيل الكفاءة الطاقوية.

ومن ثمة، يأتي هذا الفصل لتحليل موقع الوقود الأحفوري ضمن اقتصاديات الطاقة في العالم، من خلال استعراض إطاره النظري ومكوناته الأساسية، وتحليل حصته في المزيج الطاقوي العالمي، ورصد تطور احتياجاته، بما يتيح فهماً أعمق لدوره الاستراتيجي في ظل الانتقال الطاقوي العالمي.

المبحث الأول: ماهية الوقود الأحفوري وأبعاده الاقتصادية والبيئية

إنّ فهم ماهية الوقود الأحفوري تمثل خطوة أساسية لتحديد أهميته الاقتصادية وموقعه في منظومة الطاقة العالمية، إذ يتيح هذا الإطار المعرفي تحديد مفاهيمه وأهميته، إضافة إلى تحليل أبعاده الاقتصادية والبيئية. ويشكل هذا الأساس النظري منطلقاً لتحليل تطورات السوق العالمية للوقود الأحفوري واستشراف آفاق الانتقال الطاقوي.

المطلب الأول: مفهوم وأهمية الوقود الأحفوري

تصنّف الطاقة باعتبار آليات تكوّنها واستمرارية توافرها في الطبيعة إلى نوعين من المصادر الطاقوية: وقود أحفوري ناضب، وطاقة متجددة. ومن خلال هذا المطلب سنسلّط الضوء على مفهوم وأهمية الوقود الأحفوري.

الفرع الأول: مفهوم الوقود الأحفوري

إنّ اصطلاح الوقود الأحفوري في أدبيات الطاقة يشمل عديد المفاهيم التي تندرج تحته، أهم هذه الاصطلاحات: الطاقة التقليدية، والطاقة الأحفورية، والطاقة الناضبة، والطاقة غير المتجددة، والطاقة غير النظيفة، أو الهيدروكربونات، مع اختلاف في اعتبار معيار الاصطلاح، حيث تشير الطاقة التقليدية إلى سعة النطاق الزمني لاستغلال هذا النوع من الطاقة، أمّا الطاقة الأحفورية فهي تشير إلى آليات استغلال هذا النوع من الطاقة من خلال الحفر والتنقيب، وأمّا الطاقة الناضبة فهي تشير إلى نفاد هذا النوع من الطاقة في ظل الاستنزاف طويل المدى، أمّا الطاقة غير المتجددة فهي تشير إلى انخفاض معدل التجديد في الطبيعة بشكل كبير أمام معدلات الاستغلال، وأمّا الطاقة غير النظيفة تشير إلى الآثار السلبية لاستغلالها على البيئة والمناخ، وأمّا الهيدروكربونات فهي تشير للمكون الأساسي لهذا النوع من الطاقة من الهيدروجين والكربون.

ومع اختلاف الجانب الذي يشير إليه كل اصطلاح من الاصطلاحات السابقة، فهي تنطوي جميعها تحت مفهوم الوقود الأحفوري (Fossil Fuels)، الذي يعرف على أنه¹: الطاقة الكامنة في المركبات العضوية التي تتكون من نوعين من الذرات: الهيدروجين والكربون، والتي يمكن أن تكون لها هياكل كيميائية بسيطة أو معقدة جدًا في الصيغة الجزيئية ($CxHy$)، توجد الهيدروكربونات في كل من النباتات والأشجار وبقايا الحيوانات، التي ترسبت في باطن الأرض عبر ملايين السنين، لتتحول بفعل العوامل الطبيعية إلى فحم وبنفط وغاز طبيعي، طاقتها الداخلية العالية جعلت منها مصدرًا فعالًا للطاقة منذ القرن التاسع عشر إلى يومنا هذا.

يجدر التنبيه أن الوقود النووي يتضمن بعض خصائص الوقود الأحفوري باعتبار قدم الاستغلال، ومتطلبات الحفر والتنقيب، وارتباطه بمخزون واحتياطي دون التجدد، ولكنه يختلف عنه من حيث إنتاجيته الطاقوية واعتباره من الطاقات النظيفة ذات الانبعاثات المنخفضة من الكربون².

الفرع الثاني: أهمية الوقود الأحفوري

الوقود الأحفوري عنصر مهم في حياتنا اليومية، إذ يستحيل أن نحيا الحياة الحديثة بدونه. فهو يؤمن لنا وقود النقل والكهرباء وبقية الاستخدامات الأخرى في الصناعة والزراعة إلى الملابس التي نرتديها، ومعظم السلع الاستهلاكية التي نستهلكها.

¹ Binhazaa, Z, Hydrocarbons Are the Backbone of Sustainable Civilization, 2024. <https://doi.org/10.20944/preprints202403.0780.v1>.

² عطاء الله توفيق، دمان دبيح عماد، دور الطاقة النووية في تحقيق التنمية المستدامة. المجلة الجزائرية للأمن والتنمية المجلد 10، العدد 3، 2021، ص 173.

لقد أدى استخدام الوقود الأحفوري إلى تحسين الظروف المعيشية بشكل كبير في جميع أنحاء العالم، وعلى مستويات عديدة أهمها²¹:

أولاً: الأهمية الاقتصادية والاجتماعية

وَقَر الوقود الأحفوري مصدراً كثيفاً وموثوقاً للطاقة، مَكَّن من النمو الاقتصادي السريع، حيث ارتفع الناتج المحلي الإجمالي عالمياً أربعة عشر ضعفاً منذ منتصف القرن التاسع عشر³، وتضاعفت متوسطات العمر أكثر من مرتين. كما ساهم في قيام الصناعات التحويلية الثقيلة والخفيفة، مثل صناعة الفولاذ، البتروكيماويات، البلاستيك، والأسمدة وغيرها. وقد برز دور الطاقة الأحفورية المحوري في الحد من الاعتماد المفرط على الموارد الطبيعية الحية، حيث اعتمد الإنسان قبل القرن الثامن عشر، على الخشب ومخلفات المحاصيل والزيوت الحيوانية وجهد العضلات البشرية والحيوانية في تلبية احتياجاته من المنتجات، ولا شك أن هذا ساهم في الحفاظ على التنوع البيولوجي وفي الحد من استنزاف الغابات والحياة البرية.

¹ Indur M. Goklany. Humanity Unbound: How Fossil Fuels Saved Humanity from Nature and Nature from Humanity Cato Institute, 2012. <https://www.cato.org/policy-analysis/humanity-unbound-how-fossil-fuels-saved-humanity-nature-nature-humanity>. 13/08/2025. 18:59.

² Kinder Morgan. The need for fossil fuel, 2024, February. Retrieved from <https://www.kindermorgan.com/getmedia/8d358deb-4a66-4ab9-abf0-a2f549154e9f/Need-For-Fossil-Fuels.pdf>. 14/08/2025. 00:41.

³ Bolt and van Zanden - Maddison Project Database – with minor processing by Our World in Data. “GDP per capita – Maddison Project Database – In constant international-. Historical data” ,2023.

ثانيًا: الأهمية الطاقوية

لا يزال الوقود الأحفوري يوفر 87% من إجمالي استهلاك الطاقة الأولية في العالم، فهو يتميز بكثافة طاقوية عالية، وسهولة تخزين ونقل، مما يجعله خيارًا مثاليًا لتأمين احتياجات القطاع الصناعي وقطاع النقل والكهرباء، وتزويد النقل البري والبحري والجوي وجميع قطاعات الخدمات بالطاقة.

ثالثًا: الأهمية الزراعية والغذائية

ساهم الوقود الأحفوري من خلال الاعتماد على الأسمدة والمبيدات وتطوير الصناعة الزراعية التي تعتمد على الطاقة الأحفورية بشكل مباشر أو غير مباشر، في مضاعفة الإنتاج الغذائي. فقد أسهمت الأسمدة المصنّعة عبر عملية هابر-بوش (التي تعتمد على الغاز الطبيعي) في تغذية نحو 48% من سكان العالم سنة 2008، وأتاح النقل المبرد والتعبئة البلاستيكية (المشتقة من النفط والغاز) وصول المنتجات الغذائية إلى الأسواق بكفاءة دون تلف.

رابعًا: الأهمية الصناعية والتكنولوجية

تعدّ مكونات الوقود الأحفوري المصدر الرئيسي لصناعة المواد الحديثة مثل البلاستيك، والألياف الصناعية، والمنتجات الكيميائية، التي تشمل مجالات البناء، والصحة، والاتصالات، والتكنولوجيا المتقدمة، كما وفّر طاقة عالية الاعتمادية وبتكلفة منخفضة نسبياً لنشاطات البحث العلمي والتطوير والابتكار التكنولوجي.

المطلب الثاني: دور الوقود الأحفوري في التنمية الاقتصادية

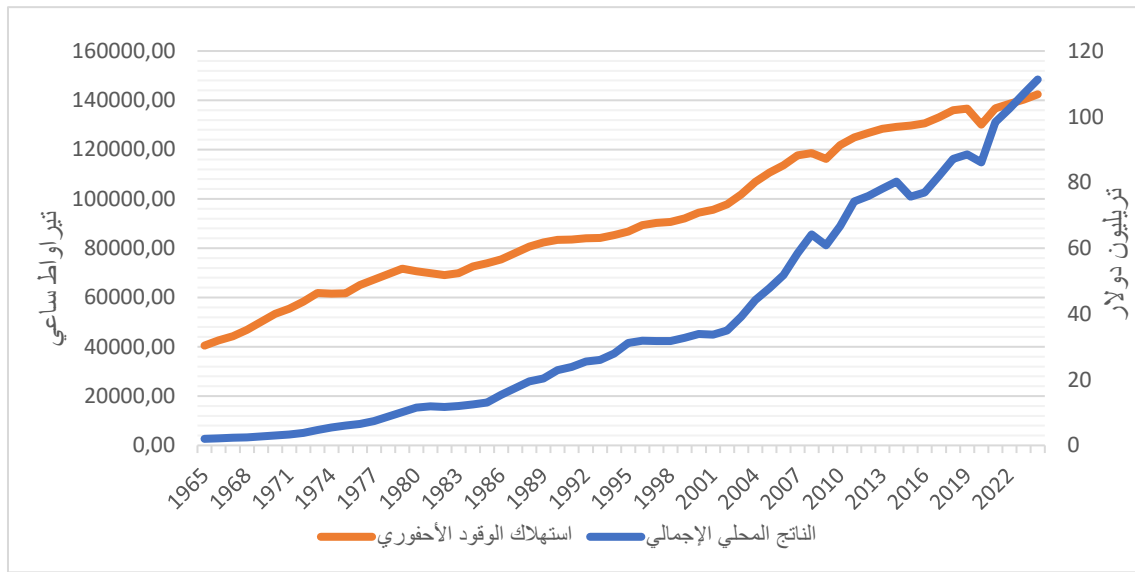
يرتبط الوقود الأحفوري ارتباطًا وثيقًا بنشاطات قطاع الصناعة، والنقل، والزراعة، والخدمات. وقد انعكس ذلك بشكل مباشر في ارتفاع معدلات النمو الاقتصادي وتحسين المستوى المعيشي للأفراد عبر مختلف مناطق العالم. ومن خلال هذا المطلب نبحث دور الوقود الأحفوري في دعم التنمية

الاقتصادية من خلال علاقته بالنتاج المحلي الإجمالي العالمي ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي.

الفرع الأول: أثر استهلاك الوقود الأحفوري على الناتج المحلي الإجمالي

نستعرض علاقة استهلاك الوقود الأحفوري على الناتج المحلي الإجمالي من خلال الشكل

(1)، والذي يتعلق بالفترة [1965-2024]:



الشكل رقم 1: تطور استهلاك الوقود الأحفوري والناتج المحلي الإجمالي في الفترة [1965-2024]

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات مجموعة البنك الدولي و Our World In Data.

يتضح لنا من الشكل العلاقة الطردية بين استهلاك الوقود الأحفوري والناتج المحلي الإجمالي

في العالم، وهذا يشير إلى أهمية الوقود الأحفوري في دعم مسار التنمية الاقتصادية، باعتباره الطاقة

المحرك للنشاطات الاقتصادية باختلاف طبيعتها.

تتباين درجة الحساسية والتي تمثل $\frac{\text{التغير النسبي الناتج المحلي الإجمالي}}{\text{التغير النسبي لاستهلاك الوقود الأحفوري}}$ ¹، بين الفترات حيث

نلاحظ:

1- الفترة [1965-2000]: مرونة الناتج المحلي الإجمالي لاستهلاك الوقود الأحفوري تساوي

11,98، وهذا يشير إلى أن ارتفاع استهلاك الوقود الأحفوري بواحد تيراواط ساعي يؤدي إلى

ارتفاع الناتج المحلي العالمي بـ 11,98 تريليون دولار. وهذا يدل على أن اقتصاد العالم يعتمد

بصفة عالية جدًا على الوقود الأحفوري.

2- الفترة [2000-2024]: المرونة تساوي 4,5، تشير إلى أن ارتفاع استهلاك الوقود الأحفوري

بواحد تيراواط ساعي يؤدي إلى ارتفاع الناتج المحلي الإجمالي العالمي بـ 4,5 تريليون دولار.

درجة استجابة الناتج المحلي الإجمالي بقيت عالية المرونة ولكن انخفضت مقارنة بالفترة الأولى،

إنّ تقلص درجة المرونة يرجع إلى أسباب أهمها:

- ارتفاع الكفاءة الطاقوية من خلال التطور التكنولوجي.

- تطور حصة قطاع الخدمات، والتكنولوجيا، والخدمات المالية والرقمية التي تتميز بكفاءة عالية

مقارنة بالصناعات كثيفة الطاقة.

- نمو حصة الطاقات المتجددة.

نلاحظ في خلال نفس الفترة حالات استثنائية تمثلت في انخفاض سنة 2009، والتي شهدت

الأزمة المالية العالمية، تراجع الناتج المحلي الإجمالي بنسبة 5%، في المقابل تراجع استهلاك الوقود

¹ : يرمز لها بـ E (المرونة Elasticity) تفسر درجة الحساسية إذا كانت الإشارة موجبة (+) بالعلاقة الطردية، وإذا

كانت سالبة (-) بالعلاقة العكسية، إذا كانت القيمة المطلقة لـ E = 1: المرونة متكافئة، E < 1 عالية المرونة، E

> 1 قليلة المرونة، E = 0: عديم المرونة.

الأحفوري بنسبة 2%. كما شهدت سنة 2015 تباطؤً في استهلاك الوقود الأحفوري، وتراجعاً في الناتج المحلي الإجمالي بنسبة 6%، وهذا في ظل انخفاض أسعار النفط، الذي قلص من عائدات الدول المصدرة له¹. أمّا سنة 2020، فقد شهدت تراجعاً في استهلاك الوقود الأحفوري بمعدل 5% وتباطؤ النشاط الاقتصادي، ممّا أدّى إلى انكماش الناتج المحلي الإجمالي بمعدل 3%. وهذا بسبب جائحة كوفيد-19². إنّ هذا التزامن في التراجع في المتغيرين في هذه الحالات الاستثنائية، يؤكّد شدة ارتباط استهلاك الطاقة الأحفورية بالتنمية الاقتصادية.

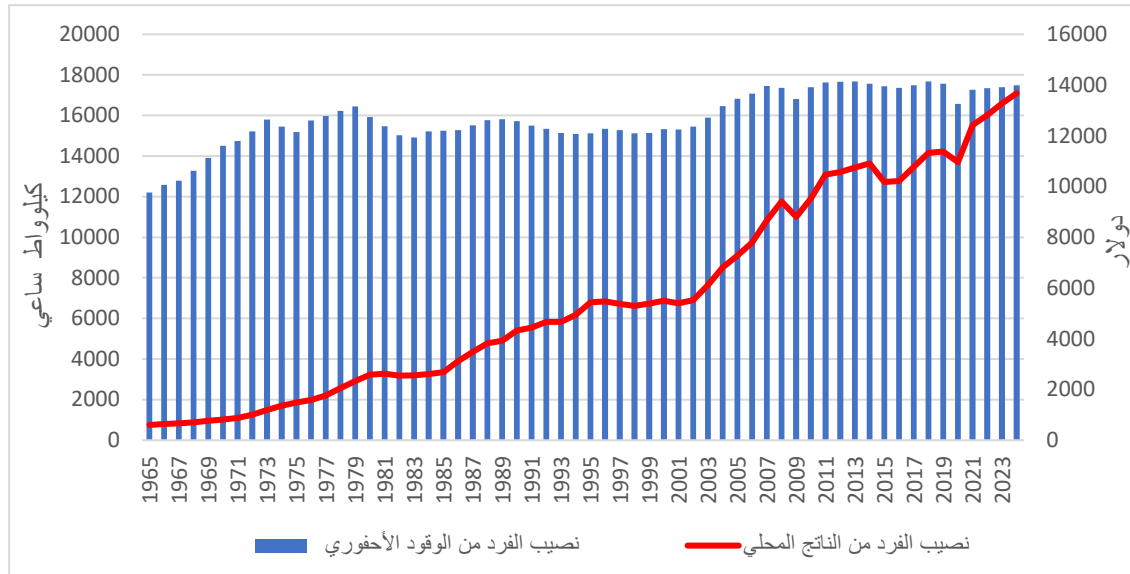
الفرع الثاني: أثر استهلاك الوقود الأحفوري على نصيب الفرد من الناتج المحلي

الإجمالي

إنّ اعتماد مؤشّر نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي العالمي يفيدنا إن كان النمو الاقتصادي مساهماً فعلاً بزيادة رفاهية الأفراد، أم أنّه مجرد توسع كلي في حجم الاقتصاد يقابله ارتفاع سكاني أكبر أو يساويه. ولبيان العلاقة بين حصة الفرد من الوقود الأحفوري ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي نعتمد الشكل (2):

¹ <https://blogs.worldbank.org/en/developmenttalk/what-triggered-oil-price-plunge-2014-2016-and-why-it-failed-deliver-economic-impetus-eight-charts>. 17/08/2025. 00 :35.

² Why are fossil fuels so hard to quit? (n.d.). Brookings, <https://www.brookings.edu/articles/why-are-fossil-fuels-so-hard-to-quit/>. 17/08/2025.00:48.



الشكل رقم 2: تطوّر نصيب الفرد من الوقود الأحفوري ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي

في الفترة [1965-2024]

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات مجموعة البنك الدولي.

تظهر من الشكل العلاقة الطردية بين حصة الفرد من الوقود الأحفوري، ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، حيث يشير هذا الارتباط إلى أهمية الوقود الأحفوري في تعزيز الرفاهية وتحسين المستوى المعيشي للأفراد.

شهدت الفترة [1965-2024] تطوّر حصة الفرد من الوقود الأحفوري بمعدّل 43%، في المقابل تطوّر نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي بمعدّل 2173%. أمّا حساسية نصيب الفرد من الناتج المحلي للتغير الحادث في حصة الفرد من الوقود الأحفوري خلال الفترة [1965-2024] هي: 50، بمعنى أنّ تغيّر نصيب الفرد من الوقود الأحفوري بواحد كيلوواط ساعي يؤدي إلى ارتفاع نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي بخمسين (50) دولار. يعدّ هذا الارتفاع في معامل الحساسية ودرجة الاستجابة دليلاً على أنّ رفاهية الأفراد لها ارتباط كبير باستهلاك الوقود الأحفوري.

نلاحظ أنّ درجة الحساسية في الفترة [2010-2024] ارتفعت إلى: 80، وهذا راجع إلى ثبات نصيب الفرد من الوقود الأحفوري الذي تغيّر بمعدّل 0,55%، في حين ارتفع نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي بمعدّل 43,5%. لقد ساهم في تعزيز رفاهية الأفراد تحسّن الإنتاجية الطاقوية ونمو القطاعات عالية القيمة المضافة بكفاءة طاقيّة أعلى، كما ساهمت التكنولوجيا المتطورة في تعظيم العائد على الطاقة المستهلكة، دون أن نغفل أهمية نمو حصة الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة العالمية.

المطلب الثالث: الأثر البيئي للوقود الأحفوري في العالم

لقد ساهم الوقود الأحفوري في دفع عجلة التنمية الاقتصادية، ودعم التطوّر الصناعي والتكنولوجي، غير أنّ هذا الدور الإيجابي على المستوى الاقتصادي، رافقته آثار سلبية على البيئة، تمثلت أساساً في الانبعاثات الدفيئة المسببة للاحتباس الحراري، الذي فسّر به التغير المناخي العالمي. ومن خلال هذا المطلب نبحث أثر الوقود الأحفوري على الواقع البيئي في العالم من خلال مؤشر انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 .

الفرع الأول: معدل انبعاثات الكربون من الوقود الأحفوري

لا يخلو مصدر من مصادر الطاقة من انبعاثات الكربون مهما كان نوعه، ولكنّ الوقود الأحفوري يعتبر الأكثر انبعاثاً لكل وحدة طاقة، ومن خلال الجدول (1) نبيّن معدل انبعاثات الكربون من مصادر الوقود الأحفوري (الفحم، والنفط والغاز الطبيعي):

الجدول رقم 1: معدلات الانبعاثات من الكربون من مصادر الوقود الأحفوري

البيان	الفحم	النفط	الغاز الطبيعي
معدل انبعاثات CO ₂ لكل 1 تيراواط ساعي (طن)	970000	720000	440000
توليد الكهرباء لسنة 2024 في العالم (تيراواط ساعي)	10613.2	694.7	7001.2
انبعاثات CO ₂ من توليد الكهرباء لسنة 2024 (مليار طن)	10,29	0,5	3,08

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World in Data.

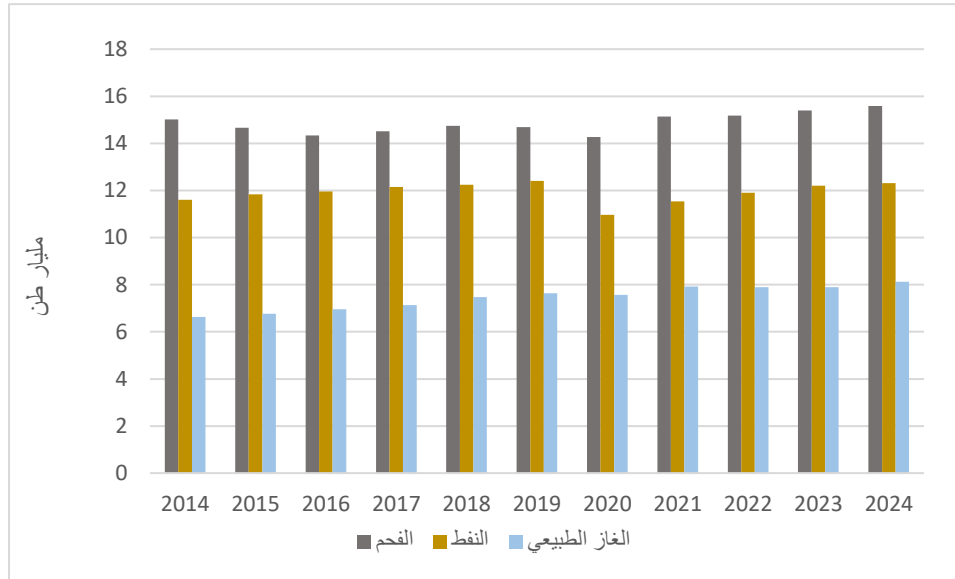
- يعتبر الفحم الوقود الأكثر انبعاثا للكربون، حيث يتسبب في انبعاث 970 طن، أما النفط فهو يتسبب في انبعاث 720 طن، والغاز الطبيعي يعتبر أقل مكونات الوقود الأحفوري انبعاثاً فهو يتسبب في انبعاث 440 طن، هذا المعيار هو في مقابل توليد 1 جيغاواط ساعي من الكهرباء، وهي الطاقة التي يستهلكها 150 شخص سنوياً في أوروبا¹.

- وباعتماد هذا المعيار، فقد تسبب توليد الكهرباء في العالم من الوقود الأحفوري في انبعاث كمية 13,87 مليار طن من ثاني أكسيد الكربون، دون الكمية المنبعثة من عمليات الاحتراق الأخرى، فهي تمثل 39% من إجمالي انبعاثات الكربون العالمية لسنة 2024.

الفرع الثاني: تطوّر انبعاثات الكربون من مكونات الوقود الأحفوري

نعرض في خلال هذا الفرع تطوّر الانبعاثات من الوقود الأحفوري من خلال الشكل (3):

¹ Hannah Ritchie (2020) - "What are the safest and cleanest sources of energy?" Published online at OurWorldinData.org. <https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy>.



الشكل رقم 3: تطوّر انبعاث CO₂ من عناصر الوقود الأحفوري 2014-2024

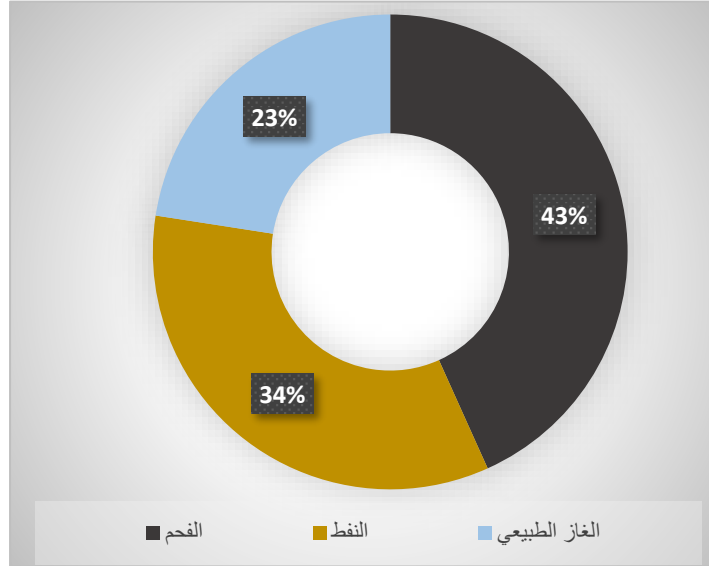
المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

يبين الشكل تطوّر انبعاثات الكربون من الوقود الأحفوري بمعدّل: 8% في خلال الفترة [2014-2024] بكمية انبعاثات إضافية مقدارها: 2,758 مليار طن، لتبلغ سنة 2024: 36 مليار طن. ارتفعت الانبعاثات الكربونية من الغاز الطبيعي بمعدّل: 22% في الفترة [2014-2024]، بانبعاثات مقدارها: 1,49 مليار طن، ليتسبب في ارتفاع الانبعاثات الكربونية بمعدّل: 54%. شهدت الانبعاثات الكربونية من استهلاك النفط ارتفاعاً بمعدّل: 6% في الفترة [2014-2024]، أدّى لارتفاع الانبعاثات في نفس الفترة بـ 26%. كما ارتفع انبعاث الكربون من الفحم بمعدّل: 4% في الفترة [2014-2024]، ليمثّل حصة 20% في ارتفاع الكربون المنبعث من الوقود الأحفوري.

ورغم أنّ الفحم هو الأقلّ تطوراً من بين عناصر الوقود، بفعل السياسات البيئية والمتعلقة بحفظ المناخ، إلّا أنّه يمثّل معدّل 43% لإجمالي انبعاثات الوقود الأحفوري لسنة 2024، أمّا النفط

والغاز الطبيعي فهما يمثلان حصة 34% و23% من إجمالي انبعاثات سنة 2024 على التوالي.

والشكل (4) يوضح حصص مكونات الوقود الأحفوري في انبعاثات CO₂:



الشكل رقم 4: حصص عناصر الوقود الأحفوري في إجمالي انبعاثات الكربون لسنة 2024

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

يتبين من خلال هذا المبحث أنّ الوقود الأحفوري شكّل ولعقود عديدة، العمود الفقري لمسار التنمية الاقتصادية العالمية، إذ وفّر قاعدة طاقة ساهمت في نمو القطاع الصناعي والخدماتي وغيرها، غير أنّه في المقابل تسبّب في تزايد الانبعاثات الكربونية التي تعدّ سببا في تنامي ظاهرة الاحتباس الحراري، وهذا الذي يعدّ دافعا أساسيا للدول في إعادة النظر في سياساتها الطاقوية وتحليل توجهاتها المستقبلية اتجاه الوقود الأحفوري، وعلى هذا الاعتبار، فإنّ دراسة مكانة الوقود الأحفوري في المزيج الطاقوي العالمي وتحليل احتياجاته وتطور العرض والطلب عليه، يعدّ أمرا بالغ الأهمية لفهم دوافع التحوّلات الطاقوية، واستشراف آفاقها المستقبلية.

المبحث الثاني: أهمية الوقود الأحفوري في المزيج الطاقوي العالمي

لقد ساهم الوقود الأحفوري في المزيج الطاقوي العالمي لسنة 2024 بطاقة مقدارها 513 إكساجول EJ من مجموع الإنتاج الأولي للطاقة، والذي بلغ 592 إكساجول EJ، ومن خلال هذا المبحث سنحلل احتياطات مركبات الوقود الأحفوري، وتطور سوق الطاقة الأحفورية في العالم، ونسبة مساهمة الوقود الأحفوري في المزيج الطاقوي العالمي.

المطلب الأول: تحليل احتياطات الوقود الأحفوري في العالم

إنّ خاصية نضوب الوقود الأحفوري وآليات تجددده في الطبيعة تُعدّ من أهم أسباب ودوافع الاهتمام العالمي بدراسة احتياطاته، حيث يساهم تحليل هذه الاحتياطات في تقييم مدى استدامة الموارد الطاقوية وتحديد آفاق استغلالها مستقبلاً، وفي هذا المطلب نبحث تطور احتياطات: الفحم والنفط والغاز الطبيعي وتوزيع الاحتياطات منها حسب المناطق في العالم.

الفرع الأول: تطوّر احتياطات الوقود الأحفوري في العالم

من خلال اعتماد بيانات الاحتياطات المؤكدة والتي يتم تحديثها على فترات زمنية متباعدة، نحلل في هذا الفرع تطوّر الاحتياطات المؤكدة لكل عنصر من عناصر الوقود الأحفوري من خلال قاعدة البيانات Our World In Data.

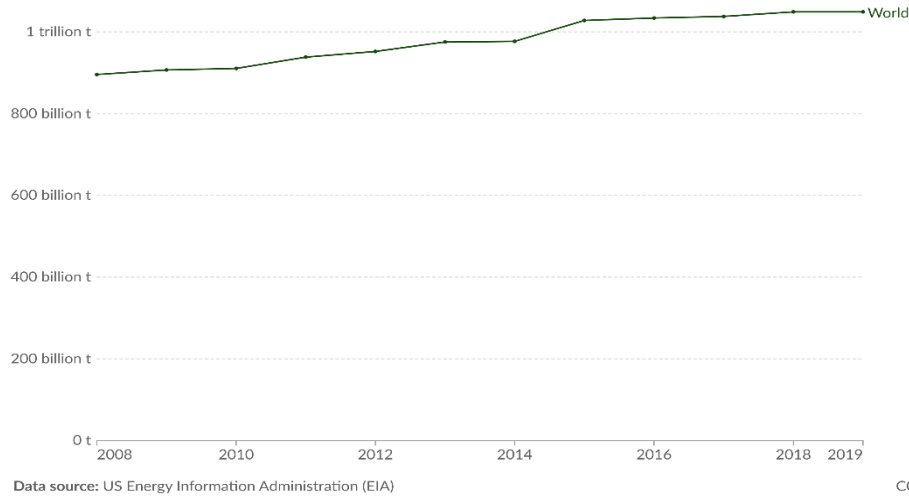
أولاً: تطوّر احتياطات الفحم

لقد بلغ احتياطي الفحم 1,07 تريليون طن في سنة 2019، وهي الكمية التي يمكن استخراجها مستقبلاً وفق المعلومات الجيولوجية والهندسية وفي ظل الظروف الاقتصادية الحالية. ومن خلال الشكل (5) نستعرض تغير احتياطي الفحم المؤكد في العالم:

Coal reserves, 2008 to 2019

Proved reserves are fuels that are known with reasonable certainty to be recoverable in the future from known reservoirs under existing economic and operating conditions.

Our World
in Data



الشكل رقم 5: تطور احتياطي الفحم في العالم 2019-2008

المصدر: <https://ourworldindata.org/explorers/natural-resources>, 27/03/2026,

21:29.

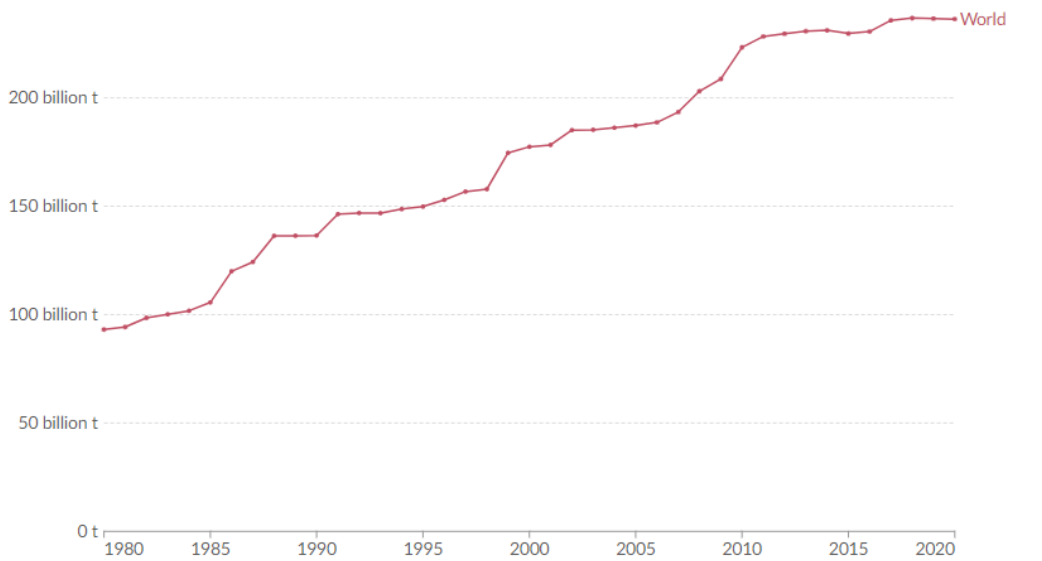
نلاحظ تطوّر احتياطات الفحم في العالم من 895,7 مليار طن سنة 2008 إلى 1070 مليار طن سنة 2019 أي بمعدل 19,45%. إنّ هذا الاحتياطي يقابله استغلال سنوي يتعدّى 8 مليار طن سنوياً، حيث بلغت كمية الفحم المستخدمة في الإنتاج الطاقوي 9,2415 مليار طن في سنة 2024 بارتفاع نسبي قدره 1,3% في الفترة 2014-2024. وبهذا الاعتبار فهو باحتياطي يمكن استغلاله لمدة 116 سنة دون مزيد استكشافات.

ثانيًا: تطور احتياطات النفط

بلغ احتياطي النفط 236,29 مليار طن في سنة 2020، وهي الاحتياطات المؤكدة وفق المعلومات الجيولوجية والهندسية، ومن خلال الشكل (6) نستعرض تغير احتياطي النفط المؤكد في العالم:

Oil reserves, 1980 to 2020

Shown are the total proven reserves of oil, in tonnes. This is oil that we know with reasonable certainty can be recovered in the future under existing economic and operating conditions. Proven reserves decrease when we extract oil, and increase as new resources are discovered or become economically viable to extract.



Data source: Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2024)

OurWorldinData.org/energy | CC BY

الشكل رقم 6: تطور احتياطي النفط في العالم 1980-2020

المصدر: المصدر: <https://ourworldindata.org/explorers/natural-resources>

27/03/2026, 21:29.

نلاحظ تطور احتياطات النفط من 93,11 مليار طن سنة 1980 إلى 236,29 مليار طن سنة 2020 أي بمعدل 153,77%. تطور إنتاج النفط بين سنة 2014 و2024 بمعدل 7% حيث بلغ 4,543 مليار طن سنة 2024، وبهذا يمكن أن يدوم احتياطي النفط المؤكد حالياً إلى 52 سنة مقبلة دون مزيد استكشافات.

ثالثاً: تطوّر احتياطات الغاز الطبيعي:

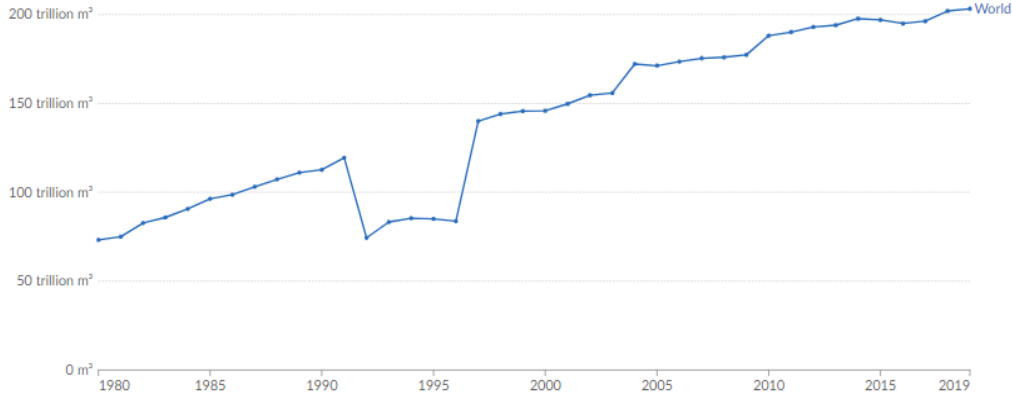
بلغ الاحتياطي المؤكد من الغاز الطبيعي في سنة 2019: 188.07 تريليون م³ ومن خلال

الشكل (7) نستعرض تغير احتياطي الغاز المؤكد في العالم:

Natural gas reserves, 1980 to 2019

Proved reserves are fuels that are known with reasonable certainty to be recoverable in the future from known reservoirs under existing economic and operating conditions.

Table Map Chart



الشكل رقم 7: تطور احتياطي الغاز الطبيعي في العالم 1980-2019

المصدر: المصدر: <https://ourworldindata.org/explorers/natural-resources> ,

27/03/2026, 21:29.

نلاحظ تطور احتياطات الغاز الطبيعي من 73,22 تريليون م³ سنة 1980، إلى 188,07

تريليون م³ سنة 2020، أي بمعدل 157%. في المقابل تطوّر إنتاج الغاز الطبيعي بين سنة 2014

و2024 بمعدل 20% حيث بلغ 4,1245 تريليون م³ سنة 2024، وبهذا يمكن أن يدوم احتياطي

الغاز المؤكد حالياً إلى 46 سنة مقبلة دون مزيد استكشافات.

الفرع الثاني: توزيع احتياطات الوقود الأحفوري في العالم

إن تحليل احتياطات الوقود الأحفوري يستدعي دراسة توزيعها على مناطق العالم المختلفة.

وفي هذا الفرع نحلّل توزيع احتياطات عناصر الوقود الأحفوري ونسب استغلالها لاحتياطاتها.

أولاً: توزيع احتياطات الفحم

نستعرض الجدول (2) لبيان توزيع الاحتياطي من الفحم في العالم سنة 2020 وتوزيع كمية

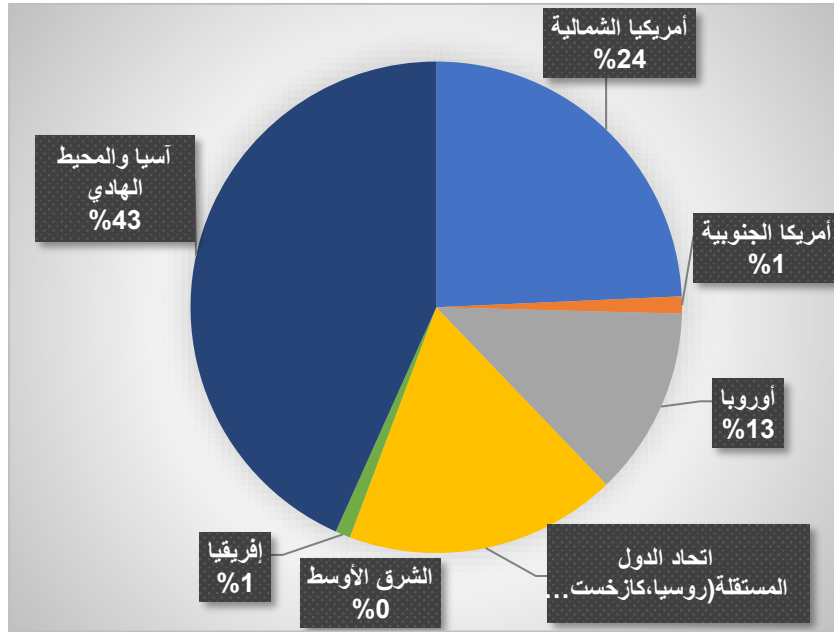
الإنتاج من الفحم سنة 2023:

جدول رقم 2: توزيع احتياطات الفحم وكميات الإنتاج حسب المناطق

نسبة استغلال الاحتياطي	الفحم (مليار طن)				المنطقة
	%	الاحتياطي 2020	%	إنتاج الفحم 2023	
0,23%	24%	256,73	6%	0,5806	أمريكا الشمالية
0,53%	1%	11,88	1%	0,0625	أمريكا الجنوبية
0,34%	12%	131,27	5%	0,4401	أوروبا
0,30%	18%	189,16	6%	0,5634	اتحاد الدول المستقلة (روسيا، كازخستان، أوزبكستان وغيرها)
–	0%	كمية غير معتبرة	0%	0,01	الشرق الأوسط
2,47%	1%	10,392	3%	0,2571	إفريقيا
1,57%	43%	457,6	79%	7,1816	آسيا والمحيط الهادي
0,86%	100%	1057,032	100%	9,0853	المجموع

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

نلخص توزيع احتياطات الفحم المؤكدة في العالم من خلال الشكل (8).



الشكل رقم 8: توزيع احتياطات الفحم في العالم سنة 2020

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

نلاحظ أن شرق آسيا والمحيط الهادي يمثل 43% من إجمالي الاحتياطات من الفحم، ثم أمريكا الشمالية بنسبة 24%، ثم اتحاد الدول المستقلة (CIS) بنسبة 18%، ثم أوروبا بنسبة 13%. لا تتوفر بيانات عديد الدول، ما أدى لانخفاض نسب احتياطات بعض القارات، مثل إفريقيا إذ لا تتوفر إلا بيانات جنوب إفريقيا والتي تمثل 95% وزيمبابوي بنسبة 5%. كما يرجع أيضًا إلى عدم التنقيب والاستكشاف في عديد الدول، لتوافر الموارد الطاقوية الأخرى: نفط وغاز طبيعي، وبما يغطي متطلبات النشاط الاقتصادي من جهة، وما يتطلبه إدماج الفحم في منظومة توليد الطاقة من تكاليف الاستثمار في البنية التحتية والمنشآت التقنية من جهة أخرى.

يستغل احتياطي الفحم في العالم بنسبة 0,86% سنة 2023. نلاحظ أن دول شرق آسيا والمحيط الهادي تمثل نسبة 79% من إجمالي إنتاج الفحم فهي تستغل احتياطاتها بنسبة 1,57% هذا في سنة 2023، حيث تمثل الصين لوحدها 51,8% من إجمالي الطاقة الإنتاجية من الفحم في العالم. تستغل إفريقيا احتياطاتها من الفحم بنسبة 2,47% كأعلى نسبة استغلال لاحتياطي الفحم

في العالم. أما بقية المناطق والدول فنسب استغلالها لاحتياطياتها من الفحم لا تتجاوز 0,5%. وفي المقابل فهي تتعش به مزيجها من الصادرات، حيث تصدر روسيا 15,2% والولايات المتحدة الأمريكية 7% من إجمالي صادرات الفحم في العالم سنة 2023¹. كما أن أندونيسيا وأستراليا تمثلان معاً نسبة 53,6% من صادرات الفحم لسنة 2023 وعلى وجه التفصيل ما نسبته 28,2% و 25,4% على التوالي.

ثانياً: توزيع احتياطي النفط

تتوزع احتياطيات النفط في العالم كما هو موضح في الجدول (3):

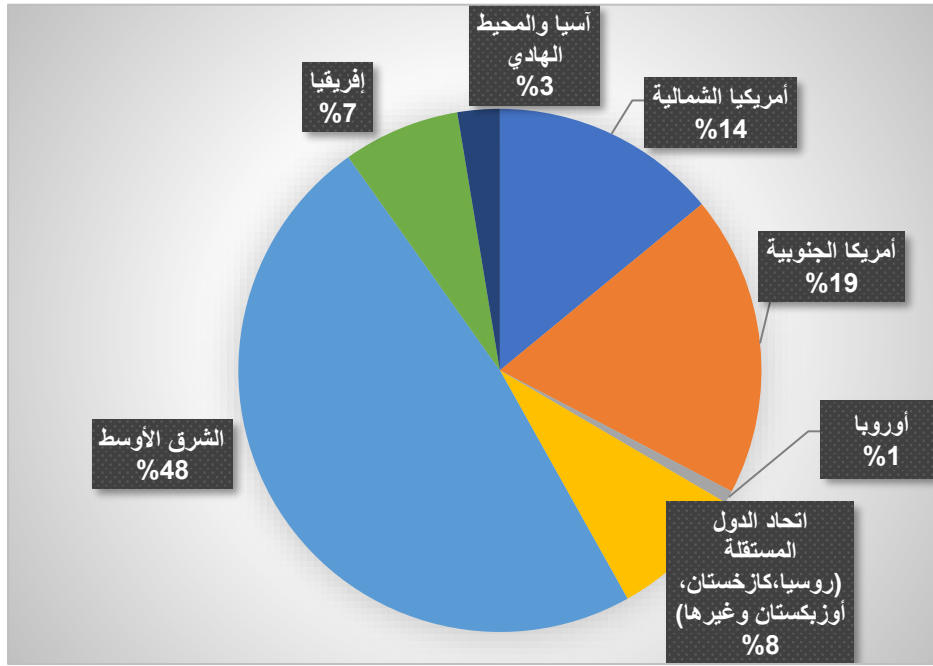
جدول رقم 3: توزيع احتياطيات النفط وكميات الإنتاج حسب المناطق

نسبة استغلال الاحتياطي	الفحم (مليار طن)				المنطقة
	%	الاحتياطي 2020	%	إنتاج النفط 2023	
3,64%	14%	33,16	27%	1,2075	أمريكا الشمالية
0,86%	19%	43,96	8%	0,3781	أمريكا الجنوبية
8,22%	1%	1,85	3%	0,1521	أوروبا
3,38%	8%	19,948	15%	0,6752	اتحاد الدول المستقلة (روسيا، كازخستان، أوزبكستان وغيرها)
1,24%	48%	114,02	31%	1,4139	الشرق الأوسط
2,00%	7%	17,065	8%	0,3415	إفريقيا
5,61%	3%	6,159	8%	0,3457	آسيا والمحيط الهادي
1,91%	100%	236,162	100%	4,514	المجموع

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

¹ Energy Institute, **Statistical Review of World Energy 2024**. 73rd edition. 2024, p49.

نلخص توزيع احتياطات النفط المؤكدة في العالم من خلال الشكل (9):



الشكل رقم 9: توزيع احتياطات النفط في العالم سنة 2020

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

نلاحظ أهمية حصة الشرق الأوسط من احتياطات النفط، حيث بلغ في سنة 2020: 114,02 مليار طن بنسبة 48% من الاحتياطي العالمي. تمثل السعودية ما نسبته 35% من احتياطي الشرق الأوسط، فهي تعتبر صاحبة أكبر احتياطي في العالم بعد فنزويلا بفارق 1 مليار طن.

تمثل أمريكا الجنوبية نسبة 19% من احتياطي النفط العالمي، تمثل منه دولة فنزويلا 94% باحتياطي 41,44 مليار طن باعتبارها صاحبة أكبر احتياطي عالمي من النفط.

تحتل أمريكا الشمالية 14% من الاحتياطي العالمي من النفط، ثم يليها اتحاد الدول المستقلة وأفريقيا بحصة 8% و 7% على الترتيب. وتأتي آسيا والمحيط الهادي، وأوروبا بحصة: 3% و 1%.

على التوالي.

يستغل احتياطي النفط في العالم بنسبة 1,91% حسب إنتاج سنة 2023. نلاحظ أنّ دول الشرق الأوسط تمثل حصة 31% من إجمالي إنتاج النفط، فهي تستغل احتياطياتها المؤكدة من النفط بمعدل: 1,24%، وهو ما يتيح لها استغلال احتياطياتها الحالية من النفط مدة 80 سنة دون مزيد استكشافات. تستغل أمريكا الجنوبية احتياطياتها بأقل معدل استغلال 0,86% بفعل انخفاض إنتاج النفط من طرف دولة فنزويلا، حيث انخفض الإنتاج بمعدل 10,8% بين سنة 2013 و2023. ويرجع هذا إلى الأزمات الاقتصادية والسياسية. أنتجت أمريكا الشمالية 1,2075 مليار طن بحصة 27% من إجمالي الإنتاج العالمي للنفط، حيث تستغل احتياطياتها من النفط بمعدل 3,64% سنوياً. مثلت الولايات المتحدة الأمريكية 68,5% من إنتاج النفط في أمريكا الشمالية. تمثل كل من اتحاد الدول المستقلة، وآسيا، وإفريقيا، وأوروبا من الإنتاج العالمي للنفط ما نسبته: 15%، 8% و8%، 3% على التوالي. تعتبر أوروبا الأعلى معدلاً من حيث استغلال احتياطياتها بنسبة 8,22% سنوياً ثم آسيا والمحيط الهادي بنسبة 5,61% ثم اتحاد الدول المستقلة بـ: 3,38% ثم إفريقيا بنسبة 2%. ويرجع ارتفاع نسبة استغلال الاحتياطيات من النفط إلى أسباب أهمها: قلة الاستكشافات لحقول النفط، وعدم تحقق جدواها الاقتصادية، وارتفاع الطاقة الإنتاجية من النفط في مقابل احتياطيات ثابتة.

ثالثاً: توزيع احتياطي الغاز الطبيعي

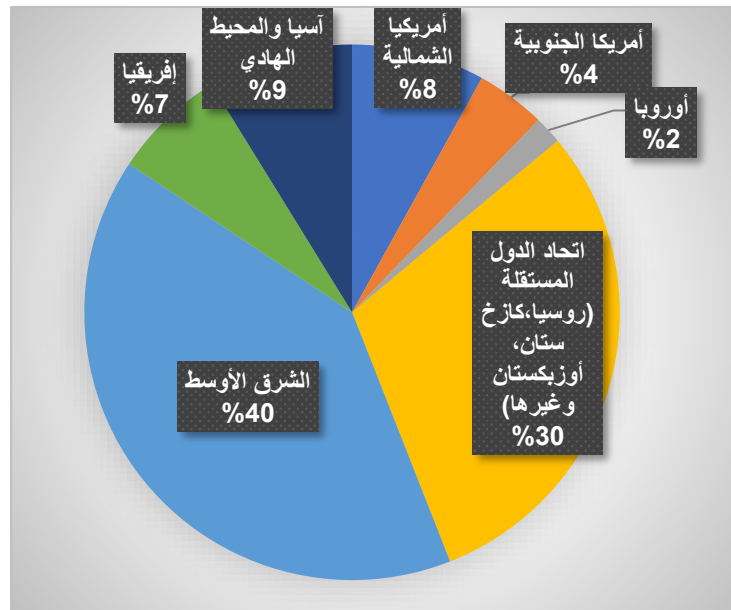
تتوزع احتياطيات الغاز الطبيعي في العالم كما هو موضح في الجدول (4):

الجدول رقم 4: توزيع احتياطات الغاز الطبيعي وكميات الإنتاج حسب المناطق

المنطقة	الغاز الطبيعي (تريليون م3)				نسبة استغلال الاحتياطي
	إنتاج الغاز 2023	%	احتياطي الغاز 2020	%	
أمريكا الشمالية	1,2611	%31	15,1507	%8	%8,32
أمريكا الجنوبية	0,162	%4	7,8974	%4	%2,05
أوروبا	0,2043	%5	3,1687	%2	%6,45
اتحاد الدول المستقلة (روسيا، كازخستان، أوزبكستان وغيرها)	0,7736	%19	56,6017	%30	%1,37
الشرق الأوسط	0,7127	%18	75,8069	%40	%0,94
إفريقيا	0,2536	%6	12,8885	%7	%1,97
آسيا والمحيط الهادي	0,6918	%17	16,56002	%9	%4,18
المجموع	4,0591	%100	188,07392	%100	%2,16

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

نلخص توزيع احتياطات الغاز الطبيعي المؤكدة في العالم من خلال الشكل (10):



شكل رقم 10: توزيع احتياطات الغاز في العالم سنة 2020

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Our World In Data.

تمثل حصة الشرق الأوسط من الاحتياطيات المؤكدة من الغاز الطبيعي سنة 2020: نسبة 40% من الاحتياطي العالمي بمخزون 75,8069 تريليون م3. تمثل إيران وقطر معاً ما نسبته 75% من احتياطي الشرق الأوسط. يمثل اتحاد الدول المستقلة نسبة 30% من احتياط الغاز العالمي، والذي تمثل منه دولة روسيا حصة 66% باحتياطي 37,39 تريليون م3 باعتبارها صاحبة أكبر احتياطي عالمي من الغاز الطبيعي. تحوز أمريكا الشمالية والجنوبية وآسيا، وإفريقيا، وأوروبا معاً حصة 30% من الاحتياطي العالمي من الغاز الطبيعي بنسبة 8%، 4%، 9%، 7%، 2% على الترتيب.

يستغل احتياطي الغاز الطبيعي في العالم بنسبة 2,16% سنوياً حسب إنتاج سنة 2023. أنتجت أمريكا الشمالية 1,2611 تريليون م3 بحصة 31% من إجمالي الإنتاج العالمي للغاز الطبيعي، حيث تستغل احتياطياتها من الغاز الطبيعي بمعدل 8,32% سنوياً، وهو أعلى معدل استغلال في العالم، يتوقع معه استنزاف احتياطياتها في مدة 12 سنة فقط في ظل الاستكشافات الحالية. تقاربت حصص إنتاج الغاز الطبيعي لكل من اتحاد الدول المستقلة والشرق الأوسط وآسيا بمعدل: 19%، 18%، 17% على التوالي. غير أنّ دول الشرق الأوسط حققت أدنى مستوى استغلال لاحتياطياتها بمعدل 0,94%، يتيح لها استغلال احتياطياتها لأكثر من 100 سنة. كما تقاربت حصص إنتاج الغاز لإفريقيا وأمريكا الجنوبية وأوروبا بمعدل 6% و5% و4% على الترتيب.

المطلب الثاني: تحليل سوق الوقود الأحفوري

إنّ دراسة سوق الوقود الأحفوري من خلال تحليل متغيراته الأساسية من: تطور العرض والطلب، تُعدّ مدخلاً لفهم واقع هذا السوق. كما تساعد كذلك في استشراف اتجاهاته المستقبلية في ظل التحولات الطاقوية الراهنة. وفي هذا المطلب نبحث تطور العرض والطلب بصفة إجمالية، ثمّ بالنسبة لعناصر تركيبة الوقود الأحفوري.

الفرع الأول: تطوّر العرض والطلب على الوقود الأحفوري

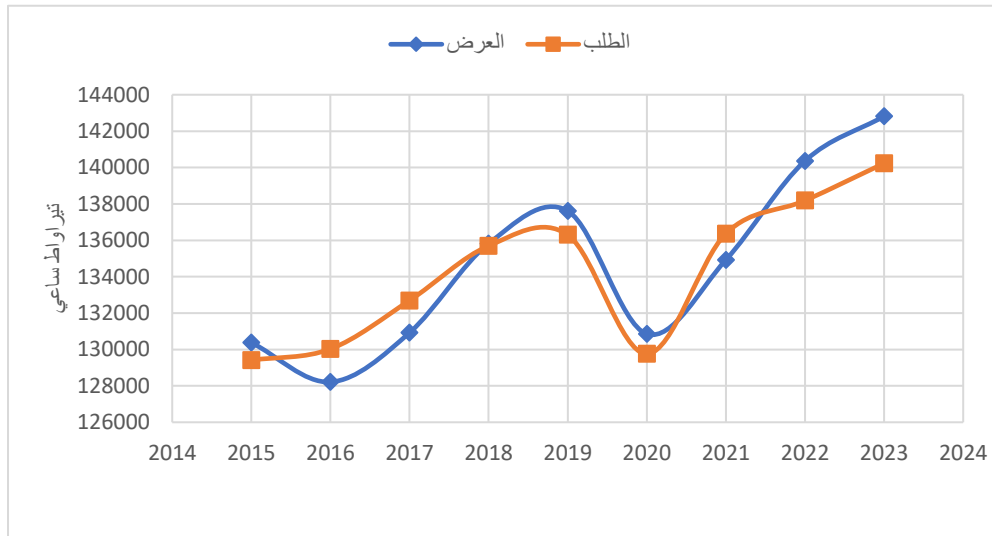
إنّ دراسة سوق الطاقة الأحفورية سواءً من جهة العرض أو الطلب يعتبر عنصرًا ذا أهمية بالغة في تحليل سوق الطاقة الأحفورية. ومن خلال الجدول (5) نستعرض تطوّر العرض والطلب على الوقود الأحفوري بعد سنة 2015 والتي تعتبر سنة اتفاقية باريس التي تعتبر أهم محطة في اتفاقيات حفظ المناخ والحدّ من الانبعاثات.

جدول رقم 5: تطوّر العرض والطلب على الوقود الأحفوري 2015-2023

السنوات	الفحم (تيراواط ساعي)		النفط (تيراواط ساعي)		الغاز (تيراواط ساعي)	
	العرض	الطلب	العرض	الطلب	العرض	الطلب
2015	44570,04	43680,50	50752,18	50977,21	35059,98	34752,11
2016	42189,68	42736,86	50948,10	52060,85	35076,67	35229,35
2017	43191,31	43193,28	51020,32	52978,80	36709,18	36517,57
2018	45143,61	43852,79	52221,39	53521,39	38453,27	38321,44
2019	45783,21	43597,16	52188,84	53618,93	39640,46	39084,45
2020	43483,91	42296,68	48708,87	48745,68	38661,79	38714,09
2021	45202,46	44600,08	49286,68	51530,49	40437,04	40239,02
2022	48358,03	44869,12	51519,52	53226,84	40486,11	40086,88
2023	49789,16	45564,93	52432,23	54564,00	40592,31	40101,74

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

نستعرض من خلال الشكل (11) العرض والطلب الإجمالي على الوقود الأحفوري:



شكل رقم 11: تطور العرض والطلب على الوقود الأحفوري 2023-2015

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

نلاحظ توازن في سوق الطاقة الأحفورية عمومًا، مع وجود فوارق صغير في صورة عجز في

الفترة بين 2016 و2018، وفائض بعد سنة 2018.

نلاحظ ارتفاع الطلب الكلي للوقود الأحفوري بمعدل 8,36% بين سنة 2015 و2023، حيث

ارتفع في نفس الفترة: الطلب على الفحم بمعدل 4,31%، والطلب على النفط بمعدل 7,04%،

والطلب على الغاز الطبيعي بمعدل 15,39%.

ارتفع العرض الكلي للوقود الأحفوري بمعدل 9,53% بين سنة 2015 و2023، حيث ارتفع

في نفس الفترة: العرض على الفحم بمعدل 11,71% والعرض على النفط بمعدل 3,31%، والعرض

على الغاز الطبيعي بمعدل 15,78%.

يرجع تطور سوق الطاقة الأحفورية باعتبار مكانته المحورية في النشاط الاقتصادي كمورد

طاقوي لجميع القطاعات: الصناعية والنقل، والمنزلية، وغيرها.

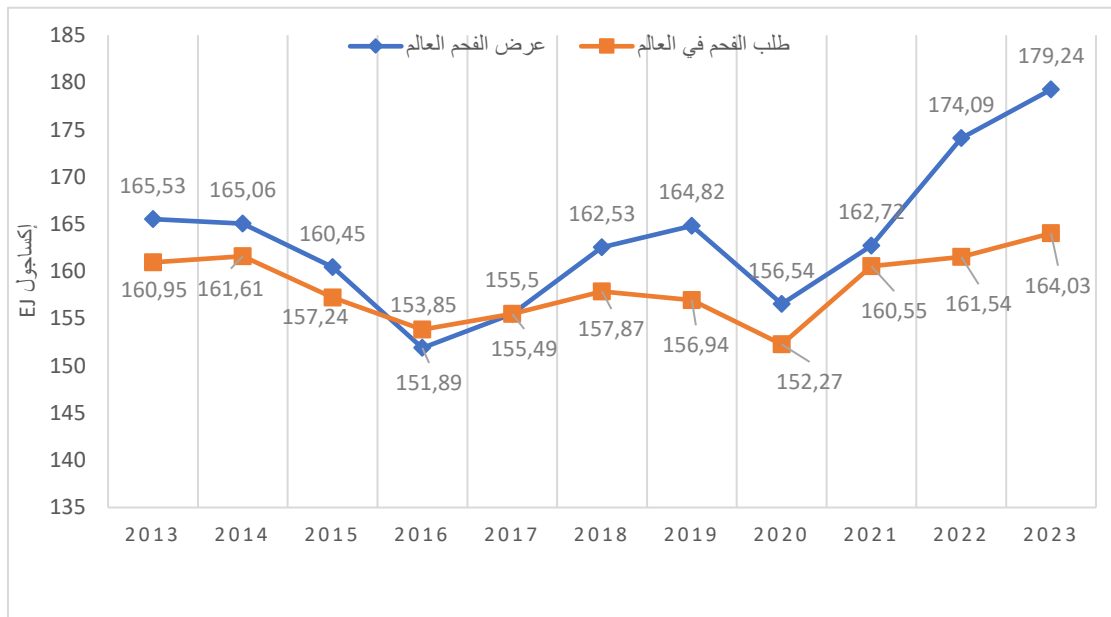
الفرع الثاني: تطوّر العرض والطلب على عناصر الوقود الأحفوري

إنّ إرادة فهم مسار المنظومة الطاقوية للعالم، يدفعنا لدراسة تطورات سوق مكونات المزيج الطاقوي الأحفوري، وفي هذا الفرع نبحث تطور الطلب والعرض على كل عنصر من عناصر الوقود الأحفوري على حدا: الفحم والنفط والغاز الطبيعي.

أولاً: تطور العرض والطلب على الفحم

لا يزال الفحم أحد المصادر الطاقوية الهامة في المزيج الطاقوي العالمي، مع كونه أكبر المصادر الملوثة للبيئة والمناخ. ومن خلال الشكل (12) نستعرض تطوّر العرض والطلب العالمي

على الفحم:



شكل رقم 12: تطور العرض والطلب على الفحم في العالم 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

نلاحظ انخفاض عرض الفحم في الفترة 2013-2016 بمعدل 7%. ليرتفع بعد ذلك بمعدل

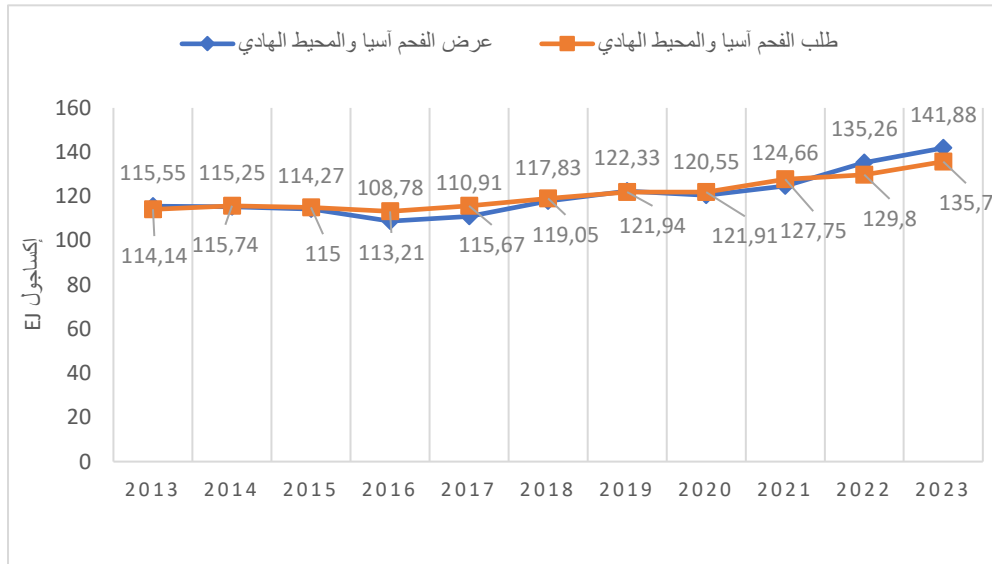
18% بين سنة 2016 و2023. مع انخفاض في سنة 2020 بسبب تداعيات جائحة كوفيد-19.

نلاحظ ثبات نسبي في الطلب على الفحم في العالم حيث تطور بمعدل 1,9% في الفترة 2013-2023، وهذا ما يفسر تطور الفائض في السوق بين الفترة 2018-2023 بمعدل 226,4%.

إن فهم وضع سوق الفحم تتطلب تشريح تطور العرض والطلب في جميع مناطق العالم ومن هذا المنطلق نعرضها كما يلي:

1- العرض والطلب على الفحم في آسيا والمحيط الهادي: نستعرض تطورات العرض والطلب

على الفحم في دول آسيا والمحيط الهادي من خلال الشكل (13):



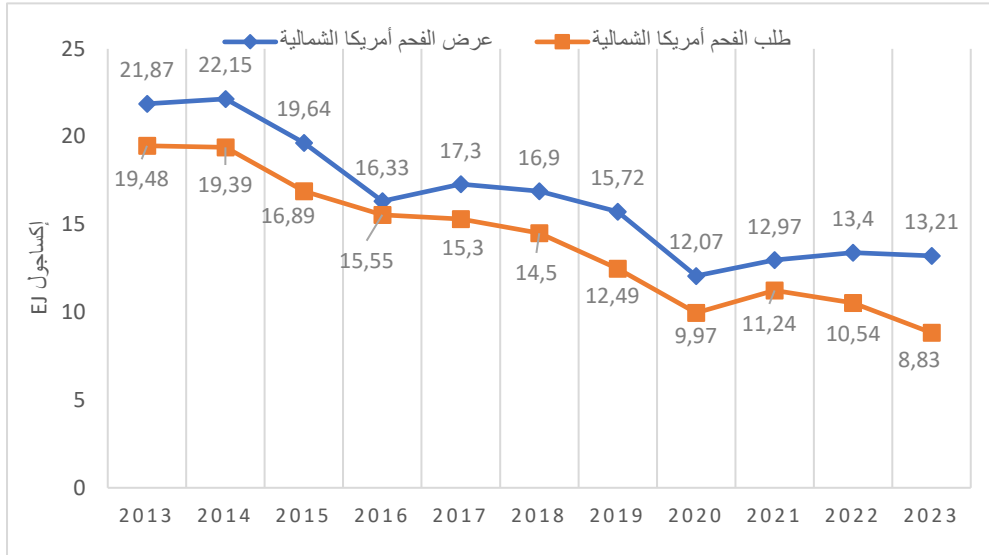
شكل رقم 13: تطور العرض والطلب على الفحم في آسيا والمحيط الهادي

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

تعتبر دول آسيا والمحيط الهادي الفاعل الرئيسي في سوق الفحم، حيث تمثل حصة 79% من العرض الإجمالي للفحم في العالم، بمقدار 141,88 إكساجول. كما تمثل نسبة 83% من الطلب العالمي على الفحم بمقدار 135,7 إكساجول. وقد تطور عرض آسيا والمحيط الهادي بنسبة 23% بين سنة 2013 و 2023، بالمقابل تطور طلبها في نفس الفترة بمعدل 19%. يعتبر سوق الفحم في آسيا والمحيط الهادي متوازناً، مع وجود فائض بعد سنة 2022 بلغ سنة 2023: 6,18 إكساجول.

2- العرض والطلب على الفحم في أمريكا الشمالية: ندرس تطوّر العرض والطلب على

الفحم في أمريكا الشمالية، وذلك من خلال الشكل (14):



شكل رقم 14: تطوّر العرض والطلب على الفحم في أمريكا الشمالية

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

عرف سوق الفحم في أمريكا الشمالية انخفاضًا في العرض بين سنة 2013 و2023 بمعدل:

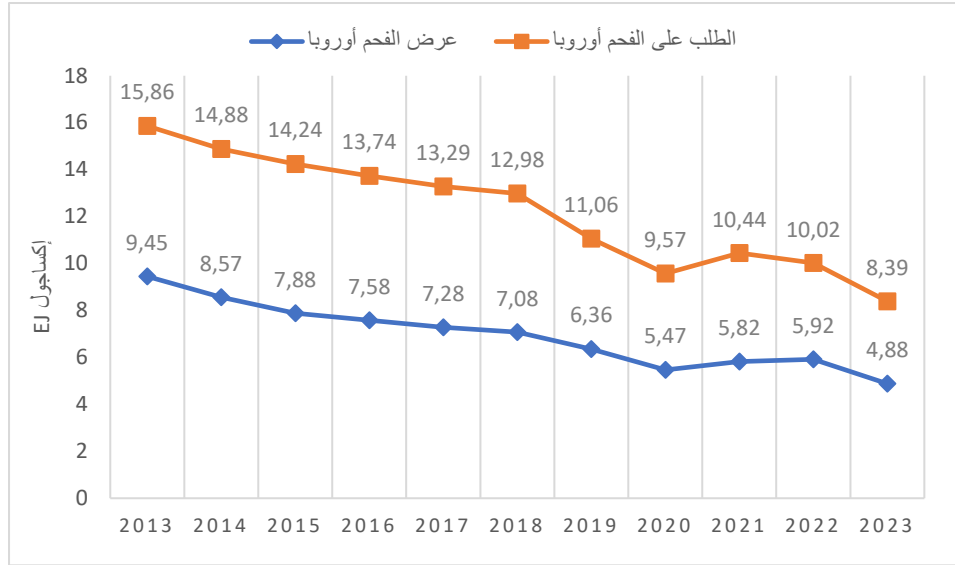
40%، ليمثّل حصة: 7% من العرض العالمي لسنة 2023. من جهة أخرى فقد صاحب هذا الوضع

انخفاض في الطلب على الفحم بمعدل: 55%، ليمثّل حصة 5% من الطلب الإجمالي لسنة 2023.

بلغ فائض العرض في سوق الفحم 4,38 إكساجول في سنة 2023.

3- العرض والطلب على الفحم في أوروبا: ندرس تطوّر العرض والطلب على الفحم في

أوروبا من خلال تحليل محتوى الشكل (15):



شكل رقم 15: تطور العرض والطلب على الفحم في أوروبا

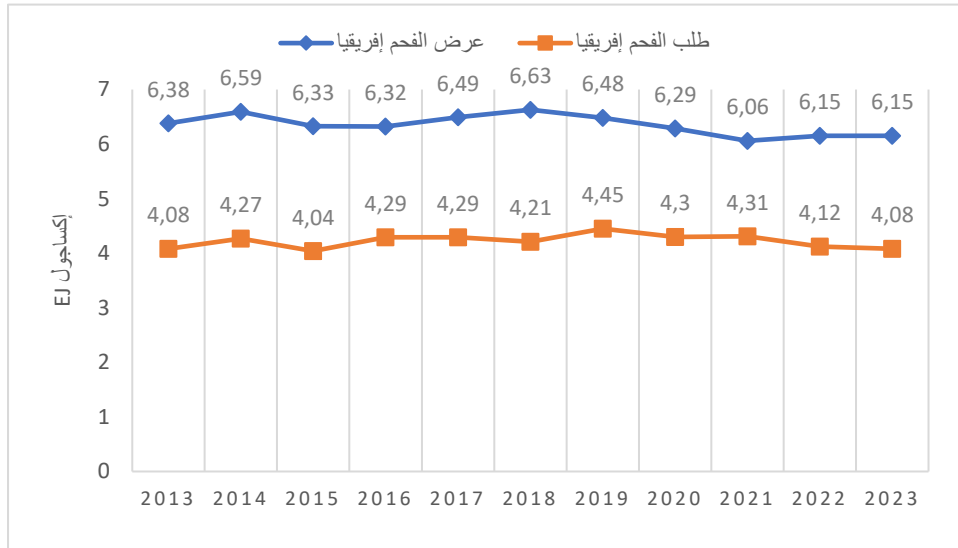
المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

عرف سوق الفحم في أوروبا انخفاضاً في العرض في الفترة: 2013-2023 بمعدل: 48%، ليمثل حصة: 3% من العرض العالمي لسنة 2023. من جهة أخرى فقد انخفض الطلب على الفحم في أوروبا بمعدل: 47% ليمثل حصة 5% من الطلب العالمي لسنة 2023، نلاحظ حالة ارتفاع في الطلب والعرض بعد سنة 2020، وهو بسبب تداعيات الحرب الروسية الأوكرانية، والتي شهدت فيها سلاسل إمدادات الغاز الطبيعي اضطراباً وتقليص حجم الطاقة الموردة من طرف روسيا، مما دفع عديد الدول إلى إعادة تشغيل محطات الفحم لتغطية احتياجات الطاقة في أوروبا¹. وعلى عكس وضعية الفائض في سوق الفحم في أمريكا الشمالية، فإن سوق الفحم في أوروبا يعرف عجزاً بمقدار 3,51 إكساجول في سنة 2023، ولكن تشترك كلا المنطقتين بانخفاض الطلب الذي يفسر بالسياسات الداعمة لحفظ البيئة والمناخ.

¹ Huang, H., Zhao, J., Liu, H., Ren, S., Liu, M., Liu, H., An, F., Guo, Y., & An, H. Research on the crisis propagation in the global coal trade under the Russia-Ukraine conflict. Scientific Reports. (2023), 13(1), 15954. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42643-8>.

4- العرض والطلب على الفحم في إفريقيا: يترجم الشكل (16) تطور العرض والطلب على

الفحم في إفريقيا في الفترة من 2013 إلى 2023:



شكل رقم 16: تطور العرض والطلب على الفحم في إفريقيا

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

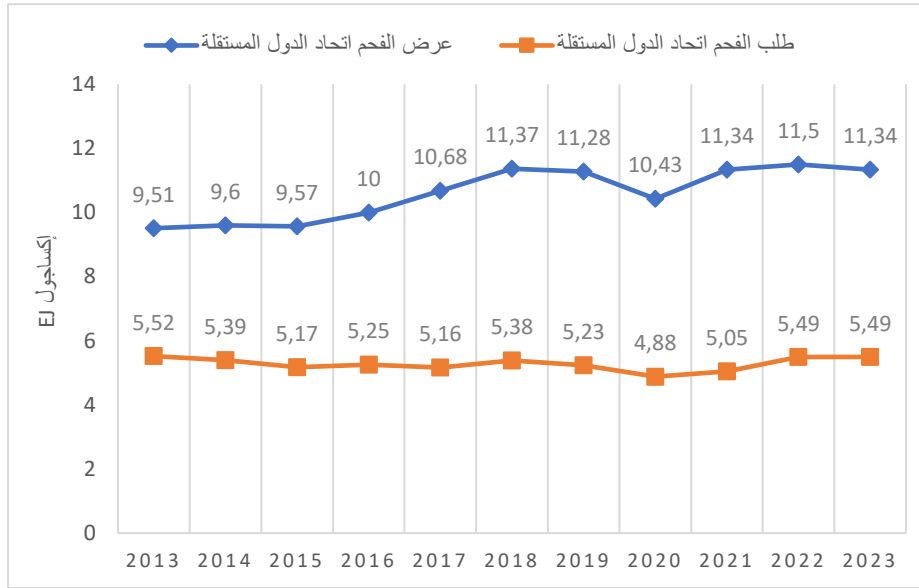
نلاحظ ثباتاً في العرض والطلب على الفحم في إفريقيا في الفترة: 2013-2023. يمثل عرض

الفحم في إفريقيا نسبة 3% من العرض العالمي، وطلبها عليه ما نسبته 2% من الطلب العالمي في

سنة 2023. يعرف سوق الفحم في إفريقيا فائضاً يقدر بـ: 2,07 إكساجول في سنة 2023.

5- العرض والطلب على الفحم في اتحاد الدول المستقلة: من خلال الشكل (17) نعرض

تطورات العرض والطلب على الفحم في اتحاد الدول المستقلة:



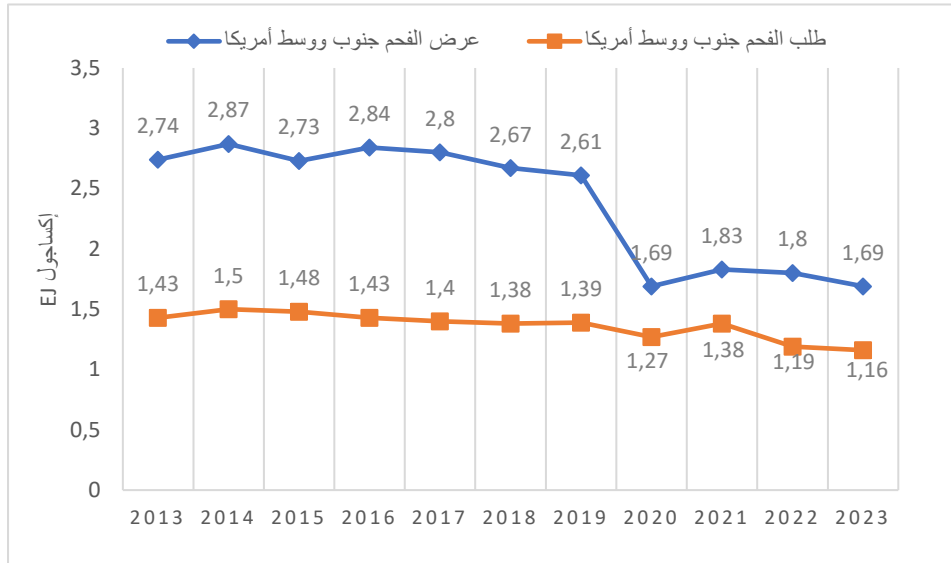
شكل رقم 17: تطور العرض والطلب على الفحم في اتحاد الدول المستقلة

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

يلاحظ تطور عرض الفحم في اتحاد الدول المستقلة: روسيا وكازخستان وأوزبكستان وغيرها بقيمة 1,83 إكساجول بين سنة 2013 و2023، أي بمعدل 19%، في حين شهد الطلب ثباتاً في نفس الفترة. يمثل عرض اتحاد الدول المستقلة 6% من العرض العالمي للفحم وطلبها على الفحم 3% من الطلب العالمي عليه في سنة 2023. ويعرف سوق الفحم في اتحاد الدول المستقلة فائضاً يقدر بـ: 5,85 إكساجول في سنة 2023، وقد تطور الفائض في السوق بمعدل 46,6% بين سنة 2013 و2023.

6- العرض والطلب على الفحم في جنوب ووسط أمريكا: نعرض تطور سوق الفحم في

جنوب ووسط أمريكا، من خلال تطورات العرض والطلب كما هو موضح في الشكل (18):



شكل رقم 18: تطور العرض والطلب على الفحم في جنوب ووسط أمريكا

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

تراجع عرض الفحم في جنوب ووسط أمريكا بقيمة 1,05 إكساجول في الفترة: 2013-2023،

أي بمعدل 38%، ليمثل 1% من العرض العالمي لسنة 2023، كما شهد الطلب تراجعاً بمعدل

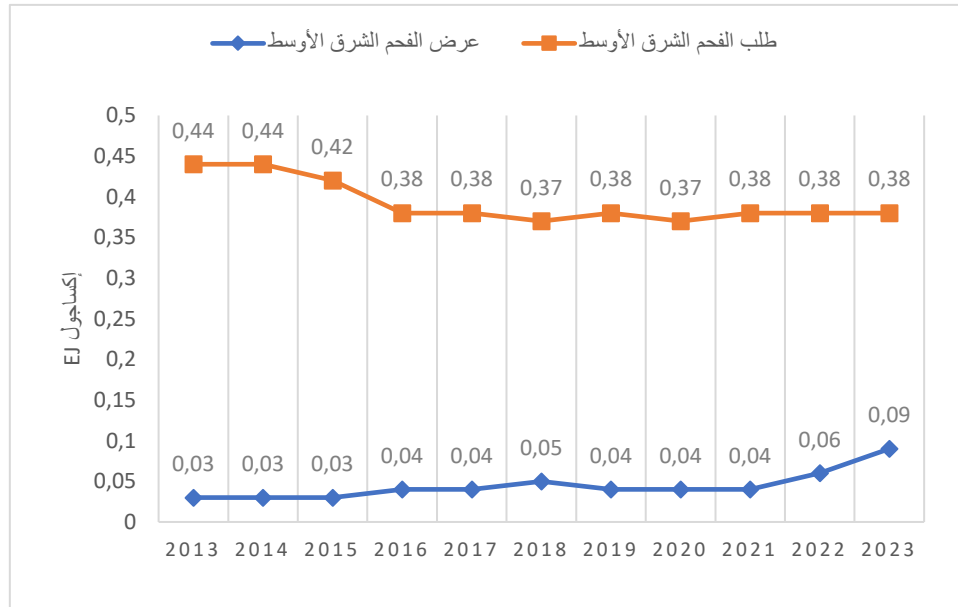
19% في نفس الفترة ليمثل 1% من الطلب العالمي في سنة 2023. ويعرف سوق الفحم في جنوب

ووسط أمريكا فائضاً يقدر بـ: 0,53 إكساجول في سنة 2023، وقد تراجع الفائض في السوق بمعدل

59% بين سنة 2013 و2023.

7- العرض والطلب على الفحم في الشرق الأوسط: نلخص واقع سوق الفحم في الشرق

الأوسط وتطور العرض والطلب فيه في الشكل (19):



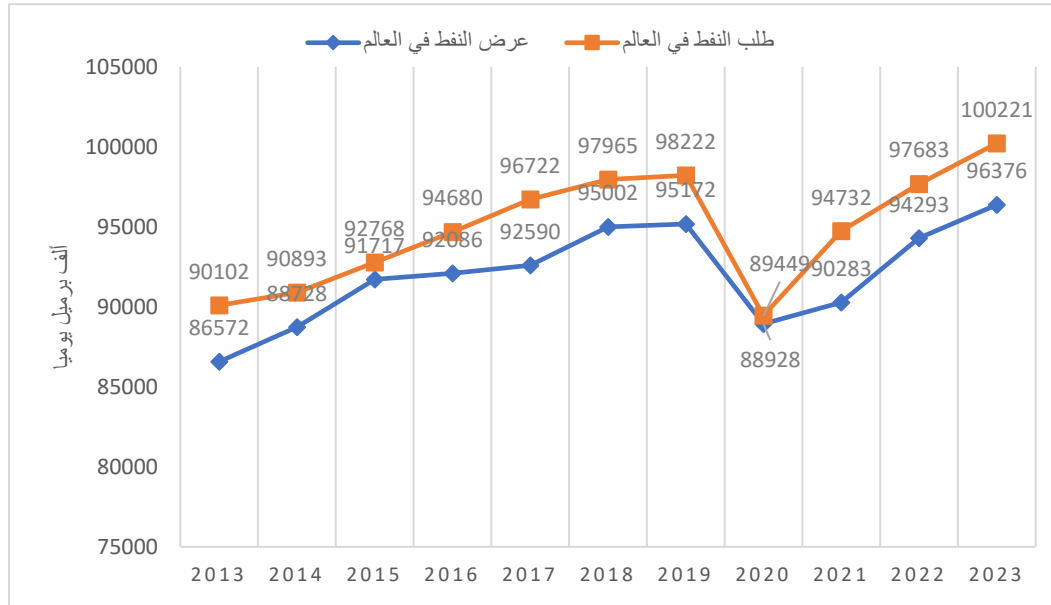
شكل رقم 19: تطور العرض والطلب على الفحم في الشرق الأوسط

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

يعتبر سوق الفحم في الشرق الأوسط الأقل أهمية في العالم، إذ يمثل عرض الفحم في الشرق الأوسط والطلب عليه أقل من 1% سنة 2023. وهذا راجع لتوافر المصادر الطاقوية الأخرى للوقود الأحفوري: النفط والغاز الطبيعي.

ثانيًا: تطور العرض والطلب على النفط

يعتبر النفط المصدر الطاقوي الأكثر طلبًا من بين مكونات الوقود الأحفوري. حيث يمثل الطلب العالمي على النفط نسبة 39% من إجمالي الطلب على الوقود الأحفوري لسنة 2023، ومن خلال الشكل (20) نستعرض تطور العرض والطلب على النفط في العالم:



شكل رقم 20: تطور العرض والطلب على النفط في العالم 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

تمثل القيم المعروضة المعدل اليومي للطلب على النفط بوحدة ألف برميل مكافئ نفط، حيث

يعادل 1 إكساجول 23.88 مليون برميل مكافئ نفط¹. نلاحظ تطور الطلب على النفط وكذلك

العرض منه بمعدل 11% في الفترة: 2013-2023، مع وجود تراجع كبير لسوق النفط في سنة

2020، حيث انخفض الطلب بمعدل 9% بين سنة 2019 و 2020. يعرف سوق النفط عجزًا بـ:

3,845 مليون برميل يوميًا في سنة 2023.

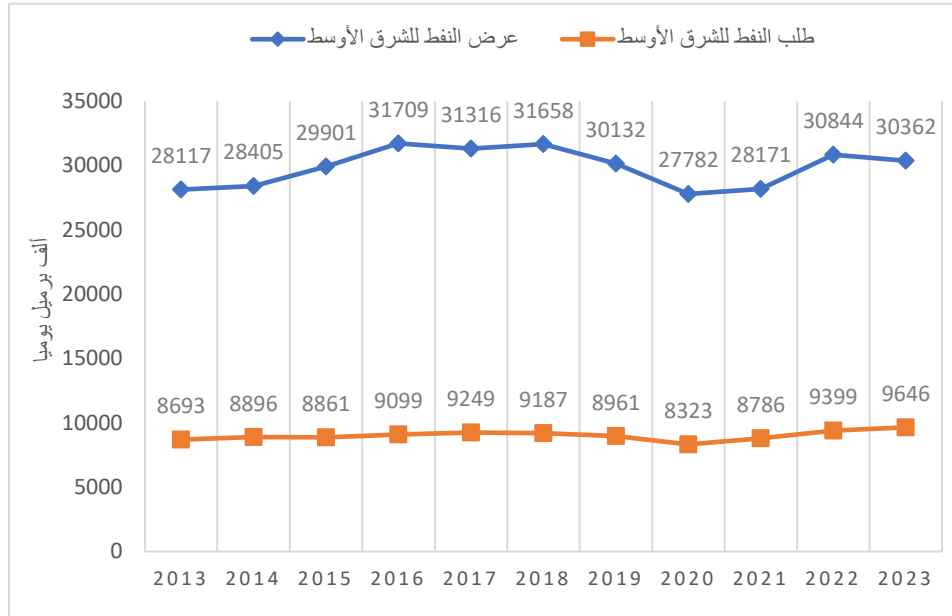
ولتحليل تطورات سوق النفط، ندرس تطور العرض والطلب على النفط حسب المناطق والأقاليم

الدولية كما يلي:

¹ <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/unit-converter>. 27/03/2026, 21:29.

1- العرض والطلب على النفط في الشرق الأوسط: ندرس من خلال الشكل (21) تطور

العرض والطلب على النفط في منطقة الشرق الأوسط:



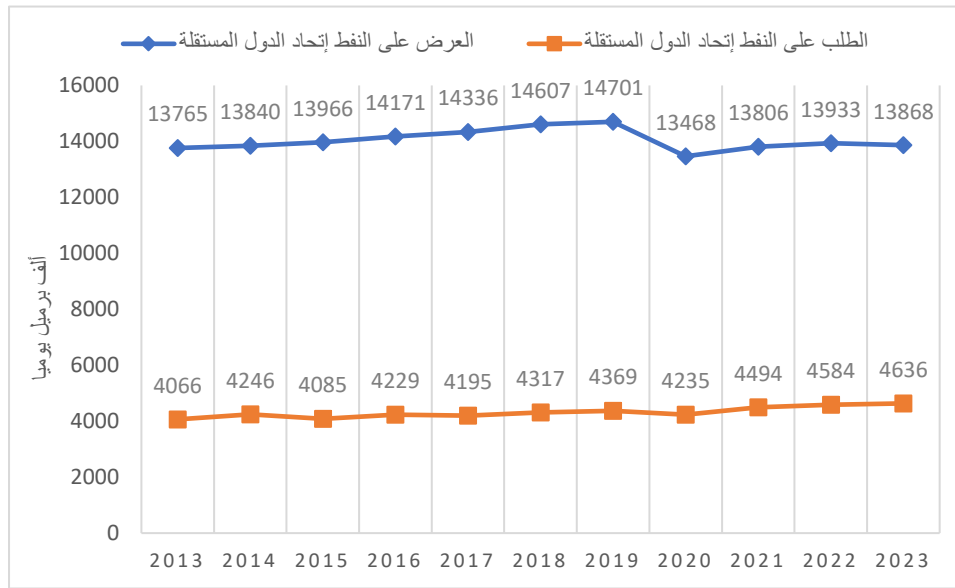
شكل رقم 21: تطور العرض والطلب على النفط في الشرق الأوسط

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

يمثل عرض النفط لدول الشرق الأوسط ما نسبته 32% من إجمالي العرض العالمي من النفط لسنة 2023، حيث تطور هذا العرض بين سنة 2013 و 2023 بنسبة 8%. بينما يمثل الطلب على النفط نسبة 10% من الطلب العالمي لسنة 2023، وقد تطور الطلب بمعدل 11% في خلال الفترة: 2013-2023. يعرف سوق النفط في الشرق الأوسط فائضًا يقدر بـ: 20,716 مليون برميل يوميًا، وهو ما يمثل 21% من الطلب العالمي على النفط لسنة 2023.

2- العرض والطلب على النفط في اتحاد الدول المستقلة: ندرس تطور العرض والطلب

على النفط في اتحاد الدول المستقلة، من خلال تحليل محتوى الشكل (22):



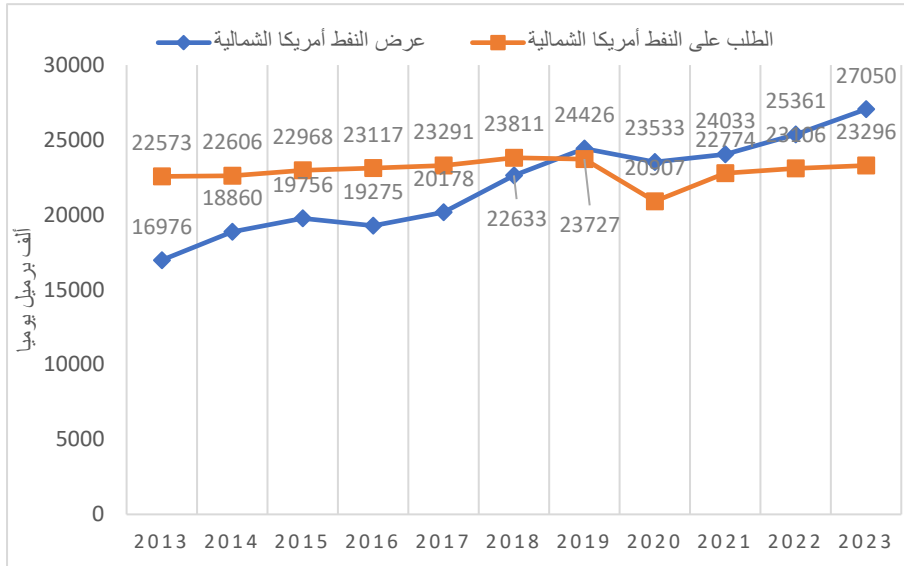
شكل رقم 22: تطور العرض والطلب على النفط في اتحاد الدول المستقلة

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

يمثل عرض اتحاد الدول المستقلة من النفط نسبة 14% من العرض العالمي سنة 2023، وهو ثابت نسبيًا، حيث تطور بنسبة 1% بين سنة 2013 و 2023. أما الطلب فهو يمثل نسبة 5% من الطلب العالمي لسنة 2023، وقد تطوّر في الفترة 2013-2023 بمعدل: 14%. في ظلّ ارتفاع الطلب، انخفض فائض سوق النفط في اتحاد الدول المستقلة بمعدل 5% بين سنة 2013 و 2023 ليلبلغ سنة 2023: 9,232 مليون برميل يوميًا.

3- العرض والطلب على النفط في أمريكا الشمالية: نبحت تطوّر العرض والطلب على

النفط في أمريكا الشمالية من خلال عرض وتحليل محتوى الشكل (23):



شكل رقم 23: تطور العرض والطلب على النفط في أمريكا الشمالية

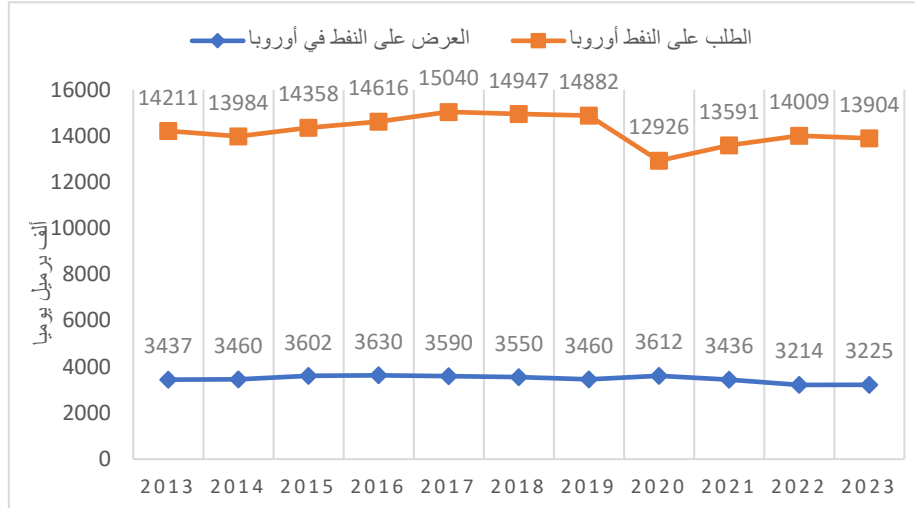
المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

تطور عرض النفط في أمريكا الشمالية بمعدل 59% بين سنة 2013 و 2023. ليمثل سنة 2023 نسبة 28% من عرض النفط العالمي. بينما سجل الطلب استقراراً حيث تطور بمعدل 3% بين سنة 2013 و 2023. ليمثل عرض أمريكا الشمالية 23% من العرض العالمي للنفط سنة 2023. نلاحظ تناقص عجز النفط في سوق أمريكا الشمالية إلى غاية سنة 2018. عرف السوق بعد ذلك فائضاً، تطوّر الفائض بمعدل 437% بين سنة 2019 و 2023 ليبلغ 3,754 مليون برميل يومياً سنة 2023. أحدثت ثورة النفط والغاز الصخري في الولايات المتحدة قفزة هائلة في العرض المحلي للنفط. حيث تمكنت من تقليص الواردات الصافية بمقدار 6.5 مليون برميل يومياً في الفترة 2016-2018، ما يشير إلى تحوّل من عجز إلى فائض في السوق الأمريكية¹.

¹ Chow, E. C., & Rincon-Romero, J.-A. Energy and the Economy in North America. In The Palgrave Handbook of International Energy Economics 2022, (pp. 713–729). Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86884-0_35.

4- العرض والطلب على النفط في أوروبا: ندرس تطوّر العرض والطلب على النفط في أوروبا

من خلال تحليل محتوى الشكل (24):



شكل رقم 24: تطور عرض وطلب النفط في أوروبا

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

تراجع عرض النفط في أوروبا بمعدل 6% بين سنة 2013 و2023، ليمثّل 3% من عرض

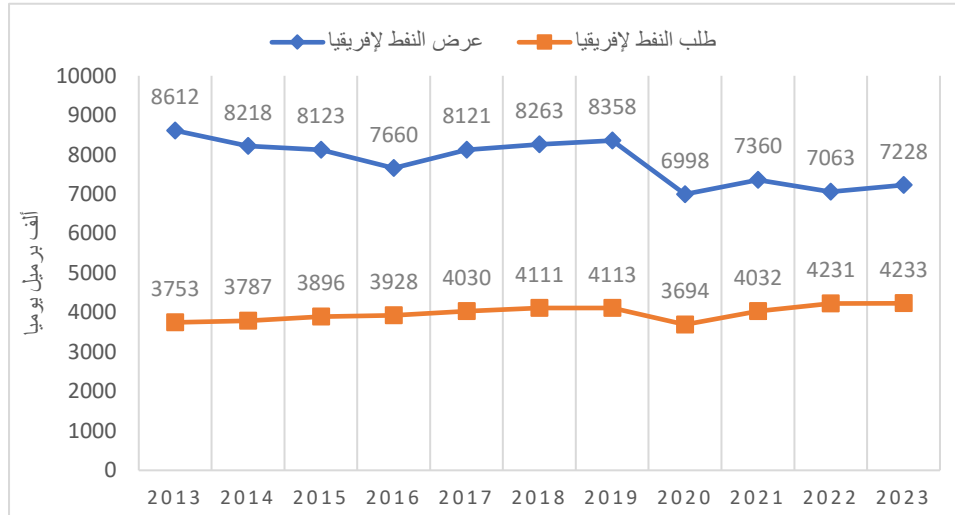
النفط العالمي لسنة 2023، في حين شهد الطلب استقرارًا نسبيًا، حيث تغير بمعدل (-2%) بين

سنة 2013 و2023، ليحقق حصة مساهمة بنسبة 14% من الطلب العالمي. يعرف سوق النفط

في أوروبا عجزًا بمقدار: 10,679 مليون برميل يوميًا سنة 2023.

5- العرض والطلب على النفط في إفريقيا: يظهر تطور سوق النفط في إفريقيا من خلال

تطورات العرض والطلب كما هو مبين في الشكل (25):



شكل رقم 25: تطور العرض والطلب على النفط في إفريقيا

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

يشهد عرض إفريقيا من النفط تراجعًا بمعدل 16% في الفترة: 2023-2013. حيث مثّل

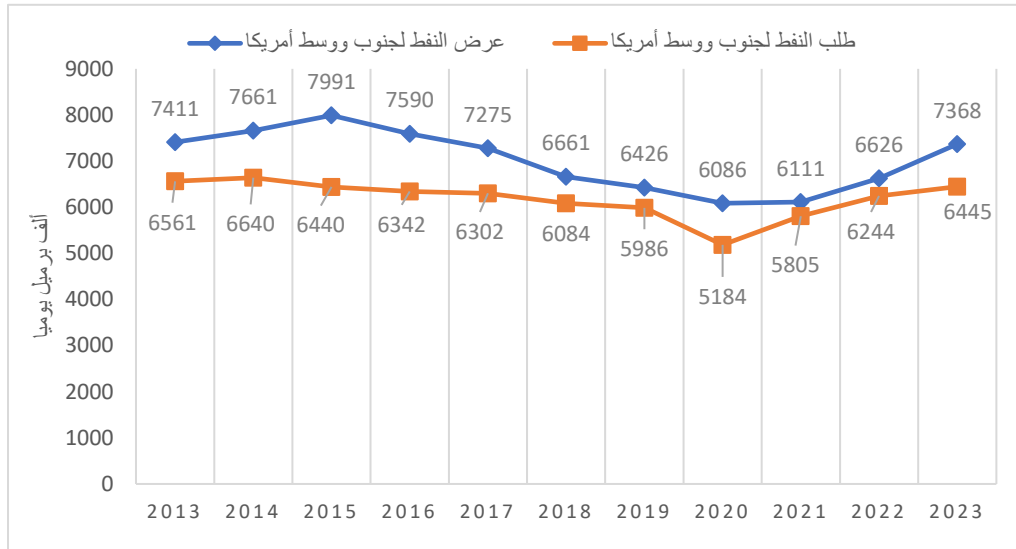
7% من إجمالي العرض. في المقابل نلاحظ تطورًا في الطلب بمعدل 13% في نفس الفترة، ليُمثّل

نسبة 4% من الطلب العالمي. وقد عرف السوق تراجع فائض النفط بمعدّل: 38%، ليلبّغ 2,995

مليون برميل يوميًا في سنة 2023.

6- العرض والطلب على النفط في جنوب ووسط أمريكا: تتمثّل تطورات العرض والطلب

على النفط في جنوب ووسط أمريكا في الشكل (26):



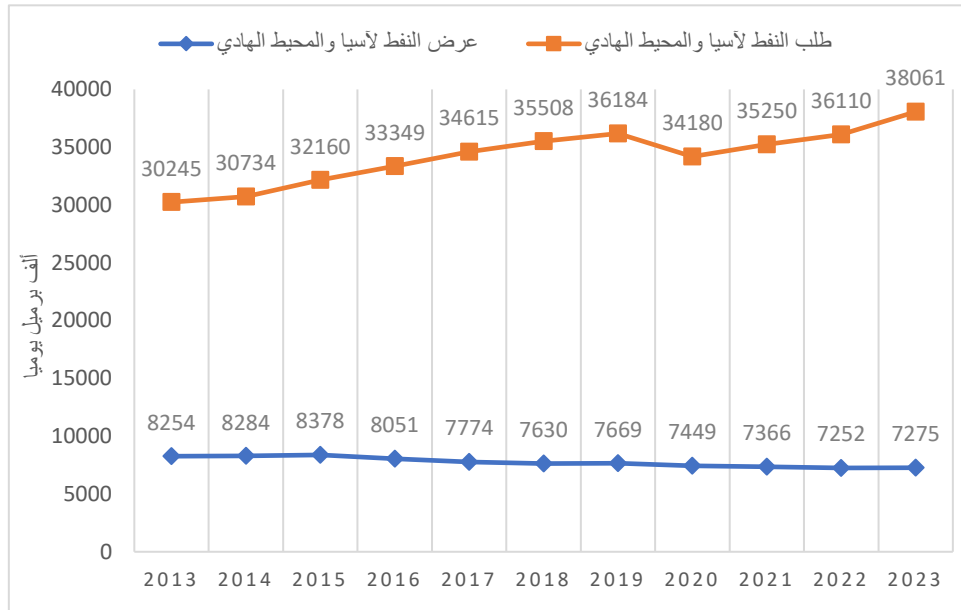
شكل رقم 26: تطور العرض والطلب على النفط في جنوب ووسط أمريكا

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

يمثل عرض النفط لجنوب ووسط أمريكا 8% من إجمالي العرض العالمي لسنة 2023، مع أنّ فنزويلا لوحدها تمثل نسبة 17,5% من احتياطات النفط في العالم، ويرجع انخفاض إنتاجها وعرضها للنفط بفعل القيود الاقتصادية والسياسية المفروضة عليها. وقد انخفض عرض النفط في جنوب ووسط أمريكا من سنة 2015 إلى 2020 بنسبة 24%، ليرتفع بعد ذلك بمعدل 21% بين سنة 2020 وسنة 2023. عرف الطلب استقراراً نسبياً، حيث تراجع بين سنة 2013 و2023 بمعدل 2%، ليمتثل 6% من الطلب العالمي لسنة 2023. كما شهد السوق تراجعاً في فائض النفط في الفترة بين سنة 2015 إلى 2021، ليرتفع بعد ذلك إلى غاية سنة 2023 ليلبلغ: 923 ألف برميل يومياً.

7- العرض والطلب على النفط في آسيا والمحيط الهادي: ندرس تطور العرض والطلب

على النفط في آسيا والمحيط الهادي من خلال عرض وتحليل محتوى الشكل (27):



شكل رقم 27: تطور العرض والطلب على النفط في آسيا والمحيط الهادي

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

تراجع عرض النفط في آسيا والمحيط الهادي بمعدل 12% في الفترة: 2013-2023، ليلبلغ

نسبة 8% من العرض العالمي لسنة 2023. في حين تطوّر الطلب على النفط في آسيا والمحيط

الهادي بمعدّل 26%، ليمثّل 38% من الطلب العالمي على النفط في 2023. إنّ ارتفاع الطلب

على النفط في مقابل انخفاض العرض منه في آسيا والمحيط الهادي أدّى إلى ارتفاع العجز في سوق

النفط بمعدّل 40% ليلبلغ سنة 2023: 30,786 مليون برميل يوميًا. يفسّر ارتفاع معدلات نمو

الطلب على النفط بالنمو السريع للصين والهند والدول النامية، حيث بلغ معدل نمو الطلب السنوي:

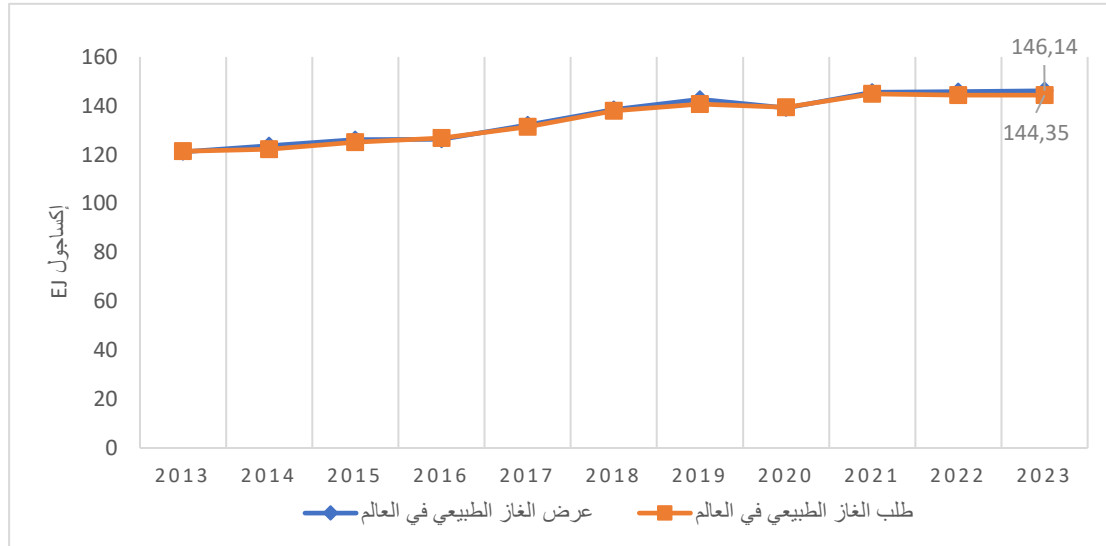
2+% للصين و+1.5% للهند، ويتوقع أن يرتفع طلب الهند وحدها بـ 8.2 مليون برميل يوميًا

والصين بأقل من مليوني برميل يوميًا في الفترة 2024-2050¹.

¹ <https://publications.opec.org/woo/chapter/142/2640>, 19/08/2025, 16:25.

ثالثاً: تطور العرض والطلب على الغاز الطبيعي

يعتبر الغاز الطبيعي فاعلاً أساسياً في سوق الطاقة، فهو المصدر الأقل انبعاثاً للكربون من بين المصادر الأحفورية، كما يعتبر الأعلى نموًا من بينها، فقد ارتفع الطلب عليه بمعدل: 19% بين سنة 2013 و2023، ومن خلال الشكل (28) نعرض تطور العرض والطلب العالمي للغاز الطبيعي:



شكل رقم 28: تطور العرض والطلب على الطبيعي في العالم 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

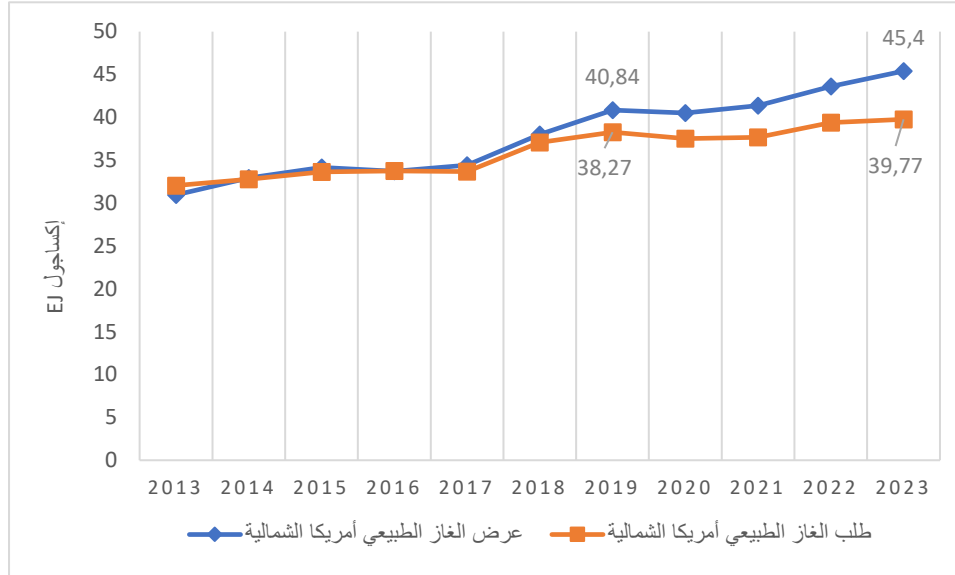
نلاحظ توازن سوق الغاز الطبيعي حيث لم يتجاوز الفائض 2 إكساجول وكان هذا في سنة 2019، ولم يتعدّ العجز 0,55 إكساجول وهذا في سنة 2016، ويفسر هذا بآليات سلسلة التوريد التي تسمح بتغطية الطلب من خلال عمليات الاستخراج والنقل. كما تطور العرض من الغاز الطبيعي في العالم بمعدل 21% بين سنة 2013 و2023 ليبلغ بهذا نسبة 23% من المزيج الطاقوي العالمي في سنة 2023، في حين تطوّر الطلب العالمي عليه بمعدل 19% في نفس الفترة.

ولتحليل تطورات السوق العالمية للغاز الطبيعي ندرس تطورات سوق الغاز الطبيعي حسب

المناطق والأقاليم الدولية كما يلي:

1- العرض والطلب على الغاز الطبيعي في أمريكا الشمالية: نبذة تطوّر العرض والطلب

على الغاز الطبيعي في أمريكا الشمالية من خلال عرض وتحليل محتوى الشكل (29):



شكل رقم 29: تطور العرض والطلب على الغاز الطبيعي في أمريكا الشمالية

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

تطوّر عرض الغاز الطبيعي في أمريكا الشمالية بمعدّل: 47% في الفترة: 2013-2023،

ليبلغ ما نسبته: 31% من العرض العالمي. كما تطوّر الطلب بمعدّل: 24% ليبلغ سنة 2023

نسبة: 28% من الطلب العالمي. تطوّر فائض سوق الغاز الطبيعي بمعدّل: 119% في الفترة:

2019-2023، ويفسّر هذا التطوّر بإرادة تغطية وتعويض الطلب على الغاز الطبيعي في أوروبا

الناجم عن تراجع التوريد بالغاز الروسي كأثر للحرب الروسية على أوكرانيا¹.

¹ عبد الحميد رولامي، تحولات سوق الغاز الأوروبي بعد حرب روسيا-أوكرانيا ومكانة الغاز الجزائري اتجاه

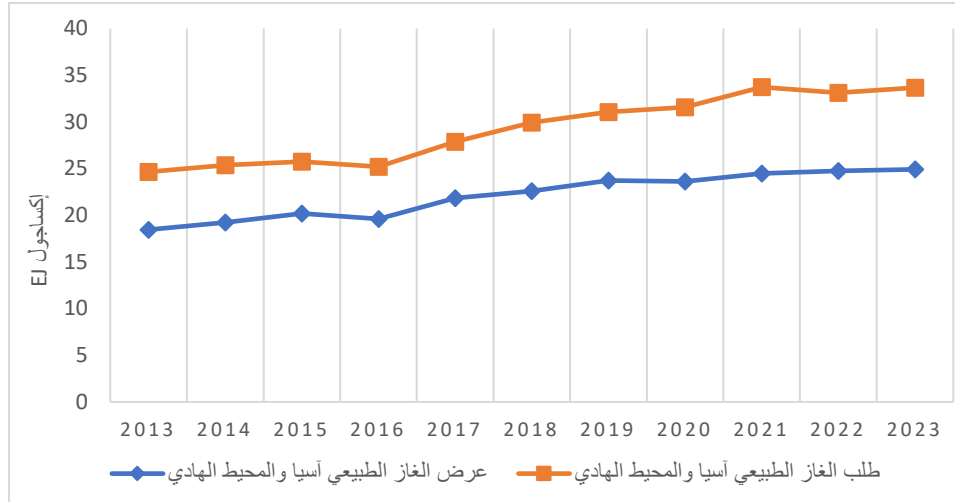
المنافسين، مقال نشر: مجلة اقتصاديات شمال إفريقيا، المجلد 19، العدد 31، 2023.

. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/216346>

2- العرض والطلب على الغاز الطبيعي في آسيا والمحيط الهادي: يظهر تطوّر العرض

والطلب على الغاز الطبيعي في آسيا والمحيط الهادي من خلال عرض وتحليل محتوى الشكل

(30):



شكل رقم 30: تطور العرض والطلب على الغاز الطبيعي في آسيا والمحيط الهادي

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

تطوّر عرض الغاز الطبيعي في آسيا والمحيط الهادي بمعدّل: 35% في الفترة: 2013-

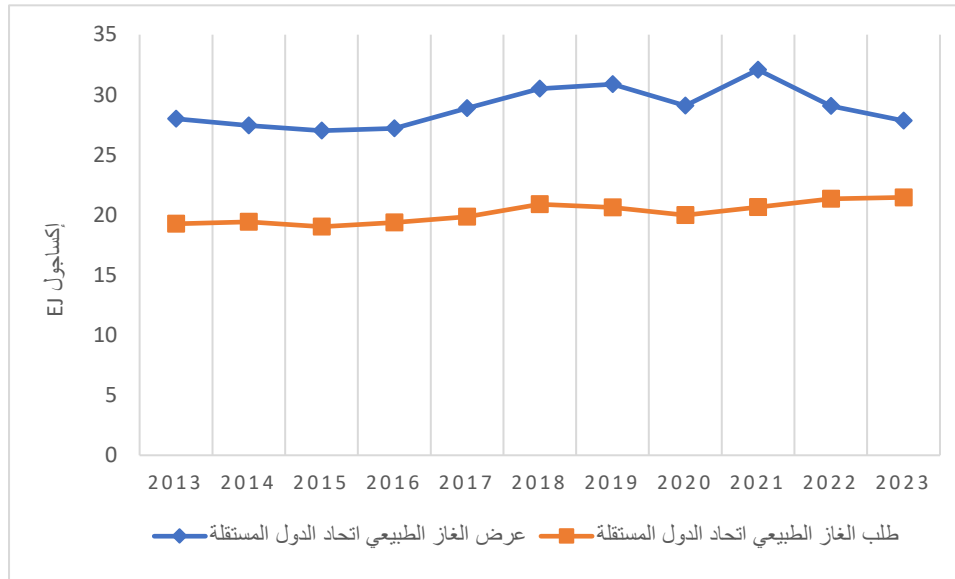
2023، ليلعب ما نسبته 17% من العرض العالمي. وعلى الجانب الآخر ارتفع الطلب عليه بنسبة:

37% ليمثّل نسبة 23% من الطلب العالمي. يعرف سوق الغاز الطبيعي في دول آسيا والمحيط

الهادي عجزًا بمقدار 8,76 إكساجول، حيث تطور في خلال الفترة: 2013-2023 بمعدّل: 57%.

3- العرض والطلب على الغاز الطبيعي في اتحاد الدول المستقلة: ندرس تطور العرض

والطلب على الغاز الطبيعي في اتحاد الدول المستقلة من خلال تحليل محتوى الشكل (31):



شكل رقم 31: تطور العرض والطلب على الغاز الطبيعي في اتحاد الدول المستقلة

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

تغيّر عرض الغاز الطبيعي لاتحاد الدول المستقلة بشكل متزايد في الفترة 2013-2021

بمعدل: 15% ليتناقص بعد ذلك في الفترة ما بين: 2021-2023 بمعدل: 13%، كنتيجة لاضطراب

سلاسل التوريد بين روسيا وأوروبا بسبب الحرب الروسية الأوكرانية، وتحول التوريد الأوروبي بالغاز

من الغاز الروسي إلى الغاز المسال (GNL) من الولايات المتحدة الأمريكية وقطر¹. يمثل عرض

اتحاد الدول المستقلة من الغاز الطبيعي حصة 19% من العرض العالمي في سنة 2023. بينما

ارتفع الطلب بمعدل: 11% في الفترة 2013-2023، ليمثل نسبة: 15% من الطلب العالمي.

وعلى هذا الأساس ارتفع فائض سوق الغاز الطبيعي في الفترة 2013-2021 بمعدل: 31%،

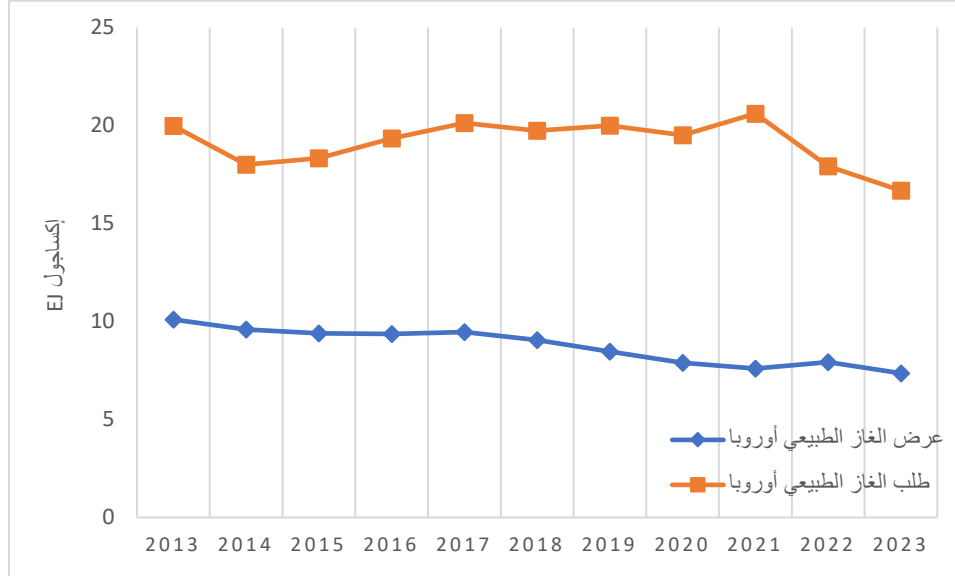
ليتناقص في الفترة 2021-2023 بمعدل: 44%.

¹ Lambert, L. A., Tayah, J., Lee-Schmid, C., Abdalla, M., Abdallah, I., Ali, A. H. M., Esmail, S., & Ahmed, W. The EU's natural gas Cold War and diversification challenges. Energy Strategy Reviews, 2022, 43, 100934.

<https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100934> .

4- العرض والطلب على الغاز الطبيعي في أوروبا: ندرس تطوّر العرض والطلب على الغاز

الطبيعي في أوروبا من خلال عرض وتحليل محتوى الشكل (32):



شكل رقم 32: تطور عرض وطلب الغاز الطبيعي في أوروبا

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

عرف عرض الغاز الطبيعي في أوروبا انخفاضًا بمعدل: 27% في الفترة: 2013-2023،

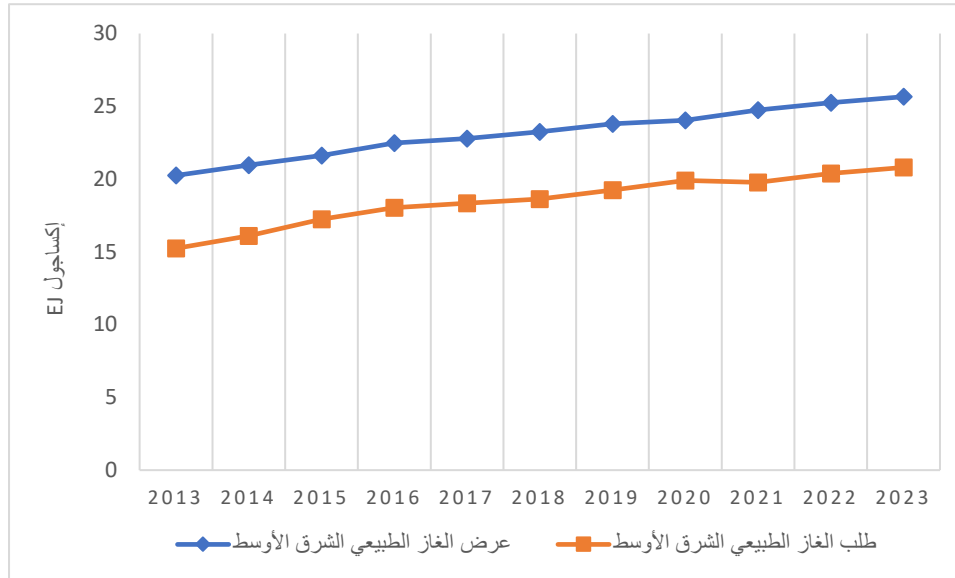
ليمثّل حصة: 5% من العرض العالمي سنة 2023. كما انخفض الطلب بنسبة: 17%، ليمثّل

حصة: 12% من الطلب العالمي سنة 2023. وبهذا يعاني سوق الغاز الطبيعي في أوروبا عجزًا،

بلغ في سنة 2023: 9,32 إكساجول أي ما يتجاوز عرض الغاز في إفريقيا.

5- العرض والطلب على الغاز الطبيعي في الشرق الأوسط: ندرس تطور العرض والطلب

على الغاز الطبيعي في منطقة الشرق الأوسط من خلال الشكل (33):



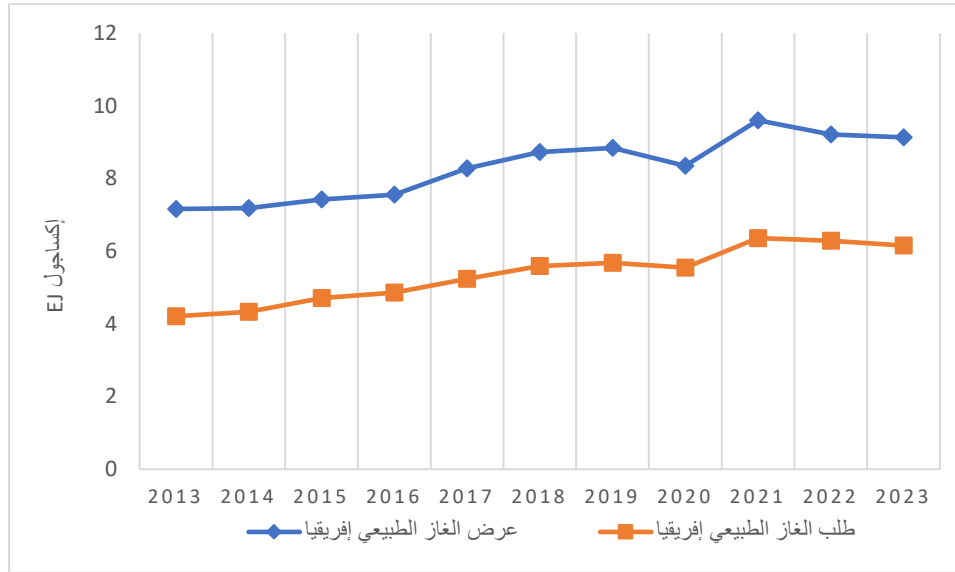
شكل رقم 33: تطور العرض والطلب على الغاز الطبيعي في الشرق الأوسط

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

يشهد عرض الغاز في الشرق الأوسط ارتفاعاً بمعدل: 27% بين سنة 2013 و2023، حيث بلغ ما نسبته: 18% من العرض العالمي في سنة 2023، صاحبه ارتفاع في الطلب بمعدل: 36%، ليبلغ حصة: 14% من الطلب العالمي سنة 2023. وعلى هذا الأساس انخفض فائض السوق بمعدل: 3% بين سنة 2013 و2023.

6- العرض والطلب على الغاز الطبيعي في إفريقيا: تظهر تطورات سوق الغاز الطبيعي

في إفريقيا من خلال بيان تطورات العرض والطلب في الشكل (34):



شكل رقم 34: تطور العرض والطلب على الغاز الطبيعي في إفريقيا

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

نلاحظ ارتفاع عرض الغاز الطبيعي في إفريقيا بمعدل 28% بين سنة 2013 و 2023، حيث

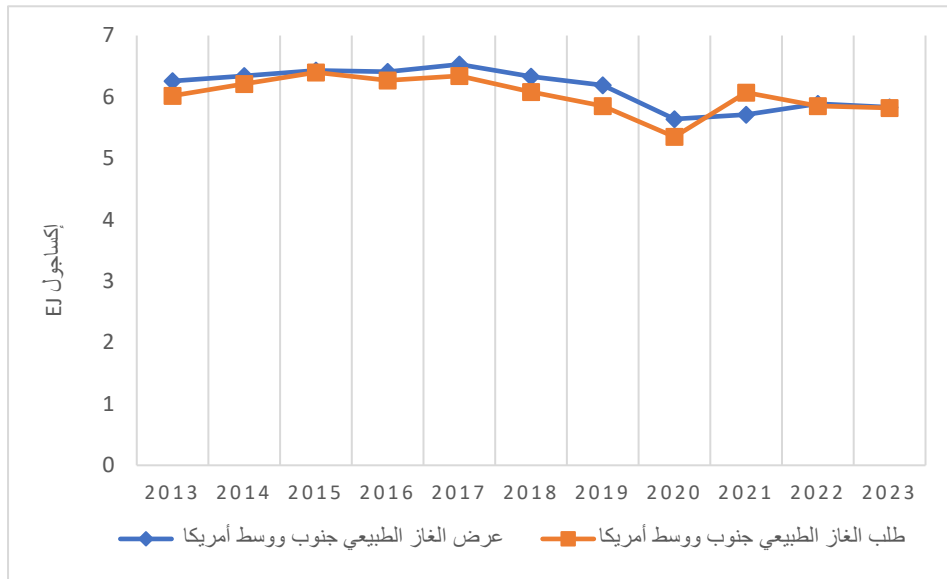
بلغ حصة 6% من العرض العالمي في سنة 2023. ومن جانب آخر تطوّر الطلب بنسبة: 46%،

ليمثّل نسبة 4% من الطلب العالمي سنة 2023. عرف سوق الغاز في إفريقيا فائضاً قدره: 2,98

إكساجول سنة 2023.

7- العرض والطلب على الغاز الطبيعي في جنوب ووسط أمريكا: نبحت تطورات سوق

الغاز الطبيعي في جنوب ووسط أمريكا من خلال الشكل (35):



شكل رقم 35: تطور العرض والطلب على الغاز الطبيعي في جنوب ووسط أمريكا

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات من Energy Institute.

تراجع عرض الغاز في جنوب ووسط أمريكا في الفترة 2013-2023 بمعدل 7%، ليُمثِّل حصة 4% من العرض العالمي للغاز في سنة 2023. وكذلك تراجع الطلب بمعدل 3%، ليُمثِّل حصة 4% في سنة 2023. يعتبر سوق الغاز في جنوب ووسط أمريكا متوازناً، حيث تعادل مستوى العرض والطلب.

المطلب الثالث: حصة الوقود الأحفوري في مزيج الطاقة العالمي

يمثل الوقود الأحفوري جزءاً هاماً في الإنتاج الأولي للطاقة في العالم، وفي هذا المطلب نبحث تطور حصة الوقود الأحفوري في المزيج الطاقوي، وكذا التوزيع الإقليمي لحصة الوقود الأحفوري في المزيج الطاقوي.

الفرع الأول: تطوّر حصة الوقود الأحفوري في المزيج الطاقوي العالمي

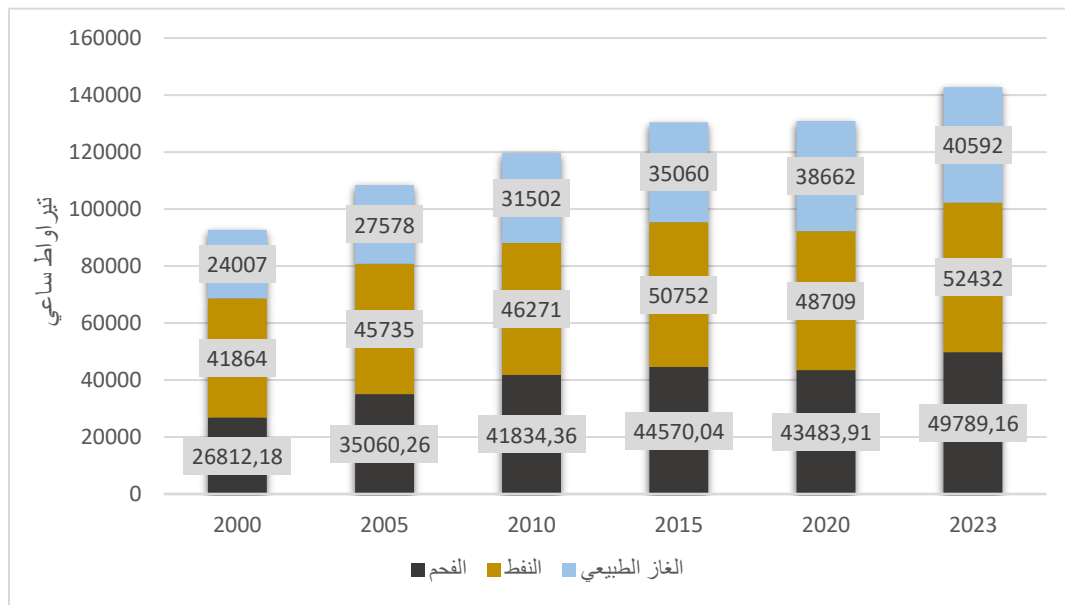
تمثِّل حصة الوقود الأحفوري في المزيج الطاقوي نسبة إنتاج الطاقة الأولية من الوقود الأحفوري إلى إجمالي الطاقة الأولية. وبناءً على هذا نستعرض الجدول (6) الذي يبيّن لنا الإنتاج الأولي من الوقود الأحفوري من مجموع المزيج الطاقوي في خلال ثلاث عقود ماضية:

جدول رقم 6: تطور حصة الوقود الأحفوري في المزيج الطاقوي العالمي 2000-2023

السنة	الطاقة المنتجة (الوحدة: تيراواط ساعي)			الطاقة المنتجة من الوقود الأحفوري	الطاقة المنتجة في العالم	% الوقود الأحفوري
	الفحم	النفط	الغاز الطبيعي			
2000	26812,18	41864	24007	92683,18	116579,9	79,5%
2005	35060,26	45735	27578	108373,26	122445	88,5%
2010	41834,36	46271	31502	119607,36	149430,2	80,0%
2015	44570,04	50752	35060	130382,04	158023,2	82,5%
2020	43483,91	48709	38662	130854,91	162822,1	80,4%
2023	49789,16	52432	40592	142813,16	172222,2	82,9%

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات الوكالة الدولية للطاقة iea و Energy Institute.

نترجم الجدول إلى المنحنى لكي يتيح لنا تصوّر التطور أكثر:



شكل رقم 36: تطور إنتاج الطاقة من الوقود الأحفوري 2000-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات الوكالة الدولية للطاقة iea و Energy Institute.

نلاحظ أن استغلال الفحم في إنتاج الطاقة الأولية قد ارتفع من 26812,18 تيراواط ساعي

سنة 2000 إلى 49789,16 تيراواط ساعي سنة 2023، أي بمعدل 85,7%. كما نلاحظ ارتفاع

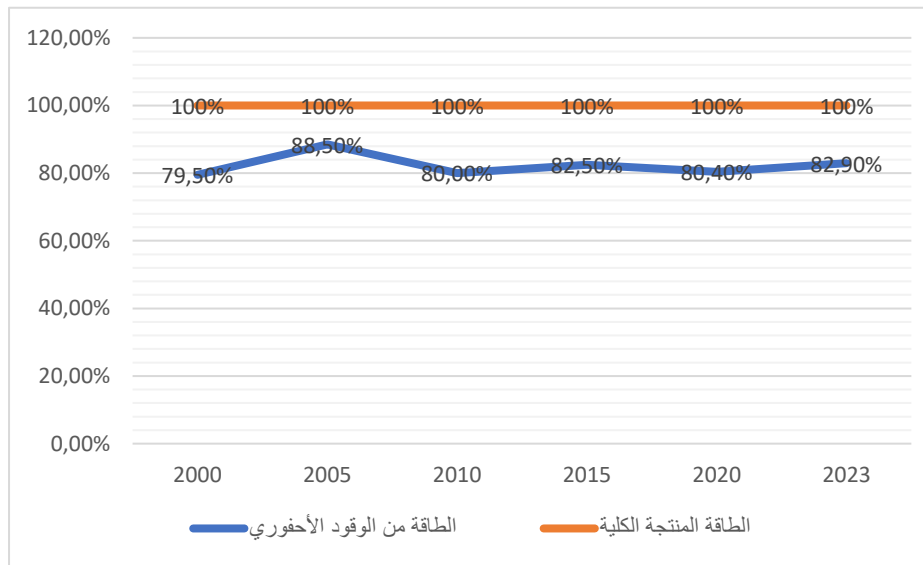
الإنتاج الطاقوي من النفط من 41864 تيراواط ساعي سنة 2000 إلى 52432 تيراواط ساعي سنة

2023 أي بمعدل 25,2%. يلاحظ أيضًا ارتفاع في إنتاج الطاقة من الغاز الطبيعي من 24007

تيراواط ساعي سنة 2000 إلى 40592 تيراواط ساعي سنة 2023 أي بمعدل 69%. يعتبر التراجع في الإنتاج الطاقوي في سنة 2020 نتيجة لتداعيات وأعراض انتشار وباء كورونا كوفيد-19 في العالم، ليعود الارتفاع بعد تعافي النشاط الاقتصادي.

وحسب البيانات السابقة يمكن أن نحدّد تطور حصة مساهمة الوقود الأحفوري في مزيج الطاقة

العالمي من خلال الشكل (37) كما يلي:



شكل رقم 37: تطور نسبة مساهمة الوقود الأحفوري في المزيج الطاقوي

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات الوكالة الدولية للطاقة Iea و Energy Institute.

نلاحظ ارتفاع نسبة مساهمة الوقود الأحفوري في المزيج الطاقوي العالمي، حيث لم تتخفّض

عن نسبة 80%. يفسّر تراجع نسبة مساهمة الوقود الأحفوري في المزيج الطاقوي العالمي بين سنة

2005 و 2023، في مقابل ارتفاع الطاقة المنتجة منه، بارتفاع معدل نمو الطاقات البديلة.

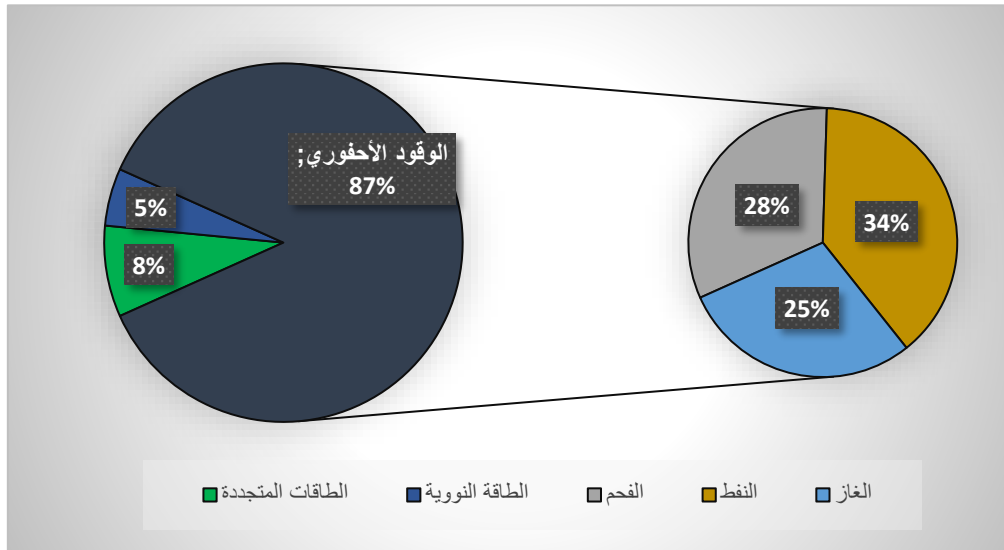
الفرع الثاني: حصص المناطق من مزيج الوقود الأحفوري في العالم

إنّ دراسة تركيبة المزيج الطاقوي العالمي، والتعرّف على حصص المناطق من الوقود الأحفوري

في العالم تكشف لنا مكانة الوقود الأحفوري في المنظومة الطاقوية من جهة، والتفاوت في القدرات

الطاقوية بين أقاليم العالم وشكل خريطة الطاقة العالمية من جهة أخرى، ومن خلال الشكل (38)

نبيّن حصة الوقود الأحفوري في مزيج الطاقة العالمي لسنة 2024:



شكل رقم 38: حصة الوقود الأحفوري في مزيج الطاقة العالمي لسنة 2024

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Energy Institute.

شهد العالم بصفة عامة تطوراً في إنتاج الطاقة الأولية في خلال الفترة 2014-2024 بمعدل:

14 %، بطاقة إضافية مقدارها 71,49 إكساجول EJ، ليبلغ سنة 2024: 592,22 إكساجول.

حيث استمرت هيمنة الطاقة الأحفورية بحصة 87% من مزيج الطاقة لسنة 2024. ورغم مساعي

الدول والمنظمات الدولية في تنمية البدائل النظيفة وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، لا يزال

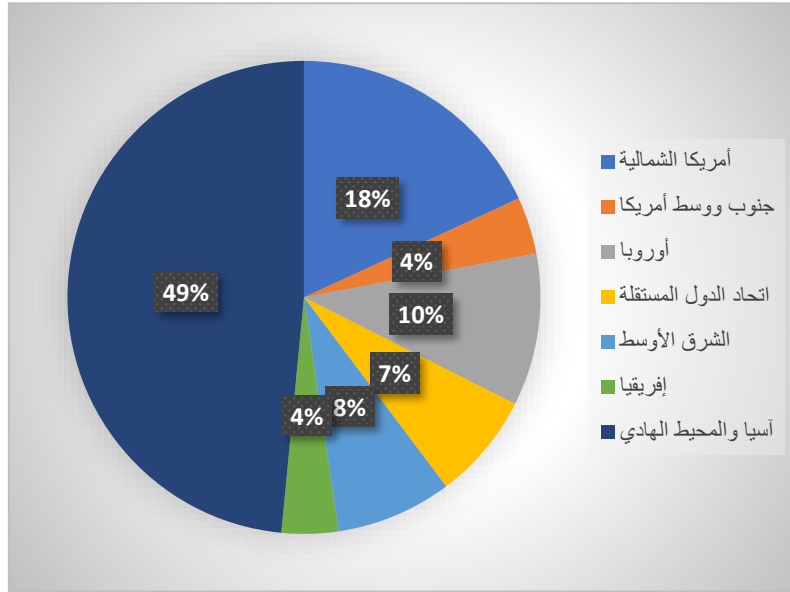
هو المصدر الرئيسي لتوريد الطاقة في العالم، كما يتوقع أن يظلّ الوقود الأحفوري المورد الطاقوي

الرئيسي للطاقة إلى أفق 2050¹. يعتبر النفط أعلى حصة مساهمة في مزيج الطاقة بنسبة 34%،

ثمّ الفحم بنسبة 28%، ثمّ الغاز الطبيعي بنسبة 24%.

يتوزّع إنتاج الطاقة الأولية من الوقود الأحفوري على الأقاليم الدولية حسب الشكل (39):

¹<https://www.swissinfo.ch/eng/sci-tech/fossil-fuels-will-still-dominate-in-2050/37109902>. 20/08/2025. 19:17.



شكل رقم 39: توزيع إنتاج الطاقة الأولية من الوقود الأحفوري سنة 2024

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Energy Institute.

يعكس التوزيع الإقليمي لإنتاج الطاقة من الوقود الأحفوري تركزاً في منطقة آسيا والمحيط الهادي، والتي تستحوذ على ما يقارب نصف الإنتاج العالمي بطاقة 248,5 إكساجول EJ، معتمدة على الفحم بنسبة 55%، والنفط بنسبة 31%، والغاز الطبيعي بنسبة 14%. بينما تمثل أمريكا الشمالية حصة 18% بطاقة 92,97 إكساجول EJ، معتمدة على 47% من النفط، و44% من الغاز الطبيعي، و9% من الفحم. أما أوروبا التي تمثل أقل منطقة اعتماداً على الوقود الأحفوري في إنتاج الطاقة بنسبة 74%، فهي تنتج 53,34 إكساجول EJ بما يمثل حصة 10% من الإنتاج العالمي، يمثل النفط بنسبة 54%، والغاز الطبيعي بنسبة 32%، والفحم بنسبة 14%.

يمثل الشرق الأوسط الذي يعتبر الأكثر اعتماداً على الوقود الأحفوري بنسبة 98%، حصة 8% من إجمالي إنتاج الطاقة من الوقود الأحفوري، بطاقة 40,62 إكساجول EJ، يمثل الغاز الطبيعي منها نسبة 53%، والنفط 47%. أما اتحاد الدول المستقلة فهي تمثل حصة 7% بطاقة 37,42 إكساجول EJ، يشكل الغاز الطبيعي منها نسبة 60%، ثم النفط بنسبة 26%، ثم الفحم بنسبة 15%. أما إفريقيا وجنوب ووسط أمريكا فهي تمثل معاً 8% مناصفة، حيث تعتمد جنوب

ووسط أمريكا على النفط بنسبة 64%، والغاز الطبيعي بنسبة 30%، و6% من الفحم، كما أنّ إفريقيا تعتمد على نسبة 46% من النفط، و32% من الغاز الطبيعي، و22% من الفحم.

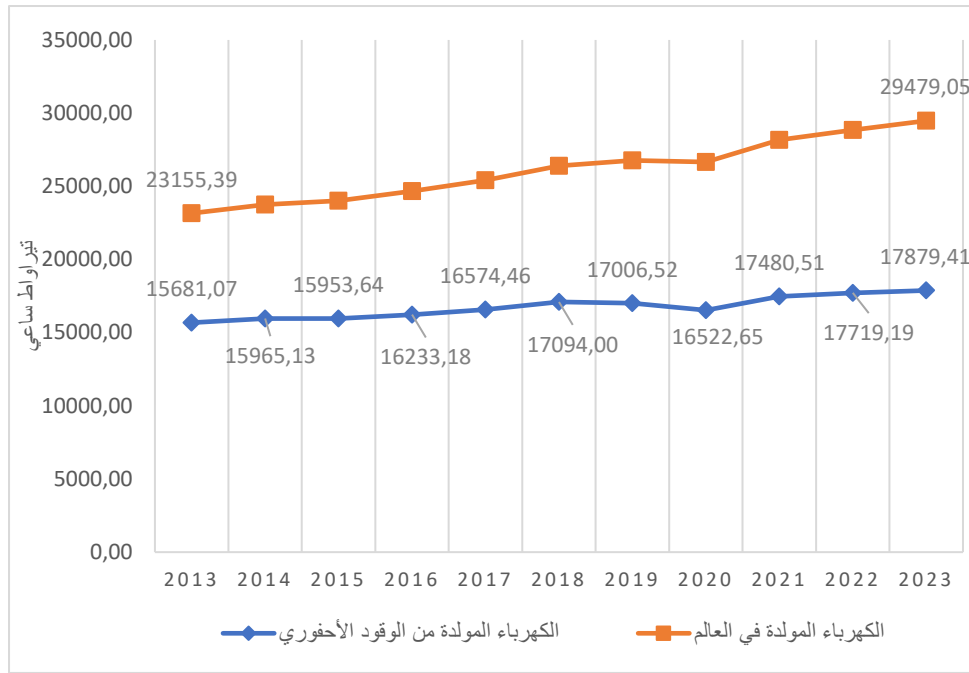
تبيّن من خلال نتائج هذا المبحث أنّ احتياطات الوقود الأحفوري لا تزال وفيرة نسبياً ومتمركزة في الشرق الأوسط وروسيا وأمريكا الشمالية وآسيا، الأمر الذي يمنحها بعداً استراتيجياً في تعزيز أمن الطاقة العالمي، كما بيّن تحليل السوق أنّ سوق الوقود الأحفوري لا يزال ينمو، ويُعزى هذا النمو إلى ارتفاع معدلات الطلب في الاقتصادات الصاعدة وعلى رأسها دول آسيا والمحيط الهادئ: الهند والصين. ورغم التوجه العالمي إلى تنمية حصة الطاقات البديلة، إلّا أنّ الوقود الأحفوري يظل المصدر المهيمن في المزيج الطاقوي العالمي بما يفوق 80% من إجمالي الطاقة. تبرز هذه النتائج أهمية تحليل مساهمة الوقود الأحفوري في إنتاج الطاقة الكهربائية، وهو ما سنبحثه في المبحث الثالث.

المبحث الثالث: تحليل الإنتاج الكهربائي من المصادر الأحفورية في العالم

يعتمد توليد الكهرباء أساساً على الوقود الأحفوري من فحم وغاز طبيعي ونفط، فقد ساهم بنسبة 59% في توليد الكهرباء في العالم سنة 2024. ومن خلال هذا المبحث سنعمل على تحليل تطور الطاقة الكهربائية المنتجة من الوقود الأحفوري، وتطورها حسب المناطق والأقاليم في العالم.

المطلب الأول: تطور الطاقة الكهربائية المولدة من الوقود الأحفوري

يعدّ إنتاج الكهرباء من الوقود الأحفوري من أهم مصادر الطاقة التي شكّلت أساس مزيج الطاقة العالمي لعقود طويلة، وقد عرف هذا الإنتاج تطوراً متبايناً بفعل تزايد الطلب على الطاقة الكهربائية. وفي هذا المطلب نبحث اتجاهات هذا التطور ومحدداته من خلال الشكل (40)، الذي يظهر تطور الطاقة الكهربائية المنتجة من الوقود الأحفوري مقارنة مع الطاقة الإجمالية للكهرباء في العالم:



شكل رقم 40: تطور الطاقة الكهربائية المنتجة من الوقود الأحفوري 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

تطورت الطاقة الكهربائية في العالم بمعدل 27% في الفترة 2013-2023، حيث بلغت سنة

2023: 29479,05 تيراواط ساعي. ومن جانب آخر تطورت الطاقة الكهربائية المنتجة من الوقود

الأحفوري بمعدل 14,02% في نفس الفترة، لتبلغ سنة 2023: 17879,41 تيراواط ساعي، وهو

ما يمثل نسبة 60% من الطاقة الكهربائية المنتجة في العالم سنة 2023 بعدما كان يمثل ما نسبته

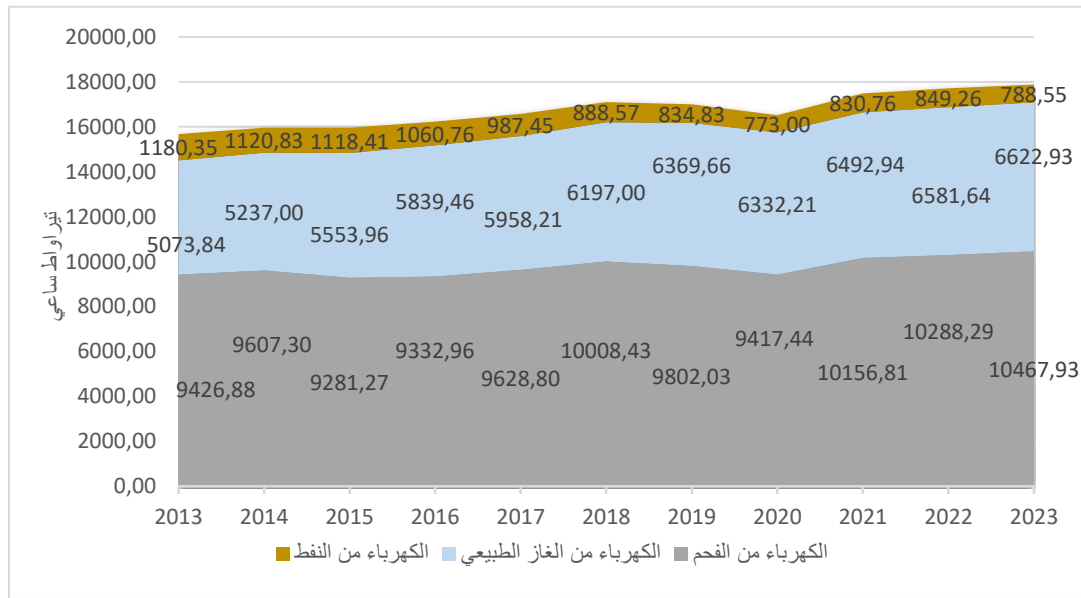
68% سنة 2013. ويفسر انخفاض نسبة مساهمة الوقود الأحفوري في إجمالي إنتاج الطاقة

الكهربائية في العالم، إلى ارتفاع معدلات نمو المصادر الطاقوية الأخرى، مقارنة بمعدل تطور

الطاقات الأحفورية.

المطلب الثاني: تطور الطاقة الكهربائية المنتجة من عناصر الوقود الأحفوري

يتكون المزيج الطاقوي الأحفوري المعتمد في توليد الكهرباء في العالم من الفحم والغاز الطبيعي والنفط بحصص متفاوتة، حيث بلغت حصة الفحم نسبة 59% والغاز الطبيعي 37%، أما النفط فهو يمثل حصة 4% وهذا في سنة 2023. ومن خلال الشكل (41) نستعرض تطور الطاقة الكهربائية المولدة من عناصر الوقود الأحفوري:



شكل رقم 41: تطور إنتاج الكهرباء من عناصر الوقود الأحفوري 2013-2023

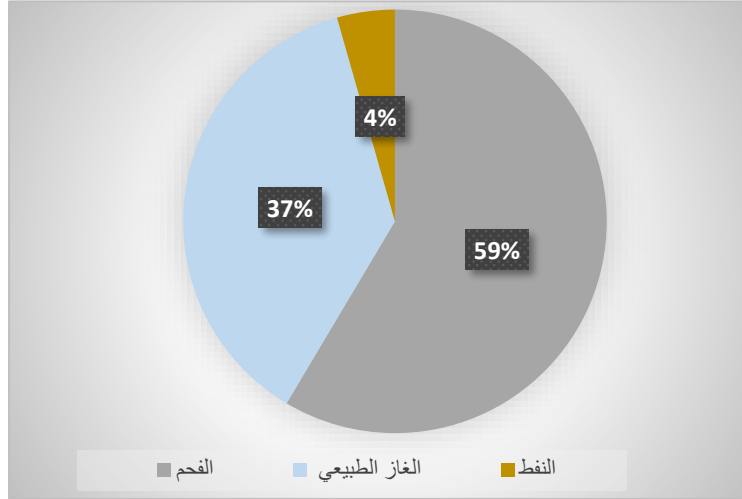
المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

يعتبر الفحم المكوّن الأساسي للوقود الأحفوري في إنتاج الكهرباء في العالم، حيث تطوّر بمعدل 11% بين سنة 2013 و2023. وفي مقابل هذا الارتفاع فقد انخفضت حصة الفحم في إنتاج الكهرباء من 60% سنة 2013 إلى 59% سنة 2023. كما يعتبر الغاز الطبيعي مع كونه أقل حصة من الفحم، الأعلى معدلاً من حيث التطوّر، حيث تطورت الطاقة الكهربائية المنتجة منه بنسبة 31% في الفترة 2013-2023، وقد تطورت حصته من 32% سنة 2013 إلى 37% سنة 2023، وهو ما يوضّح انخفاض حصة الفحم. أما النفط فبالإضافة إلى محدودية حصته في إنتاج الكهرباء

التي تقدّر بـ 4% سنة 2023، فقد انخفضت الطاقة الكهربائية المنتجة منه في الفترة 2013-2023 بمعدل 33%.

تتلخّص حصص مكونات الوقود الأحفوري المعتمد في إنتاج الطاقة الكهربائية لسنة 2023

في الشكل (42):



شكل رقم 42: حصص مكونات الوقود الأحفوري في إنتاج الكهرباء سنة 2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات Our World In Data.

- حسب معدلات التطور المشار إليها سابقاً ستتوسع حصة الغاز الطبيعي وتتناقص حصص كل من الفحم والنفط في مزيج الطاقة الكهربائية من الوقود الأحفوري.

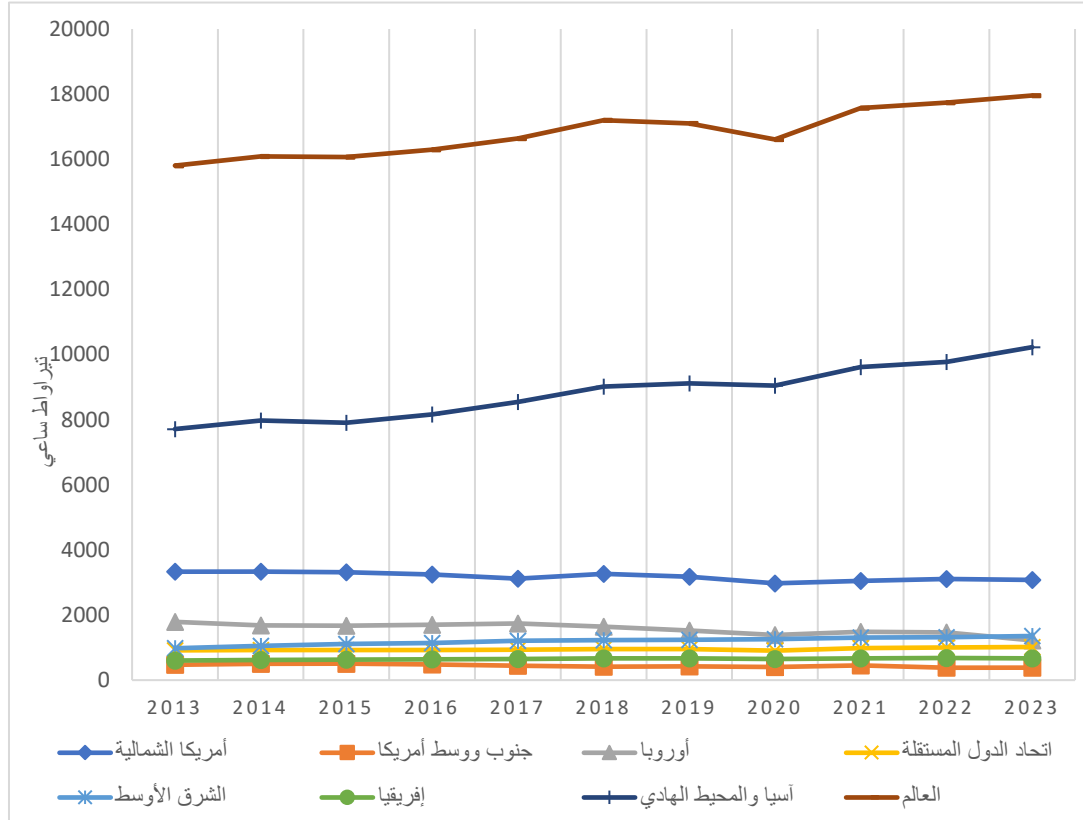
المطلب الثالث: تحليل الطاقة الكهربائية المنتجة من الوقود الأحفوري حسب الأقاليم الدولية

يتفاوت الإنتاج الكهربائي من الوقود الأحفوري في العالم من منطقة إلى أخرى، من جهة الإنتاج الإجمالي، ومن حيث تركيبة مزيج الطاقة الأحفورية المعتمد في توليد الكهرباء. وفي هذا المطلب نبحث تطور توليد الكهرباء من الوقود الأحفوري حسب الأقاليم الدولية.

الفرع الأول: تطور الطاقة الكهربائية المنتجة من الوقود الأحفوري حسب مناطق العالم

نستعرض تطور الطاقة الكهربائية المنتجة من المزيج الطاقوي الأحفوري من خلال الشكل

(43) في الفترة 2013-2023 كما يلي:



شكل رقم 43: تطور الطاقة الكهربائية المنتجة من الوقود الأحفوري 2023-2013

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات Our World In Data.

ارتفعت الطاقة الكهربائية المنتجة من المصادر الأحفورية في دول آسيا والمحيط الهادي بنسبة

33% في الفترة 2023-2013، حيث بلغت سنة 2023: 10227,40 تيراواط ساعي، وهو ما

يمثل: 57% من الإنتاج الكهربائي العالمي من الوقود الأحفوري. بينما عرفت أمريكا الشمالية

انخفاضًا في توليد الكهرباء من الوقود الأحفوري بمعدل: 8%، لتبلغ حصة 17% من الإنتاج العالمي

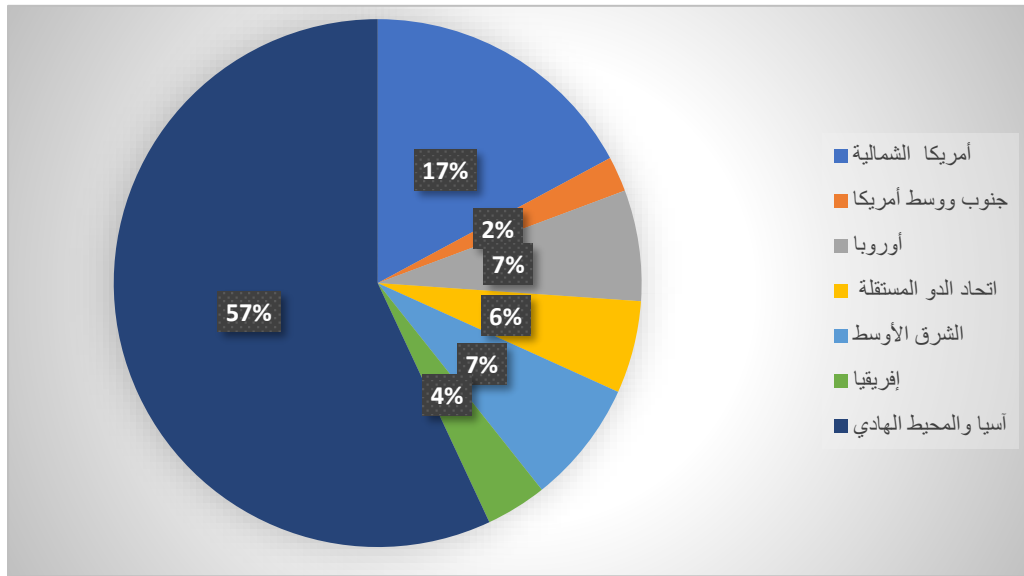
سنة 2023. كما تطور الإنتاج الكهربائي من الوقود الأحفوري في الشرق الأوسط بمعدل 38%،

ليمثل نسبة 8% من الإنتاج العالمي في سنة 2023.

وقد تراجع الإنتاج الكهربائي من الوقود الأحفوري في أوروبا بمعدل: 32% حيث بلغت حصتها في سنة 2023: 7% من الإنتاج العالمي. ارتفع الإنتاج الكهربائي في اتحاد الدول المستقلة من الوقود الأحفوري بمعدل 11% ليبلغ: 1017,78 تيراواط ساعي وهو ما يعادل 6% من الإجمالي سنة 2023. تمثل حصة دول إفريقيا نسبة: 4% من الإنتاج الكهربائي من الوقود الأحفوري سنة 2023. وقد تطوّر بمعدل 11% في الفترة 2013-2023. كما تمثل دول جنوب ووسط أمريكا نسبة 2% من الطاقة الكهربائية العالمية بطاقة: 388,20 تيراواط ساعي سنة 2023، فقد تراجع إنتاجها بمعدل 18% بين سنة 2013 و 2023.

ومن خلال الشكل (44) نستعرض حصص مناطق العالم من الإنتاج الكهربائي من الوقود

الأحفوري في سنة 2023:



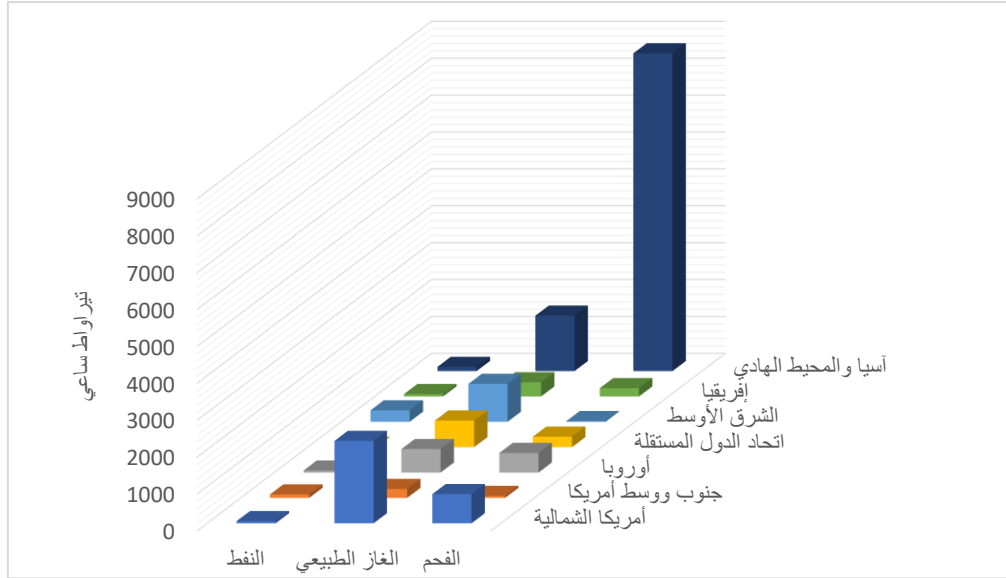
شكل رقم 44: حصة مناطق العالم من الطاقة الكهربائية من الوقود الأحفوري سنة 2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات Our World In Data.

الفرع الثاني: التركيبة الطاقوية للوقود الأحفوري للإنتاج الكهربائي حسب مناطق العالم

يتنوع المزيج الطاقوي الأحفوري من منطقة إلى أخرى، ومن خلال الشكل (45) نستعرض

التركيبة الطاقوية للإنتاج الكهربائي حسب التقسيم الإقليمي:



شكل رقم 45: التركيبة الطاقوية لإنتاج الكهرباء من الوقود الأحفوري 2023

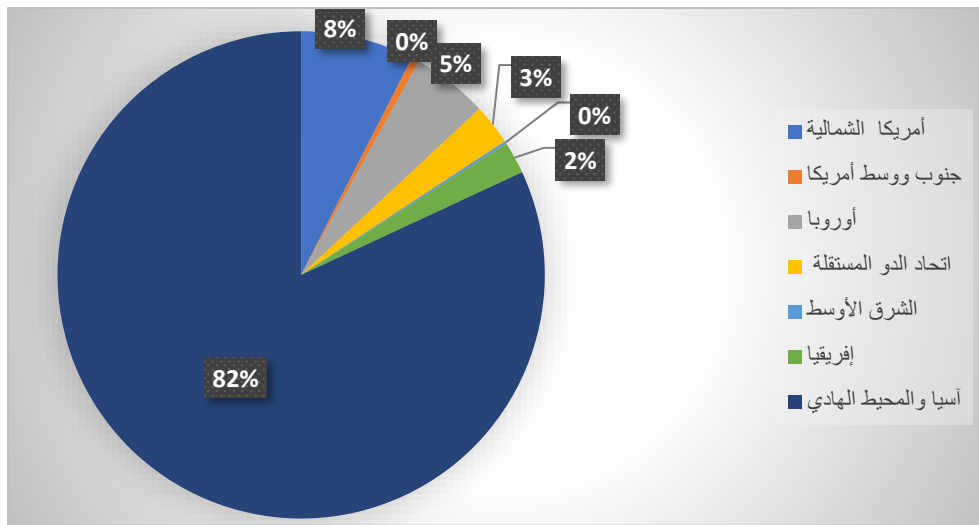
المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات Our World In Data.

نلاحظ أنّ دول آسيا والمحيط الهادي والتي تمثّل 57% من الإنتاج الكهربائي العالمي من الطاقة الأحفورية تعتمد أساسًا على الفحم بنسبة 84% في سنة 2023، ومن جانب آخر فهو يمثّل 82% من الطاقة العالمية. في حين يمثّل الغاز الطبيعي 15%، بينما مثّل النفط في ذات الإقليم حصة 1%. تعتمد دول أمريكا الشمالية على الغاز الطبيعي بنسبة 73%، أمّا الفحم فهو يمثّل نسبة 26%، والنفط نسبة 2%. يستند توليد الكهرباء من الوقود الأحفوري في الشرق الأوسط على الغاز الطبيعي بحصة: 76%، وعلى النفط بحصة 23%، أمّا الفحم فهو بنسبة 1%، يمثّل استهلاك النفط في إنتاج الكهرباء في الشرق الأوسط ما نسبته 44% من النفط العالمي الموجه لتوليد الكهرباء.

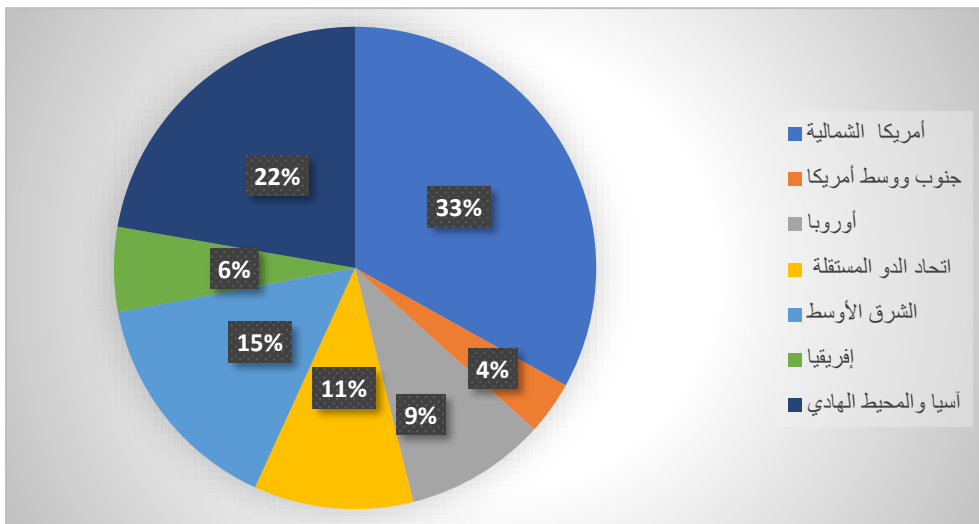
في أوروبا يمثّل الغاز الطبيعي نسبة 52%، والفحم نسبة 43% والنفط نسبة 4%. يعتمد اتحاد الدول المستقلة على الغاز الطبيعي في توليد الكهرباء بنسبة 71%، ثمّ على الفحم بنسبة 28%، ثمّ النفط بنسبة 1%. أنتجت دول إفريقيا 670 تيراواط ساعي من الوقود الأحفوري، يمثّل منها الغاز الطبيعي 57%، والفحم نسبة 34%، والنفط بنسبة 9%. تعتبر دول جنوب ووسط أمريكا الأقل توليدًا للكهرباء في العالم من الوقود الأحفوري فهي لا تتعدى نسبة 3% من الإجمالي العالمي.

حيث يركز إنتاجها الكهربائي من الوقود الأحفوري على الغاز الطبيعي بنسبة 62%، وعلى النفط بنسبة 24%، وعلى الفحم بـ: 14%.

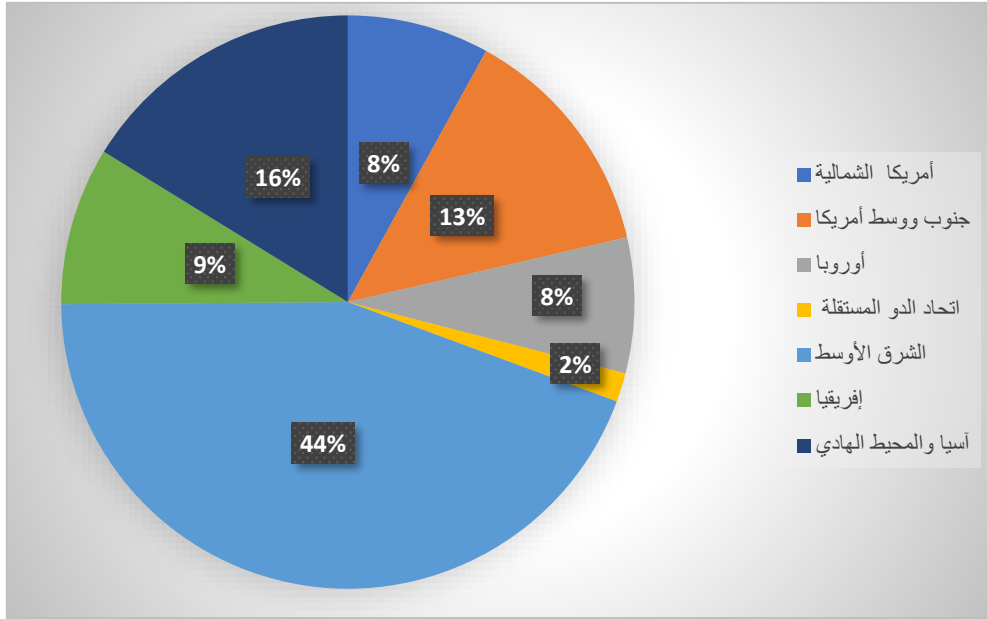
ولتلخيص ما سبق من وضعية استغلال الوقود الأحفوري من الفحم والغاز الطبيعي والنفط في إنتاج الطاقة الكهربائية في العالم وحصص الأقاليم الدولية من كل مصدر نعرض الشكل (46) والشكل (47) والشكل (48) لتلخيص ذلك كما يلي:



شكل رقم 46: حصص الأقاليم الدولية من إنتاج الكهرباء من الفحم 2023
المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات Our World In Data.



شكل رقم 47: حصص الأقاليم الدولية من إنتاج الكهرباء من الغاز الطبيعي 2023
المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات Our World In Data.

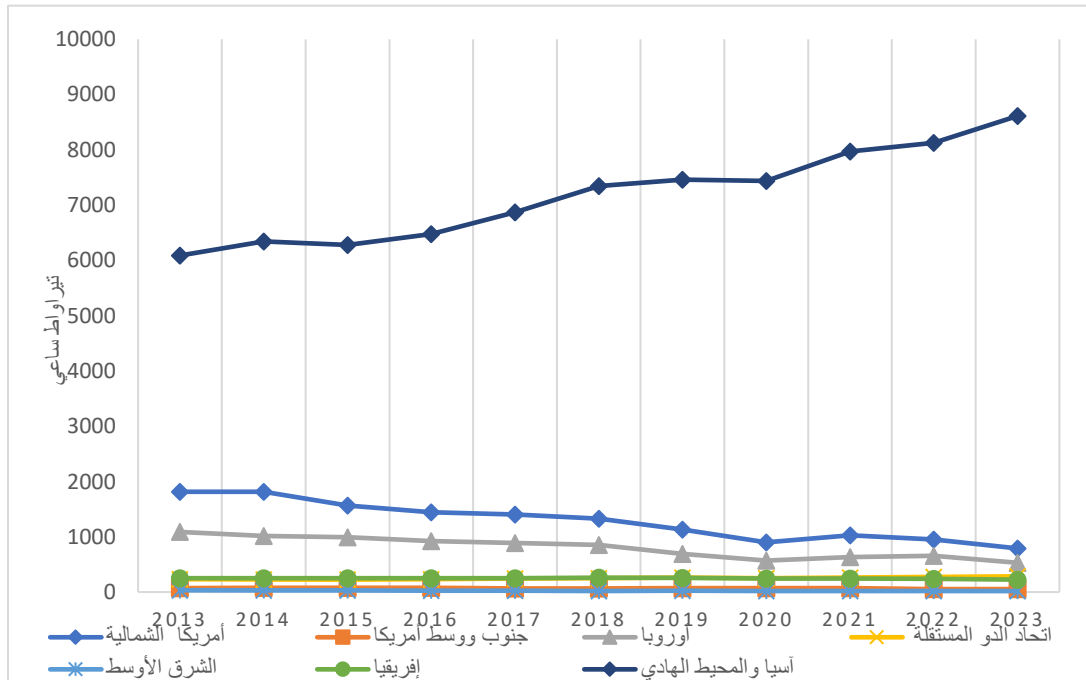


شكل رقم 48: حصص الأقاليم الدولية من إنتاج الكهرباء من النفط 2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات Our World In Data.

ولتحليل التوجه العالمي في اعتماد الوقود الأحفوري في توليد الطاقة الكهربائية، نبحت التغيرات

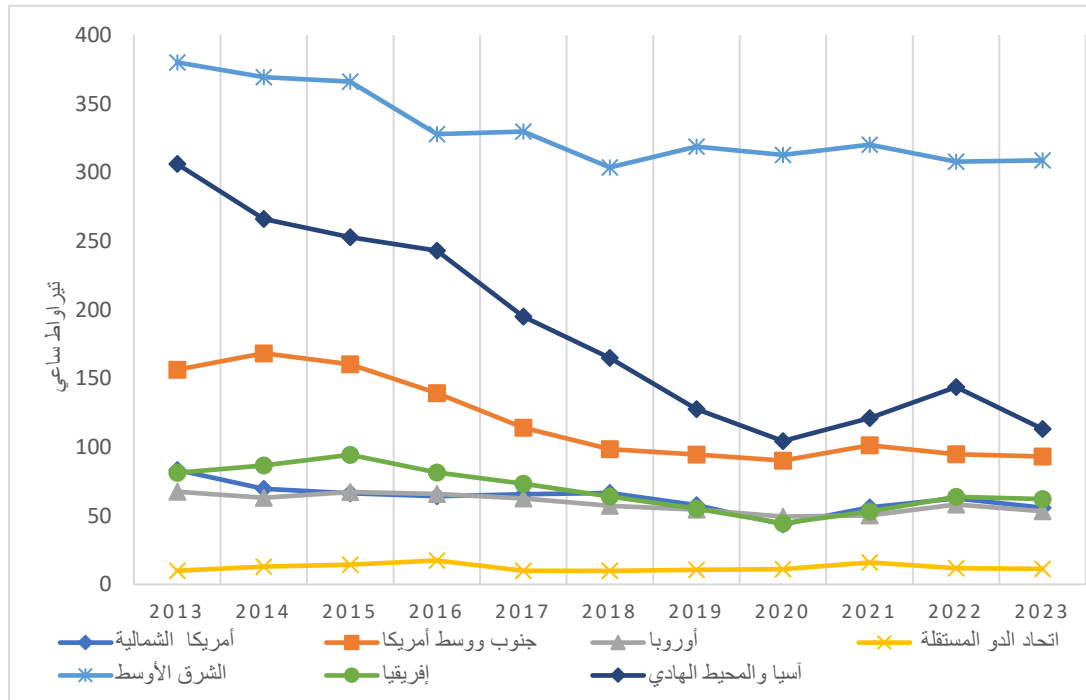
التي طرأت على إنتاج الكهرباء من الفحم والغاز والنفط حسب الأقاليم العالمية.



شكل رقم 49: تطور إنتاج الكهرباء من الفحم 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات Our World In Data.

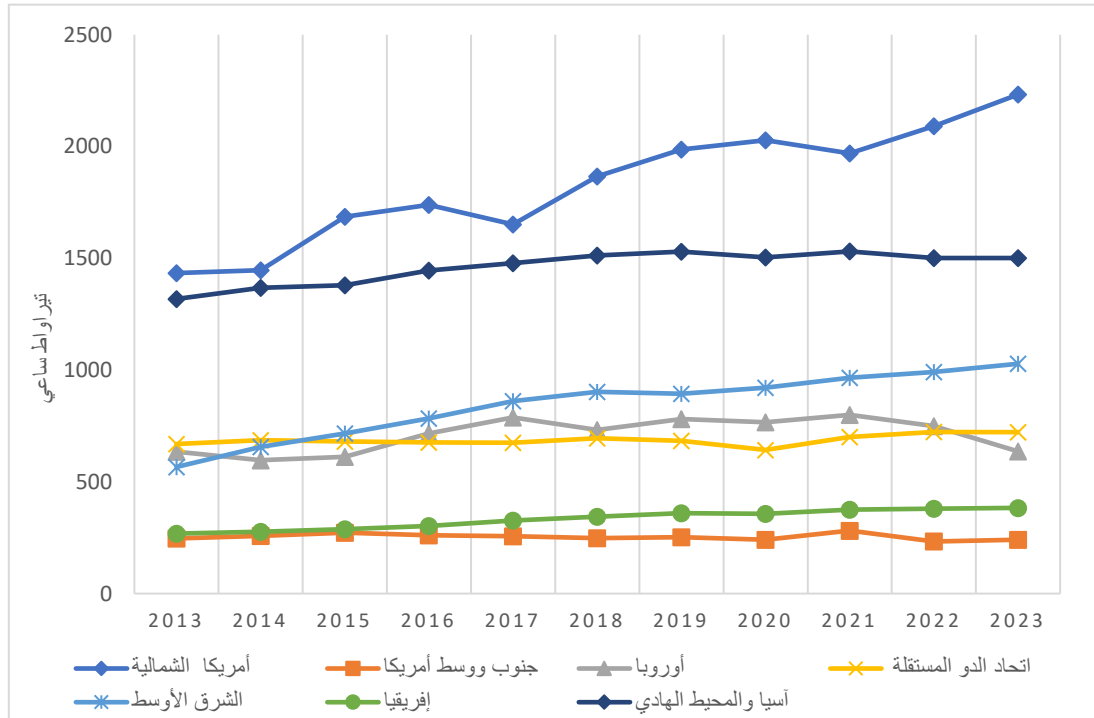
تطوّر الإنتاج الكهربائي من الفحم في دول آسيا والمحيط الهادي بمعدل 41% في الفترة 2013-2023. وهو مدفوع بارتفاع الاستهلاك الطاقوي الصناعي الذي يعتمد على الفحم كمصدر أساسي في كل من: الصين والهند. وعلى العكس من ذلك، نلاحظ انخفاض الطاقة الكهربائية المنتجة من الفحم في كل من دول أمريكا الشمالية وأوروبا، حيث تراجعت في أمريكا الشمالية بنسبة 56%، وفي أوروبا بمعدل 51%، لتصير حصة كليهما معاً تمثل 13% سنة 2023 بعد أن كانتا تمثلان 30% سنة 2013 من الطاقة الكهربائية العالمية من الفحم، وهو ما يعكس سياسات الحد من الاعتماد على الفحم لحماية البيئة والمناخ من انبعاثاته الكربونية العالية. يعتبر الفحم أقل أهمية في المزيج الطاقوي الأحفوري في كل من: اتحاد الدول المستقلة وإفريقيا وجنوب ووسط أمريكا والشرق الأوسط، حيث لا تتعدى حصة الفحم لكل هذه المناطق مجموعة معاً 6%. وهي تتناقص في كل من إفريقيا وجنوب ووسط أمريكا والشرق الأوسط بخلاف واقعها في اتحاد الدول المستقلة فهي ترتفع بمعدل 21%.



شكل رقم 50: تطور إنتاج الكهرباء من النفط 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات Our World In Data.

انخفض اعتماد النفط في إنتاج الطاقة الكهربائية في الشرق الأوسط بمعدل 19%، وفي دول آسيا والمحيط الهادي بمعدل 63%، وفي جنوب ووسط أمريكا بمعدل 40%، وفي إفريقيا بنسبة 23%، وفي أمريكا الشمالية بمعدل 33%، وفي أوروبا بنسبة 21%. أما اتحاد الدول المستقلة فقد ارتفعت الطاقة الكهربائية من النفط بمعدل 14% ولكن تعتبر طفيفة باعتبار حصتها من الطاقة العالمية من النفط التي لا تتعدى 2%.



شكل رقم 51: تطور إنتاج الكهرباء من الغاز 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات Our World In Data.

نلاحظ أنّ الطاقة الكهربائية من الغاز الطبيعي في أمريكا الشمالية قد تطورت بمعدل 56%، وهو نفس معدل تراجع الطاقة الكهربائية من الفحم، فهي في حالة تعويض الفحم بالغاز، لما له من مواصفات تتناسب والتوجهات السياسية لها بخصوص حماية البيئة. كما تطورت الطاقة الكهربائية من الغاز الطبيعي في دول آسيا والمحيط الهادي بنسبة 14% بطاقة قدرها: 184 تيراواط ساعي في الفترة 2013-2023. وارتفعت الطاقة الكهربائية المنتجة من الغاز الطبيعي في الشرق الأوسط

في الفترة 2013-2023 ب: 461,53 تيراواط ساعي أي بمعدل 81% لتبلغ حصة 15% من الطاقة العالمية من الغاز، وهو معدل النمو الأعلى في العالم.

ويفسّر هذا بوفرة المورد الطبيعي في قطر وإيران والسعودية والإمارات، ومن جانب آخر فهو يترجم ارتفاع الطلب على الطاقة الكهربائية لتغطية التنمية الحاصلة في المنطقة. كما يجدر التنبيه لانخفاض تكاليف الطاقة والانبعثات من الغاز الطبيعي مقارنة بالنفط. يشهد اتحاد الدول المستقلة ودول أوروبا بصورة عامة ثباتاً نسبياً في إنتاج الكهرباء من الغاز الطبيعي، حيث لم ينم في اتحاد الدول المستقلة إلا بمعدل 8% في الفترة 2013-2023، أما أوروبا فقد مرّ على مرحلتين: الفترة الأولى: (2013-2021) وفيها ارتفع بنسبة 26% والفترة الثانية (2021-2023) انخفض بمعدل 20% وهذا الانخفاض راجع لتأثير الحرب الروسية الأوكرانية على سلسلة التوريد بين روسيا وأوروبا. تطور توليد الكهرباء باعتماد الغاز الطبيعي في إفريقيا بطاقة 115 تيراواط ساعي في الفترة 2013-2023، أي بمعدل 43% لتمثّل حصة 6% من الطاقة الكهربائية الإجمالية من الغاز الطبيعي. أما جنوب ووسط أمريكا عرفت تراجعاً طفيفاً في نفس الفترة بمعدل 2%.

يرشّح الغاز الطبيعي في ظل التوجه العالمي نحو الطاقات النظيفة أن ترتفع حصة اعتماده في المزيج الطاقوي لإنتاج الكهرباء، خاصة في ظلّ التطورات التكنولوجية الحديثة التي تسمح بتصنيف الغاز الطبيعي ضمن الطاقات النظيفة حيث تشير التحليلات الاقتصادية التفصيلية إلى أن تقنية إزالة ثاني أكسيد الكربون والمندمجة مع تكنولوجيا التسييل توفر في التكلفة السنوية الإجمالية بنسب تتراوح بين 50.7% و 85.8%¹ وبالإضافة إلى الخصائص الصديقة للبيئة للغاز الطبيعي،

¹ Kazmi, B., Haider, J., Ammar Taqvi, S. A., Qyyum, M. A., Ali, S. I., Hussain Awan, Z. U., Lim, H., Naqvi, M., & Naqvi, S. R. Thermodynamic and economic assessment of cyano functionalized anion based ionic liquid for CO2 removal from natural gas integrated with, single mixed refrigerant liquefaction process for clean energy. Energy, 2022. 239, 122425. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122425>.

فإنّ تقنية التبريد واعدة في التعامل مع غازات الميثان المتبخرة¹. والتي يتسبب استغلال الغاز الطبيعي في انبعاثها بشكل كبير، وقد أكدّ النص النهائي لقمة المناخ "كوب 28" في دبي أنّ الوقود منخفض الكربون، مثل الغاز الطبيعي سيسهم في تسهيل التحول في قطاع الطاقة مع ضمان تعزيز أمن الطاقة².

¹ Sun, D., Xu, Y., & Shen, Q.. An efficient high cooling capacity Stirling cryocooler and its application for capturing boil-off methane from liquefied natural gas. International Journal of Refrigeration, 2024. 165, 425–433.

<https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2024.06.013>.

² UN Climate Change. <https://unfccc.int/cop28#attend>. 24/12/2024. 11 :40.

خلاصة الفصل

أظهر هذا الفصل أنّ الوقود الأحفوري شكّل ولعقود طويلة الركيزة الأساسية للنظام الطاقوي العالمي، إذ وفّر قاعدة دعمت نمو مختلف القطاعات الاقتصادية وأسهمت في دفع عجلة التنمية. غير أنّ هذا البعد الاقتصادي ترافق مع كلفة بيئية باهظة، إذ يُعدّ الوقود الأحفوري المصدر الرئيس لانبعاثات الكربون، وما يترتب عنها من تفاقم ظاهرة الانحباس الحراري، وهو ما جعل إعادة النظر في هيكل المنظومة الطاقوية مسألة ملحة على الصعيد الدولي. كما أبرز التحليل أنّ احتياطاته لا تزال وفيرة نسبيًا بما يمنحها بعدًا استراتيجيًا في تعزيز أمن الطاقة العالمي، وأنّ أسواقه ما تزال في نمو مستمر بفعل الطلب المتزايد في الاقتصادات الصاعدة، خصوصًا في آسيا والمحيط الهادي. ورغم التوسع التدريجي في حصة الطاقات البديلة، ما يزال الوقود الأحفوري المكوّن المهيمن في المزيج الطاقوي العالمي، بما يتجاوز 80% من إجمالي العرض الطاقوي، ويقارب 60% من الكهرباء المنتجة عالميًا.

وتؤكد هذه النتائج مجتمعة أنّ الوقود الأحفوري سيظلّ موردًا رئيسيًا إلى ما بعد آفاق 2030، كما سيبقى عنصرًا محوريًا في سلاسل إمداد الطاقة العالمية، ما لم تحدث طفرة نوعية في مسار الانتقال الطاقوي تعيد هيكل المنظومة الطاقوية على أسس أكثر استدامة. ومن هذا المنطلق، يصبح استشراف مستقبل الطاقة مرتبطًا بتحليل التوجهات العالمية نحو الانتقال الطاقوي، وهو ما سيشكل موضوع الفصل الثاني.

الفصل الثاني: تحليل التوجه

العالمي نحو الانتقال

الطاقوي

تمهيد

يشهد العالم في خلال العقود الأخيرة تطورات متسارعة في أنماط إنتاج واستغلال الطاقة، بفعل تأثير عوامل بيئية واقتصادية، حيث دفعت التحديات البيئية المرتبطة بارتفاع الانبعاثات الكربونية وتفاقم ظاهرة تغير المناخ، وما يرافقها من التزامات دولية للحد من الاحتباس الحراري، إلى إعادة النظر في منظومة الطاقة في العالم. ومن جانب آخر فرض تزايد الطلب على الطاقة ضرورة البحث عن بدائل طاقوية أكثر استدامة لتقليص تبعية الوقود الأحفوري، وتحسين مستويات الكفاءة الطاقوية سعياً لتعزيز الأمن الطاقوي. أمام هذه التحديات، برزت ضرورة الانتقال إلى نموذج طاقوي أكثر استدامة، يوازن بين متطلبات النمو الاقتصادي والحفاظ على البيئة وضمان الأمن الطاقوي.

نسعى من خلال هذا الفصل إلى تسليط الضوء على المفاهيم النظرية للانتقال الطاقوي من خلال تحديد ماهية الانتقال الطاقوي ومفهوم الطاقات المتجددة والكفاءة الطاقوية، ثم تحليل تطورات الطاقة المتجددة على الصعيد العالمي من حيث القدرات المركبة والإنتاج الكهربائي، ثم دراسة المؤشرات الكمية للكفاءة الطاقوية التي تبحث نصيب الفرد من الطاقة وكثافة الطاقة وتغير تركيبة المزيج الطاقوي.

المبحث الأول: المقاربة النظرية للانتقال الطاقوي

يكتسي الانتقال في نظام الطاقة من مزيج طاقي يعتمد أساساً على الوقود الأحفوري، إلى مزيج طاقي جديد يركز على الطاقات المتجددة والكفاءة الطاقوية، أهمية بالغة في تحقيق التنمية بجميع أبعادها: الاقتصادية والبيئية والاجتماعية، الأمر الذي يدفعنا إلى بحث إطار نظري يبرز أبعاد ومقومات الانتقال الطاقوي، ويسلط الضوء على الأسس التي يقوم عليها هذا الانتقال.

المطلب الأول: مدخل نظري للانتقال الطاقوي

أصبح موضوع الانتقال ذا أهمية بالغة في صياغة مخططات وبرامج التنمية الاقتصادية والبيئية. وفي هذا المطلب نسعى لتحديد مفهوم الانتقال الطاقوي وأبعاده ومقوماته.

الفرع الأول: مفهوم وخصائص الانتقال الطاقوي

إنّ مفهوم الانتقال الطاقوي هو مفهوم ديناميكي يتغير باختلاف العوامل التي تضع حدود هذا الاصطلاح، فإنّ الانتقال الطاقوي في الفترة الممتدة من بداية القرن 20 بعد اكتشاف النفط إلى سبعينياته هو التحوّل السريع في اعتماد البترول ليصل إلى نسبة مساهمة 45% بحلول عام 1975 أما الانتقال الطاقوي في الفترة ما بعد 1930 فهو استبدال الفحم والبترول بالغاز الطبيعي حيث ارتفعت حصته في مجمل الطاقة من 3% عام 1930 إلى ما نسبته 23% في عام 2017¹. أما الانتقال الطاقوي القائم في المشهد العالمي حالياً فهو ترجمة للمصطلح الألماني "Energiewende"، حيث ظهر هذا الاصطلاح بوصفه تصوراً لأول مرة في ألمانيا سنة 1970، كأحد البدائل العالمية الأولى، والذي اقترحته وصاغته الحركة المناهضة للأسلحة النووية بألمانيا، ودعمته الكثير من

¹ Henderson, J., Mitrova, T.. Implications of the Global Energy Transition on Russia. In: Hafner, M., Tagliapietra, S. (eds) The Geopolitics of the Global Energy Transition. Lecture Notes in Energy, vol 73. 2020. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39066-2_5.

المنظمات البيئية، ليدخل حيّز الاستخدام الأولي بعد حادثة فوكوشيما باليابان سنة 2011²¹، باعتباره أكبر مشروع إزالة الكربون في ألمانيا، ثم توسّع نطاق هذا المشروع عبر أنحاء العالم بفعل القيود والالتزامات الدولية اتجاه تغير المناخ، وبفعل عوامل أخرى من تقدم تكنولوجيا وارتفاع كفاءة المصادر الطاقوية الأقل انبعاثًا للغازات الدفيئة، فأصبح يعرف بالانتقال إلى مصادر الطاقة النظيفة.

وهناك من يرى أنّ الانتقال الطاقوي اليوم يختلف عن الانتقالات السابقة للطاقة من حيث النطاق المرغوب فيه في استبدال مصادر الطاقة السابقة، حيث يهدف الانتقال إلى الطاقة المستدامة إلى الاستبدال الكامل لموارد الوقود الأحفوري. فعرف الانتقال الطاقوي على أنّه³: عملية محكومة تقود مجتمعًا تقنيًا متقدمًا إلى استبدال جميع مدخلات الطاقة الأولية الرئيسية من الوقود الأحفوري بمصادر متجددة مستدامة، مع الحفاظ على مستوى كافٍ من خدمات الطاقة النهائية لكل فرد. إذ يعتبر أنّه لا مكان للوقود الأحفوري في منظومة الطاقة العالمية على المدى الطويل الأجل، وهذا ليس شرطًا في الانتقال الطاقوي، فالكتلة الحيوية التي تعتبر المصدر الطاقوي الأولي للانتقال الطاقوي الأول، لا تزال حصتها في المزيج الطاقوي أعلى من الوقود النووي وإلى غاية العصر الحالي، بل تشير نماذج وكالة الطاقة الدولية (IEA) إلى أن الطاقة الحيوية الحديثة تُعدّ عنصرًا أساسيًا في نظام الطاقة العالمي المُستقبلي منخفض الكربون⁴.

¹ .بوكريطة، أ. المسؤولية الدولية عن الأضرار الناتجة عن الاستخدام السلمي للطاقة النووية، أطروحة دكتوراه، كلية الحقوق جامعة الجليلي اليابس سيدي بلعباس، 2021.

² Upham, P.; Eberhardt, L.; Klapper, R. G. Rethinking the Meaning of “Landscape Shocks” in Energy Transitions: German Social Representations of the Fukushima Nuclear Accident. *Energy Res. Soc. Sci.* **2020**, *69*, 101710. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101710>.

³ Sgouridis, S., & Csala, D. A Framework for Defining Sustainable Energy Transitions: Principles, Dynamics, and Implications. *Sustainability*, *6*(5), 2601–2622. <https://doi.org/10.3390/su6052601>, 2014. P2609.

⁴ <https://www.icabioenergy.com/bioenergy-a-sustainable-solution>. 26/08/2025, 23:31.

وقد عُرّف الانتقال الطاقوي على أنه¹: عملية مدفوعة بالسياسات تتضمن تحولات منهجية نحو أنظمة طاقة مستدامة وصديقة للمناخ وفعّالة اقتصاديًا وآمنة. يشير هذا التعريف إلى أهمية التوجه السياسي في إعادة ترتيب الهيكلية الطاقوية.

كما وُضّح مفهوم الانتقال الطاقوي على أنه عملية انتقال قطاع الطاقة إلى نموذج منخفض الكربون، إذ يتضمن تحولات فنية واقتصادية عميقة في إنتاج الطاقة وتوريدها واستهلاكها، تهدف إلى تقليل التأثير البيئي لصناعة الطاقة. تشمل هذه التحولات زيادة حصة مصادر الطاقة المتجددة والطاقة النووية، في هيكل قدرات توليد الطاقة في القطاع. كما تشمل العثور على النسبة المثلى لمحطات الطاقة الحرارية الصديقة للبيئة والموفرة للطاقة؛ وتعزيز كفاءة استخدام الطاقة من خلال برامج إدارة جانب الطلب؛ وتعزيز استبدال الوقود الأحفوري بالكهرباء من خلال الكهرباء الشاملة لعمليات استخدام الطاقة²، حيث يتصور وجود نظام طاقة يعتمد على تعميم استخدام الكهرباء المولدة بتقنيات تحدّ من انبعاثات الغازات الدفيئة، وهو ما عرّفت به الوكالة الدولية للطاقة الذرية³ IAEA الانتقال الطاقوي على أنه الابتعاد عن مصادر الطاقة الأحفورية والتحوّل إلى المصادر الأقل انبعاثًا للغازات الدفيئة.

وبهذا يمكن تقديم مفهوم الانتقال الطاقوي على أنه التحول من نظام طاقة يركز على الوقود الأحفوري شديد الانبعاثات إلى نموذج جديد يركز على اعتماد الطاقات الأقل انبعاثًا، وتعزيز الكفاءة

¹ Pastukhova M, Westphal K. Governing the Global Energy Transformation. The Geopolitics of the Global Energy Transition. 2020 Mar 26;73:341–364. doi: 10.1007/978-3-030-39066-2_15. PMID: PMC7281855.p346.

² Gitelman, L., & Kozhevnikov, M. New Approaches to the Concept of Energy Transition in the Times of Energy Crisis. Sustainability, 15, 5167. 2023, <https://doi.org/10.3390/su15065167>.

³ الانتقال إلى الطاقات النظيفة، الموقع الرسمي للوكالة الدولية للطاقة الذرية،

[https://www.iaea.org/ar/alquaa-alnawawiat-walaintiqal-iilaa-alttaqat-alnazifa/ma-hu-\)\(alaintiqal-iilaa-alttaqat-alnazifat-wama-dawr-alquaa-alnawawiat-fi-dhlk%3F](https://www.iaea.org/ar/alquaa-alnawawiat-walaintiqal-iilaa-alttaqat-alnazifa/ma-hu-)(alaintiqal-iilaa-alttaqat-alnazifat-wama-dawr-alquaa-alnawawiat-fi-dhlk%3F)

الطاقوية بهدف استدامة الأمن الطاقوي. ويمكن أن نلاحظ نوعين من دلالات الانتقال الطاقوي، دلالة صريحة وأخرى ضمنية¹، نوضحها من خلال الشكل (52):



شكل رقم 52: دلالات الانتقال الطاقوي

المصدر: من إعداد الطالب

من خلال التطرق لتعريف الانتقال الطاقوي يمكن أن نستخلص أهم خصائصه كما يلي:

- 1- الانتقال الطاقوي يشمل مصادر إنتاج الطاقة ومناهج استغلالها: فمن جهة مصادر إنتاج الطاقة، تستهدف استراتيجيات الانتقال الطاقوي البحث عن تنويع مصادر الطاقة وتعزيز المزيج الطاقوي بمصادر أكثر استدامة وأقل انبعاثا للغازات الدفيئة. أما من جهة استغلال الطاقة فهو يبحث ترشيد الاستهلاك من خلال اعتماد التكنولوجيات الحديثة ونشر الوعي لدى الفئات المجتمعية بأهمية كفاءة وعقلنة استغلال الطاقة.

¹ Yang, Y., Xia, S., Huang, P., & Qian, J. Energy transition: Connotations, mechanisms and effects. Energy Strategy Reviews, 2024, 52, 101320.
<https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101320>.p3.

2- محورية عنصر الطاقات المتجددة في المزيج الطاقوي: يستند الانتقال الطاقوي المعاصر إلى توسيع اعتماد المصادر الطاقوية المتجددة كطاقة المياه (الهيدروليكية) وطاقة الشمس (الكهروضوئية والحرارية) وطاقة الرياح (بواسطة عنفات الرياح) وغيرها بصفة تدريجية بغية رفع نسبة مساهمتها في المزيج الطاقوي.

3- أهمية الكفاءة الطاقوية: حيث يقوم على تحسين استخدام الطاقة من خلال ترشيد الاستهلاك والحد من الهدر الطاقوي، واعتماد تقنيات وتكنولوجيات حديثة تُمكن من تحقيق نفس مستوى الخدمة الطاقوية باستهلاك أقل.

4- الانتقال الطاقوي يسعى لتعزيز الأمن الطاقوي المستدام: وذلك من خلال تنويع المزيج الطاقوي بمصادر أكثر استدامة تؤمن استمرارية إمدادات الطاقة لأجل طويل وبتكلفة معقولة.

5- يدعم الانتقال الطاقوي تخفيض الكربون، وتعزيز حفظ المناخ، والتقليل من الانبعاثات من الغازات الدفيئة، التي تؤدي إلى رفع درجة حرارة الأرض مما يؤدي إلى تغيرات ونتائج سلبية على الوضع البيئي والمناخي للعالم.

الفرع الثاني: مقومات وأبعاد الانتقال الطاقوي

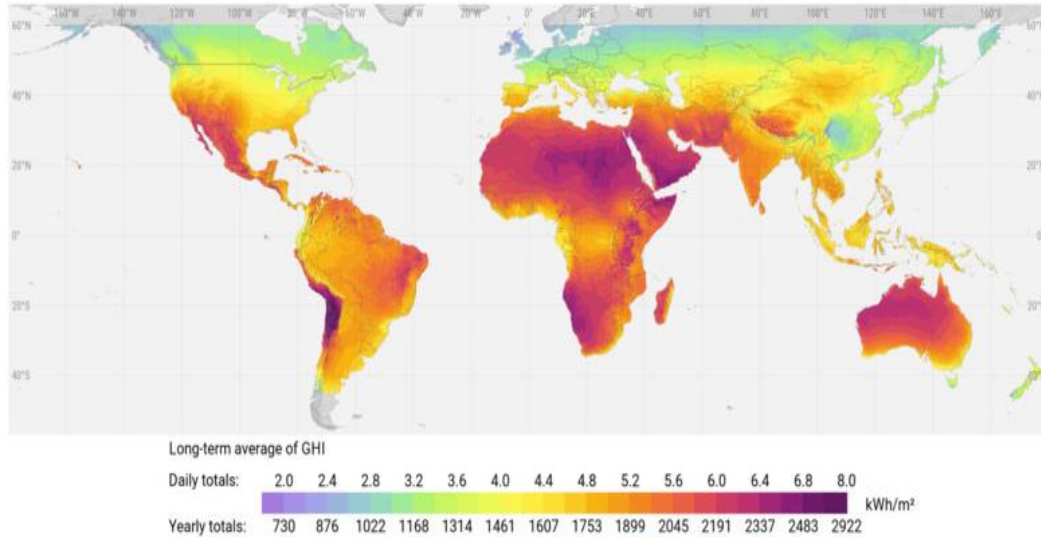
لقد أسهم تفاعل عوامل أساسية في قيادة وتفعيل عملية الانتقال الطاقوي، جعلت له أثراً على نطاقات عديدة: اقتصادية وبيئية واجتماعية، ومن خلال هذا الفرع نبحث مقومات الانتقال الطاقوي، وأبعاد أثره.

أولاً: مقومات الانتقال الطاقوي

يعدّ الانتقال إلى الطاقات المتجددة وتحقيق الكفاءة الطاقوية عملية معقّدة تتركز على مجموعة من المقومات الأساسية، التي تُمكن من التحول نحو أنظمة طاقوية أكثر استدامة وكفاءة. وتشمل هذه المقومات ما يلي:

1- الموقع الجغرافي والموارد الطبيعية: إنَّ التموّج الجغرافي والإمكانيات الطبيعية تعتبر

عاملاً هاماً نحو تحقيق انتقال طاقوي، وذلك من خلال توزيع إمكانيات الطاقات المتجددة، حيث تعتبر الدول ذات الاحتياطات الهامة من الطاقات المتجددة، سواء من سطوع شمسي، أو قوة رياح، أو موارد مائية هي الأحسن من حيث صياغة استراتيجيات فعّالة في التحوّل إلى الطاقات النظيفة، واعتماد شركات أجنبية تسمح بتفعيل آليات الانتقال الطاقوي، وفي هذا السياق نعرض الشكل (53) الذي يبيّن خريطة السطوع الشمسي ويوضّح التفاوت الحاصل بين دول العالم في مجال شعبة الطاقة الشمسية التي تعدّ نموذجاً عن بقية الشعب.



شكل رقم 53: الإشعاع الأفقي العالمي (GHI): متوسط سنوي طويل الأمد

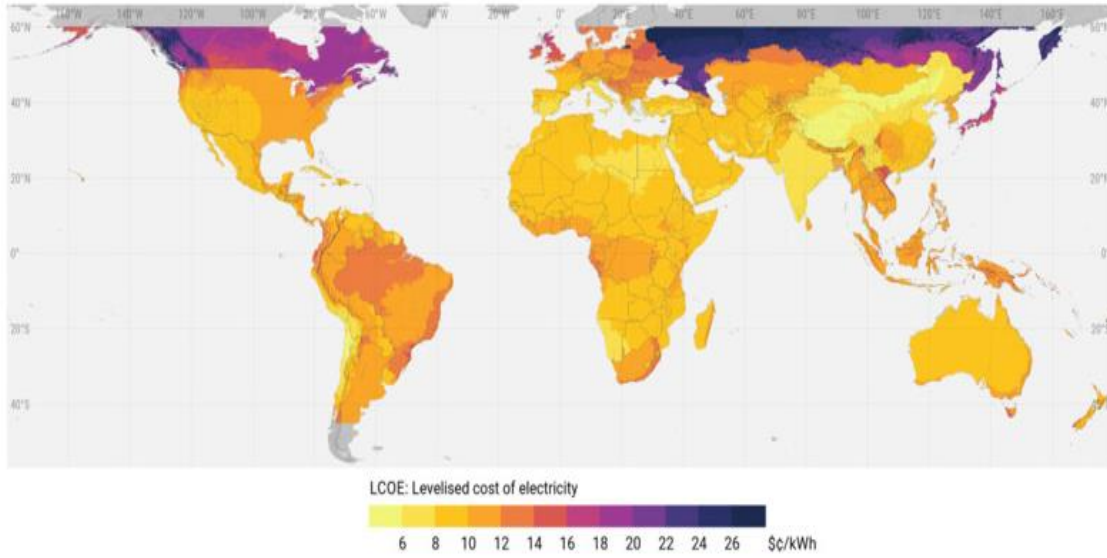
المصدر: ESMAP. 2020. Global Photovoltaic Power Potential by Country.

Washington, DC: World Bank. <https://globalsolaratlas.info/global-pv-potential-study>, 29/07/2024, 19:08.

يتضح من خريطة الإشعاع الشمسي العالمي، التفاوت بين دول العالم في كمية الطاقة المتساقطة على سطح الأرض، حيث يعتبر خط الاستواء إلى حدود 20 درجة شمالاً وجنوباً الأكثر سطوعاً بمجال من 4 إلى 8 كيلو واط ساعي في المتر المربع الواحد يومياً، وبقدرة من 1600 إلى

قاربة 3000 كيلوواط ساعي في المتر المربع الواحد سنوياً، تعتبر منطقة الصحراء الكبرى في إفريقيا والجزيرة العربية وجنوب إفريقيا والشيلى وأستراليا الأكبر احتياطاً من الطاقة الشمسية. وتتنخفض الطاقة الشمسية المتساقطة على الأرض كلما ابتعدنا عن خط الاستواء لتتخفض بعد 40 درجة شمالاً وجنوباً عن 3 إلى 2 كيلوواط ساعي في المتر المربع الواحد يومياً.

إنّ التفاوت الحادث في الإمكانيات الطبيعية من الطاقات المتجددة بحكم التوزيع الجغرافي، له أثر هام على تكاليف الطاقة مما يؤثر في صياغة استراتيجيات الانتقال الطاقوي، وفي هذا الصدد نعرض خريطة تكاليف الطاقة الشمسية في العالم لبيان هذا الأثر.



شكل رقم 54: تكلفة الكهرباء المستوية (LCOE) لمحطات الطاقة الكهروضوئية الأرضية واسعة النطاق

المصدر: ESMAP. 2020. Global Photovoltaic Power Potential by Country. Washington, DC: World Bank. <https://globalsolaratlas.info/global-pv-potential-study>, 29/07/2024, 19:08.

نلاحظ أنّ خريطة تكلفة الكهرباء المنتجة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية، تتخفض

في المناطق الأكثر استقبالية للطاقة الشمسية، والتي تنحصر بين الدرجتين 20 شمالاً و20 جنوباً

بينما ترتفع في المناطق الأقل سطوعاً واستقبالاً للطاقة الشمسية، كما هو واضح في المناطق شمال الدرجة 40.

إنّ أهمية التوقع الجغرافي تعتبر عاملاً مهماً ليس من جهة الإمكانيات والاحتياجات من الطاقات المتجددة فحسب، وإنّما أيضاً من جهة نقل واتصال سلسلة الإمداد الطاقوي والتكامل بين الدول في مجال الطاقات المتجددة، إذ تضمن استمرارية التوريدات الطاقوية ضمان الفعالية في نقل الطاقات المتجددة، باعتبار انخفاض التكاليف اللوجستية لنقل الطاقة وتوزيعها.

وعلى خلاف ذلك فإنّ ترّبع الدول على إمكانيات استراتيجية من الوقود الأحفوري: الفحم والنفط والغاز الطبيعي، يعتبر من أهم تحديات التحوّل إلى الطاقات المتجددة، إذ يحدّ من معدلات نمو الطاقات المتجددة ونسب مساهمتها في المزيج الطاقوي.

2- السياسات الحكومية والإطار التنظيمي والمؤسساتي: تسهم المناهج السياسية التي تدعم

استخدام الطاقات المتجددة في تفعيل وتسريع الانتقال الطاقوي، وذلك من خلال صياغة استراتيجيات تطوير القدرات المركبة من الطاقة المتجددة ورفع نسبة مساهمتها في المزيج الطاقوي وتفعيل آليات الكفاءة الطاقوية.

إنّ الإرادة السياسية للتحوّل إلى نظام طاقة منخفض الكربون، تتجلى في قيمة الاستثمار في مشاريع الطاقات المتجددة، وقيمة الدعم المالي من إعانات مالية وحوافز ضريبية، وتشجيع للبحث والابتكار، وعقد الشراكات للاستفادة من التجارب الرائدة ونقل المعرفة والتكنولوجيا¹.

إنّ آليات تجسيد الإرادة السياسية وترجمتها على أرض الواقع يتطلب تأسيس إطار قانوني وتنظيمي، يوضّح المعايير المعتمدة في مجال الطاقات المتجددة لأصحاب المصلحة والمنتسبين:

¹ Silva, N., Fuinhas, J. A., Koengkan, M., Kazemzadeh, E., & Kaymaz, V. Renewable energy deployment in Europe: Do politics matter? Environment, Development and Sustainability, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03839-0>.

منتجين ومستثمرين محليين وأجانب ومستهلكين، وكيفية الاستفادة من الامتيازات المدعومة من طرف السلطة السياسية.

ومن زاوية أخرى تعد المنظومة المؤسسية ذات أهمية بالغة في تنظيم وتوجيه النشاطات والبرامج، والتنسيق فيما بين القطاعات ذات الصلة بالطاقات المتجددة، وإشراك المجتمع من خلال التوعية بأهمية الانتقال الطاقوي، وتشجيع المشاركات المجتمعية في هذا السياق، وتقييم الإنجازات من خلال التقارير الدورية، وتقديم التوصيات اللازمة لتصحيح ومعالجة التأخر في إنجاز المشاريع والبرامج.

كما يعدّ انخراط الدول في جملة الاتفاقيات الدولية، والتي تلتزم بموجبها على اعتماد مصادرها الطاقوية المتجددة والتقليل من الاستناد إلى الوقود الأحفوري، يدفعها إلى صياغة استراتيجيات طاقوية تستهدف تعزيز مزيج الطاقة بمصادر أقل انبعاثاً للغازات الدفيئة. ومن أهم المؤتمرات التي انبثقت عنها هذه الاتفاقيات¹:

- مؤتمر الأمم المتحدة للتنمية البشرية (ستوكهولم 1972).
- مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية (ريو دي جانيرو 1992).
- معالجة الانبعاثات الغازية (كيوتو 1997).
- مؤتمر الأطراف (COP) والذي جاء في طبعته الواحد وعشرون (21) مؤتمر باريس في ديسمبر 2015 والذي يعتبر من أهم المحافل الدولية في هذا السياق لما نتج عنه من بنود أهمها²:

¹ صبا رشيد جبير، دور الأمم المتحدة في الحدّ من التغيّر المناخيّ وأثره على الأمن البيئيّ العالميّ، مجلة العلوم السياسية، 2024، ص323-356، <https://doi.org/10.30907/jcopolicy.vi67.700>.

² Aguilar Jaber, A., et al., "Long-term low emissions development strategies: Cross-country experience", *OECD Environment Working Papers*, No. 160, OECD Publishing, Paris, 2020, <https://doi.org/10.1787/1c1d8005-en>.

• صياغة استراتيجيات التنمية طويلة الأجل منخفضة الانبعاثات (LT-LEDs): وقّع على

صياغتها في هذا المؤتمر 196 دولة مشاركة على احتواء الاحترار العالمي.

• تحديد المساهمات الوطنية (NDCs)¹: والتي يتم تقديمها في كل خمس سنوات إلى أمانة

اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ لتعزيز طموح الدول المشاركة.

كما يجدر بنا أن ننوّبه إلى أهمية التسابق الدولي السريع في التحوّل إلى اقتصاد منخفض

الكربون، وأهمية الانخراط في النموذج الجيوسياسي الجديد الذي يدعم المواقف الديبلوماسية للدول

الأكثر اعتماداً على الطاقات النظيفة، وتقديم الدول الرائدة كنموذج ومثال يحتذى به، وفتح مجال

الاستفادة من الشراكات والاتفاقيات الاستراتيجية².

3- البنية التحتية والاستثمارات الطاقوية: تعد البنية التحتية من شبكات الكهرباء ومحطات

التحويل والتوزيع ومراكز تخزين الطاقة ومشاريع إدارة الطاقة عنصراً أساسياً في تجسيد مشاريع

الطاقات المتجددة والكفاءة الطاقوية.

إنّ شبكات الكهرباء هي التي تسمح بنقل الطاقة الكهربائية من مناطق الإنتاج والتوليد إلى

مناطق التحويل والتوزيع، وعليه تتطلب مشاريع الطاقات المتجددة مراعاة التوصيل بالشبكات

الكهربائية، خاصة منها ذات الجهد العالي التي تقلل من كمية التسربات وفقدان الطاقة الكهربائية

والتي تعتبر هدراً للطاقة المنتجة، وسبباً هاماً في ارتفاع تكاليف الإنتاج. كما يعتبر اعتماد الشبكات

¹ Falduto, C.; Rocha, M. Aligning Short-Term Climate Action with Long-Term Climate Goals: Opportunities and Options for Enhancing Alignment between NDCs and Long-Term Strategies; OECD: Paris, 2020. <https://doi.org/10.1787/7c980fce-en>.

² Yang, Y., Xia, S., & Qian, X. Geopolitics of the energy transition. Journal of Geographical Sciences, 2023., 33(4), 683–704. <https://doi.org/10.1007/s11442-023-2101-2>.

الذكية ذات نقاط الاستشعار وتحسين الأداء مهماً في تحسين أداء الشبكة ودمج الطاقة المتجددة بشكل أكثر فعالية.

ومن جانب آخر، تستدعي تنمية قدرات الطاقات المتجددة تجسيد مشاريع تخزين الطاقة من خلال اعتماد التكنولوجيات الحديثة، وهذا يفَعّل عامل لامركزية الطاقة بواسطة محطات التخزين التي تسمح بنقل الطاقة إلى المواقع المستهدفة بأقل التكاليف.

4- التطور التكنولوجي ودعم البحث والتطوير: إنَّ تحصيل التكنولوجيا المتقدمة ودعم

نشاطات البحث والتطوير تسهم في تحقيق الانتقال الطاقوي عبر مراحل استغلال الطاقة كما يلي:

- تطوير إنتاج الطاقات المتجددة: من خلال البحث عن مصادر التوليد المتطورة كالهيدروجين الأخضر والوقود الحيوي وتطوير التقنيات المعتمدة: الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، والطاقة المائية بما يحقق الفعالية الطاقوية والكفاءة الاقتصادية ويضمن تصفير الانبعاثات الدفئية.
- تطوير شبكات النقل وتقنيات التحكم: ممّا يسهم في تحسين أداء الشبكات بما توصلت إليه التكنولوجيات الحديثة، من آليات المراقبة والاستشعار باستخدام الذكاء الاصطناعي، وتلبية احتياجات الشبكة، والتنبؤ بالاحتياجات المستقبلية، والتحكم الآلي في التعامل مع التغيرات في إنتاج واستهلاك الطاقة.

- تطوير التخزين للطاقات المتجددة: حيث عرف هذا المجال تسابقاً كبيراً في تطوير بطاريات التخزين باختلاف طبيعتها: كيميائية أو ميكانيكية أو حرارية ذات الفعالية الطاقوية، فهو عنصر مفصلي في التحول إلى الطاقات المتجددة، للاختلاف الواقع بين إنتاج واستهلاك الطاقة (العرض والطلب على الطاقة).

- تطوير مجالات استثمار واستهلاك الطاقة: بدعم نسب مساهمة الطاقات المتجددة في عديد المجالات: الصناعية والفلاحية والخدماتية. وباستحداث الوسائل والأجهزة المنزلية التي تشغل

بالطاقات المتجددة: كهرباء أو هيدروجين أخضر أو وقود حيوي. ودعم وتعزيز نسبة مساهمة وسائل النقل الكهربائية في حظائر المركبات، وغير ذلك.

تكمّن أهمية عامل التقدم التكنولوجي الذي يدعم انتقال الطاقة في جوانب رئيسية، فمن منظور طريقة العمل، أصبح التقدم التكنولوجي القوة الدافعة الرئيسية في انتقال الطاقة من خلال تعزيز الابتكار في عوامل إنتاج الطاقة، وتغيير الشكل والوظيفة لعناصر نظام الطاقة، وجعل التكنولوجيا منخفضة الكربون متكاملة بشكل كبير في سلسلة صناعة الطاقة بأكملها. أمّا من منظور الأثر، فالتقدم التكنولوجي من جهة، يُحسن هيكله مختلف العوامل داخل نظام الطاقة ويُحسن تخصيص العوامل، ويُحسن المستوى الخارجي للعوامل الإنتاجية وفعالية عوامل الطاقة، للحفاظ على التنافسية طويلة الأمد للطاقة المتجددة. ومن جهة أخرى، تُدمج تكنولوجيا الطاقة المتجددة بشكل متزايد في المعلومات الحديثة والشبكة الذكية، مما يُنتج باستمرار منتجات جديدة، وأنماط، ونماذج أعمال لاستخدام الطاقة، ويُحسن بشكل كبير من كفاءة الطاقة ويُعزز انتقال الطاقة منخفضة الكربون¹.

5- التعليم والتأهيل وتوفير الكفاءات: إنّ تأمين الكفاءات البشرية والطواقم الفنية ذات التأهيل

العلمي العالي، يعد أحد أهم المحاور في دعائم الانتقال الطاقوي، من بدايته كمخططات واستراتيجيات إلى غاية تجسيده.

إنّ تكوين الكفاءات في مجال الطاقات المتجددة وتحقيق الكفاءة الطاقوية يتطلب عديد العناصر أهمها²:

– استحداث التخصصات ذات الصلة بالطاقات المتجددة في عديد المستويات: الأكاديمية والمهنية.

¹ Yang, Y., Xia, S., Huang, P., & Qian, J. Energy transition: Connotations, mechanisms and effects. P5.

² Klonowska-Matynia, M. Human Capital and the Sustainable Energy Transition: A Socio-Economic Perspective. Sustainability 2025, 17, 10710. <https://doi.org/10.3390/su172310710>

- التعاون الأكاديمي وتشجيع الشراكات في مجال الطاقات المتجددة ودعم المنح الدراسية ومراكز البحث ومخابر التطوير في هذا المجال.
- إعداد البرامج التوعوية في سبيل بناء الوعي المجتمعي بأهمية التحول إلى الطاقات المتجددة وترشيد استهلاك الطاقة، وترسيخ ثقافة الانتقال الطاقوي التي تؤثر على تشكيل أنماط استهلاك الطاقة في بلد ما. وتعزز منظوراً ثقافياً يسلط الضوء على السعي نحو استخدام طاقة مستدامة وتحقيق المنافع الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

ثانياً: أبعاد الانتقال الطاقوي

يرتبط نظام الطاقة بالأنظمة الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، ومن المنتظر أن يقود الانتقال الطاقوي إلى إعادة تشكيل هذه الأنظمة التي تأسست تاريخياً على طاقة الوقود الأحفوري، بما ينجر عنه من آثار واسعة تمس الجوانب الاجتماعية والاقتصادية والبيئية.

1- البعد الاجتماعي: سيؤدي الانتقال الطاقوي إلى عديد الآثار الاجتماعية، من حيث إمكانية

الوصول إلى الطاقة، وفرص العمل، والخدمات الصحية، فالاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة، لكونها متاحة على نطاق واسع وفي متناول معظم الدول، يوفر فرصاً أوسع للحصول على كهرباء آمنة وموثوقة، خاصة في المناطق الفقيرة والمحرومة. كما أنّ الطابع اللامركزي لهذه الطاقات يُسهم في تعزيز الاكتفاء الذاتي للطاقة، ويُقلل من الارتهاق للإمدادات الخارجية، مما يُمهّد الطريق لتوسيع قاعدة المستفيدين من خدمات الطاقة. وتشير بعض الدراسات¹، إلى أنّ تعميق التحول الطاقوي يعزز استقلالية أنظمة الطاقة على المستويين الوطني والمجتمعي، ويتيح فرصاً ملموسة للتقليل من حدة فقر الطاقة. أما من الناحية الصحية، فتُجمع الأبحاث على أنّ احتراق الوقود

¹ Yang, Y., Xia, S., Huang, P., & Qian, J. Energy transition: Connotations, mechanisms and effects. p6.

الصلب يُمثل خطراً بالغاً على الصحة العامة، إذ يؤدي التعرض المزمن لانبعاثاته إلى أمراض تنفسية خطيرة مثل الالتهاب الرئوي المزمن، والانسداد الرئوي، وسرطان الرئة، وهو ما يهدد جودة الحياة بشكل مباشر. لذلك، يُنظر إلى الانتقال نحو الطاقة النظيفة منخفضة الكربون كخيار استراتيجي لحماية الصحة العامة وتحسين نوعية الهواء.

وبالمقابل، قد تتزايد مخاوف عدم الوصول إلى الطاقة، وتفاقم فقر الطاقة، وترتفع تكلفة استخدام الطاقة. وترتفع أيضاً نفقات الطاقة للأسر الريفية بشكل غير متناسب مقارنة بالأسر الحضرية. وفي هذا الصدد، ولتجنب هذه الآثار، تم اقتراح أن يظل استهلاك الطاقة لكل فرد فوق المستوى الأدنى المطلوب لتلبية الاحتياجات المجتمعية دون انقطاعات مؤثرة، حيث يعتبر هذا المقترح أن توفر الطاقة التي تغطي الطلب، وضمان أن الطاقة المتاحة ليست مكلفة، وتستجيب للنظام الاجتماعي والاقتصادي في مقدار الطاقة التي يتم توفيرها فعلياً على أساس فردي، سيسهم في تفعيل الانتقال الطاقوي دون ما أثر سلبي على الجانب الاجتماعي¹.

2- البعد الاقتصادي: تركز التنمية الاقتصادية على عنصر الطاقة باعتبارها محرك العملية الإنتاجية، غير أن الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة له مزايا تنموية هامة، فالانتقال إلى الطاقات المتجددة يساهم في ظهور أنماط جديدة من التنمية المستدامة الخضراء ومنخفضة الكربون، ويقود إلى تحولات هيكلية تشمل صناعة الطاقة، وأنماط الإنتاج والتنظيم، بما ينعكس في آثار واسعة على المسار الاقتصادي العالمي.

يساهم الانتقال الطاقوي في دعم النمو الاقتصادي من خلال تنويع مصادر الإمداد، وتقليص أثر تقلبات أسعار الوقود الأحفوري على الاقتصاد الكلي، كما يُعزز هذا التحول استدامة التنمية من

¹ Sgouridis, S., & Csala, D. A Framework for Defining Sustainable Energy Transitions: Principles, Dynamics, and Implications. p2611.

خلال الحد من الآثار السلبية للطاقة الأحفورية على ميزان المدفوعات، كما أنّ توسيع الاستثمار في الطاقات المتجددة يساهم في تحقيق مكاسب للنمو الأخضر، ويعزز الصناعات الناشئة.

كما يُتوقع أن يقود الانتقال إلى توسيع حصص الطاقات المتجددة في المنظومة الطاقوية ودعم الكفاءة الطاقوية، وإلى تغيرات في حجم العمالة وفي تركيبة المهارات المطلوبة للتوظيف، حيث يُنظر إلى "الوظائف الخضراء" كأحد أهم المكاسب المصاحبة للانتقال الطاقوي، كآلية تعويضية للوظائف المفقودة في الصناعات الأحفورية. ووفقاً لتقديرات منظمة العمل الدولية، فإن السياسات المناخية، من تعزيز الطاقة النظيفة، وتحسين كفاءة أنظمة الطاقة والمباني، واعتماد المركبات الكهربائية، يمكن أن تسهم في خلق نحو 24 مليون وظيفة جديدة عالمياً، مقابل خسارة تُقدَّر بـ 6 ملايين وظيفة نتيجة تراجع الصناعات كثيفة الكربون¹، والشكل (55) يوضح تطور مناصب الشغل في قطاع الطاقات المتجددة:

¹ Yang, Y., Xia, S., Huang, P., & Qian, J. Energy transition: Connotations, mechanisms and effects. P7.



شكل رقم 55: تطور العمالة في قطاع الطاقات المتجددة في العالم

المصدر: IRENA, Renewable Energy and Jobs Annual Review 2024,

<https://www.irena.org/Publications/2024/Oct/Renewable-energy-and-jobs-Annual-review-2024> , 29/08/2025, 03:42.

تطورت مناصب الشغل في قطاع الطاقات المتجددة من 7,3 مليون عامل سنة 2012 إلى

16,2 مليون عامل سنة 2023، حيث نمت بنسبة 122%. إنّ نسبة عمالة الطاقة الشمسية

الكهروضوئية تمثل الحصة الأكبر من عمالة الطاقات المتجددة حيث مثّلت نسبة 44% سنة 2023،

في مقابل تمثيلها نسبة 18,63% سنة 2012.

3- البعد البيئي: إنّ اعتماد مصادر الطاقة الأحفورية من الفحم والنفط بمعدلات عالية ضمن المزيج

الطاقوي العالمي، يعتبر تهديدا خطيرا على البشرية، لما يسببه من مشاكل انبعاثات الغازات

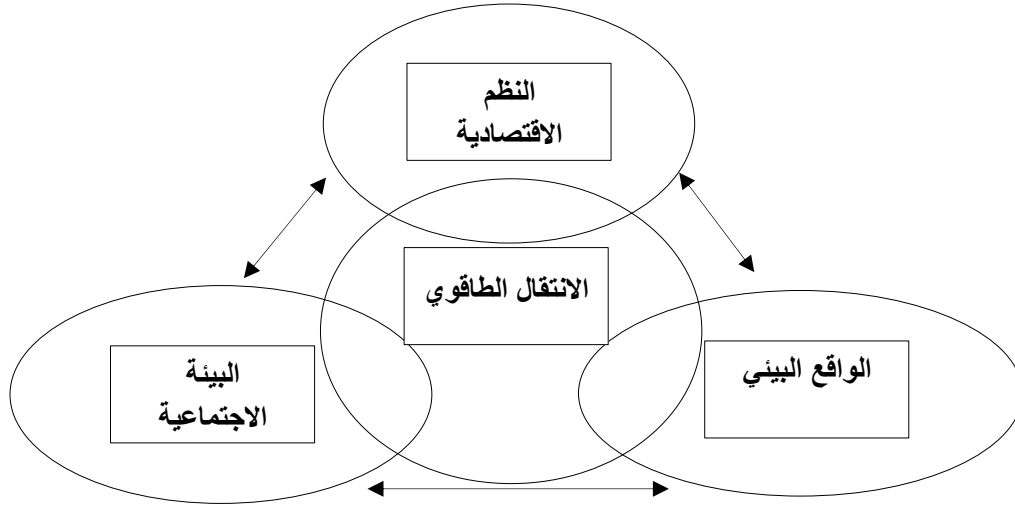
السامة، واستنزاف الموارد الطبيعية، وتلوث الهواء، بخلاف اعتماد المصادر النظيفة والأقل انبعاثا

للغازات الدفيئة، إذ يمكن أن يُقلل الانتقال الطاقوي من الآثار المدمرة على البيئة، وهو أمر

ضروري لتحقيق الفوائد البيئية، كالححد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتحسين جودة الهواء.

وعلى المدى الطويل، يُعدّ التحول إلى مصادر الطاقة المنخفضة الكربون أمرًا ضروريًا للتخفيف من آثار تغير المناخ وبناء مجتمع صديق للبيئة.

نلخص أبعاد الانتقال الطاقوي من خلال الشكل (56):



شكل رقم 56: أبعاد الانتقال الطاقوي

المصدر: من إعداد الطالب

المطلب الثاني: مفهوم ومصادر الطاقات المتجددة

من خلال هذا المطلب نسعى لتسليط الضوء على مفهوم الطاقات المتجددة، وتحديد المصادر

الطاقوية التي يهدف الانتقال الطاقوي إلى تطويرها.

الفرع الأول: مفهوم الطاقات المتجددة

لقد قُدمت تعريف عديدة للطاقات المتجددة لعدد الأطراف: هيئات دولية²¹ وحكومات³ وباحثين⁴ والتي يتوافق مضمونها على أنّ الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد بشكل دائم ومستمر بما يفوق الطلب عليها، من خلال اعتماد آليات وتقنيات تسمح بتحويلها وتخزينها ونقلها وتوزيعها بكفاءة.

ومن خلال هذا التعريف يمكن أن نستخلص خصائص الطاقات المتجددة:

- 1- مصدرها المورد الطبيعي المتجدد: طاقة المياه والرياح والشمس والكتلة الحيوية وغيرها.
- 2- ارتفاع معدل التجدد عن مستوى الطلب والاستهلاك: فالطاقة الشمسية مثلاً تتوفر بـ 10000 ضعف الطاقة التي يستهلكها البشر⁵.
- 3- إمكانية تحويل طبيعتها من طاقة حركية أو حرارية أو غير ذلك إلى شكل الاستخدام النهائي، والنقل والتخزين في صور متعددة.
- 4- أن تضمن الفعالية الطاقوية بأن تستجيب لمتطلبات الطاقة الفعالة، وتحقق الكفاءة الاقتصادية بأن تكون بتكاليف معقولة.

¹ موقع الأمم المتحدة، <https://www.un.org/ar/climatechange/what-is-renewable-energy>، 11:00، 2024/08/03.

² الوكالة الدولية للطاقة الذرية، <https://www.iaea.org/ar/min-nahn/alwikalat-alduwaliat-lil-ttaqat>، 11:00، 2024/08/03، [almutajadida](https://www.joradp.dz/FTP/jo-arabe/2004/A2004053.pdf).

³ الجريدة الرسمية الجزائرية، قانون رقم 09/04، الصادرة بتاريخ 2004/08/18، العدد 52، ص 10. <https://www.joradp.dz/FTP/jo-arabe/2004/A2004053.pdf>.

⁴ د. توات نصر الدين، الاستثمار في الطاقات المتجددة-الواقع والآفاق، دار أسامة، عمان، الأردن، 2020، ص 43.

⁵ <https://www.theecoexperts.co.uk/solar-panels/solar-energy>. 28/03/2026، 15:23.

الفرع الثاني: أنواع الطاقات المتجددة

تتنوع المصادر الطاقوية المتجددة التي تتميز بالخصائص المذكورة سابقاً بحسب ما توصلت إليه التكنولوجيا الحديثة إلى مصادر عديدة، أهمها:

1- الطاقة الكهرومائية: وهي تكنولوجيا ناضجة، تمّ استخدامها لإنتاج الكهرباء لأكثر من مائة عام، تبلغ مساهمتها في توليد الكهرباء 4210 تيراواط ساعي سنة 2023، وهو ما يمثل 14,28% من إجمالي الإنتاج الطاقوي¹.

تصنّف طاقة المياه إلى ثلاثة أنواع فرعية:²

1-1 الطاقة الكهرومائية التقليدية: والتي تصنّف بدورها إلى:

أ- طاقات السدود أو الخزّانات: هذا هو النوع الأكثر شيوعاً من محطات الطاقة الكهرومائية، والتي تستخدم سدّاً لتخزين المياه في الخزان للاستعمالات المختلفة، لكنّه يغذّي توربين يعمل على تشغيل مولّد وينتج الكهرباء.

ب- جريان الأنهار والوديان: يقوم هذا النوع من المحطات بتوجيه تدفق المياه إلى أنبوب لتدوير التوربين لتوليد الكهرباء، وهذا النوع عادة ما يكون له قدرة تخزين منخفضة جدّاً.

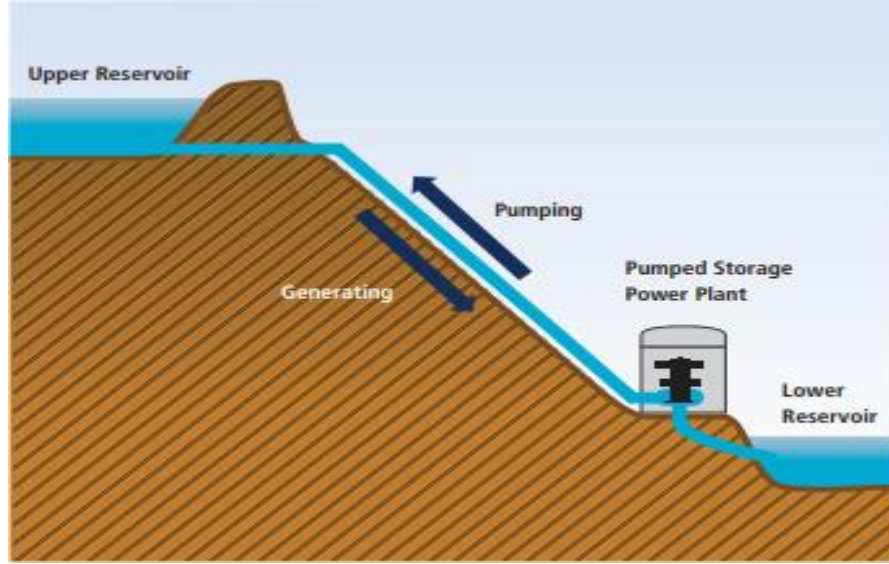
2-1 الطاقة الكهرومائية المخزنة بالضخ (PSH): تخزّن محطة التوليد المياه على ارتفاعات مختلفة في خزان سفلي وعلوي، وخلال فترات الطلب المرتفع، تنحدر المياه من الخزان العلوي إلى الخزان السفلي من خلال توربين مضخة قابلة للعكس لتوليد الكهرباء. كما تنعكس هذه العملية خلال فترات انخفاض الطلب.

¹ <https://ourworldindata.org/grapher/hydro-consumption-by-region>, 03/08/2024, 12 :46.

² IRENA, The changing role of hydropower: Challenges and opportunities, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. 2023.
<https://www.irena.org/Publications/2023/Feb/The-changing-role-of-hydropower-Challenges-and-opportunities>, 03/08/2024, 12 :49.

يمكن أن تكون هذه محطات مفتوحة كمصدر للتوريد بالمياه أو مغلقة الحلقات وفي الشكل

(57) توضيح لنظام الطاقة الكهرومائية المخزنة بالضخ.



شكل رقم 57: نظام الطاقة الكهرومائية المخزنة بالضخ

المصدر: Kumar, A., and others, Hydropower. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2011, p452.

2- طاقة الرياح: يتطلب توليد الكهرباء من الرياح تحويل الطاقة الحركية للهواء إلى طاقة ميكانيكية

ثم كهربائية. تستخدم توربينات الرياح الكبيرة الحديثة عادةً دوائر تبدأ في استخراج الطاقة من

الرياح بسرعات تبلغ حوالي 3 إلى 4 متر/ثا بكفاءة إنتاج 59,3% كحدٍ أعلى، وتزيد توربينات

الرياح من إنتاج الطاقة بارتفاع سرعة قطع الرياح الخارجية حتى تصل إلى مستوى قدرتها عند

سرعة رياح بين 11 إلى 15 متر/ثا. لقد ركّز تصميم توربينات الرياح على تعظيم التقاط الطاقة

على مدى سرعات الرياح التي تتعرض لها توربينات الرياح¹.

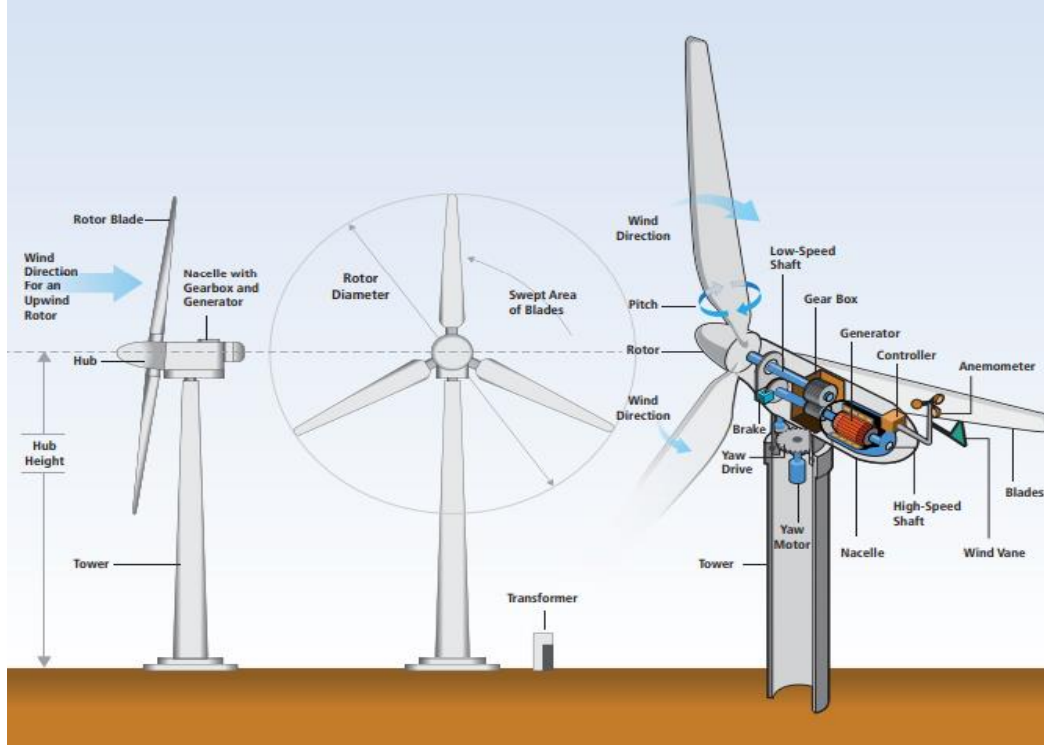
وتنقسم تكنولوجيا طاقة الرياح إلى نوعين من التكنولوجيات الحديثة:

¹ Wiser, R., Z. Yang, M. Hand, O. Hohmeyer, D. Infield, P. H. Jensen, V. Nikolaev, M. O'Malley, G. Sinden, A. Zervos, Wind Energy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2011, p 550.

2-1 تكنولوجيا طاقة الرياح البرية: لقد أصبح المحور الأفقي مهيمناً على عديد التوربينات المتنوعة،

باعتدال ثلاث شفرات مرتبطة بمحور يتم من خلاله نقل الطاقة إلى المولد كما هو واضح في الشكل

:58



شكل رقم 58: توربينات تكنولوجيا طاقة الرياح

المصدر: Wiser, R., Z. Yang, M. Hand, O. Hohmeyer, D. Infield, P. H. Jensen, V. Nikolaev, M. O'Malley, G. Sinden, A. Zervos, Wind Energy, p552.

2-2 تكنولوجيا طاقة الرياح البحرية: وهي تعتمد نفس تكنولوجيا طاقة الرياح البرية ولكنها تشيد

على المسطحات البحرية، فقد تمّ بناء أول محطة بحرية في عام 1991 في الدنمارك، وهي أقل

نضجاً من الموجودة على اليابسة، ولديها استثمارات أعلى في تكاليف التشغيل والصيانة، وقد بلغت

الطاقة المركبة منها 63200 ميغاواط سنة 2022، بمعدل تطور 781,32% بين سنة 2013

و2022¹.

¹ IRENA, Renewable capacity statistics 2023, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2023, p20.

ويتمثل الدافع الأساسي لتطوير طاقة الرياح البحرية في توفير إمكانية الوصول إلى موارد رياح إضافية في المناطق التي هي محدودة الاستخدامات البرية، بالإضافة إلى الجودة العالية للرياح البحرية. مع اختصار مسافات النقل التي تتطلبها المحطات البرية.

3- الطاقة الشمسية: تتمثل تقنيات الطاقة الشمسية في: الطاقة الشمسية السلبية والضوء النهاري،

الدفئة والتبريد النشطين، وتوليد الكهرباء من الطاقة الحرارية المركزة والطاقة الشمسية

الكهروضوئية¹، وسأقتصر على النوعين الأخيرين لأهميتهما في المزيج الطاقوي العالمي:

3-1 الطاقة الشمسية الكهروضوئية: وهي التقنية التي تستغل التأثير الكهروضوئي، حيث يولد

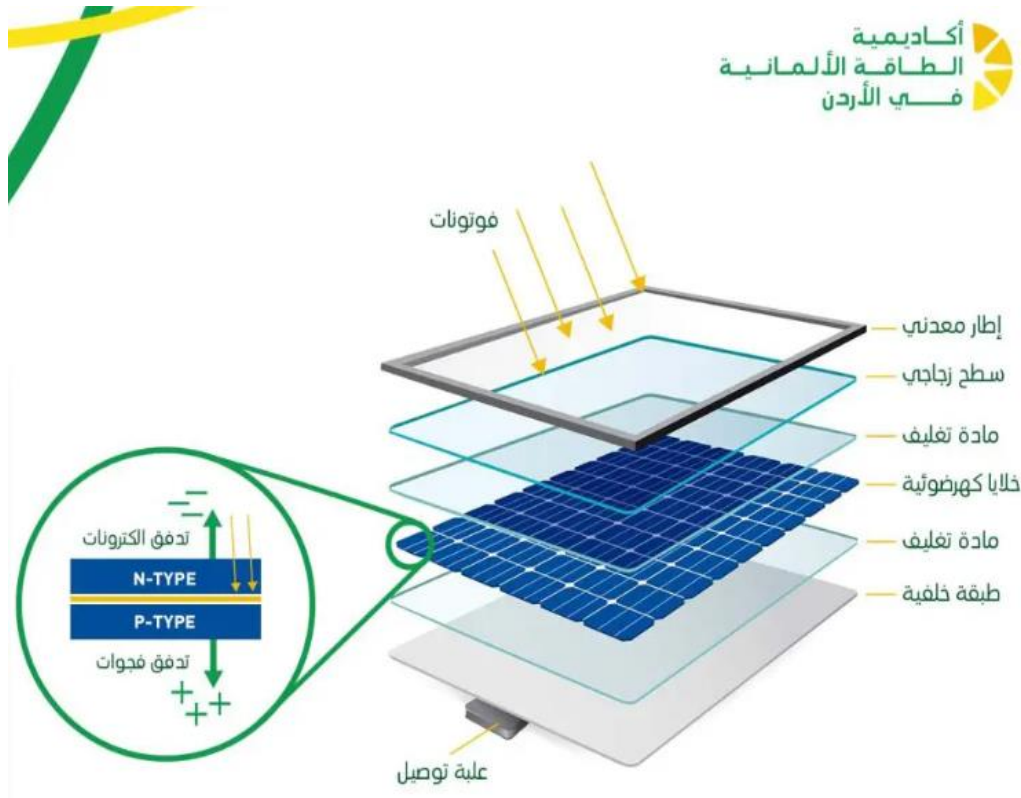
الضوء الساطع على أشباه الموصلات مثل السيليكون (Si)، جهدًا (تيار) يتأثر بكفاءة التحويل

للخلايا الشمسية، والتي تمثل نسبة الطاقة المولدة (Output) للطاقة المتساقطة على الخلية (Input).

وفي الشكل (59) توضيح لآلية توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية الكهروضوئية وللوح الشمسي

الكهروضوئي.

¹ Arvizu, D., P. Balaya, L. Cabeza, T. Hollands, A. Jäger-Waldau, M. Kondo, C. Konseibo, V. Meleshko, W. Stein, Y. Tamaura, H. Xu, R. Zilles, Direct Solar Energy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2011.p343.



شكل رقم 59: آلية توليد الكهرباء من الطاقة الكهروضوئية

المصدر: أكاديمية الطاقة الألمانية في الأردن، <https://www.gea-jordan.academy>

2024/08/03، 18:46.

تعد الخلايا الكهروضوئية المصنوعة من رقائق السيليكون أحادية ومتعددة البلورات، التقنيات

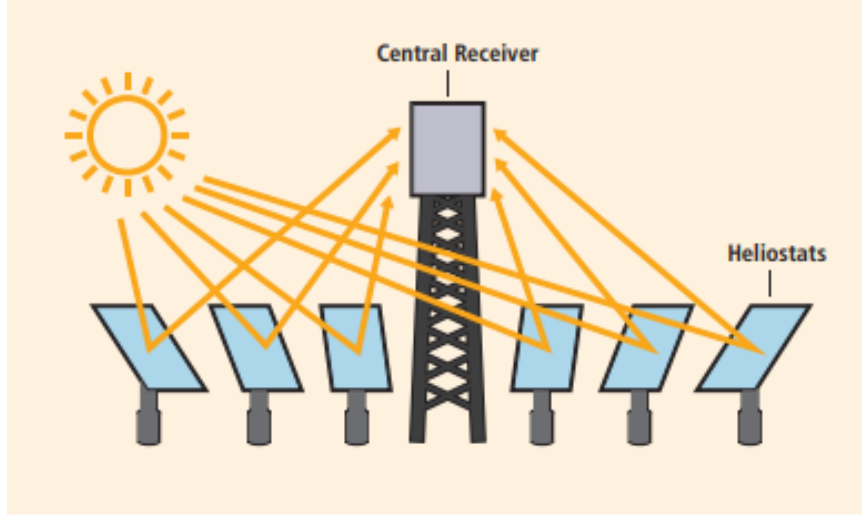
السائدة في سوق الطاقة الكهروضوئية.¹

2-3 الطاقة الشمسية المركزة: تنتج هذه التقنية الكهرباء من خلال تركيز إشعاع الشمس المباشر

لتسخين سائل أو صلب أو غاز ثم يتم استخدامه في عملية لاحقة لتوليد الكهرباء بما يعوّض التسخين

الناتج عن الوقود الأحفوري لتوليد الكهرباء، تظهر آلية التوليد كما هو موضح في الشكل 60.

¹ Rachid, A., Goren, A., Becerra, V., Radulovic, J., Khanna, S. Photovoltaic Cells and Systems. In: Solar Energy Engineering and Applications. Power Systems. Springer, Cham, 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20830-0_2.



شكل رقم 60: آلية الطاقة الشمسية المركزة

المصدر: Arvizu, D., P. Balaya, L. Cabeza, T. Hollands, A. Jäger-Waldau, M. Kondo, C. Konseibo, V. Meleshko W. Stein, Y. Tamaura, H. Xu, R. Zilles, Direct Solar Energy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, p356.

4- طاقة الكتلة الحيوية: تشمل الكتلة الحيوية¹: الوقود الخشبي أو الزراعي والمنتجات الثانوية المنزلية، سواء كانت سائلاً أو جماد أو غاز، يتم استخدامها في توليد طاقة حرارية أو كهربائية. تتولد الطاقة إما باستغلال الكتلة الحيوية الصلبة، كاستخدام الأخشاب وفضلات الحيوانات وبقايا المحاصيل الغذائية لأغراض التدفئة، كما تتولد عن الكتلة الحيوية، الغاز الحيوي من خلال تخمير الميثان الذي ينتج غاز الميثان، وأيضاً يتولد الوقود الحيوي السائل والمتمثل في الكحول الحيوي كإيثانول، ومن محاسن هذا الوقود، قلة انبعاثاته الدفينة مقارنة بالوقود الأحفوري.

¹ أ. بوكرة كميلية، أ.د. عبد الوهاب شمام، طاقة الكتلة الحيوية بين إشكالية الأمن الطاقوي ومعضلة ارتفاع أسعار الغذاء، مجلة رؤى اقتصادية، العدد (11)، ديسمبر 2016، ص221.

المطلب الثالث: مفهوم ومقومات الكفاءة الطاقوية

تؤدي زيادة الكفاءة الطاقوية إلى تقليل استهلاك الطاقة وانبعاثات الغازات الدفيئة، وهي بهذا تدعم الانتقال الطاقوي، ومن خلال هذا المطلب نبث مفهوم الكفاءة الطاقوية وأهم مقوماتها.

الفرع الأول: مفهوم الكفاءة الطاقوية

مما لا شك فيه أنّ تحقيق الكفاءة الطاقوية ودعم برامج تجسيدها يعدّ عنصراً ذا أهمية بالغة في تحقيق الانتقال الطاقوي. ومن هذا المنطلق فقد عُرِّفت الكفاءة الطاقوية على أنّها¹: استخدام الطاقة اللازمة لتحقيق الطاقة الإنتاجية دون هدر بهدف تحقيق المنافع البيئية والاقتصادية. كما يمكن تعريفها: على أنّها الاستغلال المثالي لموارد الطاقة المتاحة من خلال آليات ترشيد الاستهلاك وضمان الاستدامة الطاقوية ودعم سياسات الأمن البيئي.

الفرع الثاني: مقومات تحقيق الكفاءة الطاقوية

تعتمد الكفاءة الطاقوية على مقومات أساسية تقوم على ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين استخدام الموارد المتاحة دون التأثير على مستوى الأداء الطاقوي، وفي هذا الفرع نبرز أهم هذه المقومات ودورها في دعم الكفاءة الطاقوية.

1- تحويل الطاقة بكفاءة: يعتبر هذا مبدأً أساسياً في تحقيق الكفاءة الطاقوية إذ يسعى إلى تعظيم

الإنتاج الطاقوي من الطاقات الداخلة (input) مع تقليل الفقد والهدر الطاقوي في جميع مراحل استغلال الطاقة.

على المستوى العلمي يمثّل معدل الاستخراج الطاقوي نسبة الطاقة المنتجة من الطاقة الداخلة.

¹ بن شولاق، ع. بن حسين، ن. أثر تحسين الكفاءة الطاقوية على الأداء البيئي للمؤسسات الصناعية دراسة حالة مؤسسة الإسمنت الحامة بوزيان SCHB-قسنطينة. مجلة معهد العلوم الاقتصادية، 27(1)، 2024، ص26.

$$\text{نسبة الاستخراج الطاقوي (كفاءة التحويل)} = \frac{\text{الطاقة المنتجة}}{\text{الطاقة الداخلة}} \times 100\%$$

وبهذا فكلما ارتفع معدل الاستخراج الطاقوي كلما كانت الكفاءة الطاقوية أكبر مع التنويه لأهمية تقليل فقدان الطاقة المنتجة.

2- موارد العرض الطاقوي: يشتمل هذا العنصر على الكمية المعروضة من الطاقة ومدى تنوع المزيج الطاقوي، واعتماد التكنولوجيا المتقدمة في الإنتاج وشبكة النقل والتوزيع.

3- التخزين الفعال للطاقة: من خلال اعتماد تكنولوجيا التخزين ذات الكفاءة الطاقوية، سواء كانت بطاريات أو التخزين الحراري أو الميكانيكي الذي يحقق الفعالية الاقتصادية.

4- الكفاءة الطاقوية: يشمل هذا المبدأ تلبية الاحتياجات الطاقوية وتغطيتها بموارد مستدامة، وضمان استمرارية سلسلة التوريد.

5- إدارة الطلب على الطاقة: الذي يهدف إلى تقليل الاستهلاك وتحويل الطلب من فترات الذروة إلى فترات أقل طلب على الطاقة.

6- تصميم أنظمة التدفئة والتهوية والتكييف الموفرة للطاقة HVAC: التي توفر مستوى الرفاهية والراحة مع تقليل استهلاك الطاقة وتكاليف التشغيل من خلال إدارة الطلب ودمج الطاقات المتجددة منخفضة التكاليف¹.

¹ Heidarykiany, R., & Ababei, C.. HVAC energy cost minimization in smart grids: A cloud-based demand side management approach with game theory optimization and deep learning. *Energy and AI*, 2024, 16, 100362. <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2024.100362>.

وفي الشكل (61) تتضح أهم مقومات الكفاءة الطاقوية والتي شرحنا أهمها:



شكل رقم 61: مقومات تحقيق الكفاءة الطاقوية

المصدر: Mandel, T., & Pató, Z. Towards effective implementation of the energy efficiency first principle: A theory-based classification and analysis of policy instruments. Energy Research & Social Science, 115, 103613, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103613>.

المبحث الثاني: تحليل المشهد العالمي للطاقات المتجددة

شهد العالم خلال العقد الأخير [2014-2023] تزامناً مع التحديات المتزايدة في مجال الطاقة نمواً وبمعدلات عالية في الطاقات المتجددة، وهذا المبحث يهدف إلى تحليل التوجه العالمي نحو الطاقات المتجددة من خلال تحليل تطور القدرات المركبة منها في المزيج الطاقوي العالمي، وتطور الطاقة الكهربائية وحصلتها من الطاقة الإجمالية.

المطلب الأول: تطور القدرة المركبة من الطاقات المتجددة في العالم

عرف العالم ثورة تحوّل في مجال الطاقة المتجددة، حيث بلغت القدرة المركبة من الطاقات المتجددة في العالم سنة 2023: 4009 جيغا واط، بطاقة إضافية: 2200 جيغا واط في الفترة 2014-2023، كما تطوّرت القدرة المركبة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في نفس الفترة بمعدّل 360%.

نستعرض تطور القدرة المركبة من الطاقات المتجددة في العالم من خلال الجدول التالي:

جدول رقم 7: تطوّر القدرة المركبة لمختلف المصادر الطاقوية المتجددة في العالم 2014-2023

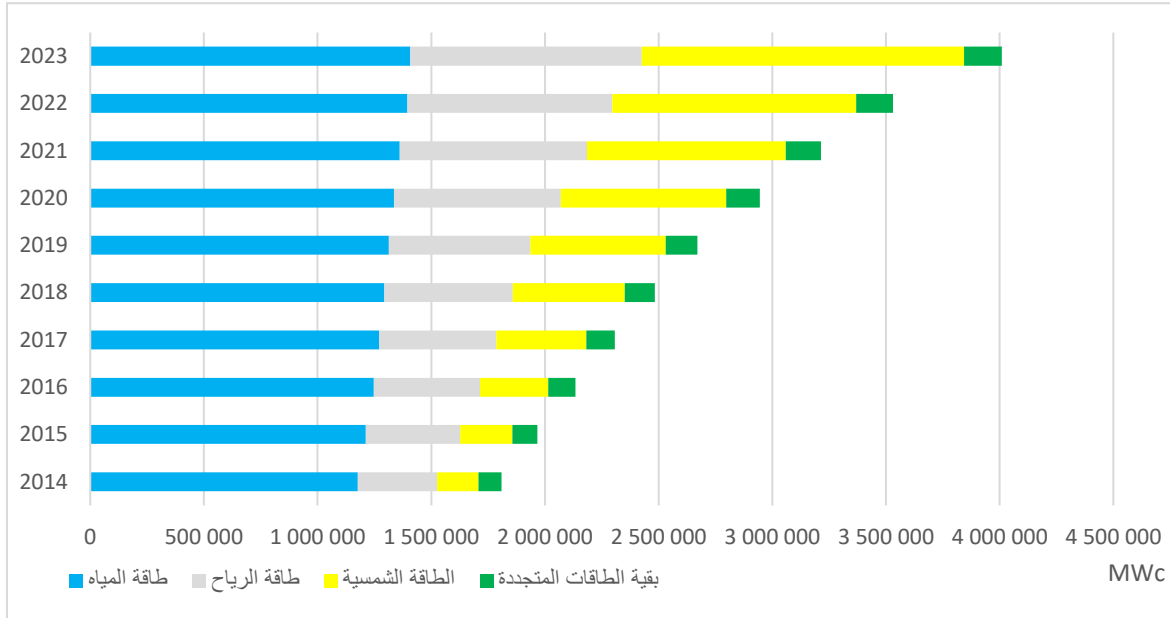
القدرة المركبة (ميغاواط)	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
طاقة المياه	1 176 804	1 211 412	1 247 036	1 270 897	1 294 094	1 313 071	1 335 280	1 360 923	1 395 266	1 407 754
طاقة الرياح	349 418	416 335	466 956	515 045	563 840	622 773	733 719	824 602	901 231	1 017 199
الطاقة الشمسية	180 759	229 058	301 186	396 316	492 641	595 492	728 405	873 858	1 073 136	1 418 969
بقية الطاقات المتجددة	102 606	109 202	118 372	124 668	132 332	139 594	147 882	154 467	161 074	165 634
مجموع الطاقة المركبة في العالم	1 809 587	1 966 007	2 133 550	2 306 926	2 482 907	2 670 930	2 945 286	3 213 850	3 530 707	4 009 556

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات تقارير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة IRENA.

نحلّل محتوى الجدول (7) بهدف التعرّف على الاتجاهات الرئيسية حول التطورات العالمية في

استخدام مصادر الطاقة المتجددة، من خلال الشكل (62) الذي يعرض تطور القدرة المركبة الكلية

للطاقات المتجددة:



شكل رقم 62: تطور القدرة المركبة من الطاقات المتجدد في العالم 2014-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات تقارير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة IRENA.

تطورت القدرة المركبة من الطاقات المتجددة عالمياً بمعدل: 122% في الفترة 2014-2023

للتجاوز 4 تيراواط. حيث ارتفعت القدرة المركبة من طاقة المياه بمعدل 20% في الفترة 2014-

2023، لتمثّل حصة 35% من مجموع القدرة المركبة من الطاقات المتجددة بعد أن كانت تمثّل

حصة 65% سنة 2014. ويفسّر تراجع حصة طاقة المياه لانخفاض معدل تطورها مقارنة بغيرها

من الطاقات المتجددة الأخرى (الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، ...)، وهذا بسبب: تشبّع الموارد

المتاحة باعتبار استغلال كثير من المواقع المناسبة، كذلك ارتفاع تكاليف الاستثمار الأولية فهي

عالية جداً، ومحدودية مياه الأمطار في ظلّ التغيرات المناخية وغيرها.

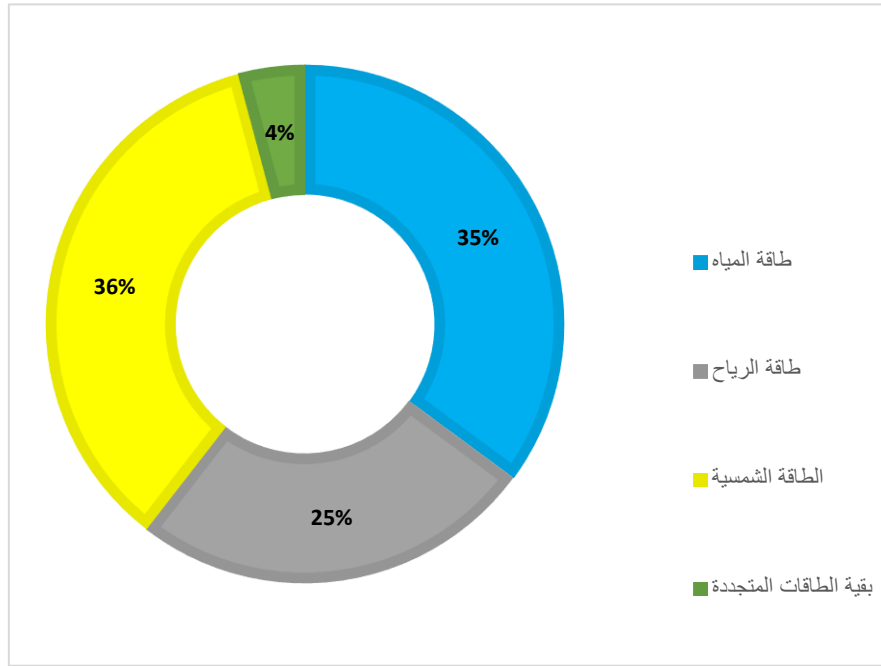
شهدت القدرة المركبة من طاقة الرياح تطورًا بمعدل 191% في الفترة 2014-2023 أي أنها تضاعفت ثلاث مرات عما كانت عليه، لتمثل بهذا حصة الربع من القدرة الإجمالية في العالم، بفعل تطور تكنولوجيا التوربينات وانخفاض تكاليف الإنشاء والتشغيل التي أسهمت بدورها في رفع الكفاءة الاقتصادية والفعالية الطاقوية. تعتبر دولة الصين ذات الحصة الأكبر في تطوير قدرة الطاقة الريحية فقد ساهمت بحصة 52% من القدرة الجديدة في الفترة 2014-2023.

إنّ تطوّر القدرة المركبة من الطاقة الشمسية يعتبر طفرة في عالم الطاقة حيث ارتفعت بمعدل 685% بين سنة 2014 و 2023، فقد تضاعفت 7 مرات عما كانت عليه، وقد تحوّلت حصة الطاقة الشمسية من القدرة المتجددة من 10% سنة 2014 إلى حصة 35% سنة 2023. تتمثل الطاقة الشمسية في الطاقة الكهروضوئية بحصة 97% في سنة 2014 وبنسبة 100% سنة 2023. أسهم التقدّم السريع في تقنيات وتكنولوجيا توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية الكهروضوئية في خفض تكلفة إنتاج الألواح الشمسية، وتحسين كفاءتها الإنتاجية، وقد اضطلعت الصين بدورٍ محوري حيث شاركت بحصة 47% من الطاقة الجديدة في ذات الفترة.

تتمثل بقية الطاقات المتجددة في طاقة الكتلة الحيوية وطاقة حرارة الأرض والطاقة البحرية. وتعتبر أقل أهمية من غيرها من الطاقات المتجددة فهي تمثل حصة 4,13% (طاقة الكتلة الحيوية 3,75%، طاقة حرارة الأرض 0,37%، الطاقة البحرية 0,01%). وقد تطوّرت في الفترة 2014-2023 بمعدل 61% بقدرة: 63028 ميغاواط. فهي تعتبر أكثر ارتفاعًا من حيث تكاليف الاستثمار والتشغيل مقارنة بغيرها مما يجعلها أقل كفاءة وانتشارًا.

تتلخّص حصص المصادر الطاقوية من القدرة المركبة المتجددة كما هو موضّح في الشكل

(63):



شكل رقم 63: حصص مساهمة الطاقات المتجددة في القدرة العالمية

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات تقارير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة IRENA.

المطلب الثاني: تحليل تطور القدر المركبة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح حسب

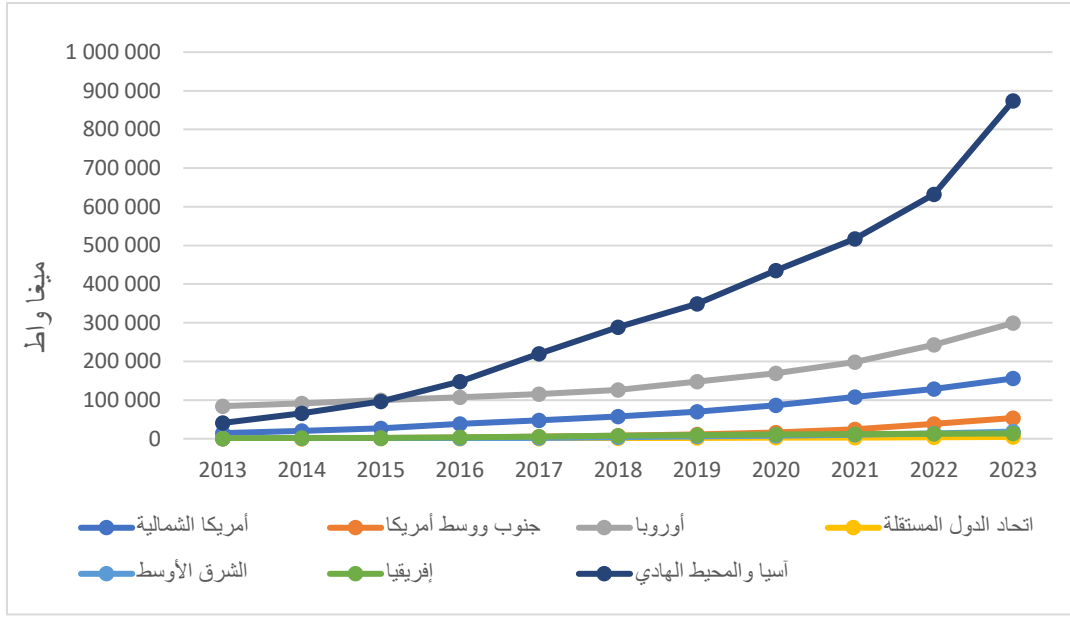
الأقاليم الدولية

إن أهمية الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ومكانتهما الرئيسية في المزيج الطاقوي المتجدد، والتي ترجع للاعتبارات السالفة الذكر من كفاءة اقتصادية وفعالية طاقوية، أدت إلى نمو القدرات المركبة منها في جميع أنحاء العالم ولكن على تفاوت منها حسب المناطق والأقاليم الدولية. وفي هذا المطلب نحلل القدرات المركبة منها حسب الأقاليم الدولية.

الفرع الأول: تطور القدرة المركبة من الطاقة الشمسية

من خلال الشكل: (64) نستعرض تطور القدرة المركبة من الطاقة الشمسية حسب حصص

المناطق الدولية منها.



شكل رقم 64: تطور القدرة المركبة من الطاقة الشمسية حسب المناطق الدولية

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات تقارير Energy Institute.

تطورت الطاقة الإنتاجية من الطاقة الشمسية في العالم بمعدل 900% بين سنة 2013 وسنة

2023، فقد تضاعفت 10 مرات عما كانت عليه، وقد أسهمت دول شرق آسيا والمحيط الهادي في

هذا التطور بقدرة: 832714 ميغاواط أي بحصة: 65% من القدرة الإضافية.

تطوّرت القدرة المركبة من الطاقة الشمسية في دول آسيا والمحيط الهادي بمعدل 2037% في

الفترة 2013-2023، أي أنها تضاعفت بـ: 21 مرة عما كانت عليه في سنة 2013، لتمثل حصة

62% من القدرة العالمية في سنة 2023. تمثل القدرة المركبة الإضافية للصين حصة 71% من

القدرة الإضافية للمنطقة، فهي تعتبر الفاعل الأساسي في تحول المنطقة نحو الطاقة الشمسية، حيث

بلغت قدرتها الإنتاجية نسبة: 70% من المنطقة سنة 2023.

شهدت دول أوروبا تطوّرًا في قدراتها المركبة من الطاقة الشمسية بمعدل: 255% في الفترة

2013-2023، لتمثل حصة 21% من القدرة الإجمالية، وهذا بعد أن كانت تمثل 60% في سنة

2013، فقد كانت رائدة إلى غاية سنة 2015، لتتناقص حصتها من القدرة العالمية في ظلّ الارتفاع

العالي لقدرة دول آسيا والمحيط الهادي. تمثل كل من ألمانيا (27%) وإسبانيا (10%) وهولندا (8%) وفرنسا (7%) بمجموعها حصة 52% من قدرة أوروبا الإجمالية.

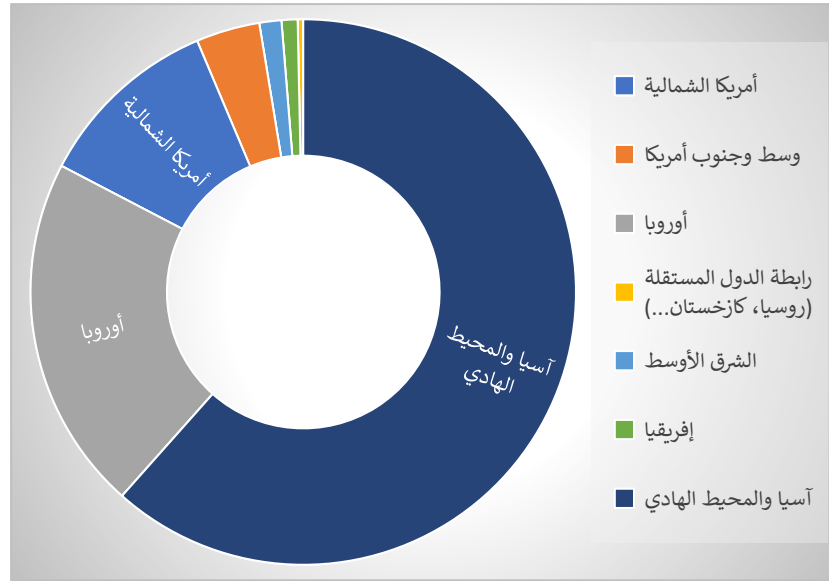
تمثل دول أمريكا الشمالية حصة 11% من الطاقة العالمية سنة 2023، بقدرة 155873 ميغاواط، وقد تطوّرت بـ 10 أضعاف عما كانت عليه في سنة 2013، لتساهم بتطوير القدرة العالمية بحصة 11%، حيث تعتبر الولايات المتحدة الأمريكية المهيمنة بقدرة حصتها 89%.

تمثل القدرة المركبة في دول جنوب ووسط أمريكا حصة 4% من القدرة العالمية، وقد تطورت بطاقة 53146 ميغاواط في الفترة 2013-2023، تعتبر البرازيل الدولة الأهم في المنطقة بحصة 70%.

تعتبر كل من منطقة: الشرق الأوسط وإفريقيا واتحاد الدول المستقلة أقل أهمية من حيث القدرة المركبة من الطاقة الشمسية حيث تمثل على الترتيب: 1,31%، 0,95%، 0,33% من القدرة العالمية، يُعزى هذا التأخر في الانخراط الفعّال في مشاريع الطاقة الشمسية إلى مجموعة من العوامل أهمها: الاعتماد الكبير على مصادر الوقود الأحفوري بحكم توافر موارده الطبيعية، إلى جانب التحديات المرتبطة بالبنية التحتية، وضعف السياسات الحكومية الداعمة لتطوير قطاع الطاقة المتجددة، مع الإمكانيات والمؤهلات الطبيعية الهائلة لهذه المناطق خاصة إفريقيا والشرق الأوسط، التي تتوفر على إشعاع شمسي هو الأعلى في العالم.

ومن خلال الشكل (65) نلخص حصص المناطق من القدرة المركبة من الطاقة الشمسية في

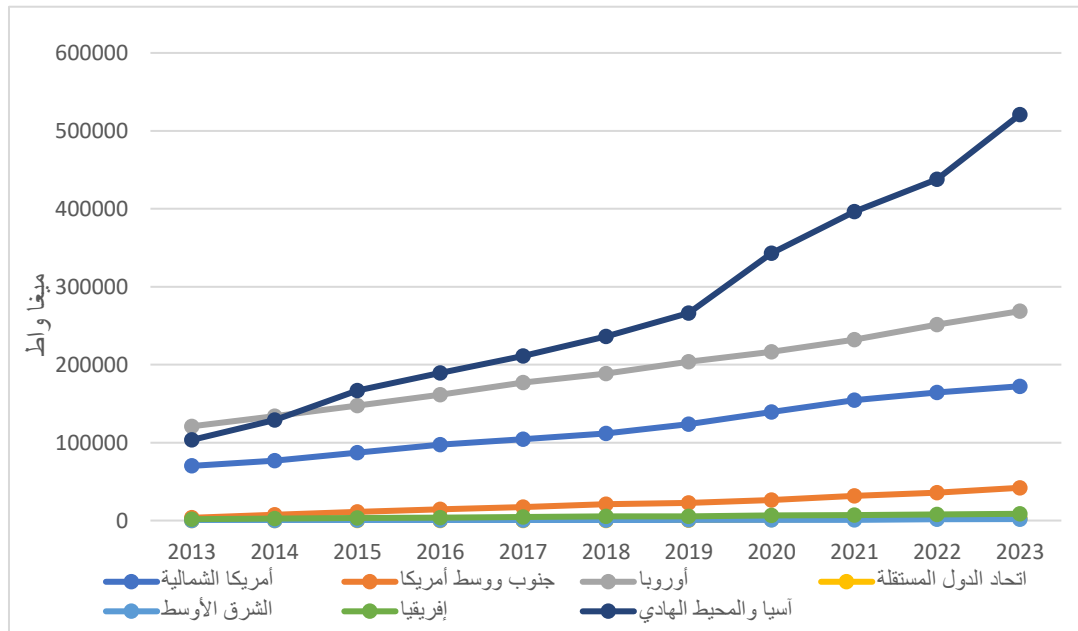
سنة 2023:



شكل رقم 65: توزيع القدرة المركبة من الطاقة الشمسية حسب المناطق الدولية
المصدر: من إعداد الطالب.

الفرع الثاني: تطور القدرة المركبة من طاقة الرياح

من خلال الشكل: (66) نستعرض تطور القدرة المركبة من طاقة الرياح حسب حصص المناطق الدولية منها.



شكل رقم 66: تطور القدرة المركبة من طاقة الرياح حسب المناطق الدولية

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات تقارير Energy Institute.

تطوّرت القدرة المركبة من طاقة الرياح في العالم بنسبة 239% بين سنة 2013 وسنة 2023، وقد أسهمت دول شرق آسيا والمحيط الهادي في هذا التطور بنسبة: 58% من القدرة الإضافية.

تطوّرت القدرة الإنتاجية من طاقة الرياح في دول آسيا والمحيط الهادي بمعدّل 403,6% في الفترة 2013-2023، فقد تضاعفت بـ: 5 مرات عمّا كانت عليه في سنة 2013، لتمثّل حصة 51,2% من القدرة العالمية بطاقة: 520912 ميغاواط في سنة 2023. تمثّل القدرة المركبة الإضافية للصين في نفس الفترة: 365164 ميغاواط أي بنسبة 87% من القدرة الإضافية للمنطقة، فهي تعتبر ذات دور محوريّ في تحوّل المنطقة والعالم نحو طاقة الرياح، حيث بلغت قدرتها الإنتاجية نسبة: 85% من المنطقة و43% من العالم سنة 2023.

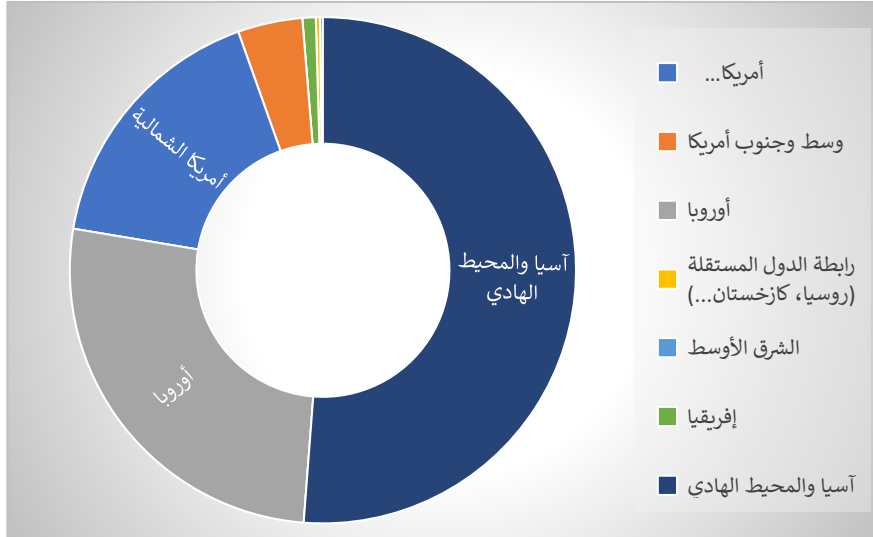
تطوّرت القدرة المركبة من طاقة الرياح في دول أوروبا بمعدّل: 122% في الفترة 2013-2023، لتمثّل حصة 26% من القدرة العالمية، وقد كانت تمثّل 40% في سنة 2013، لتتناقص حصتها من القدرة العالمية في ظلّ ارتفاع معدل التطور لقدرة دول آسيا والمحيط الهادي. تمثّل كل من ألمانيا (26%) وإسبانيا (11,5%) وبريطانيا (11,2%)، وفرنسا (8%) وسويد (6%)، فهي تمثّل بمجموعها حصة 63% من قدرة أوروبا الإجمالية.

تمثّل دول أمريكا الشمالية نسبة 17% من القدرة العالمية في سنة 2023، وقد تطوّرت بمرتين ونصف عمّا كانت عليه في سنة 2013 لتساهم بتطوير القدرة العالمية بحصة 14%. تهيمن الولايات المتحدة الأمريكية بنسبة 86% من المنطقة.

تمثّل القدرة المركبة لدول جنوب ووسط أمريكا نسبة 4% من القدرة العالمية، وقد تطورت بطاقة 38476 ميغاواط فقد تضاعفت بـ 12 مرة في الفترة 2013-2023، تمثّل البرازيل حصة 70% من قدرة المنطقة.

تعتبر كل من منطقة إفريقيا واتحاد الدول المستقلة والشرق الأوسط الأقل حصة من حيث القدرة المركبة من طاقة الرياح حيث تمثل على الترتيب: 0,9%، 0,3%، 0,2% من القدرة العالمية. ومن خلال الشكل: (67) نلخص حصص المناطق من القدرة المركبة من طاقة الرياح في

سنة 2023:



شكل رقم 67: توزيع القدرة المركبة من طاقة الرياح حسب المناطق الدولية

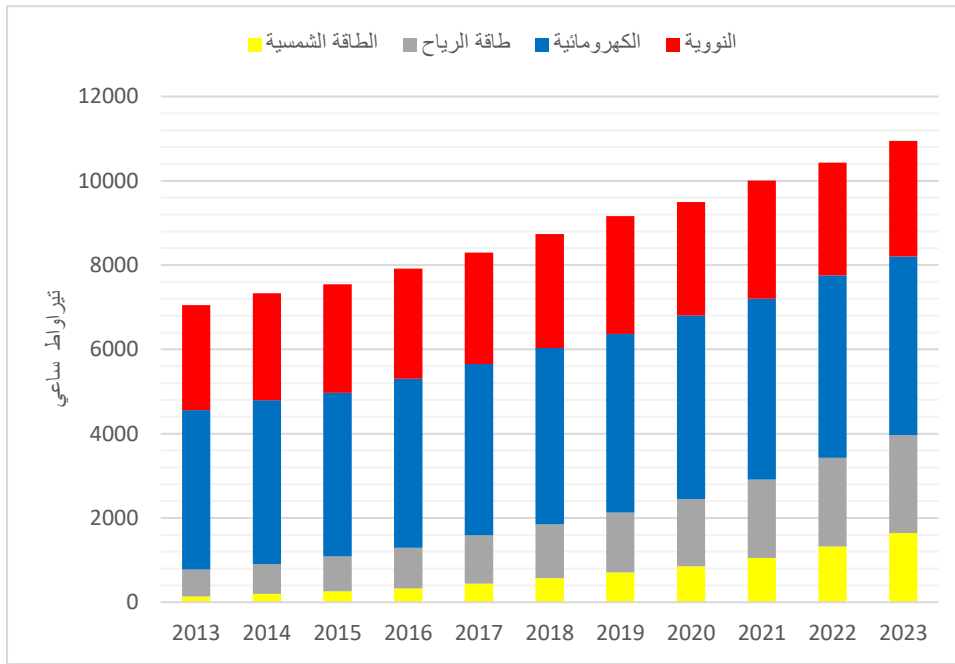
المصدر: من إعداد الطالب.

المطلب الثالث: تحليل تطور الإنتاج الكهربائي من الطاقات النظيفة في العالم

في ظل التحول العالمي نحو الطاقات المتجددة بمعدل 122% في القدرات المركبة من الطاقة الشمسية وطاقة المياه وطاقة الرياح وغيرها، شهدت الطاقة الكهربائية المنتجة من الطاقات المتجددة تطوراً ملحوظاً خلال العقد الأخيرة، وفي هذا المطلب نحلل نمو الطاقة الكهربائية من الطاقات المنخفضة الكربون (الطاقات المتجددة والطاقة النووية).

الفرع الأول: تطور الإنتاج الكهربائي من الطاقات النظيفة

نستعرض تطور طاقة الكهرباء المولدة من الطاقات النظيفة في الشكل (68):



شكل رقم 68: تطور توليد الكهرباء من الطاقات النظيفة 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات IRENA.

تطورت الطاقة الكهربائية المنتجة من الطاقات النظيفة الأقل انبعاثا للكربون بطاقة

3892,254 تيراواط ساعي أي بمعدل: 55% في الفترة 2013-2023 لتقارب 11000 تيراواط

ساعي، ساهمت الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في الطاقة الإضافية بمعدل 82% والطاقة الكهرومائية

بحصة 12% والطاقة النووية بحصة 6%.

ارتفع توليد الكهرباء من طاقة المياه بمعدل 12% في الفترة 2013-2023 بطاقة 452,12

تيراواط ساعي، وقد انخفضت حصة مساهمتها في توليد الكهرباء من الطاقات النظيفة من نسبة

54% إلى نسبة 39% في ظل ارتفاع معدلات نمو بقية الطاقات المتجددة (طاقة الرياح والطاقة

الشمسية).

عرف إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية ارتفاعا بنسبة 10% وهي ما تعادل 247,387 تيراواط

ساعي بين سنة 2013 و2023، لتمثل حصة 25% من الطاقة الكهربائية النظيفة.

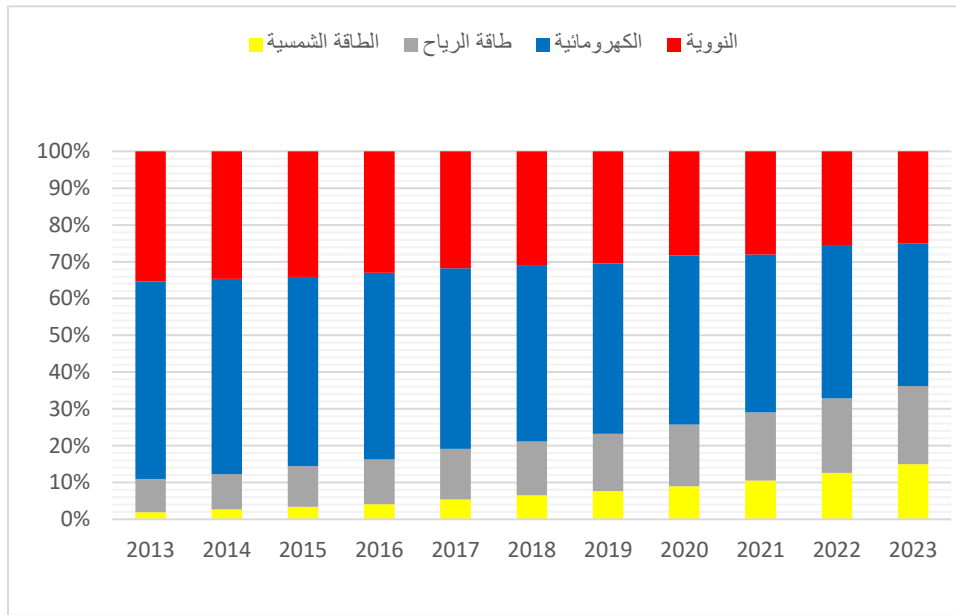
ارتفعت الطاقة الكهربائية المنتجة من طاقة الرياح بمعدل 266% في الفترة 2013-2023 لتمثل حصة 21% بعد أن كانت تمثل 9%.

تطوّرت الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية بمعدل: 1084% أي تضاعفت 12 مرة سنة 2023 عما كانت عليه في سنة 2013، لتمثل حصة 15% من الطاقة النظيفة بعد أن كانت تمثل 2%.

وتعتبر طاقة الرياح والطاقة الشمسية المزيج الطاقوي الحديث الذي يظهر في المشهد العالمي بمعدلات نمو عالية ونشير إلى جزئية مهمة أنّ نسبة الطاقة الكهربائية المنتجة من الطاقة الشمسية مقارنة بالقدرة المركبة منها تمثل 13% كتشغيل سنوي فهي تشتغل مدة 1157 ساعة في سنة 2023، فهي تشتغل بمقدار: شهر و18 يوم، أما الكهرباء من طاقة الرياح فهي تمثل 26% من القدرة الكلية فقد اشتغلت 2286 ساعة في سنة 2023 أي مدة: 3 أشهر و5 أيام في السنة، ويرجع هذا إلى أسباب أهمها: عدم وضع المحطات المنجزة قيد الخدمة أو عدم تشغيلها بشكل كلي، كما تعتبر المحطات المعزولة عن شبكة الربط مرتبطة بالطلب المحلي للمنطقة على الكهرباء.

ونلخص التحوّل الحادث في الإنتاج الأولي من الطاقة الكهربائية حسب حصص مساهمة

الطاقات المتجددة والطاقة النووية في الشكل (69):



شكل رقم 69: تطور حصص الطاقات النظيفة من الكهرباء

المصدر: من إعداد الطالب

الفرع الثاني: تطور الإنتاج الكهربائي من الطاقات المتجددة

في هذا الفرع نخص ثلاث مصادر أساسية للطاقات المتجددة: الطاقة الكهرومائية، وطاقة

الرياح، والطاقة الشمسية، باعتبار أهمية حصتها الطاقوية:

أولاً: تطور الطاقة الكهرومائية

تعتبر طاقة المياه من الطاقات المتجددة الأقدم اعتماداً في توليد الكهرباء، بل هي المصدر

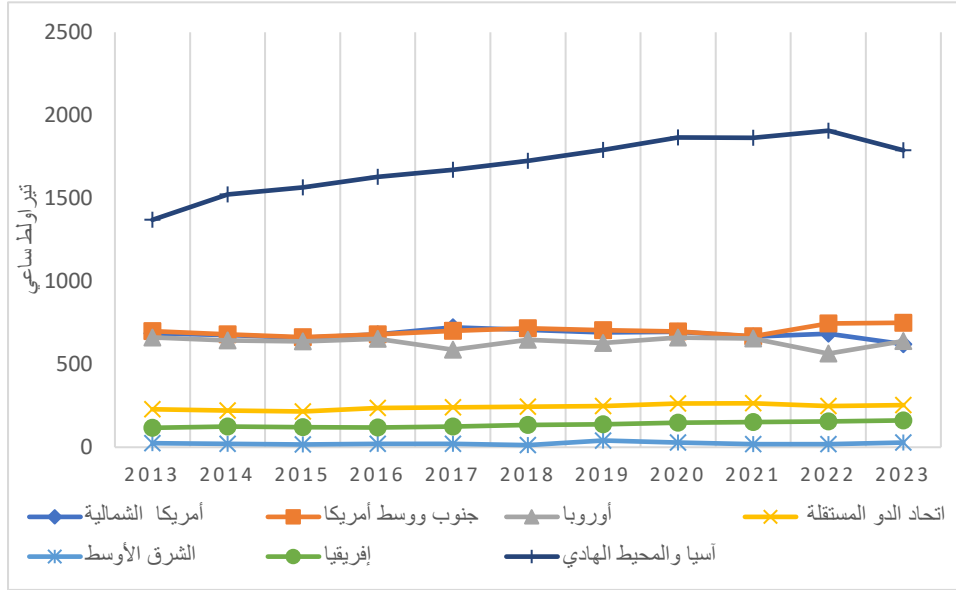
الطاقوي الأساسي، حيث بلغت طاقة إنتاجها في سنة 1965: 923 تيراواط ساعي بحصة 98%

من الطاقات المتجددة، وبقيت على هذا الحال لمدة خمسة عقود، ففي سنة 2015 مثّلت حصتها

نسبة: 70%.

ومن خلال الشكل (70) نستعرض تطور الطاقة الكهربائية المولدة من طاقة المياه حسب

المناطق الدولية:



شكل رقم 70: تطور الطاقة الكهرومائية في المناطق الدولية 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات تقارير Energy Institute.

تمثل دول آسيا والمحيط الهادي نسبة 42% من الطاقة العالمية في شعبة الطاقة الكهرومائية، فقد تطورت بمعدل 31% في الفترة 2013-2023 بطاقة 418,242 تيراواط ساعي، فبهذا قد ساهمت بحصة 92,5% من الطاقة الإضافية العالمية من طاقة المياه. تمثل الصين حصة 70% من الطاقة المنتجة من المياه في المنطقة.

ارتفعت الطاقة الكهرومائية في دول جنوب ووسط أمريكا بمعدل 7% في الفترة 2013-2023، لتبلغ حصة 18% من الإنتاج العالمي من طاقة المياه. تمثل البرازيل 58% من هذه الطاقة، فهي تتوفر على 20% من مياه العالم¹ وهو ما أهلها للمرتبة الثانية عالميًا في إنتاج الكهرباء من المياه.

تمثل كل من أوروبا وأمريكا الشمالية 15% من الطاقة الكهرومائية العالمية سنة 2023، حيث تراجعَت الطاقة الكهربائية المولدة من المياه في أوروبا بمعدل: 3%، وتراجعت في أمريكا

¹ مجموعة البنك الدولي، [قد تمتلك البرازيل 20 في المائة من مياه العالم، لكنها لا تزال شديدة العطش](#)، 21:59.

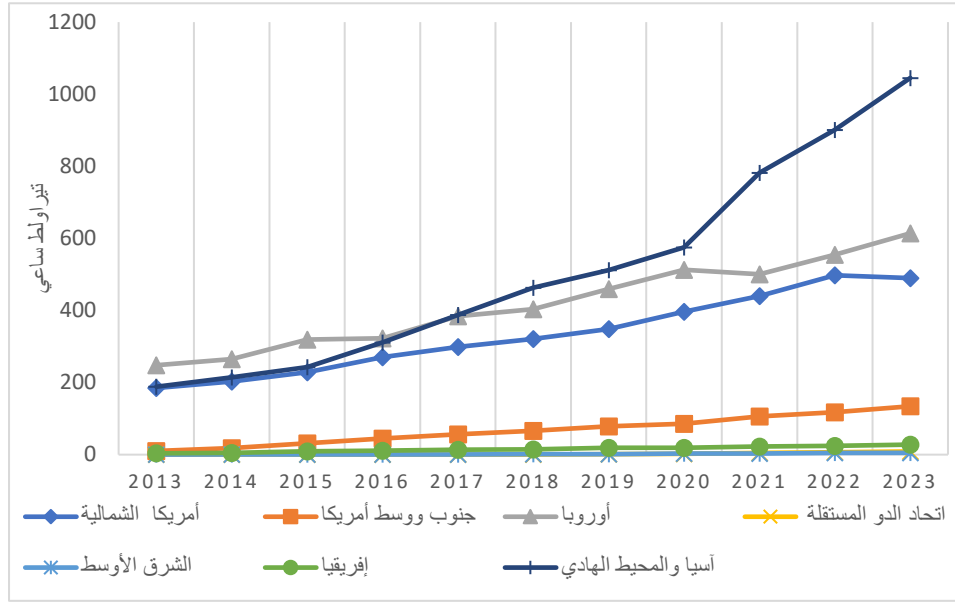
الشمالية بمعدل: 10%. تمثل النرويج 21%، السويد 10%، تركيا 10%، وفرنسا 8% من الطاقة الكهرومائية لأوروبا. في حين تمثل كندا حصة 59% والولايات المتحدة الأمريكية 38% من الطاقة الكهرومائية لأمريكا الشمالية.

ارتفعت الطاقة الكهرومائية في اتحاد الدول المستقلة بمعدل 10% بين سنة 2013 و2023، لتبلغ 253 تيراواط ساعي وهو ما يمثل 6% من الطاقة الكهرومائية العالمية. تمثل روسيا حصة 79% من إنتاج الطاقة الكهرومائية في المنطقة.

تمثل إفريقيا نسبة 4% من إنتاج الطاقة الكهرومائية في العالم سنة 2023 حيث تطورت بمعدل 38% في الفترة 2013-2023. بينما يمثل دول الشرق الأوسط حصة 1% من الطاقة العالمية. مع أن إفريقيا تمتلك موارد مائية معتبرة مثل نهر النيل ونهر الكونغو ونهر النيجر وغيرها تؤهلها لتعزيز المزيج الطاقوي من طاقة المياه، إلا أن ارتفاع تكاليف البنية التحتية وغياب التمويل والاضطرابات السياسية تحول دون تحقيق ذلك. بالمقابل دول الشرق الأوسط فهي تعتبر مناطق تتميز بندرة المياه نتيجة المناخ الصحراوي والجفاف، مما يحد من إمكانيات تطوير مشاريع الطاقة الكهرومائية، فهي تركز أكثر على تطوير الطاقة الأحفورية والطاقة الشمسية بسبب ارتفاع مستوى الإشعاع الشمسي وطول مدة السطوع السنوي.

ثانيًا: تطور طاقة الرياح

تسهم طاقة الرياح بتوليد 28% من الكهرباء المنتجة من الطاقات المتجددة في العالم، بطاقة 2325,306 تيراواط ساعي سنة 2023، وقد عرف المشهد العالمي توجهه نحو اعتماد الطاقة الريحية، على تفاوت بين المناطق الدولية كما هو في الشكل (71):



شكل رقم 71: تطور طاقة الرياح في المناطق الدولية 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات تقارير Energy Institute.

تطوّرت الطاقة الكهربائية المولّدة من الرياح في دول آسيا والمحيط الهادي بمعدّل 455% في الفترة 2013-2023، بطاقة 856,691 تيراواط ساعي وبهذا تساهم بمعدّل 51% من طاقة الرياح العالمية الإضافية في نفس الفترة. تمثّل الصين نسبة 85% من الطاقة المنتجة من الرياح في المنطقة في سنة 2023.

تمثّل أوروبا حصة 26% من طاقة الرياح العالمية، حيث ارتفعت بمعدّل 148% في الفترة 2013-2023. وتتصدر كل من: ألمانيا بنسبة 23%، والمملكة المتحدة بنسبة 13% وإسبانيا بمعدّل 10% المشهد الأوروبي في شعبة طاقة الرياح.

ارتفعت الكهرباء المنتجة من طاقة الرياح في أمريكا الشمالية 165% في الفترة 2013-2023 بطاقة: 305,2529 تيراواط ساعي لتمثّل حصة 21% من الطاقة العالمية من الرياح. تمثّل الولايات المتحدة الأمريكية 87% من الطاقة المولّدة من الرياح في أمريكا الشمالية.

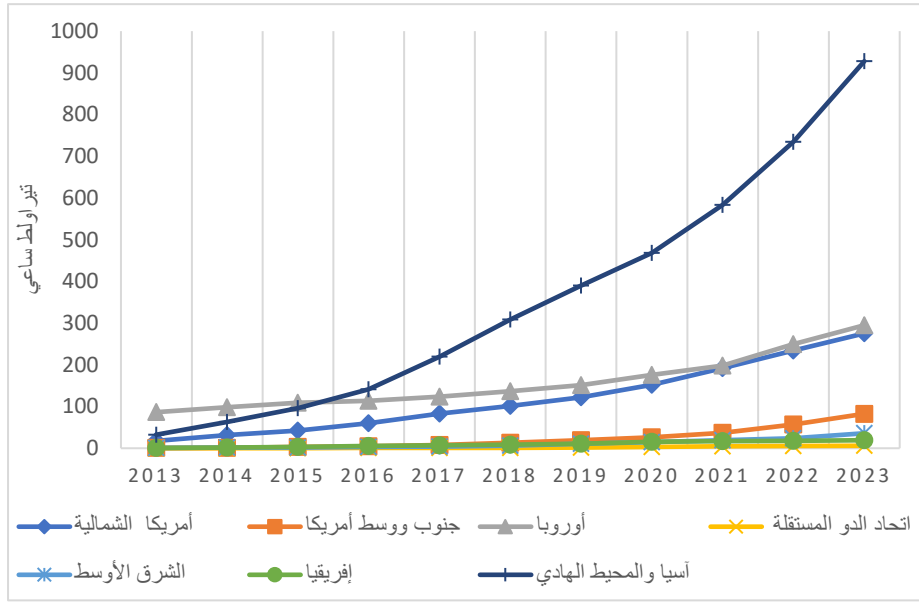
تمثّل جنوب ووسط أمريكا نسبة 6% من الإنتاج الكهربائي من الرياح سنة 2023. وقد تطوّر في الفترة 2013-2023 بمعدّل 1214% بطاقة: 123,96 تيراواط ساعي. تمثّل البرازيل حصة 71% من الكهرباء المنتجة من الرياح في المنطقة.

تمثّل إفريقيا واتحاد الدول المستقلة والشرق الأوسط معدل: 1,2%، 0,4%، 0,2% على الترتيب من إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح في سنة 2023.

إنّ أهمية طاقة الرياح تكمن في كونها مرافق لبقية الطاقات المتجددة (طاقة المياه والطاقة الشمسية)، حيث تسهم في استدراك انخفاض الطاقة، سواء لانخفاض مخزون المياه أو غياب أشعة الشمس، في ظلّ وفرة المورد الطبيعي وانخفاض التكاليف التشغيلية.

ثالثاً: تطوّر الطاقة الشمسية

تعتبر شعبة الطاقة الشمسية إحدى الركائز الأساسية للتحوّل الطاقوي العالمي، حيث ساهمت التطورات التكنولوجية، وانخفاض تكاليف الاستثمار والتشغيل، والدعم الحكومي، في تعزيز انتشارها لتمثّل 20% من الإنتاج الأولي من الطاقات المتجددة في العالم بمعدل تطوّر 1084% في الفترة 2013-2023. وعلى الرغم من التقدم المشترك إلا أنّه هناك تفاوت في الإنتاج الطاقوي منها بين المناطق الدولية، ومن خلال الشكل (72) نسعى لتوضيح ذلك:



شكل رقم 72: تطور الطاقة الشمسية في المناطق الدولية 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات تقارير Energy Institute.

يتطور الإنتاج الكهربائي من الطاقة الشمسية في دول آسيا والمحيط الهادي بمعدل 2759%

في الفترة 2013-2023 لتمثل حصة 57% من الطاقة العالمية من الطاقة الشمسية بطاقة

927,747 تيراواط ساعي، وهذا بعد أن كانت تمثل 23% بطاقة 32,451 تيراواط ساعي. ساهمت

الصين بطاقة إضافية وفي نفس الفترة مقدارها: 575,78 تيراواط ساعي أي بنسبة 64% من الطاقة

الإضافية في المنطقة. كم أسهمت الهند بطاقة 109,98 تيراواط ساعي.

تمثل أوروبا حصة 18% من الكهرباء المنتجة من الطاقة الشمسية في العالم حيث ارتفعت

في الفترة 2013-2023 بمعدل 241% لتبلغ طاقة: 294,87 تيراواط ساعي، تمثل ألمانيا منها

نسبة 21% وإسبانيا نسبة 15% وإيطاليا 10%.

تضاعفت الكهرباء المنتجة من الطاقة الشمسية بأمريكا الشمالية بأكثر من 15 مرة في الفترة

2013-2023 بطاقة إضافية 257,665 تيراواط ساعي، لتبلغ حصة 17% من الطاقة العالمية.

تمثل الولايات المتحدة الأمريكية نسبة 86,5% من الكهرباء المنتجة من الطاقة الشمسية في المنطقة.

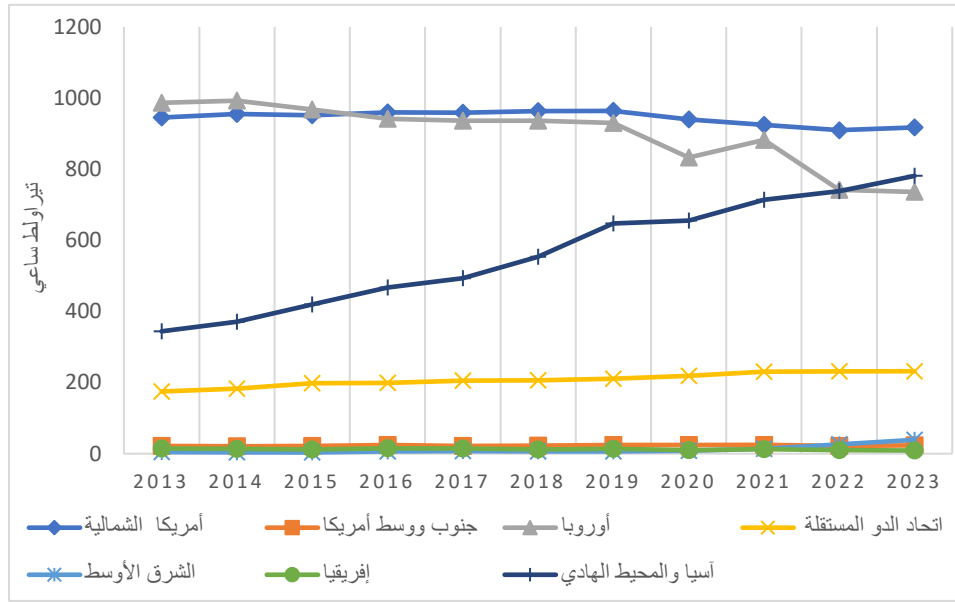
تمثّل منطقة الشرق الأوسط حصة 2,2% من الكهرباء الإجمالية المولّدة من الطاقة الشمسية لسنة 2023 حيث بلغت 35,907 تيراواط ساعي، في حين أنتجت 0,682 تيراواط ساعي في سنة 2013. تتصدر المنطقة دولة الإمارات المتحدة بحصة 38%. وقد أشرنا من قبل إلى أهمية توفير الوقود الأحفوري في الشرق الأوسط على مستوى القدرات المركبة من الطاقات المتجددة.

ولدت دول إفريقيا طاقة كهربائية مقدارها: 19,197 تيراواط ساعي من الطاقة الشمسية وهي تمثّل حصة 1,2% من الإنتاج العالمي، مع أنّ قارة إفريقيا تعتبر المنطقة الأعلى من حيث كمية الطاقة الشمسية الإجمالية المتساقطة وعدد ساعات السطوع الشمسي وقوة الإشعاع حيث يبلغ 2400 كيلواط في المتر المربع الواحد سنوياً¹، ويفسّر هذا بضعف التمويل والاستثمار والبنية التحتية من شبكات نقل وتوزيع الكهرباء، بالإضافة إلى غياب التأطير التنظيمي لمشاريع الطاقات المتجددة والسياسات الداعمة لها مع عدم الاستقرار السياسي.

الفرع الثالث: تطور الإنتاج الكهربائي من الطاقة النووية

الطاقة النووية هي تقنية راسخة وفرت الكهرباء لأكثر من 50 عاماً، وهي اليوم تحتل المرتبة الثانية بعد الطاقة الكهرومائية من بين المصادر منخفضة الانبعاثات، بحصة 9% من الإنتاج الكهربائي من جميع المصادر الطاقوية، بطاقة مقدارها: 2737.7 تيراواط ساعي سنة 2023، ومن خلال الشكل نستعرض تطوّر الإنتاج الكهربائي من الطاقة النووية حسب توزيع المناطق الجغرافية كما يلي:

¹ Solar resource maps & GIS data. <https://solargis.com/resources/free-maps-and-gis-data?locality=africa>. 18/01/2025. 12:28.



شكل رقم 73: تطور الطاقة النووية في المناطق الدولية 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات تقارير Energy Institute.

تطورت الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية في العالم بمعدل 10% في الفترة 2013-2023،

لتمثل حصة 25% من إنتاج الطاقة النظيفة. تعتبر حادثة فوكوشيما سنة 2011، منعرجاً في اعتماد

المفاعلات النووية في توليد الكهرباء، خاصة بالنسبة لألمانيا واليابان، حيث انخفض توليد الكهرباء

من الطاقة النووية لهما معاً بمعدل 68% في الفترة: 2011-2023 أي بطاقة 184,71 تيراواط

ساعي.

تمثل أمريكا الشمالية نسبة 33,52% من إجمالي الإنتاج الكهربائي من الطاقة النووية سنة

2023، وقد عرف استقراراً نسبياً حيث انخفضت بنسبة 3% بين سنة 2013 و2023. تمثل الولايات

المتحدة الأمريكية 89% بطاقة: 816.2 تيراواط ساعي.

تطورت الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية في آسيا والمحيط الهادي بمعدل 127% في الفترة

2013-2023 لتبلغ: 29% من إجمالي الإنتاج الكهربائي من الطاقة النووية، تعتبر الصين رائدة

الطريق في بناء قدرات جديدة. ومنذ عام 2000، قامت ببناء حوالي 60% من جميع الإضافات

الجديدة في مجال الطاقة النووية. وهي تمثل 41,4% من إنتاج المنطقة، كما تعتبر كوريا الجنوبية

ذات حصة هامة بنسبة 23%، في حين أنّ اليابان وبعد أن كانت تمثل حصة 50% من إنتاج المنطقة في سنة 2010 قبل حادثة فوكوشيما، شهدت تراجعاً بمعدل 100% في الفترة 2010-2014 لتعاود توليد الكهرباء من الطاقة النووية سنة 2015، فقد أعادت المفاعلات تدريجياً إلى الخدمة، ليرتفع الإنتاج بنسبة 50% في سنة 2023.

شهدت أوروبا بمجملها انخفاضاً في الإنتاج الكهربائي من الطاقة النووية في الفترة 2013-2023 بمعدل 25% لتمثل 26,88% من الطاقة الإجمالية من الطاقة النووية العالمية، بعد أن كانت تمثل حصة 40% في سنة 2013، وتتعدد وضعيات دول أوروبا حيث نلاحظ أنّ فرنسا تراجع إنتاجها بـ 88 تيراواط ساعي في الفترة 2013-2023 حيث بلغت ذروة إنتاجها سنة 2005، وفي سنة 2023 اعتمدت على الطاقة النووية في توليد 65% من طاقتها الكهربائية. أمّا إسبانيا فيتميز إنتاجها الكهربائي من الطاقة النووية بالثبات خلال الفترة 2013-2023 لتمثل ثاني أكبر منتج في أوروبا بحصة 8% من الإنتاج الأوروبي. أمّا أوكرانيا فقد عرفت ثباتاً في الفترة 2013-2021 لتراجع الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية في الفترة 2021-2023 بمعدل 39%. أمّا ألمانيا فقد بلغت ذروة إنتاجها في سنة 2001 بطاقة 171,3 تيراواط ساعي لتراجع إلى غاية سنة 2013 بمعدل 43%، لتبلغ سنة 2023 طاقة 8,75 تيراواط ساعي، وهذا في ظلّ عملية إنهاء الطاقة النووية: (Nuclear power phase-out)¹ بسبب مشكلة النفايات النووية، وكيفية التخلص منها.

يعتمد اتحاد الدول المستقلة على الطاقة النووية بمعدل 46% في إنتاج الكهرباء لسنة 2023، حيث ارتفع الإنتاج الكهربائي من الطاقة النووية بنسبة 33% في الفترة 2013-2023 ليمثل حصة:

¹ A. Holzer and Le Anh Tuan, "Effects of nuclear power phase-out in Germany on the Austrian power system," 2015 IEEE Eindhoven PowerTech, Eindhoven, Netherlands, 2015, pp. 1-6, doi: 10.1109/PTC.2015.7232505.

8,47% من الإنتاج النووي العالمي، تمثل روسيا 94% من إنتاج سنة 2023 بطاقة 217,41 تيراواط ساعي، فهو يمثل 18,5% من إنتاجها الكهربائي.

أما بالنسبة للشرق الأوسط فهو يمثل نسبة 1,4% من الإنتاج العالمي من الطاقة النووية ويتمثل في توليد الإمارات العربية المتحدة بحصة 83%، حيث باشرت اعتماد الطاقة النووية في مزيجها الطاقوي في سنة 2020، بلغت الطاقة الكهربائية المنتجة منها 32.3 تيراواط ساعي سنة 2023 لتشارك بنسبة: 20% في الطاقة الكهربائية المولدة في سنة 2023. مع أنّ اعتماد الطاقة النووية في المزيج الطاقوي يسمح بتنويع المصادر الطاقوية ويعزز الموقع الريادي بين دول المنطقة من حيث التقدم التكنولوجي وتحقيق مقومات الاستدامة، إلا أنّه محاط بعدد التحديات أهمها التكاليف الإنشائية والصيانة ومخاطر التعامل مع النفايات النووية وتساعد المخاوف المتعلقة بنشر التكنولوجيا النووية واحتمال استخدامها لأغراض عسكرية، هذا الأخير قد يجعل الدولة هدفاً للتدخلات الدولية مما يقيد قرارات السيادة الوطنية¹. أما إيران فهي تمثل حصة 17% وقد بدأت اعتماد الطاقة النووية في المزيج الطاقوي سنة 2011.

تعتبر كل من دول جنوب ووسط أمريكا ودول إفريقيا أقل أهمية من حيث اعتماد الطاقة النووية في إنتاج الطاقة حيث يتلخص إجمالي الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية سنة 2023 في إنتاج البرازيل 14,5 تيراواط ساعي والأرجنتين 9 تيراواط ساعي، وجنوب إفريقيا 8,9 تيراواط ساعي.

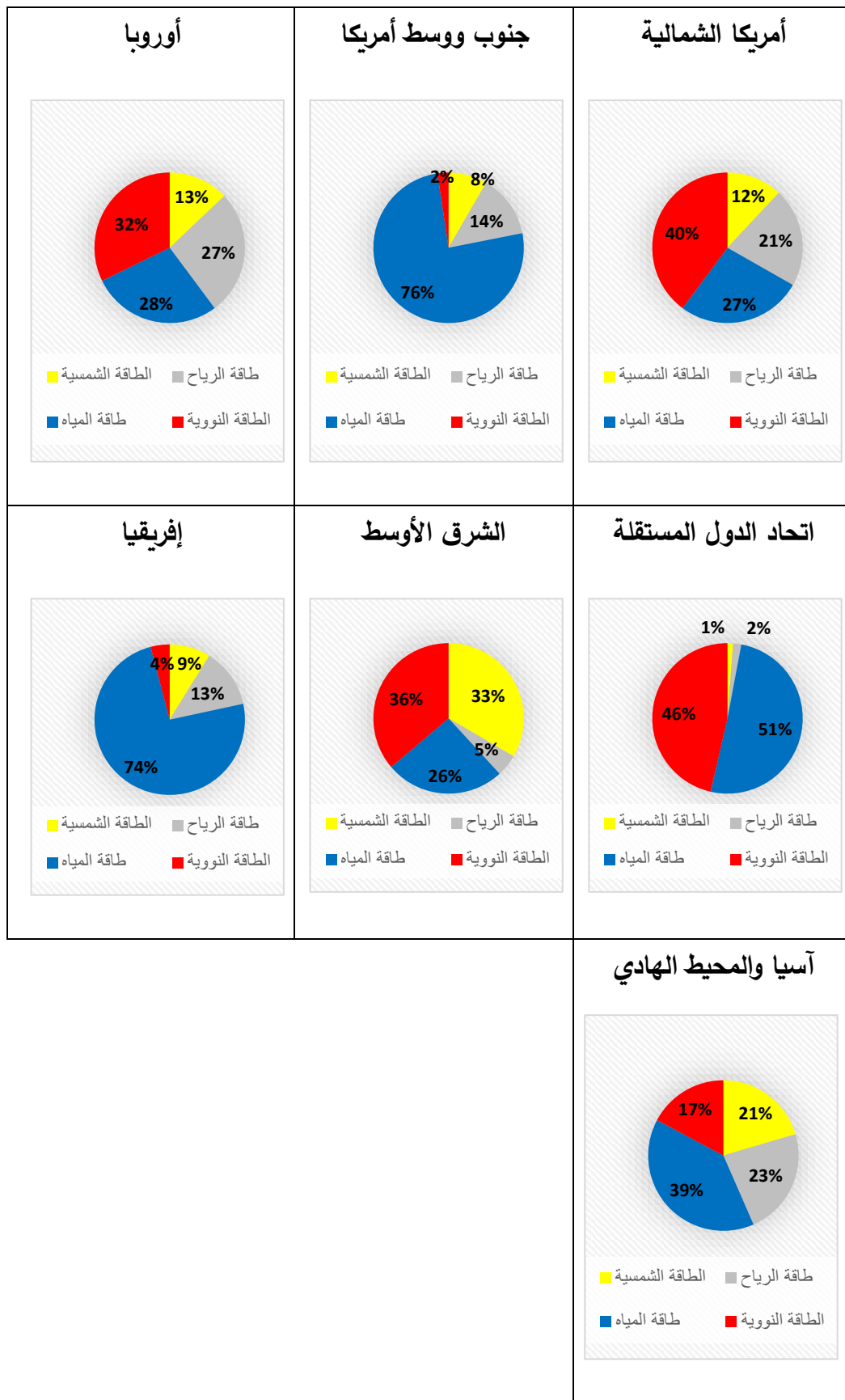
من الملاحظ أنّ في أواخر عام 2023، بدأت العمليات التجارية في مشروع العرض التوضيحي للمفاعل المعياري الصغير البري (SMR) في الصين، وهو الأول من نوعه في العالم حيث يتميز بأحدث تكنولوجيات الجيل الرابع ويتضمن أنظمة أمان متطورة، وهو ما تشير إليه نتائج دراسات

¹ د. خالد على عراقي، أمن الطاقة النووية بدولة الإمارات العربية المتحدة. مجلة الحقوق للبحوث القانونية والاقتصادية،

علمية²¹، أن المفاعلات النووية المعيارية يمكن أن تعالج العديد من قيود الطاقة النووية التقليدية، وتوفر خيارات أكثر مرونة وقابلية للتطوير وقابلة للتطبيق اقتصاديًا لتوليد الكهرباء. يتلخص مزيج الطاقة الكهربائية للمصادر الأقل انبعاثًا للكربون في العالم حسب المناطق الدولية كما هو موضح في الشكل (74):

¹ Lee, J.I. Review of Small Modular Reactors: Challenges in Safety and Economy to Success. Korean J. Chem. Eng, 2024, 41, 2761–2780. <https://doi.org/10.1007/s11814-024-00207-0>.

² Vanatta, M., Stewart, W.R. & Craig, M.T. The role of policy and module manufacturing learning in industrial decarbonization by small modular reactors. Nat Energy, 2024. <https://doi.org/10.1038/s41560-024-01665-w>.



شكل رقم 74: تركيبة الطاقة الكهربائية النظيفة في العالم لسنة 2023

المصدر: من إعداد الطالب.

المبحث الثالث: تحليل مؤشرات الكفاءة الطاقوية في العالم

تسعى استراتيجية كفاءة الطاقة إلى الترشيد من استهلاك الطاقة وتقليل الهدر الطاقوي، والحدّ من الانبعاثات المسببة للاحتباس الحراري. إنّ مفهوم كفاءة الطاقة بسيط من حيث الصياغة فهو استخدام طاقة أقل لنفس المستوى من الإنتاج. ومع ذلك، تظهر التعقيدات عند تطبيق مفاهيم الكفاءة على عمليات وممارسات استهلاك الطاقة في العالم الحقيقي، وعند تحديد مبادئ كفاءة الطاقة وقياسها وتطبيقها¹.

ومن خلال هذا المبحث سنعمل على تحليل أهم مؤشرات الكفاءة الطاقوية في العالم، باعتماد نصيب الفرد من المزيج الطاقوي ومن الطاقة الكهربائية المولّدة، وكثافة الطاقة، وتنوع المصادر الطاقوية الكهربائية بالطاقات النظيفة.

المطلب الأول: تحليل نصيب الفرد من الطاقة في العالم

نصيب الفرد من الطاقة الأولية يعكس كمية الطاقة المستهلكة لكل فرد في منطقة معينة، وهو مؤشر يدل على مستوى الرفاهية والتقدم التكنولوجي، كما يكشف عن التفاوت الطاقوي بين الدول المتقدمة والنامية. من خلال تحليل تطورات استهلاك الطاقة في المناطق المختلفة، يمكننا فهم الاتجاهات العالمية، وذلك من خلال نصيب الفرد من الطاقة الأولية (المزيج الطاقوي)، ونصيبه من الطاقة الكهربائية المولّدة:

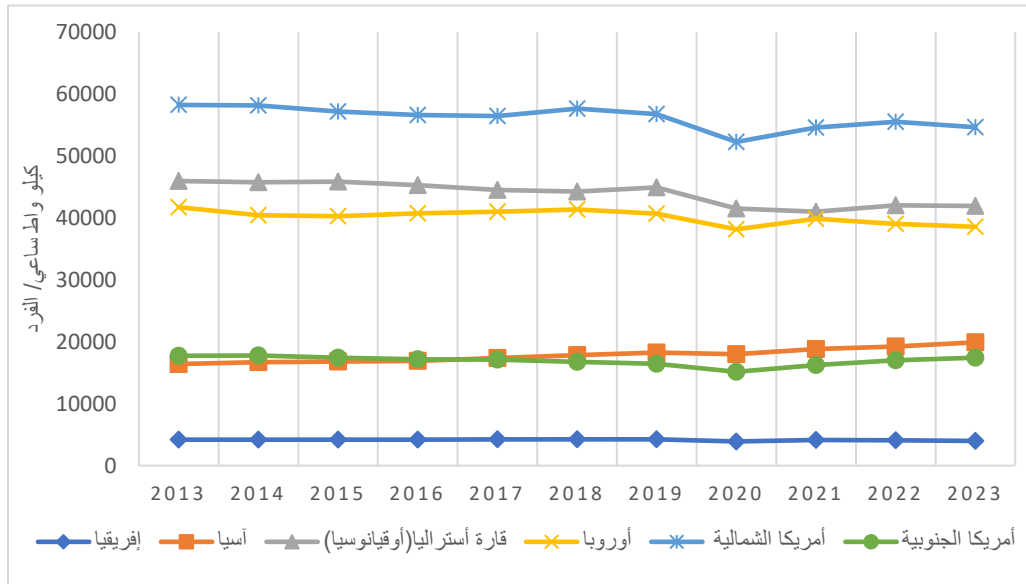
¹ Neyre Tekbıyık Ersoy. Energy Efficiency and the Need for Energy Efficiency. In: Energy Efficiency and Renewable Energy Policies. Synthesis Lectures on Renewable Energy Technologies. Springer, 2025. Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-64305-7_1.

الفرع الأول: حصة الفرد من الطاقة الأولية (المزيج الطاقوي):

حصة الفرد من الطاقة الأولية تُحسب بقسمة إجمالي الطاقة الأولية على عدد السكان، حيث ترتبط حصة الفرد ارتباطاً طردياً بالطاقة الأولية المستهلكة، وعكسياً بعدد السكان. وعلى هذا تتحسن الكفاءة الطاقوية كلما كان نصيب الفرد أقل بشرط أن يغطي الإنتاج الأولي من الطاقة الاحتياجات الطاقوية. فالكتلة السكانية والطاقة الأولية وكفاءة الاستخدام تؤثر في تحديد هذه الحصة.

نستعرض من خلال الشكل (75) تطور نصيب الفرد من الطاقة في مختلف قارات العالم في

خلال الفترة 2013-2023:



شكل رقم 75: تطور نصيب الفرد من الطاقة الأولية في العالم 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

يمثل معدل حصول الفرد من الطاقة الأولية في العالم في سنة 2023: 21393,71 كيلوواط

ساعي، وقد تطوّر في الفترة 2013-2023 بمعدل: 4%.

يتحصّل الفرد على 54651,15 كيلوواط ساعي في أمريكا الشمالية من الطاقة الأولية، هذا في سنة 2023، وقد تراجع في الفترة 2013-2023 بنسبة: 6%. تمثّل حصة الفرد في الولايات المتحدة الأمريكية 77028 كيلوواط ساعي، وكندا 99916 كيلوواط ساعي.

يمثّل نصيب الفرد من الطاقة في دول أوقيانوسيا في سنة 2023: 41942,836 كيلوواط ساعي، وقد تراجع بنسبة 9% في الفترة 2013-2023.

يتحصّل الفرد في الدول الأوروبية من إجمالي الطاقة الأولية سنة 2023، على 38554,63 كيلوواط ساعي، وقد تراجع في الفترة 2013-2023 بمعدّل: 8%، تمثّل حصة الفرد في كل من ألمانيا وفرنسا وبريطانيا وإسبانيا ب: 38052، 37164، 28501، 33099 كيلوواط ساعي على الترتيب.

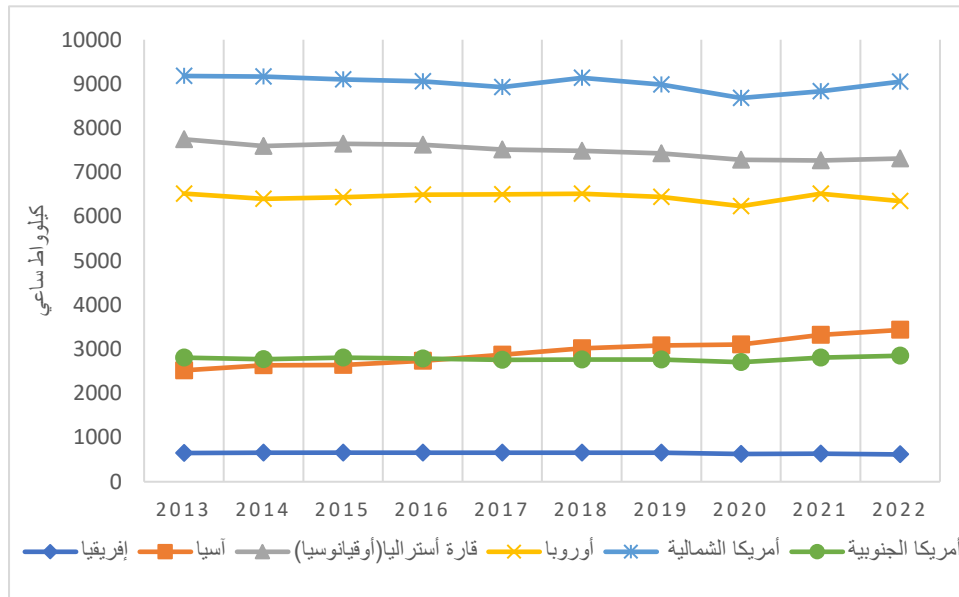
تطوّرت حصة الفرد من الطاقة في آسيا بمعدّل 21% في الفترة 2013-2023، لتبلغ 19917,422 كيلوواط ساعي في سنة 2023. تتباين وضعية دول آسيا من حيث نصيب الفرد من هذه الطاقة، وعلى هذا ننكر أهم الدول من حيث حجم استهلاك الطاقة. تتمثّل حصة الفرد من الطاقة في الصين: 33267 كيلوواط ساعي، والهند: 7586 كيلوواط ساعي، وروسيا: 60175 كيلوواط ساعي، واليابان: 39210 كيلوواط ساعي، والسعودية: 87199 كيلوواط ساعي.

تمثّل حصة الفرد من الطاقة في أمريكا الجنوبية في سنة 2023: 17411,88 كيلوواط ساعي، يحصل الفرد في البرازيل والأرجنتين على: 17806 و 22278 كيلوواط ساعي على التوالي. تحصل الفرد في قارة إفريقيا سنة 2023 على 3969,28 كيلوواط ساعي من الطاقة الأولية، حيث يحصل في جنوب إفريقيا على: 22314 كيلوواط ساعي وفي مصر على 9704 كيلوواط ساعي والجزائر على 15458 كيلوواط ساعي ونيجيريا على 2548 كيلوواط ساعي.

الفرع الثاني: حصة الفرد من الطاقة الكهربائية

يُعدّ تحليل نصيب الفرد من الكهرباء أداة مهمة لتقييم الكفاءة الطاقوية في العالم، وذلك من خلال فهم مدى توفر الطاقة الكهربائية وجودة البنية التحتية الكهربائية. كما يساعد هذا المؤشر في تحديد التفاوت بين الدول المتقدمة والنامية.

نستعرض الشكل (76) لتحليل نصيب الفرد من الكهرباء حسب منطقة تواجهه في العالم:



شكل رقم 76: تطور حصة الفرد من الطاقة الكهربائية المولدة في العالم

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

يتحصل الفرد في العالم على 3616,69 كيلوواط ساعي من الكهرباء، هذا في سنة 2022،

وقد ارتفعت في الفترة 2013-2022 بمعدل 13%.

تمثّل الطاقة الكهربائية التي يتحصّل عليها الفرد في أمريكا الشمالية 9048,60 كيلوواط ساعي

في سنة 2022. وقد عرفت استقرارًا نسبيًا في الفترة 2013-2022.

أمّا في أوقيانوسيا فحصة الفرد من الطاقة الكهربائية المنتجة في خلال سنة 2022 بلغت:

7316,57 كيلوواط ساعي، وقد تراجعت بنسبة 6% في آخر عشر سنوات.

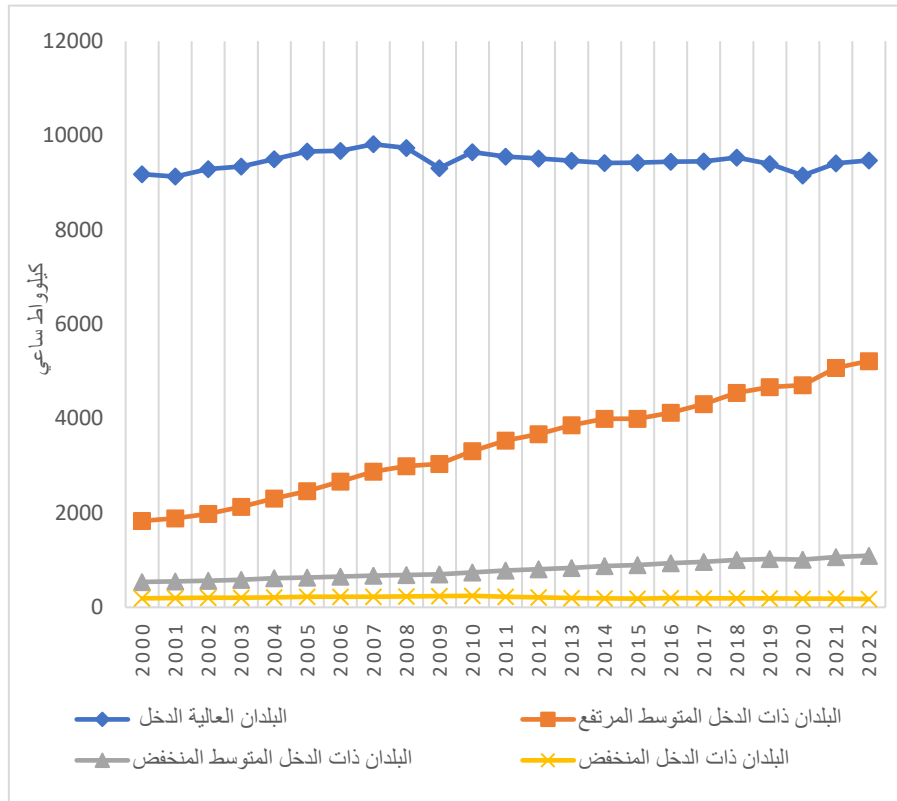
كانت حصة الفرد من إجمالي الكهرباء المولدة في أوروبا سنة 2022: 6352,62 كيلواط ساعي، ولم تتخفّض في الفترة 2013-2022 إلا بنسبة 6%.

أمّا في آسيا فقد شهدت تطوّرًا في حصة الفرد من الكهرباء بمعدّل 36% بين سنة 2013 وسنة 2022 لتبلغ 3434,72 كيلواط ساعي.

تعتبر أمريكا الجنوبية أقل من المستوى العالمي لحصة الفرد من الطاقة الكهربائية بـ: 765,77 كيلواط ساعي فهو يتحصّل على 2850,92 كيلواط ساعي وهذا في سنة 2022.

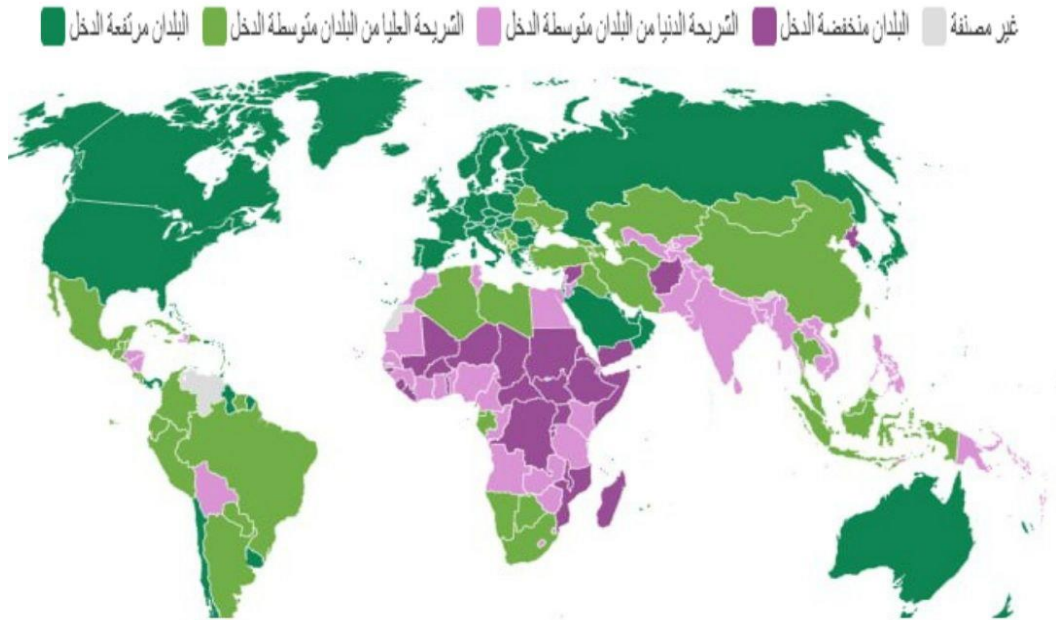
انخفضت حصة الفرد من الكهرباء بنسبة 5% في الفترة 2013-2022 ليتحصّل الفرد في إفريقيا على أدنى طاقة كهربائية في العالم بمعدّل قارّي 617,5 كيلواط ساعي في سنة 2022، تعتبر محدودية البنية التحتية للإنتاج والنقل والتوزيع الكهربائي من أهم الأسباب، حيث لم يتمكن 40% من سكان القارة من الحصول على الكهرباء، حيث بلغ عدد سكان القارة 1,48 مليار نسمة، ما جعل حصة الفرد الإفريقي من الكهرباء في هذا المستوى، هذا إذا درسنا وضعية القارة على وجه العموم، أمّا إذا تعمّقنا في بحث وضعيتها نجد أن هناك تفاوت وتباين بين دول القارة الواحدة في هذا المؤشّر، وعلى وجه الخصوص تتقدّم القارة دول شمال إفريقيا: (ليبيا والجزائر ومصر وتونس والمغرب) وجنوب إفريقيا بصفتها تدخل في الفئة [1000-5000] كيلواط ساعي.

إنّ التباين بين الدول يكون أكثر وضوحًا عند مقارنة البلدان ذات الدخل المرتفع بالدول المنخفضة الدخل، حيث يمكن أن تستهلك هذه الأخيرة طاقة أقلّ بأكثر من 30 مرة. وعلى هذا الأساس نستعرض تطوّر حصة الفرد من الطاقة الكهربائية حسب فئة الدخل التي تنتمي إليها دولته، وذلك من خلال الشكل (77) وخريطة العالم التي تصنّف الدول حسب الدخل في الشكل (78):



شكل رقم 77: تطوّر حصة الفرد من الطاقة الكهربائية حسب فئة الدخل للدولة

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.



شكل رقم 78: خريطة العالم حسب مستوى الدخل

المصدر: موقع مدونة البنك الدولي. [تصنيفات مجموعة البنك الدولي للبلدان حسب مستوى الدخل:](#)

[2025-2024](#). 11:00. 2025/01/29.

نلاحظ أنّ الدول المرتفعة الدخل قد تحسّلت فيها الفرد على 9471 كيلواط ساعي من الكهرباء في سنة 2022، وقد عرف نصيب الفرد من الكهرباء ثباتاً نسبياً حيث أنّه لم يرتفع إلاّ بنسبة 3% في الفترة 2000-2022. ويفسّر هذا بالوصول إلى مرحلة التشبع في الطلب على الكهرباء حيث تكون الأجهزة الكهربائية الأساسية منتشرة بشكل واسع ممّا يُبطئ الطلب على الكهرباء، كما ساهم النمو السكاني البطيء وزيادة الاعتماد على التكنولوجيا والتقنيات الحديثة التي أصبحت أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة، كلّ هذا وغيره لم يؤدّ إلى زيادة كبيرة في استهلاك الكهرباء.

تطوّر نصيب الفرد من الطاقة الكهربائية المنتجة في الشريحة العليا من الدول المتوسطة الدخل بمعدّل 185% في الفترة 2000-2022، أي بطاقة إضافية 3389,421 كيلواط ساعي للفرد ليتحصّل في سنة 2022 على 5221,5 كيلواط ساعي. يفسّر النمو الكبير في الطلب على الكهرباء بما شهدته هذه الفئة من الدول من نمو اقتصادي سريع خلال هذه الفترة لدعم الصناعات، والبنى التحتية، كما أسهم التوسع الحضري إلى زيادة الطلب على الكهرباء لتلبية احتياجات الإسكان والنقل وبقية الخدمات. وفي ظل هذا التسارع في الحصول على الكهرباء فهي تحتاج إلى قرابة 10 سنة للوصول إلى وضعية الدول ذات الدخل العالي. تبرز كل من الصين والبرازيل وتركيا وإيران وأندونيسية في هذه الفئة.

فيما يخصّ الدول التابعة للشريحة الدنيا من الدول المتوسطة الدخل فهي تشهد أيضاً تطوراً معتبراً في حصة الفرد من الطاقة الكهربائية بمعدّل 103% في الفترة 2000-2022 بطاقة إضافية: 556,84 كيلواط ساعي، لتبلغ 1094,88 كيلواط ساعي للفرد في سنة 2022. نفسّر ارتفاع الطلب على الكهرباء في هذه الفئة بما شهدت العديد من دول التابعة لهذه الشريحة من نمو اقتصادي ملحوظ، وتوسيع نطاق الربط الكهربائي ورفع القدرة المركبة من محطات التوليد الكهربائي وغيرها من الدوافع. وتبرز كل من الهند والفيتنام وباكستان ضمن أهم دول هذه الفئة.

تحصل الفرد في الدول المنخفضة الدخل في المتوسط على 176,07 كيلوواط ساعي في سنة 2022، وقد تراجع في الفترة 2000-2022 بمعدل 8%. وهذا بسبب محدودية البنية التحتية للطاقة وشبكة التغطية الكهربائية ونقص كفاءتها في النقل والتوزيع، وقلة الموارد المالية اللازمة، وكذلك ارتفاع معدلات النمو السكاني والاضطرابات السياسية وغيرها من الأسباب.

المطلب الثاني: تحليل كثافة الطاقة في العالم

تعتبر كثافة الطاقة مؤشرا اقتصاديًا وطاقويًا، حيث تقيس كمية الطاقة اللازمة لتحقيق وحدة واحدة من الناتج المحلي الإجمالي GDP، وهي تشير إلى مدى تحقيق الكفاءة الطاقوية في النشاط الاقتصادي، حيث كلما كانت كثافة الطاقة منخفضة كلما كان الاقتصاد أكثر كفاءة في استهلاك

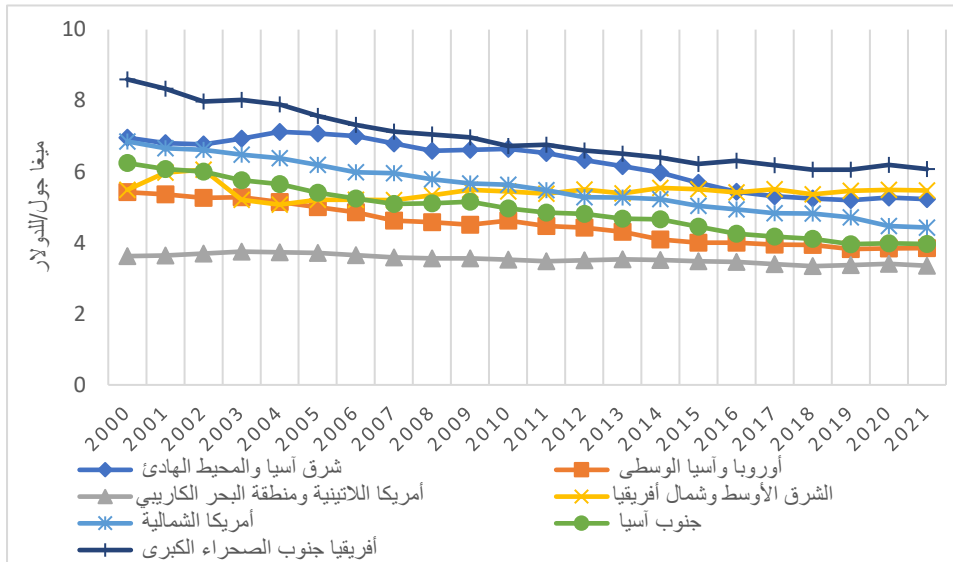
$$\text{كثافة الطاقة} = \frac{\text{إجمالي استهلاك الطاقة}}{\text{الناتج المحلي الإجمالي}}$$

وتحسب وفق العلاقة التالية:

الفرع الأول: تحليل كثافة الطاقة حسب المناطق الجغرافية

باعتتماد البيانات المتعلقة بالكثافة الطاقوية لدول العالم، والتي مصدرها البنك الدولي والوكالة الدولية للطاقة، حيث تمّ تنسيقها في قاعدة البيانات Our World in Data¹، نحلل محتوى الشكل (79) الذي يوضّح تطوّر كثافة الطاقة حسب المناطق الدولية:

¹ “Data Page: Energy intensity”. Our World in Data. Data adapted from World Bank and International Energy Agency, 2025. Retrieved from <https://ourworldindata.org/grapher/energy-intensity-of-economies>.



شكل رقم 79: تطوّر الكثافة الطاقوية حسب المناطق والأقاليم الجغرافية

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

يشهد العالم انخفاضًا في كثافة الطاقة بنسبة 25% في الفترة 2000-2021، حيث بلغت في

سنة 2021: 4,52 ميغا جول / دولار، وهو مؤشر على تحسين كفاءة الطاقة في العالم، وقد ساهم

في ذلك عوامل عديدة أهمها: التقدّم التكنولوجي واعتماد تقنيات ترشيد الاستهلاك والحد من الطاقة

الضائعة، من خلال شبكات النقل والتوزيع الذكية، والعتاد الصناعي المبرمج. كما أسهم في ذلك

السياسات العالمية الرامية لحفظ البيئة والمناخ ودعم الطاقة النظيفة. وقد شهد النشاط الاقتصادي

العالمي تطوّرًا في قطاع الخدمات والرقمنة ممّا عزّز الكفاءة الطاقوية.

ولتعميق البحث، نحلّل التغيّر في كثافة الطاقة حسب المناطق الجغرافية كما يلي:

- أمريكا اللاتينية والبحر الكاريبي: في المجمل حقّقت المنطقة أقل كثافة طاقة في العالم سنة

2021 بـ 3,352 ميغا جول/دولار، وقد انخفضت بنسبة 7% في الفترة 2000-2021، إذ

أسهم في تحسين الكفاءة الطاقوية تطوير قدرات الطاقات المتجددة حيث تمثل الطاقة المتجددة

حصة 50% من استهلاك الطاقة الأولية في البرازيل، والشيلي بنسبة 30%، والأرجنتين 14%.

كما أسهم في ذلك ارتفاع معدل مساهمة قطاع الخدمات في الناتج المحلي الإجمالي لدول المنطقة¹.

- أوروبا وآسيا الوسطى: للمنطقة كثافة طاقة بـ: 3,85 ميغا جول/دولار في سنة 2021، وقد تحسّنت الكفاءة الطاقوية حيث تراجعت كثافة الطاقة بمعدّل 29% في الفترة 2000-2021، ساهم في تحقيق ذلك سياسات الاتحاد الأوروبي الداعمة للتحوّل للطاقات النظيفة، والمتعلقة بمعايير المباني الخضراء وتقنيات ترشيد الاستهلاك وآليات العزل الحراري، وكذا اعتماد التقنيات المتطورة والحديثة في الصناعة من الذكاء الرقمي وانترنت الآلة والتكامل بين الأنظمة والتحكم الآلي والتحليل الذكي لبيانات العمليات الصناعية. تعتبر دول أوروبا الأعلى كفاءة في استهلاك الطاقة، حيث تستهلك ألمانيا 2,47 ميغا جول/الدولار الواحد وبريطانيا 2,04 ميغا جول/الدولار وفرنسا 2,83 ميغا جول/الدولار، كما استهلاك إسبانيا 2,53 ميغا جول/الدولار وإيطاليا 2,3 ميغا جول/الدولار، مع أنّ هذه الدول يفوق استهلاكها الأولي للطاقة 1000 تيراواط ساعي سنة 2023. وعلى العكس من هذه الوضعية سجّلت روسيا كثافة طاقة عالية تقدّر بـ 8,46 ميغا جول/الدولار وهو يقارب ضعف المعدل العالمي، وهو يعكس تحديات الهيكلة الاقتصادية التي تركز على الصناعات الثقيلة وارتفاع معدلات الهدر الطاقوي خلال نقل وتوزيع الطاقة، والمناخ القاسي العالي البرودة الذي يتطلب استهلاكاً ضخماً في التدفئة والمنشآت الصناعية. وضعف مساهمة الطاقات المتجددة في المزيج الطاقوي.

- جنوب آسيا: حققت دول آسيا بمجموعها معدل كثافة طاقة بـ: 3,96 ميغا جول/الدولار في سنة 2021، وقد انخفضت الكثافة الطاقوية بمعدّل 36% في الفترة 2000-2021، حيث أسهمت مشاريع الطاقات المتجددة مثل محطة بادلا Bhadla للطاقة الشمسية والتي تعتبر ضمن أكبر

¹ [World Development Indicators | The World Bank](https://data.worldbank.org/World-Development-Indicators), 13/02/2025, 10:07.

محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية في العالم بقدرة 2,245 جيغا واط، وتطوير شبكات الربط الكهربائي وتقنيات الزراعة في التقليل من الهدر الطاقوي في تحسين الكفاءة الطاقوية.

- أمريكا الشمالية: شهدت الكفاءة الطاقوية تحسناً في دول المنطقة حيث انخفضت كثافة الطاقة من 6,85 إلى 4,43 ميغا جول للدولار الواحد بين سنة 2000 و2021، أي بمعدل 35% ويرجع هذا إلى عناصر أهمها:

- التخلي تدريجياً عن الفحم وتعويضه بمصادر طاقوية أكثر كفاءة مثل الغاز الصخري في الولايات المتحدة والطاقة الكهرومائية في كندا.
- دعم التقنيات المتطورة والتكنولوجيا الحديثة في قطاع المباني مثل العزل الحراري في كندا والصناعي مثل اعتماد العتاد الصناعي المبرمج والذكي في صناعة وكفاءة السيارات.
- كما عزز قطاع الخدمات في تحسين الكفاءة الطاقوية مثل قطاع التكنولوجيا والمالية في الولايات المتحدة.

- شرق آسيا والمحيط الهادي: انخفضت كثافة الطاقة من 6,96 سنة 2000 إلى 5,23 ميغا جول/الدولار سنة 2021 أي بمعدل 25% وقد أسهم في تحسين الكفاءة الطاقوية للمنطقة عوامل أهمها:

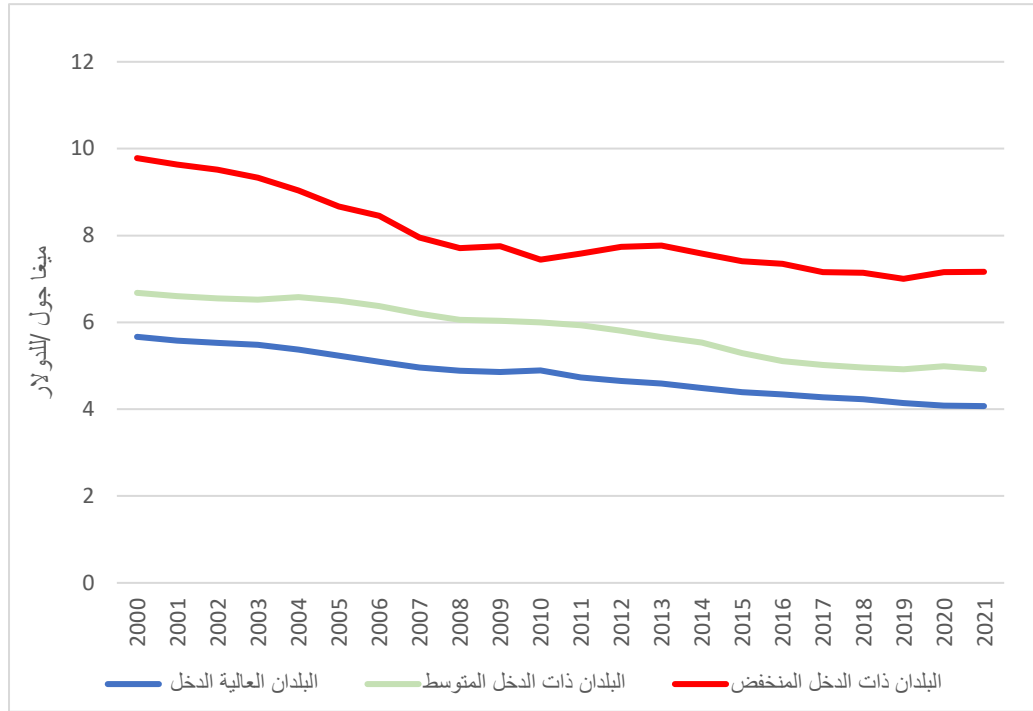
- ارتفاع معدلات نمو الطاقات المتجددة في المزيغ الطاقوي مثل: الصين واليابان.
 - تطوّر وبمعدلات عالية لحظيرة السيارات الكهربائية في الصين واليابان وكوريا الجنوبية.
- الشرق الأوسط وشمال إفريقيا: عرفت المنطقة ثباتاً في كثافة الطاقة فقد بلغت 5,47 ميغا جول/الدولار، حيث تتقارب معدلات كثافة الطاقة للدول عالية الإنتاج الطاقوي مع معدل المنطقة مثل السعودية بمعدل 5,81 ميغا جول/الدولار، والجزائر بمعدل 5,61 ميغا جول/الدولار، والعراق بمعدل 4,96 ميغا جول/الدولار. ويعتبر اعتماد دول المنطقة على النفط

والغاز الطبيعي وتبني الهيكلية الاقتصادية التي تعتمد الصناعات الثقيلة والتعدين، وارتفاع معدلات درجات الحرارة من أهم ما يتسبب في ارتفاع كثافة الطاقة. وعلى العكس من ذلك، فإن كل من المغرب ومصر يحققان كثافة طاقة بمقدار 3 ميغا جول/الدولار. وقد أهلها لتحسين كفاءة الطاقة عوامل عديدة، أهمها: مكانة كل من قطاع الخدمات والنشاط السياحي، وكذا صناعة السيارات التي تستهلك طاقة أقل في هيكلتها الاقتصادية، مع ما تشهده من نمو محسوس في القدرات المركبة من الطاقات المتجددة.

- إفريقيا جنوب الصحراء الكبرى: مع أنّ كثافة الطاقة قد انخفضت بمعدل 29% في الفترة 2000-2021 لتبلغ في سنة 2021: 6,07 ميغا جول/الدولار إلا أنّها تبقى المنطقة الأعلى من حيث كثافة الطاقة، يعزى هذا إلى التحديات التي تشهدها المنطقة، من محدودية البنية التحتية من منشآت الإنتاج الطاقوي، وشبكات النقل والتوزيع، وعدم الاستقرار السياسي، وضعف تمويل المشاريع التنموية في هذا السياق.

الفرع الثاني: تحليل كثافة الطاقة بين الدول حسب مستوى الدخل

نعتمد في هذا الفرع على مؤشر كثافة الطاقة وفق تصنيف الدول حسب مستويات الدخل، وهو ما يتيح لنا فهم أعمق لأنماط استهلاك الطاقة وكفاءتها. ولتوضيح ذلك، نستعرض الشكل (80):



شكل رقم 80: تطور كثافة الطاقة بين الدول حسب مستوى دخلها

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

تعتبر الدول ذات الدخل العالي الأحسن من حيث الكفاءة الطاقوية، حيث حققت كثافة طاقة بمعدل: 4,07 ميغا جول/ للدولار سنة 2021 وهو أقل من المعدل العالمي. وقد شهد تراجعاً في الفترة 2000-2021 بمعدل 28%. وقد ساهم في هذا الثورة الصناعية الرابعة أو الجيل الرابع من الصناعة 4.0 الذي يعتمد على الذكاء الاصطناعي في جمع البيانات الضخمة وتحليلها ورفع درجة التنسيق بين الآليات من خلال ربط الآلات والروبوتات وتكييف مهامها¹. وقد عززت كفاءة الطاقة السياسات الصارمة المتعلقة بدعم مصادر الطاقة النظيفة، وتشجيع ترشيد استهلاك الطاقة ومعايير العزل الحراري للمباني والضرية الكربونية وغيرها.

شهدت الدول متوسطة الدخل تراجعاً في كثافة الطاقة بمعدل 26% بين سنة 2000 وسنة 2021، لتبلغ معدل: 4,92 ميغا جول/الدولار، ويرجع تحسين الكفاءة الطاقوية إلى ارتفاع الناتج

¹ رائد علي، أحمد اليساري، الثورة الصناعية الرابعة ودورها في تطوير كفاءة استخدام الطاقة، مقال منشور في مجلة الشرق الأوسط للعلوم الإنسانية والثقافية، المجلد 1، العدد 5، 2021، ص. 127.

المحلي الإجمالي GDP لهذه الفئة في ظلّ سيرها في طريق التنمية من خلال توسيع استثماراتها، وخاصة ذات الإنتاج الطاقوي المتجدد من محطات الطاقة الشمسية ومزارع طاقة الرياح وذات الاستهلاك المنخفض من الصناعات الخفيفة والإنتاج الخدماتي هذا من جهة. ومن جهة أخرى توسعت البنية التحتية من شبكات الربط الكهربائي ما سمح من الحد من الهدر الطاقوي.

انخفضت كثافة الطاقة في الدول ذات الدخل المنخفض بمعدّل 27% في الفترة 2000-2021، وهو مؤشر على تحسين الكفاءة الطاقوية، ومع ذلك فلا يزال معدل كثافة الطاقة عاليًا عن المعدل العالمي (4,52 ميغا جول / دولار) فقد بلغ سنة 2021: 7,16 ميغا جول/الدولار وهو أعلى بـ: 76% عنه في الدول عالية الدخل. ويفسّر ارتفاع كثافة الطاقة بسبب ارتفاع الهدر الطاقوي من جهة محدودية البنية التحتية والاعتماد بنسب عالية على الفحم والخشب في توليد الطاقة وهو ما يميّز بانخفاض معدل الاستخراج الطاقوي المُستفاد منها مقارنة بالطاقة الكامنة. وقد عمّق الفجوة بين الدول المنخفضة والمرتفعة الدخل عدم تكافؤ الفرص في الحصول على التكنولوجيا الحديثة والتمويل لمشاريع الطاقة النظيفة.

المطلب الثالث: تحليل تركيبة مزيج الطاقة العالمي ونصيب الفرد من الطاقة

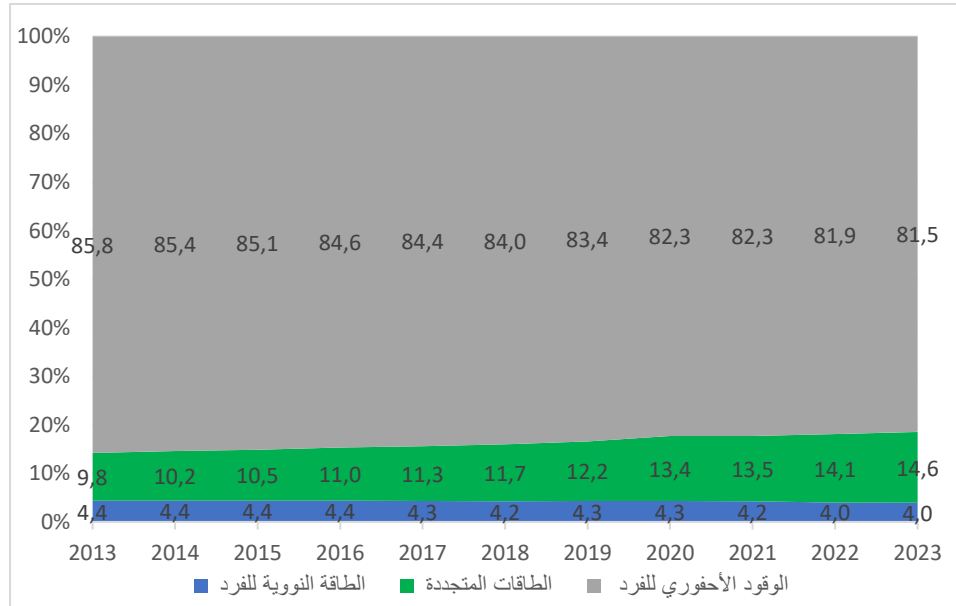
يعدّ تحليل تركيبة مزيج الطاقة العالمي، من حيث مدى الاعتماد على الطاقات النظيفة (المتجددة والنووية) مقابل الوقود الأحفوري، مؤشرًا أساسيًا لتقييم التقدّم في مسار الانتقال الطاقوي. وفي هذا الإطار، يهدف هذا المطلب إلى دراسة تركيبة المزيج الطاقوي لجميع المناطق الدولية بصفة إجمالية وعلى اعتبار حصة الفرد من الطاقة.

الفرع الأول: تحليل تطوّر مزيج استهلاك الطاقة في العالم

شهد العقد الممتد من سنة 2013 إلى سنة 2023 تطوّرًا هامًا في تركيبة مزيج الطاقة العالمي، حيث تطوّر الإنتاج الأولي للطاقة من المصادر المتجددة والطاقة النووية بمعدّل 55%، ولكن لا

يزال الوقود الأحفوري هو المركّب الرئيسي بحصة 81,5% من إجمالي الاستهلاك الطاقوي العالمي بطاقة 504 إكساجول في سنة 2023. وفي هذا الصدد نستعرض تطور تركيبة مزيج استهلاك

الطاقة العالمي في الفترة 2013-2023 من خلال الشكل (81):



شكل رقم 81: تطوّر تركيبة المزيج الطاقوي العالمي 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

مع أنّ حصة مساهمة الوقود الأحفوري في مزيج الطاقة العالمي قد انخفضت في الفترة 2013-2023 بمعدّل 5% إلّا أنّه يمثّل الحصة الأهم بنسبة 81,5% في سنة 2023. وقد أشرنا سابقاً إلى أنّ هذا التراجع في نسبة المساهمة في مزيج الطاقة يصاحبه ارتفاع في الإنتاج الأولي للطاقة المستهلكة من الوقود الأحفوري في نفس الفترة بمعدّل 9,5%، ونفسر هذا بارتفاع معدلات مساهمة المركبات الطاقوية الأخرى: الطاقات المتجددة والنووية لارتفاع معدل تطورها مقارنة بمعدّل تطور الإنتاج الطاقوي من الوقود الأحفوري.

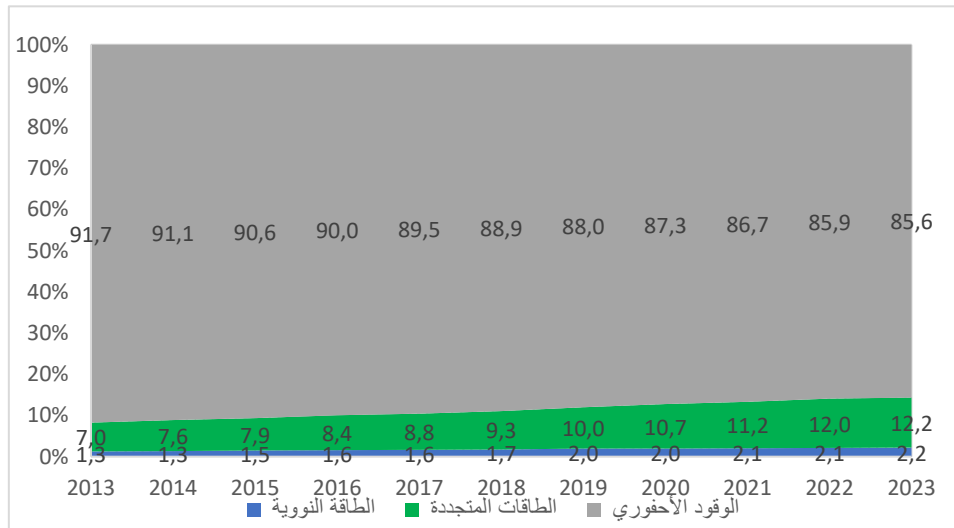
شهد المزيج الطاقوي العالمي تطوراً في نسبة مساهمة الطاقات المتجددة بمعدّل 48% في الفترة 2013-2023 ليمثّل في سنة 2023 حصة: 14,6% من المزيج الطاقوي العالمي. وقد بيّنا سابقاً أنّ الإنتاج الطاقوي من الطاقات المتجددة قد تطوّر بمعدل 80% في نفس الفترة ساهم المزيج

الطاقوي الحديث (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح) بحصة إضافية في ذات الفترة بطاقة قدرها: 3192,746 تيراواط ساعي وهو ما يمثل نسبة 88% من الطاقة الإضافية من الطاقات المتجددة. في حين تراجعت حصة مساهمة الطاقة النووية في المزيج الطاقوي العالمي بمعدل 9% مع أنه وفي نفس الفترة ارتفع الإنتاج الطاقوي منها بمعدل 10%. وهو نتيجة انخفاض معدل تنامي الطاقة النووية أمام معدل تطوّر الطاقة المتجددة.

لا شكّ من أنّ التركيبة الطاقوية للمزيج الطاقوي تختلف من منطقة إلى أخرى في العالم، إذ يعدّ الواقع المدروس آنفاً إلا تحليلاً مجملًا، وسعيًا منّا لتشريح المشهد العالمي للمزيج الطاقوي نستعرض المزيج الطاقوي لكل منطقة على حدة:

أولاً: منطقة آسيا

تعتبر منطقة آسيا المنطقة المسؤولة عن استهلاك ما يفوق 50% من الطاقة المستهلكة في العالم لسنة 2023، حيث ارتفع استهلاك الطاقة الأولية بمعدل 32%¹، ومن خلال الشكل (82) نعرض تطوّر تركيبة مزيج الطاقة بالنسبة لدول آسيا:



شكل رقم 82: تطوّر تركيبة المزيج الطاقوي في آسيا 2013-2023

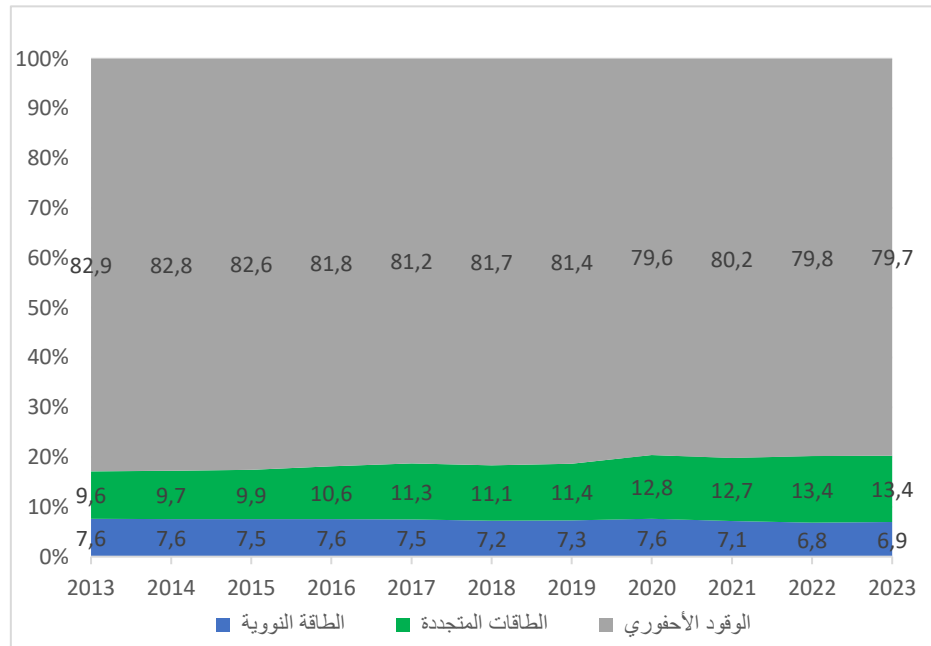
المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

¹ Energy Institute, Statistical Review of World Energy 2024, p7.

يمثل الوقود الأحفوري حصة 85,6% من إجمالي مزيج الطاقة المستهلك وقد تراجع في الفترة 2013-2023 بمعدل 7% بسبب انخفاض معدلات نمو الوقود الأحفوري أمام الطاقات النظيفة، وبالأخص الطاقات المتجددة. وقد عرفت الطاقات المتجددة تطوراً في حصتها من المزيج الطاقوي بمعدل 74% بين سنة 2013 وسنة 2023 لتمثل حصة 12,2% من مزيج الطاقة المستهلك في آسيا. كما ارتفعت حصة مساهمة الطاقة النووية في مزيج الطاقة لدول آسيا بمعدل 69% في الفترة 2013-2023. فقد بلغت حصتها 2,2% من المزيج الطاقوي لدول آسيا لسنة 2023.

ثانياً: منطقة أمريكا الشمالية

استهلكت أمريكا الشمالية 117 إكساجول من الطاقة الأولية وهو ما يمثل 19% من الطاقة المستهلكة في العالم، ومن خلال الشكل (83) نعرض تطور تركيبة المزيج الطاقوي لأمريكا الشمالية:



شكل رقم 83: تطور تركيبة المزيج الطاقوي في أمريكا الشمالية 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

انخفضت حصة الوقود الأحفوري والذي يعتبر المركب الأساسي للمزيج الطاقوي في دول

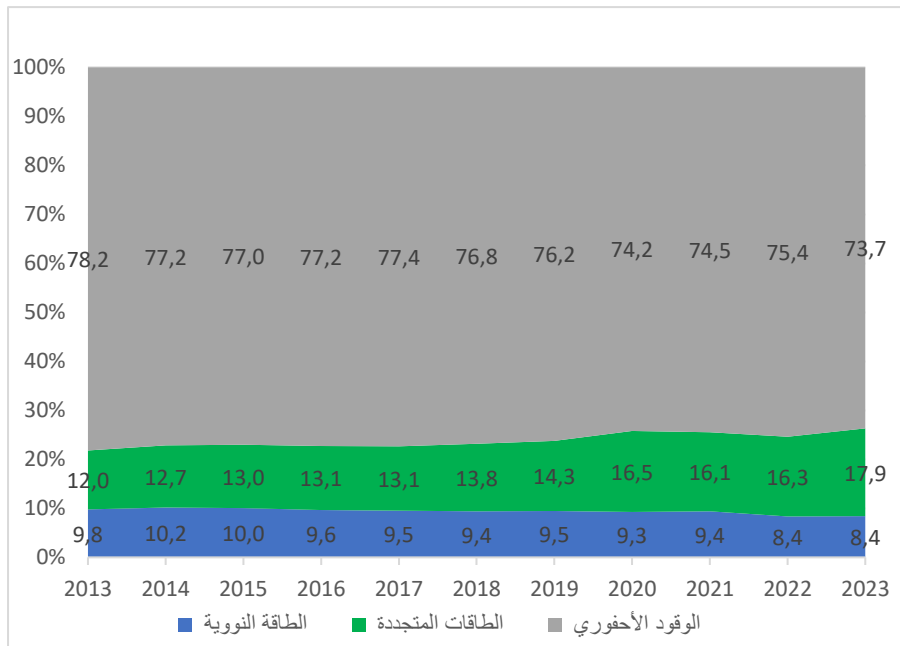
أمريكا الشمالية بمعدل 4% في الفترة 2013-2023 ليمثل حصة 79,7%. بينما تطوّرت حصة

مساهمة الطاقات المتجددة من إجمالي استهلاك الطاقة الأولية بمعدل 40% بين سنة 2013 و2023، فقد مثّلت حصة 13,4% في سنة 2023. أمّا الطاقة النووية فهي تمثّل نسبة 6,9% من مزيج الطاقة لأمريكا الشمالية حيث شهدت انخفاضاً بمعدل 9% في الفترة 2013-2023.

ثالثاً: منطقة أوروبا

يمثّل استهلاك الطاقة الأولية في أوروبا ما يقارب 78 إكساجول فقد شهد انخفاضاً بنسبة 10% في الفترة 2013-2023. وهو ما يعادل 12,6% من الاستهلاك العالمي من الطاقة الأولية لسنة 2023.

ومن خلال الشكل (84) نعرض تطور تركيبة المزيج الطاقوي لأوروبا:



شكل رقم 84: تطوّر تركيبة المزيج الطاقوي في أوروبا 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

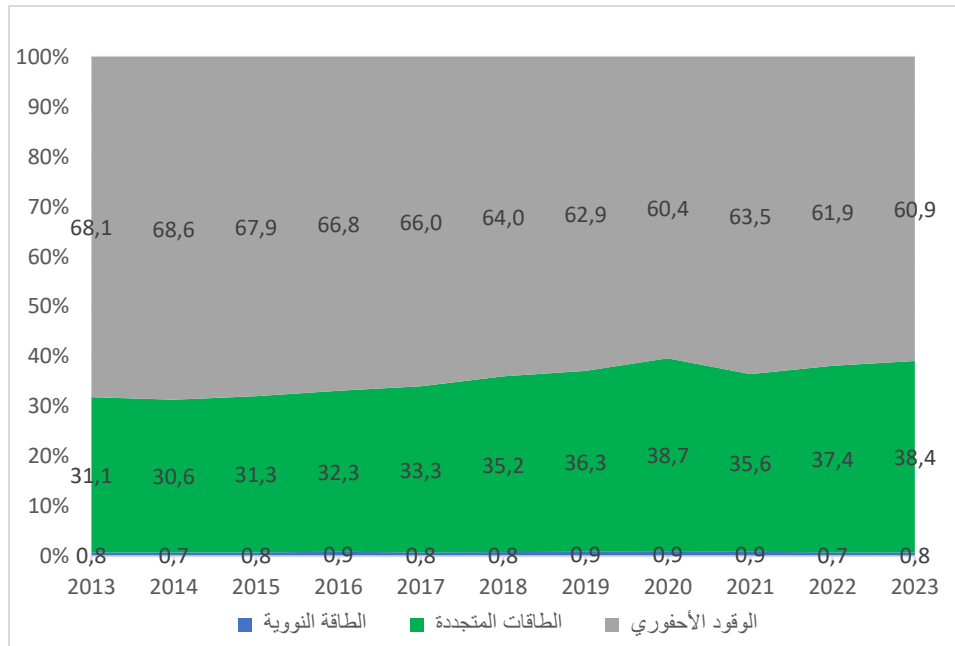
نلاحظ انخفاض حصة الوقود الأحفوري في مزيج الطاقة لأوروبا بنسبة 6% في الفترة 2013-2023، حيث مثّل حصة 73,7% في سنة 2023، وبالإضافة إلى ارتفاع حصص المكونات الطاقوية الأخرى فقد انخفض الطلب في أوروبا على جميع عناصر الوقود الأحفوري وبنسب مختلفة

تطرقنا لها في دراسة سوق الوقود الأحفوري. تطوّرت حصة مساهمة الطاقات المتجددة من إجمالي استهلاك الطاقة الأولية في دول أوروبا بمعدّل 49% في الفترة 2013-2023 لتمثّل نسبة 17,9%. تمثّل الطاقة النووية في أوروبا نسبة 8,4% من مزيج الطاقة في سنة 2023، وقد شهدت تراجعاً في الفترة 2013-2023 بمعدّل 14%.

رابعاً. منطقة أمريكا الجنوبية:

يمثّل استهلاك الطاقة الأولية في أمريكا الجنوبية ما يقارب 31 إكساجول فقد شهد ارتفاعاً بنسبة 7% في الفترة 2013-2023. وهو ما يعادل نسبة 5% من الاستهلاك العالمي من الطاقة الأولية لسنة 2023.

ومن خلال الشكل (85) نعرض تطور تركيبة المزيج الطاقوي لأمريكا الجنوبية:



شكل رقم 85: تطوّر تركيبة المزيج الطاقوي في أمريكا الجنوبية 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

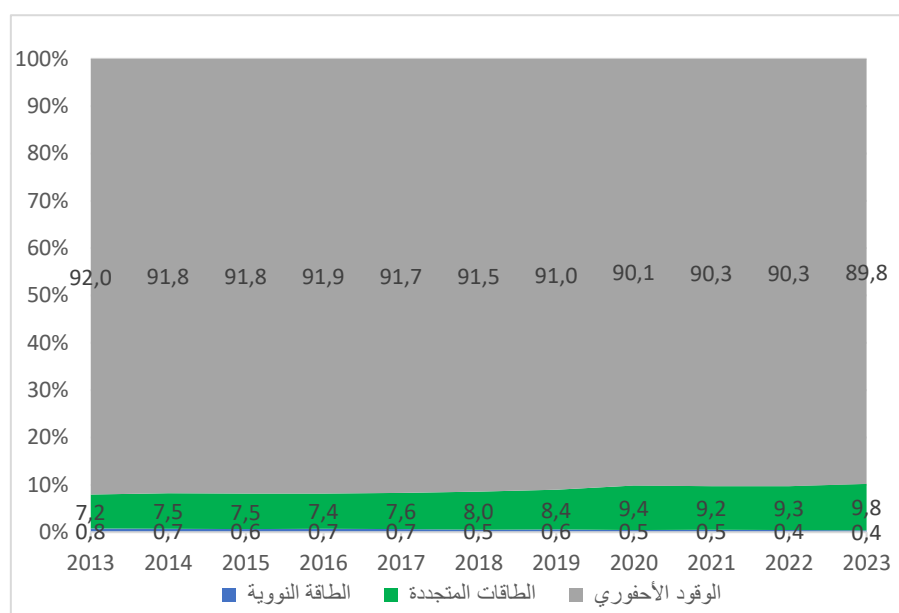
نلاحظ انخفاض حصة مساهمة الوقود الأحفوري في إجمالي استهلاك الطاقة في أمريكا

الجنوبية بمعدّل 11% بين سنة 2013 و 2023، ليمثّل نسبة 60,9%. أمّا الطاقات المتجددة فقد

تطوّرت حصة مساهمتها في مزيج الطاقة لأمريكا الجنوبية بمعدّل 23% لتمثّل حصة 38,4% بطاقة تقارب 12 إكساجول. تمثّل الطاقة النووية حصة 0,8% من المزيج الطاقوي لدول أمريكا الجنوبية لسنة 2023 بطاقة تقارب 0,24 إكساجول.

خامساً. منطقة إفريقيا:

يمثّل استهلاك الطاقة الأولية في إفريقيا ما يقارب 21 إكساجول. وهو ما يعادل 3,4% من الاستهلاك العالمي من الطاقة الأولية لسنة 2023. ومن خلال الشكل (86) نعرض تطور تركيبة المزيج الطاقوي لدول إفريقيا:



شكل رقم 86: تطوّر تركيبة المزيج الطاقوي في إفريقيا 2013-2023

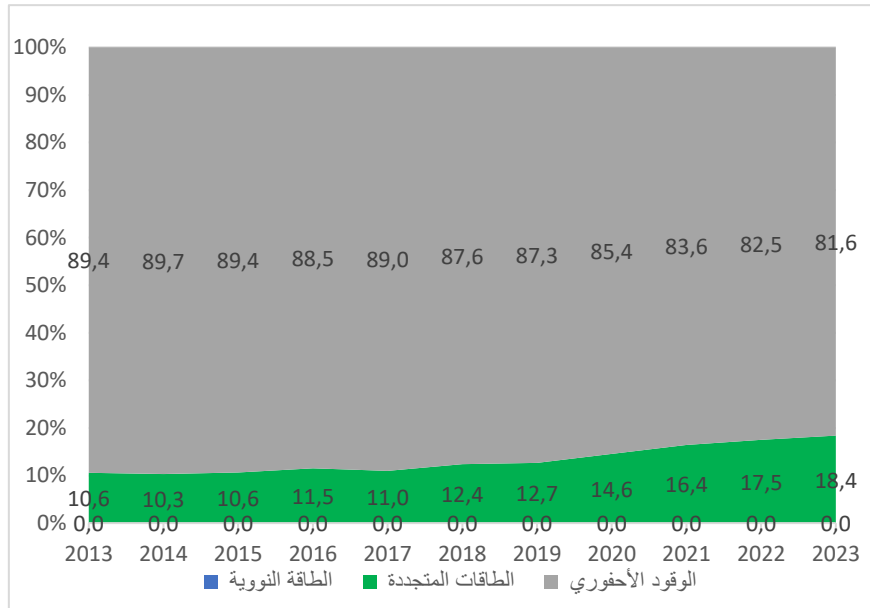
المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

يمثّل الوقود الأحفوري حصة 90% من إجمالي استهلاك الطاقة الأولية لقارة إفريقيا بطاقة مقدارها 18,86 إكساجول لسنة 2023. تمثّل الطاقة المتجددة طاقة 2,06 إكساجول من مزيج الطاقة لإفريقيا سنة 2023 وهو ما يمثّل نسبة 9,8%. تمثّل الطاقة النووية نسبة 0,4% من إجمالي الطاقة الأولية المستهلكة لسنة 2023 بطاقة تقارب 0,08 إكساجول.

سادساً. منطقة أوقيانوسيا:

يمثل استهلاك الطاقة الأولية في أوقيانوسيا ما يقارب 7 إكساجول إذ تعتبر الأقل استهلاكاً لسنة 2023 تمثل أستراليا نسبة 86% منه. ومن خلال الشكل (87) نعرض تطور تركيبة مزيجها

الطاقوي:



شكل رقم 87: تطور تركيبة المزيج الطاقوي في أوقيانوسيا 2013-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

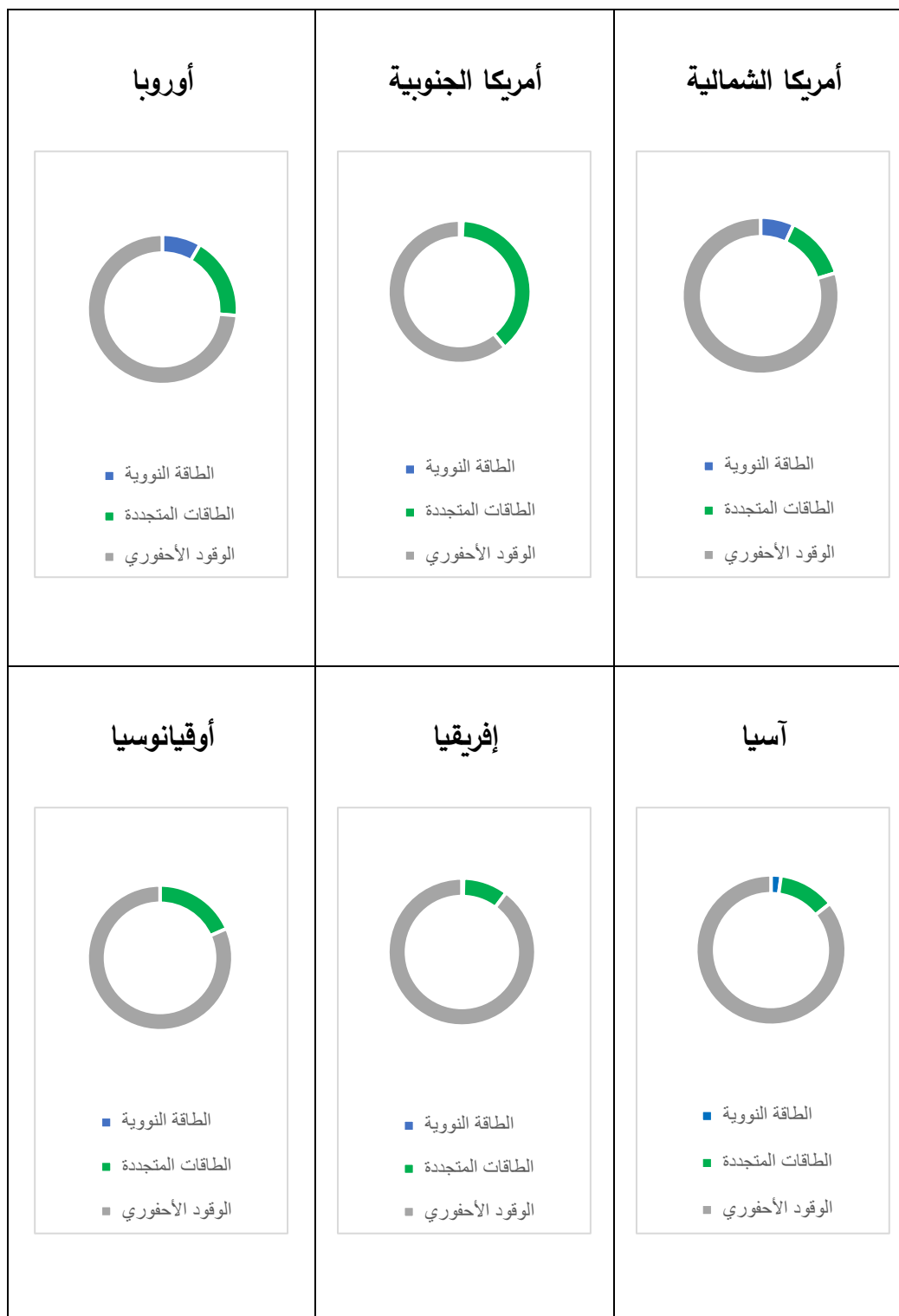
يمثل الوقود الأحفوري 81,6% من الطاقة الأولية المستهلكة في أوقيانوسيا بطاقة 5,71

إكساجول. تمثل الطاقات المتجددة حصة 18,4% من مزيج الطاقة لأوقيانوسيا بطاقة 1,29

إكساجول.

ونلخص مزيج الطاقة الأولية المستهلكة في العالم وحسب القارات كما هو موضح في الشكل

(88):

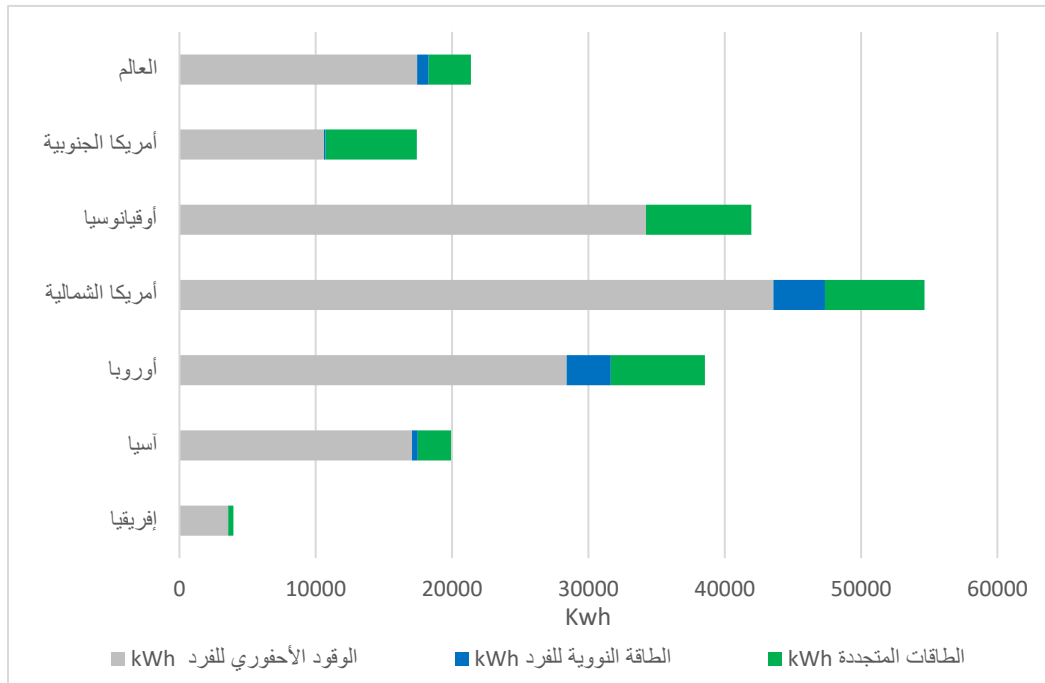


شكل رقم 88: مزيج الطاقة الأولية المستهلكة في العالم لسنة 2023

المصدر: من إعداد الطالب.

الفرع الثاني: تركيبة حصة الفرد من الطاقة في العالم

إنّ تحليل تركيبة حصة الفرد من الطاقة يعكس لنا تفاوت البنى الاقتصادية والهيكلية الطاقوية بين قارات العالم، كما يظهر مدى اعتماد الطاقات النظيفة وأنماط استهلاك الطاقة بين دول العالم. حيث استهلك الفرد في المتوسط العالمي 21393,71 كيلوواط ساعي سنة 2023 بتركيبة طاقوية يمثّل فيها الوقود الأحفوري 81,5%، والباقي من المصادر الأقل انبعاثاً للكربون (الطاقات المتجددة والطاقة النووية)، ومن خلال الشكل (89) نستعرض حصص الفرد من الطاقة حسب مصادرها:



شكل رقم 89: تركيبة نصيب الفرد من الطاقة في العالم لسنة 2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

نلاحظ أنّ تحليل تركيبة حصة الفرد من الطاقة في العالم يجعلنا نميّز بين ثلاث وضعيات

أساسية:

أولاً: المنطقة التي يتحصّل فيها الفرد على أعلى من المتوسط العالمي:

- أمريكا الشمالية: تحصّل الفرد على: 54651,15 كيلوواط ساعي في سنة 2023 وهو الأعلى عالمياً، يمثّل الوقود الأحفوري والطاقات النظيفة نسبة: 79,7% و 20,3% على التوالي. تتصدّر كندا والولايات المتحدة الأمريكية المنطقة بطاقة: 99916 و 77028 كيلوواط ساعي للفرد.
- أوقيانوسيا: تمثّل حصة الفرد من الطاقة الأولية في سنة 2023: 41942,83 كيلوواط ساعي، تمثّل منها الطاقات المتجددة 18,4% في حين يمثّل الوقود الأحفوري 81,6%. تحصّل الفرد في أستراليا 63257 كيلوواط ساعي وفي نيوزيلندا على 45740 كيلوواط ساعي.
- أوروبا: تحصّل الفرد على: 38554,6 كيلوواط ساعي من الطاقة الأولية سنة 2023، يمثّل الوقود الأحفوري 28404 كيلوواط ساعي والطاقات النظيفة 10150 كيلوواط ساعي. تتصدّر النرويج المنطقة بطاقة 101032 كيلوواط ساعي للفرد 72% منها من الطاقات المتجددة. بينما يتحصّل في كل من ألمانيا وفرنسا وإسبانيا على: 38052، 37164، 33099 كيلوواط ساعي على الترتيب، وتسهم الطاقات النظيفة فيها بمعدّل: 25%، 52%، 34% على التوالي أيضاً. يفسّر ارتفاع حصة الفرد من الطاقة بضخامة البنية التحتية للطاقة وكثافة اعتماد الطاقة في القطاعات الصناعية والخدماتية، كما أسهمت السياسات الحكومية الداعمة لاعتماد الطاقات النظيفة (مثل: الضرائب الكربونية) من خلال استغلال الطاقة النووية مثل فرنسا والطاقات المتجددة مثل الدول الإسكندنافية واعتماد التكنولوجيا والتقنيات المتطورة في إنتاج وتوزيع الطاقة.

ثانياً. المنطقة التي يتحصّل فيها الفرد على طاقة قريبة من المتوسط العالمي:

- آسيا: تمثّل حصة الفرد من الطاقة الأولية في سنة 2023: 19917,42 كيلوواط ساعي تمثّل منها الطاقات النظيفة 14,4%، والملاحظ في هذه المنطقة أنّها تحتوي على ستّ دول من بين العشرة الأعلى عالمياً من حيث نصيب الفرد من الطاقة وهي كل من: قطر والإمارات العربية

المتحدة وسنغافورة والكويت وسلطنة عمان والسعودية. حيث تحسّل الفرد في قطر على 255427 كيلوواط ساعي وفي السعودية على 87199 كيلوواط ساعي سنة 2023. تمثّل حصة الفرد في اليابان والصين والهند: 39210، 33267، 7586 كيلوواط ساعي على التوالي. فالمنطقة تشهد نمواً سكانياً واقتصادياً يدفع إلى رفع الطلب على الطاقة.

- **أمريكا الجنوبية:** تمثّل حصة الفرد سنة 2023: 17411,89 كيلوواط ساعي يمثّل منها الوقود الأحفوري 61% و 6811,33 كيلوواط ساعي من الطاقات النظيفة. تعتبر كل من الشيلي وفنزويلا والأرجنتين من الدول الأعلى حصة في المنطقة بطاقة: 25679 و 24383 و 22278 كيلوواط ساعي على التوالي. كما تعتبر البرازيل من الدول الأعلى إدماجاً للطاقات المتجددة حيث يتحصل الفرد في البرازيل على 17806 كيلوواط ساعي منها 8962 كيلوواط ساعي من الطاقات المتجددة وهو ما يمثّل نسبة: 50,3% مقارنة بنسبة 48,7% من الوقود الأحفوري.

ثالثاً. المنطقة التي يتحصّل فيها الفرد على طاقة أدنى من المتوسط العالمي:

- **إفريقيا:** يتحصّل الفرد في إفريقيا على 3969,28 كيلوواط ساعي، وهو أدنى مستويات الطاقة في تناقض واضح مع بقية المناطق، بنسبة 90% من الوقود الأحفوري. وتختلف بعض الدول ذات الطابع الطاقوي عن المعدّل القاري منها: ليبيا وجنوب إفريقيا والجزائر والتي يتحصل فيها الفرد على: 28270 و 22314 و 15458 كيلوواط ساعي على الترتيب بينما تمثّل حصة الفرد من الطاقة في مصر وتونس والمغرب: 9704 و 9524 و 7169 كيلوواط ساعي على التوالي. لقد بلغ عدد سكان القارة الإفريقية 1,34 مليار نسمة سنة 2020، منهم 592 مليون شخص لا يتحصلون على الكهرباء في ظلّ غياب البنية التحتية من محطات توليد الطاقة وشبكات النقل والتوزيع، مع انخفاض معدلات التنمية الاقتصادية حيث يمثّل نصيب الفرد من الناتج المحلي

الإجمالي في القارة 1915 دولار للفرد. وقد استحوذت خمس اقتصادات: الجزائر ومصر والمغرب ونيجيريا وجنوب إفريقيا على 55% من النمو الاقتصادي في القارة.

خلاصة الفصل:

بحثنا في هذا الفصل تحليل مشهد الانتقال الطاقوي في العالم من خلال دراسة الإطار النظري والمفاهيمي للانتقال الطاقوي، الذي يستند إلى رفع معدلات إدماج الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة وتفعيل أسس ترشيد استغلال الطاقة وتحقيق الكفاءة الطاقوية، وهو ممّا لا شك فيه سيدعم الانتقال الطاقوي بما يعزّز الأمن الطاقوي.

وقد توصلنا بعد تحليل التوجه العالمي نحو الطاقات النظيفة إلى أنّ العالم شهد تطورًا بمعدّل 122% في القدرات المركبة من الطاقات المتجددة في الفترة 2013-2023، حيث سمح بتطوير الطاقة الكهربائية النظيفة بمعدّل 55%، لتمثّل الطاقات المتجددة والنوعية حصة 39% سنة 2023. أمّا مؤشرات الكفاءة الطاقوية فهي تبين أنّ المعدّل العالمي لحصة الفرد من الطاقة الأولية بلغ 21394 كيلوواط ساعي في سنة 2023، وحصلته من الكهرباء المولّدة 3616 كيلوواط ساعي، كما أظهرت مؤشرات كثافة الطاقة أنّ المعدّل العالمي لسنة 2021 هو 4,52 ميغا جول/ للدولار، مع تفاوت واضح بين الدول مرتفعة ومنخفضة الدخل. من جهة أخرى تشير نتائج تحليل تركيبة المزيج الطاقوي العالمي وتركيبه حصة الفرد من الطاقة إلى أنّ الطاقات النظيفة لا تمثّل إلا 18,5%، وإلى أهمية البنية التحتية للطاقة والقاعدة الاقتصادية وسياسة دعم الطاقات النظيفة في رفع حصة الفرد من الطاقات الأقل انبعاثًا للغازات الدفيئة.

إنّ التفاوت الحاصل بين الدول في تحقيق انتقال طاقوي مدفوع باعتماد الطاقات المتجددة وتفعيل آليات الكفاءة الطاقوية يدفعنا لبحث نموذج دولي يتقاطع مع بيئة الانتقال الطاقوي الجزائري اقتصاديًا، ومن حيث الهيكلية الطاقوية، لدراسته كمقاربة للانتقال الطاقوي تسمح باستخلاص الدروس والعبر وهذا ما سنبحثه في الفصل الموالي.

الفصل الثالث: تحليل نموذج

الانتقال الطاقوي في جنوب

إفريقيا: التحدّيات والدروس

المستفادة

تمهيد

إن تحليل التوجه العالمي نحو الانتقال الطاقوي أتاح لنا التعرّف على عديد النماذج والمقاربات الدولية، والتي تتباين فيما بينها بحسب هيكلتها الطاقوية، وإمكانياتها من الوقود الأحفوري، وواقعها الاقتصادي، ومدى توافرها على المؤهلات من الموارد المتجددة وقاعدتها الصناعية، وغيرها من مجالات الاختلاف. حيث اتجهت دول للطاقات المتجددة في ظل افتقارها للوقود الأحفوري، ومنها من حققت حصة مساهمة عالية للطاقات المتجددة، إمّا لتوفرها على الموارد المائية كالأنهار الكبرى، أو لمحدودية إنتاجها الطاقوي، ودول ذات قاعدة اقتصادية وصناعية ضخمة أهلتها لتحقيق التكامل الاقتصادي لصناعة الطاقات المتجددة.

كلّ هذا جعلنا نبحث عن نموذج يتقاطع مع الواقع الجزائري في عديد النقاط، فبرز لنا نموذج جنوب إفريقيا، والتي هي دولة إفريقية متوسطة الدخل في الشريحة العليا، فهي أكبر اقتصاد في القارة بناتج محلي إجمالي 400 مليار دولار سنة 2024، تشترك مع الجزائر في تحديات القارة التنموية، وتعد منتجاً رئيسياً للطاقة وغنية بالموارد الأحفورية. كما أنّها حققت القدرة المركبة التي تسعى الجزائر إلى تحقيقها في آفاق 2035: 16000 ميغاواط، وتعتمد هيكله مؤسساتية طاقوية تشبه الجزائر، فشركة "إسكوم" الجنوب إفريقية تشاكل "سونلغاز" الجزائرية من حيث الإنتاج والنقل والتوزيع للكهرباء. لكل هذه الاعتبارات وغيرها، خُصص هذا الفصل لتحليل مقارنة الانتقال الطاقوي لجنوب إفريقيا، قصد تعميق الفهم في أبعادها القانونية والسياسية والاقتصادية والبيئية، واستخلاص الدروس التي يمكن أن تستفيد الجزائر منها في طريق انتقالها الطاقوي. فقد تبنّت جنوب إفريقيا وفي ظلّ أزمة انقطاع الكهرباء وتساعد الضغوط الدولية اتجاه البيئة والمناخ، برنامج شراء الطاقة المستقلة من

منتجي الطاقة المتجددة REIPPPP وخطة الطاقة المتكاملة IRP بهدف تخفيض الاعتماد على الفحم إلى 59% بحلول 2030.

المبحث الأول: الإطار التاريخي والهيكل لنظام الطاقة في جنوب إفريقيا وأزمة النموذج الأحفوري

إنّ بموجب التحديات الاقتصادية والبيئية والاجتماعية، التي فرضها الاعتماد على الفحم في جنوب إفريقيا، قد برزت الحاجة إلى سياسة طاقوية تحقق التوازن بين النمو الاقتصادي والاستدامة البيئية. ومن خلال هذا المبحث نستعرض واقع نظام الطاقة والتطور التاريخي للأزمة وبعدها الاقتصادي للبلد.

المطلب الأول: المؤشرات الرئيسية وقطاع الطاقة في جنوب إفريقيا

إنّ التعرف على واقع البيئة الاقتصادية والنظام الطاقوي، يبرز لنا التحديات التي تواجه جنوب إفريقيا في تجسيد انتقالها الطاقوي، الذي يضمن لها استغلال إمكانياتها الطبيعية باستدامة وعدالة. وفي هذا الصدد نسلط الضوء على أهم المؤشرات الاقتصادية والطاقوية لجنوب إفريقيا.

الفرع الأول: المؤشرات الاقتصادية لجنوب إفريقيا

نلخص واقع اقتصاد جنوب إفريقيا من خلال الجدول (8)، والذي تضمّن أهم مؤشرات الواقع

الاقتصادي لجنوب إفريقيا:

جدول رقم 8: المؤشرات الاقتصادية لجنوب إفريقيا سنة 2023

تعداد السكان الإجمالي (نسمة)	63,2 مليون نسمة
معدل الزيادة السكانية (% سنوياً)	1,3 % سنوياً
المساحة الإجمالية	1220813 كم ²
إجمالي الناتج المحلي (GDP) سنة 2023	380,7 مليار دولار أمريكي
نصيب الفرد من إجمالي الناتج المحلي (GDP)	6022,5 دولار أمريكي
معدل نمو إجمالي الناتج المحلي (% سنوياً)	0,70 % سنوياً
معدل البطالة (%) لسنة 2024	33,2 %

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات البنك الدولي.

تعدّ جنوب إفريقيا بتحقيقها ناتج محلي إجمالي 380,7 مليار دولار ثاني أكبر اقتصاد في إفريقيا، إلا أنها تواجه تحديات اقتصادية بالغة الأهمية، فمعدل نمو الناتج المحلي انخفض إلى 0,7 % سنة 2023، وهو ما يعكس حجم الركود الاقتصادي الذي يعانيه البلد. وعلى الرغم من أنّ حصة الفرد من الناتج المحلي تصل إلى 6022 دولار، فإنّ نقشي أزمة البطالة التي بلغت نسبة 33,2 %، تظهر حجم التباين الواضح في تقسيم الثروة بين طبقات المجتمع، وهذا ما يوضّحه معدل الفقر الذي بلغ سنة 2023: 20 % من إجمالي عدد السكان¹.

والى جانب التحديات الاقتصادية، فإنّ واقع قطاع الطاقة في جنوب إفريقيا، قد عمّق من هذه التحديات في ظلّ عجز تغطية الطلب على الكهرباء وغيرها من المشاكل التي سنبحثها فيما سيأتي.

¹ موقع البنك الدولي، <https://data.albankaldawli.org/indicator/SI.POV.DDAY?locations=ZA>

الفرع الثاني: مؤشرات قطاع الطاقة في جنوب إفريقيا

تستهلك جنوب إفريقيا أكبر طاقة أولية في إفريقيا، وهي أكبر منتج للكهرباء في إفريقيا. ومن خلال الجدول (9) نوضح أهم مؤشرات الواقع الطاقوي لجنوب إفريقيا:

جدول رقم 9: مؤشرات نظام الطاقة في جنوب إفريقيا سنة 2023

1348 تيراواط ساعي	الطاقة الأولية المستهلكة
22314 كيلوواط ساعي للفرد	حصة الفرد من الطاقة الأولية
228,35 تيراواط ساعي	الطاقة الكهربائية المولدة
87,7%	نسبة تغطية الكهرباء للسكان
94,42%	حصة الوقود الأحفوري من الطاقة الأولية
83,5%	حصة الوقود الأحفوري من الطاقة الكهربائية

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات البنك الدولي و Our World In Data.

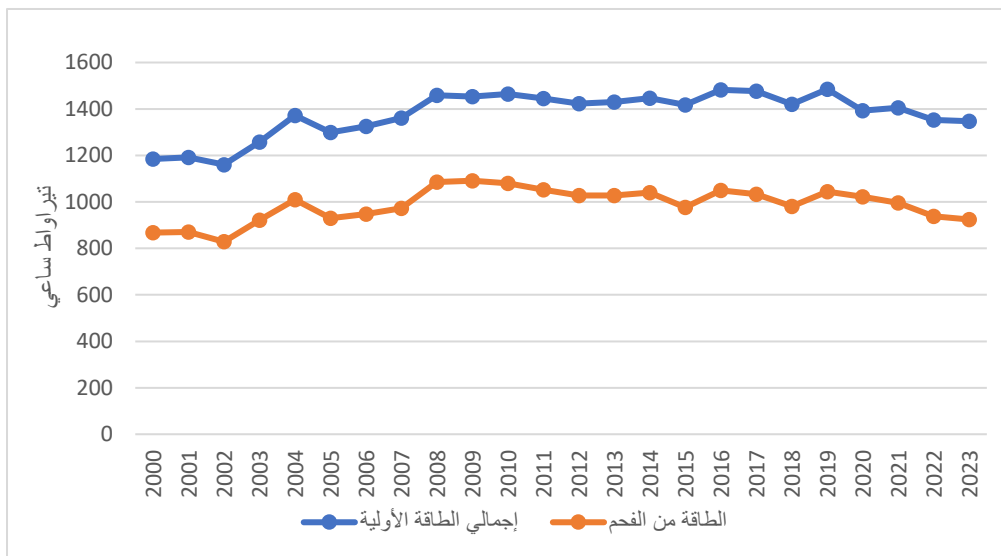
تظهر المؤشرات السابقة توافر الإنتاج الطاقوي، فهو يتيح للفرد الحصول على 22314 كيلوواط ساعي للفرد سنوياً من إجمالي الطاقة الأولية، وهو مرتفع عن المتوسط القاري (4000 كيلوواط ساعي للفرد) بخمسة أضعاف. وهو يشير إلى توافر الموارد الطبيعية الطاقوية، خاصة الأحفورية منها، فهي تمثل 94,42% من إجمالي الطاقة. وعلى العكس من ذلك لا يزال 7,77 مليون نسمة لا يحصلون على الكهرباء، وهو ما يتناقض مع حصة الفرد من الطاقة الأولية والكهرباء، ومن هذا المنطلق لابد من إعادة هيكلة نظام التوليد وشبكات نقل وتوزيع الطاقة بما يتناسب مع التوزيع العادل للطاقة.

المطلب الثاني: الاعتماد التقليدي على الفحم في جنوب إفريقيا

نبحث سياق اعتماد الطاقة على الفحم في جنوب إفريقيا، من خلال تطوّر حصة الفحم في مزيج الطاقة (الطاقة الأولية المستهلكة)، وأهمية الفحم في توليد الكهرباء:

الفرع الأول: حصة الفحم في مزيج الطاقة الأولية في جنوب إفريقيا

ندرس نسبة اعتماد جنوب إفريقيا على الفحم في مزيج الطاقة الأولية، حيث استهلكت كأول دولة في إفريقيا من الطاقة 1348 تيراواط ساعي سنة 2023. ومن خلال الشكل (90) نوضّح تطوّر الطاقة الأولية وإنتاج الطاقة من الفحم:



شكل رقم 90: تطوّر الطاقة الأولية وطاقة الفحم في جنوب إفريقيا 2000-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data،

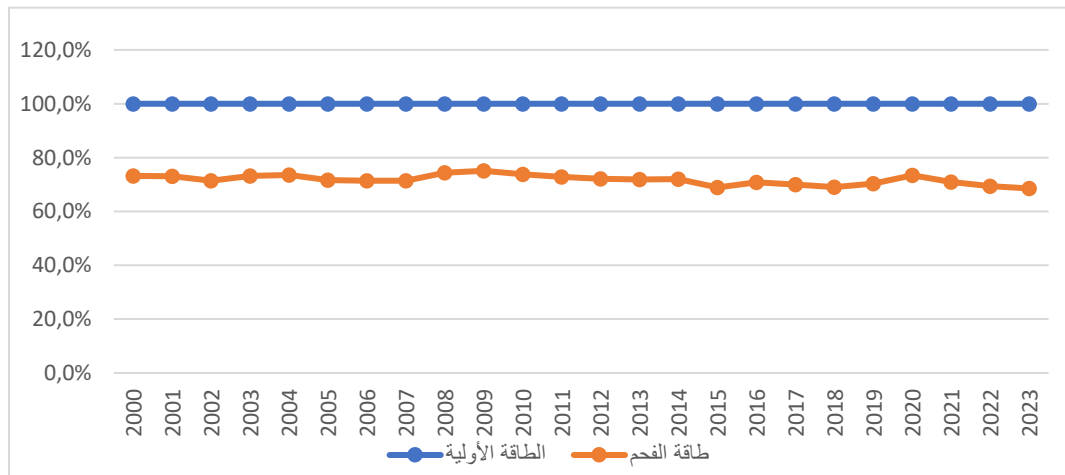
<https://ourworldindata.org/grapher/energy-consumption-by-source-and-country.csv?v=1&csvType=full&useColumnShortNames=true>

.12:41، 2025/05/08

عرفت الطاقة الأولية في جنوب إفريقيا ارتفاعاً في الفترة [2000-2008] بمعدل 23%. لتستقر في الفترة [2008-2019] حيث عرفت تغييراً نسبياً بمعدل 1,8%. لتشهد تراجعاً في الفترة [2019-2023] بمعدل 9%.

تناسب التغير في الطاقة من الفحم مع التغير في الطاقة الأولية تقريباً، حيث تغيرت بمعدل (+25%) في الفترة [2000-2008]، وبمعدل (-4%) في الفترة [2008-2019]، وبمعدل (-12%) في الفترة [2019-2023]. حيث يعتبر الفحم العنصر الرئيسي في مزيج الطاقة في جنوب إفريقيا.

يمثل الفحم مركب مزيج الطاقة الرئيسي في جنوب إفريقيا، حيث تمثل نسبة مساهمته في مزيج الطاقة سنة 2011: 73%. لتشهد تراجع في الفترة [2011-2023] كما هو موضح في الشكل (91):



شكل رقم 91: تطوّر نسبة طاقة الفحم في الطاقة الأولية في جنوب إفريقيا 2000-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data

<https://ourworldindata.org/grapher/energy-consumption-by-source-and-country.csv?v=1&csvType=full&useColumnShortNames=true>

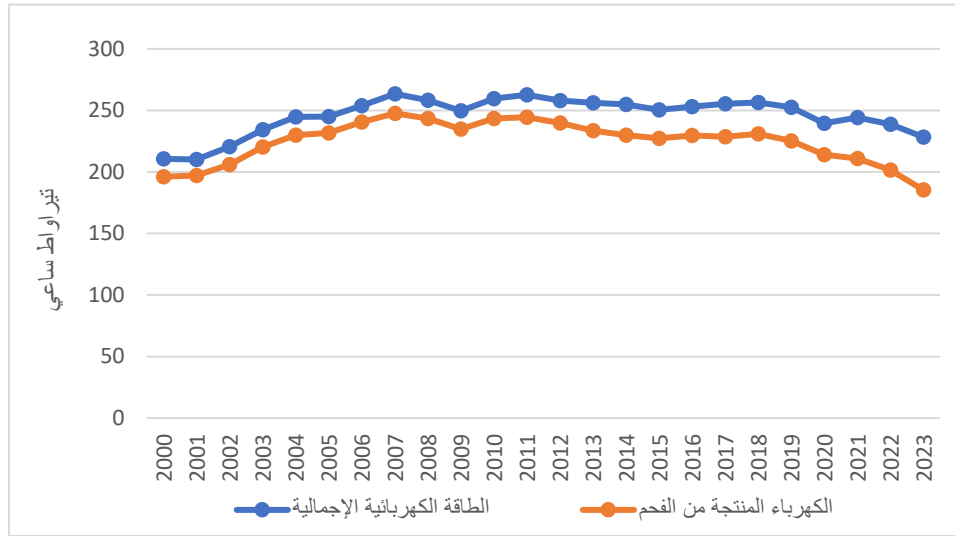
.12:41، 2025/05/08

مثّل الفحم في خلال الفترة [2000-2014]، ما يتراوح بين [71% إلى 75%]، بلغت ذروة حصته في الطاقة الأولية سنة 2009 بمعدّل 75%، وفي ذات السنة سجلت ذروة الطاقة من الفحم بطاقة: 1091,17 تيراواط ساعي. وقد أوردنا أهمية احتياطي الفحم في جنوب إفريقيا في الفصل الأول بما يمثّل 95% من احتياطي القارة باحتياطات مؤكدة تقدّر بـ: 9,89 مليار طن في سنة 2020.

شهدت المرحلة [2014-2023] تراجعاً في نسبة اعتماد الفحم في مزيج الطاقة لجنوب إفريقيا، لتبلغ في سنة 2023 أدنى مستوى بـ 68,6% من الطاقة الأولية وهو ما يعادل: 923,69 تيراواط ساعي.

الفرع الثاني: حصة الفحم في توليد الكهرباء في جنوب إفريقيا

تعتبر جنوب إفريقيا الدولة الإفريقية الأعلى إنتاجاً للكهرباء، حيث حققت في سنة 2023: 228,35 تيراواط ساعي. ويعدّ الفحم المركب الأساسي في مزيج توليد الكهرباء، والشكل (92) يوضح تطور إسهامات الفحم في توليد الكهرباء:



شكل رقم 92: تطور الطاقة الكهربائية وحصة الفحم في توليدها في جنوب إفريقيا 2000-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data،

<https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked.csv?v=1&csvType=full&useColumnShortNames=true>

15:11، 2025/05/11

ارتفع إنتاج الكهرباء في جنوب إفريقيا في الفترة [2000-2011] بمعدل 25%، معتمداً على

الفحم بنسبة 93 إلى 95% في ذات الفترة. ويفسر هذا الارتفاع بالنمو السكاني والتنمية الاقتصادية

التي تؤدي إلى ارتفاع الطلب على الكهرباء.

تراجعت الطاقة الكهربائية المولدة في الفترة [2011-2023] بمعدل 13%، وتراجع معها

أيضاً معدل حصة الفحم في إنتاجها بنسبة 11% ليمثل حصة 83% سنة 2023. وهو ما أسهمت

فيه استراتيجيات تنويع مصادر الطاقة واعتماد مصادر الطاقة المتجددة وتعويض الفحم.

المطلب الثالث: أزمة انقطاع الكهرباء لشركة Eskom وآثارها الاقتصادية

تجسّد أزمة انقطاع الكهرباء لشركة Eskom في جنوب إفريقيا، والتي دامت لأكثر من 15 سنة،

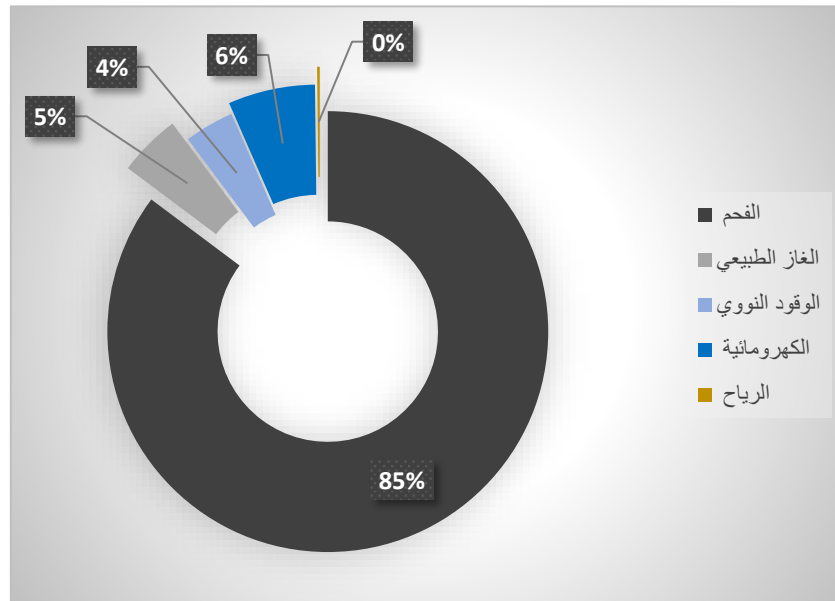
فشل نموذج الطاقة القائم على محطات الفحم القديمة، حيث عجزت الشركة عن تغطية الطلب

المتنامي على الكهرباء، وهو ما أثر سلباً على اقتصاد البلد.

الفرع الأول: أزمة انقطاعات الكهرباء لشركة Eskom

شركة إسكوم Eskom هي شركة قابضة محدودة، مملوكة بالكامل للدولة، يتمثل نشاطها في توليد الكهرباء ونقلها وتوزيعها وشراؤها وبيعها، تغطي 86% من احتياجات الكهرباء لجنوب إفريقيا، و20% من الكهرباء المنتجة في إفريقيا.

تعتمد شركة إسكوم في إنتاج الكهرباء على مزيج محطات التوليد من الفحم والوقود النووي والديزل والغاز الطبيعي والمياه والرياح بقدرة مركبة قدرها 53163,4 ميغاواط، تمثل محطات الفحم 85,22%، ونلخص قدرتها المركبة حسب آخر تحديث أوت 2024، كما هو في الشكل (93):



شكل رقم 93: تركيبة محطات توليد الكهرباء لشركة إسكوم

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات شركة، (www.eskom.co.za). 2025/05/13. 22:59.

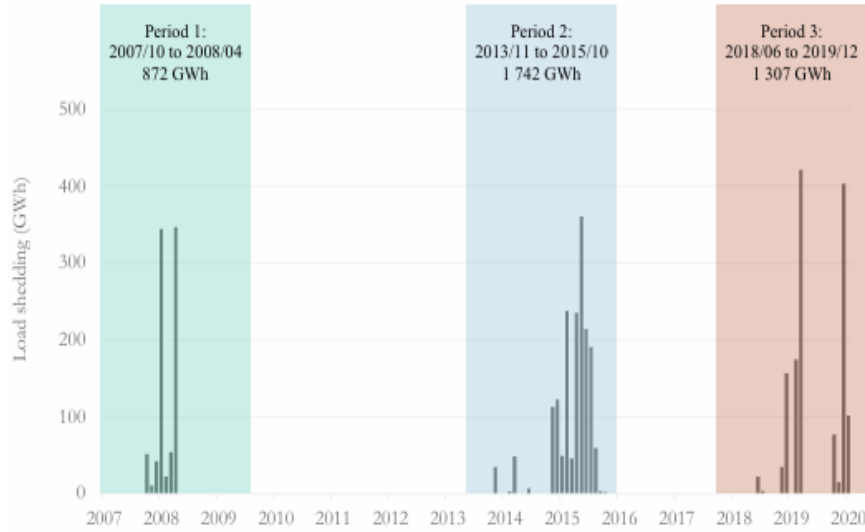
في عام 2007، اجتمعت عديد الدراسات على تقديم توصيات لحكومة جنوب إفريقيا¹، مفادها أنه لا بدّ من اتخاذ إجراءات تقضي بتعزيز قدرة توليد الكهرباء، وتشير إلى التبعات والآثار السلبية لانقطاعات الكهرباء المستمرة، على الوضع الاقتصادي والاجتماعي. وقد صرّح كولين ماتجيبلا رئيس مجلس إدارة هيئة تنظيم الطاقة في جنوب إفريقيا، بالتحديات الطاقوية التي تواجهها جنوب إفريقيا بسبب ارتفاع الأحمال الكهربائية، وارتفاع ذروة الطلب على الكهرباء، وأهمية التدابير التي تبنتها الهيئة في الحد من آثار أزمة انقطاع الكهرباء².

بعد أن عاشت جنوب إفريقيا أول تجربة لانقطاع التيار الكهربائي، أصبح حالة متكررة، ومخطط لها بانتظام لحماية الشبكة من أضرار ارتفاع الأحمال والطلب، والذي لا يمكن تغطيته بواسطة الطاقة الكهربائية المولدة (جانب العرض).

وحسب التقدير من الأعلى إلى الأسفل (Top down estimate) من قبل Eskom، حيث تحدّد كمية الانقطاع الكهربائي، بالفرق بين الطلب الوطني المتوقع، والطلب الفعلي خلال فترة الانقطاع. يبيّن الشكل (94) كمية العجز في الطاقة الكهربائية خلال ثلاث فترات: [2007/10-2008/04]، [2013/11-2015/10]، [2018/06-2019/12].

¹ P. Govender, A. Ramballee and S. A. Moodley, "A load shedding controller for management of residential loads during peak demand periods," IEEE Africon. 7th Africon Conference in Africa (IEEE Cat. No.04CH37590), Gaborone, Botswana, pp. 729-734 Vol.2, doi: 10.1109/AFRICON.2004.1406780.

² National Energy Regulator of South Africa. NERSA Annual Report 2007/2008. Produced by Puisano.



شكل رقم 94: كمية عجز الطاقة الكهربائية بفعل الانقطاعات في جنوب إفريقيا 2007-2019

المصدر: Walsh, K., Theron, R., & Reeders, C. Estimating the economic cost of load shedding in South Africa. In Paper submission to Biennial Conference of the Economic Society of South Africa (ESSA). (2021) (Vol. 22, No. 1, pp. 1-22).

يظهر من خلال الشكل (94) حدوث انقطاع التيار الكهربائي في 33 شهرًا في الفترة المدروسة، من مجموع 50 شهرًا، وهو ما يمثل نسبة 66%. حدّد عجز الطاقة الكهربائية (الأحمال الزائدة) بـ: 872 جيجاواط ساعي في الفترة [2008/04-2007/10]، و1742 جيجاواط ساعي في الفترة [2015/10-2013/11]، و1307 جيجاواط ساعي في الفترة [2019/12-2018/06]. فهي بمجموعها تساوي 3921 جيجاواط ساعي أي 4 تيراواط ساعي تقريبًا في 50 شهرًا.

ولا تزال أزمة انقطاع الكهرباء قائمة، حيث سجّلت 75 يومًا في سنة 2021، وارتفعت إلى 208 يوم في سنة 2022¹. أمّا سنة 2023 فقد شهدت أرقامًا قياسية، فقد بلغت الانقطاعات ما يقرب 25000 جيجاواط ساعي على مدار 287 يومًا².

¹ Erero, J. L. Impact of loadshedding in South Africa: A CGE analysis. Journal of Economics and Political Economy, 2023, 10(2), 78-94.

<https://journals.econsciences.com/index.php/JEPE/article/view/2448> .

² Daily Investor. Eskom's load-shedding miracle shown in one graph.

لقد تسبب قِدمُ محطات توليد الطاقة الكهربائية بالفحم في تقلُّب إمدادات الكهرباء¹، وقد بُرِجت انقطاعات ارتفاع الأحمال من طرف شركة إسكوم للحفاظ على الشبكة من التلف والانهييار، حيث يصبح هذا الإجراء ضروريًا في حالة ارتفاع الطلب على الكهرباء عن مستوى العرض المتاح، هذا الأخير الذي يشهد اضطرابات نتيجة صيانة المحطات المتقادمة، وتأخر إنجاز مشاريع المحطات الجديدة². ومن خلال الجدول (10) تتضح وضعية محطات الكهرباء بحرق الفحم:

جدول رقم 10: وضعية محطات توليد الكهرباء من الفحم لشركة إسكوم

المحطة	وضعية الاستغلال
محطة أرنوت Arnot	بداية الاستغلال في ماي 1971 بقدرة 2200 Mw.
محطة كامدن Camden	بداية الاستغلال في 12 أكتوبر 1967 بقدرة 1561 Mw، تمّ توقيفها أواخر الثمانينات، ثمّ إعادة تشغيلها في 31 مارس 2010.
محطة ديفا Duvha	تمّ تشغيل آخر وحداتها في فبراير 1984، قدرتها 3000 Mw،
محطة جروتفلي Grootvlei	بداية تأسيسها في 1960، قدرتها 1180 Mw، أغلقت في أوائل التسعينات، ليتمّ إعادة تشغيلها في 1995.
محطة هندرينا Hendrina	بدأت الوحدة الأولى في العمل في 1970، والأخيرة في 1976، بقدرة 1636 Mw، جدّدت خمسة من عشرة وحدات بين سنة 1995 و 1997، والبقية جدّدت بين سنة 2001 و 2005.

<http://dailyinvestor.com/energy/71747>. 17/05/2025. 00:06.

¹ Uhunamure, S. E., & Shale, K. A SWOT Analysis approach for a sustainable transition to renewable energy in South Africa. Sustainability, 2021, 13(7), 3933. <https://doi.org/10.3390/su13073933>.

² New Development Bank. South Africa: Renewable Energy Sector Development Project Approach Paper: Methodology and Process, 2024. from <https://www.ndb.int/wp-content/uploads/2024/04/South-Africa-Renewable-Energy-Sector-Development-Project-Approach-Paper.pdf>. 21/05/2025. 10:38.

محطة كندال Kendal	قدرتها 4116 Mw، دخلت آخر وحداتها التشغيل عام 1993، تعمل بالتبريد الجاف غير المباشر.
محطة كوماتي Komati	دخلت آخر وحدة الاستغلال في عام 1966 بقدرة 990 Mw، تمّ توقيفها في سنة 1990، ليعاد تشغيلها بين يناير 2009 وأكتوبر 2013. وفي عام 2017 جعلت في الاحتياطي البارد. وتمّ إغلاقها في أكتوبر 2022. (Just Energy Transition)
محطة كريل Kriel	قدرتها 2790 Mw، أنجزت عام 1979،
محطة كوسيلي kusile	في 2025/03/23 تمّ إضافة الوحدة السادسة للمحطة لتبلغ قدرتها 4800 Mw.
محطة ليثابو Lethabo	بداية تشغيلها في 1985، قدرتها 3708 Mw.
محطة ماجوبا Majuba	قدرتها: 4110 Mw، بداية تشغيلها في 1996.
محطة ماتيمبا Matimba	بداية تشغيلها في سبتمبر 1987، بطاقة مركبة: 3990 Mw، شغلت في سنة 1996 بشكل متواصل لمدة 80 يوم.
محطة ماتلا Matla	قدرتها 3600 Mw، بداية استغلالها التجاري سنة 1979.
محطة موديبي Medupi	قدرتها 4760 Mw، بدأت أعمال بنائها في ماي 2007، على أن تبلغ طاقتها الكاملة في 2020. حققت حالة التشغيل التجاري في 21 يوليو 2021.
محطة تيتوكا Tutuka	بداية التشغيل في مارس 1985، واشتغلت بكامل طاقتها بحلول يونيو 1991. قدرتها المركبة: 3654 Mw.

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات شركة إسكوم.

نلاحظ ارتفاع معدّل عمر استغلال محطات الفحم، ممّا أدّى إلى انخفاض كفاءتها، حيث

دخلت 73% منها الخدمة قبل 1990.

كما نلاحظ التوقفات التي تتجاوز أحياناً 20 سنة، مثل محطة كامدن [1989-2010]،

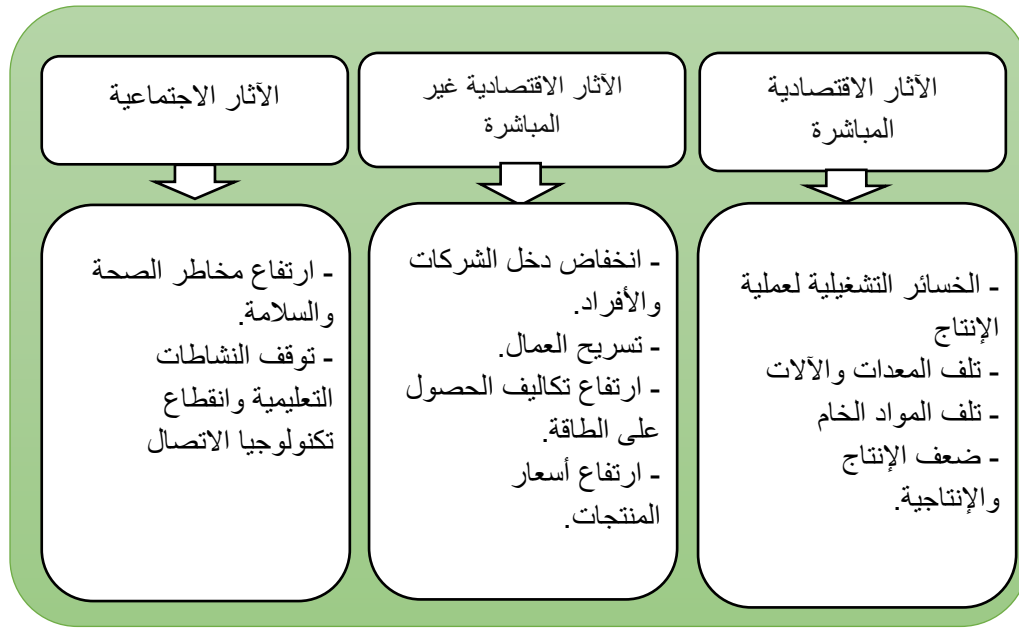
جرونتفلي [1990-1995]، كوماتي [1990-2009] والتي وضعت في الاحتياطي البارد في سنة

2017 ليتّم توقيفها سنة 2022. وهذه التوقعات أدّت إلى تدهور القدرة المركبة الحقيقية مقارنة بالنظرية. بالإضافة إلى الصيانة الدورية الطارئة التي أثّرت على استقرار الشبكة، حيث دامت صيانة الوحدات العشرة لمحطة هندرينا مدة 10 سنوات.

كما تعتبر مركزية التوليد الطاقوي بقدرات مركبة ضخمة ذات أثرٍ بالغ على استقرار إمدادات الطاقة، حيث تعطلّ عن الشبكة طاقة كهربائية كبيرة لتوقف محطة واحدة، فمحطة كوسيلي في حال توقفها تضيّع على الشبكة 115,2 جيغاواط ساعي كل يوم. ضف إلى ذلك تأخّر إنجاز مشاريع بعض المحطات مثل موديبي وكوسيلي.

الفرع الثاني: الأثر الاقتصادي لأزمة انقطاعات الطاقة في جنوب إفريقيا

إنّ انقطاع الكهرباء له أثر سلبي على اقتصاد جنوب إفريقيا، سواءً كان طارئاً، أو مبرمجاً أمام ضعف الشبكة عن تغطية الأحمال الزائدة، بهدف حماية نظام التوليد الكهربائي من التلف. ويمكن تقسيم التأثير السلبي لانقطاعات الكهرباء كما هو موضّح في الشكل (95) إلى: تأثير اقتصادي مباشر وغير مباشر، واجتماعي.



شكل رقم 95: مخطط توضيحي لأثر انقطاعات الكهرباء على جنوب إفريقيا

المصدر: من إعداد الطالب.

لقد أثر انقطاع التيار الكهربائي على الشركات، وعلى الحياة الاجتماعية للأسر، حيث أصبحت تمرّ الساعات والأيام دون كهرباء، فقد أهدرت الشركات ساعات عمل قيّمة دون إنتاج سلع وخدمات، مع تلف لعدد المعدات والأدوات، لتقيّد بذلك نمو الناتج المحلي الإجمالي بسبب انخفاض الإيرادات، وارتفاع معدلات البطالة.

يعتمد مؤشر تكلفة فقدان الطاقة COUE (The Cost of Unserved Energy) لتقدير الأثر الاقتصادي لانقطاع التيار، بالراند لكل كيلوواط ساعي لانقطاع قصير المدة، أحدث التقديرات المعتمدة من طرف شركة إسكوم Eskom لتكلفة COUE: 101,73 راند للكيلوواط ساعي، حيث كلف انقطاع الكهرباء الاقتصاد الجنوب إفريقي في عام 2022: ما يتجاوز 500

مليار راند، وهو يقارب قيمة: 28 مليار دولار أمريكي، وهو ما يمثل 7% من الناتج المحلي الإجمالي لسنة 2022¹.

المبحث الثاني: استراتيجية الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا: السياسات والبرامج

اعتمدت حكومة جنوب إفريقيا لمواجهة أزمة الطاقة التي تواجهها، من اعتماد مفرط على الفحم، وعدم القدرة على تغطية الطلب المتزايد على الكهرباء، سياسات وبرامج وطنية تهدف لزيادة حصة الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة الوطني، وهذا منذ زوال نظام الفصل العنصري سنة 1994، وضمنته دستورها سنة 1996 إلى غاية صياغة خططها المتكاملة للطاقة والموارد، وفي هذا المبحث نستعرض أهم الأطر القانونية، والسياسات الداعمة للتحوّل نحو الطاقات المتجددة.

المطلب الأول: الإطار القانوني والمؤسساتي للتحوّل الطاقوي في جنوب إفريقيا

يهدف الإطار القانوني ومجموع الهيئات المتعلقة بقطاع الطاقة في جنوب إفريقيا، إلى صياغة خطة طريق، نحو تحقيق تحوّل عادل للطاقة، يضمن التنمية الاقتصادية والاجتماعية، في ظلّ طموحات توسيع صناعة الطاقات المتجددة، والحدّ من آثار الاقتصاد الأحفوري. وفي هذا المطلب نستعرض البنية القانونية والهيكل المؤسساتي الداعم للانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا.

الفرع الأول: الإطار القانوني والدستوري لانتقال الطاقة في جنوب إفريقيا

بعد حقبة الفصل العنصري ومنذ سنة 1994، يعتبر دستور جنوب إفريقيا الأداة الشاملة التي توجّه القوانين والتشريعات، وقد تطورت قوانين تنظيم قطاع الطاقة بما يهدف إلى نمو حصة الطاقات المتجددة، وفي هذا الصدد نلخص من خلال الجدول (11) أهم المعالم القانونية لتحوّل الطاقة في جنوب إفريقيا:

¹ Erero, J. L. Impact of loadshedding in South Africa: A CGE analysis. p 84.

جدول رقم 11: معالم الإطار القانوني للانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا

السنة	السند القانوني	المضمون
1996	القسم 24 (أ) و(ب) والقسم 27 (ب) من الدستور.	يؤكد على حق الفرد في توفير بيئة لا تضر بصحته ولا تقتض رفايته.
1998	قانون الإدارة البيئية الوطنية قانون 107 القسم 2 (4).	يحدد متطلبات التنمية المستدامة، وينص على استغلال الموارد المتجددة.
2006	قانون تنظيم الكهرباء المادة 2.	يهدف إلى تحقيق التنمية المستدامة وتعزيز تنوع مصادر الطاقة وتفعيل كفاءة الطاقة.
2008	قانون الطاقة الوطنية، القانون رقم 34 القسم 2	يهدف إلى تأسيس تخطيط رفع إنتاج الطاقة من المصادر المتجددة، وتنويع إمدادات الطاقة ومصادرهما ودعم التنمية المستدامة لاقتصاد جنوب إفريقيا.
2009	قانون تنظيم الكهرباء القسم 2 (1)	ينص على القدرة الجديدة على التوليد الكهربائي المستمدة من الطاقات المتجددة والتوليد الهجين (المشترك).
2012	الوائح المتعلقة بالخط الإلزامي للوقود الحيوي مع البنزين والديزل، الفصل 4 القسم 1.	دخلت اللوائح حيّز التنفيذ في 1 أكتوبر 2015.

2014	الإطار التنظيمي للوقود الحيوي في جنوب إفريقيا.	تنويع مزيج الطاقة وتعزيز أمن الطاقة من خلال تنظيم خلط الوقود الحيوي مع البنزين والديزل بشكل إلزامي والترخيص لمنتجات الوقود الحيوي. (ينتظر الموافقة عليه)

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد السند القانوني.

يعدّ كل من قانون الطاقة الوطنية لسنة 2008: القانون رقم 34، والإطار التنظيمي للوقود الحيوي، ولوائح المباني الخضراء أهم الأسس القانونية لدعم تنويع إنتاج وترشيد استهلاك الطاقة النظيفة. فقد منح قانون الطاقة الوطنية أداة قانونية، تخوّل لوزارة الطاقة اتخاذ القرارات التي تعزّز أمن الطاقة، بما في ذلك التخطيط المتكامل للطاقة، إذ يكلف وزير الطاقة بتطوير ونشر خطة الطاقة المتكاملة¹.

أمّا إطار تنظيم الوقود الحيوي، فقد نشرت مسودة سنة 2014، وهذا بهدف تأسيس بيئة تنظيمية ملائمة لصناعة الوقود الحيوي، حيث تضمنت تنظيم خلط الوقود الحيوي مع البنزين والديزل بصفة إلزامية، وتحت ترخيص منتجات الوقود الحيوي، وقد تمّ اقتراح تركيز خلط 5% لخلط البيو ديزل مع الديزل، و2% إلى 5% لخلط الإيثانول الحيوي مع البنزين. وقد قدّم هذا الإطار إلى مجلس الوزراء ولم يتم الموافقة عليه بعد².

وفيما يخصّ اللوائح التنظيمية للمباني الخضراء، فقد تمّ تطوير إطار سياسة المباني الخضراء في سنة 2011، ليتّم إطلاق هذه السياسة في أكتوبر 2018، حيث أصبح أحد الركائز لمعايير البناءات

¹ REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. NATIONAL ENERGY ACT No 34, 2008.

<https://sawea.org.za/sites/default/files/content-files/Legislation/National-Energy-Act-34-of-2008.pdf>. 25/06/2025. 19:45.

² www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/202002/43003gon116.pdf. 25/06/2025. 19:49.

الخضراء. ومن بين أهم ما تضمنته هذه الركيزة معيار كفاءة الطاقة في البيئة المبنية SANS 204، ولوائح البناء الشاملة SANS 10400، ولوائح البناء حول الاستدامة البيئية SANS 10400-X، ولوائح استخدام الطاقة في المباني SANS 10400-XA، ومعيار SANS 1307 الذي يحدّد اعتماد الطاقة المتجددة في المباني. غير أنّ طوعية بعض المعايير الفاعلة وكونها اختيارية مثل SANS 204، قيّض وأضعف فعالية الاستراتيجية المعلنة¹.

وبهذا يتضح أنّ كفاءة تنفيذ الإطار القانوني، تعدّ العامل الحاسم في نجاح سياسات التحوّل نحو الطاقة النظيفة.

الفرع الثاني: الإطار المؤسّساتي لانتقال الطاقة في جنوب إفريقيا

لقد تطوّر إسهام القطاع الخاص في العقد الأخير في مجال صناعة الكهرباء في جنوب إفريقيا، وهذا من خلال تنفيذ عديد مشاريع الطاقة المتجددة، ومع ذلك لا تزال شركة إسكوم (Eskom) المهيمن على إنتاج الطاقة ونقلها، وتوزيعها. وقد ساعد في هذه الهيمنة إدخال وحقن معظم الكهرباء المولّدة في الشبكة الوطنية للنقل والتوزيع. حيث يتم شراء الكهرباء بالجملة من خلال مكتب المشتري الوحيد إسكوم (Eskom).

وفي هذا الشأن تحدّد وزارة الموارد المعدنية والطاقة (DMRE) مشاريع الطاقة المتجددة للمنتجين المستقلين (IPP private sector)، التي تمنح ترخيص بيع الطاقة لشركة إسكوم (Eskom). وقد تزايدت المنافسة في توليد الطاقة الكهربائية ما بين المنتجين المستقلين (IPP private sector)، وشركة إسكوم (Eskom)، والبلديات التي لم تتعدى 8% في سنة 2016.

¹ Windapo, A., & Goulding, J. Understanding the gap between green building practice and legislation requirements in South Africa. Smart and Sustainable Built Environment, 2015. 4, 67–96. <https://doi.org/10.1108/SASBE-01-2014-0002>.

تهدف وزارة الموارد المعدنية والطاقة إلى دعم النمو الاقتصادي والعدالة الاجتماعية، والاستدامة البيئية، من خلال تنظيم قطاعي المعادن والطاقة، وتوفير طاقة مستدامة بأسعار مناسبة للتنمية، وتحقيق العدالة في الاستفادة من الثروات المعدنية والموارد الطاقوية. وفي هذا الإطار تعمل إدارة السياسة والتخطيط في وزارة الطاقة، على صياغة السياسات والخطط، واتخاذ قرارات المشاريع التي تدعم أمن الطاقة، فهي المسؤولة عن تطوير خطة الموارد المتكاملة (IRP)، وخطط الطاقة المتكاملة (IEP) التي تحدّد حصة الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة والكهرباء على المدى الطويل في جنوب إفريقيا.

كما تساهم إدارة الطاقة النظيفة في تطوير وتنفيذ مشاريع الطاقة النظيفة والمتجددة، وتحقيق كفاءة الطاقة. ومن بين البرامج التي تديرها: برنامج طاقة الرياح في جنوب إفريقيا ومشروع الأطلس الريحي لجنوب إفريقيا¹.

تشرف وزارة الطاقة على هيئة تنظيم الطاقة الوطنية في جنوب إفريقيا (NERSA)، والتي تتمثل مهمتها في تنظيم قطاع الطاقة وصياغة معايير إنجاز مشاريع الطاقة، لدعم التنمية المستدامة للوطن، وهذا وفق القانون: رقم 40 لسنة 2004، والقانون رقم 4 لسنة 2006. تهدف هيئة تنظيم الطاقة الوطنية في جنوب إفريقيا (NERSA) لتحقيق أهداف استراتيجية في قطاع الطاقة، أهمها²:

- تعزيز إمدادات الطاقة المضمونة والأمنة لتغطية الاحتياجات الحالية والمستقبلية.

- تسهيل الاستثمار في البنية التحتية في قطاع الطاقة، بما يدعم التنمية الاجتماعية والاقتصادية المستدامة.

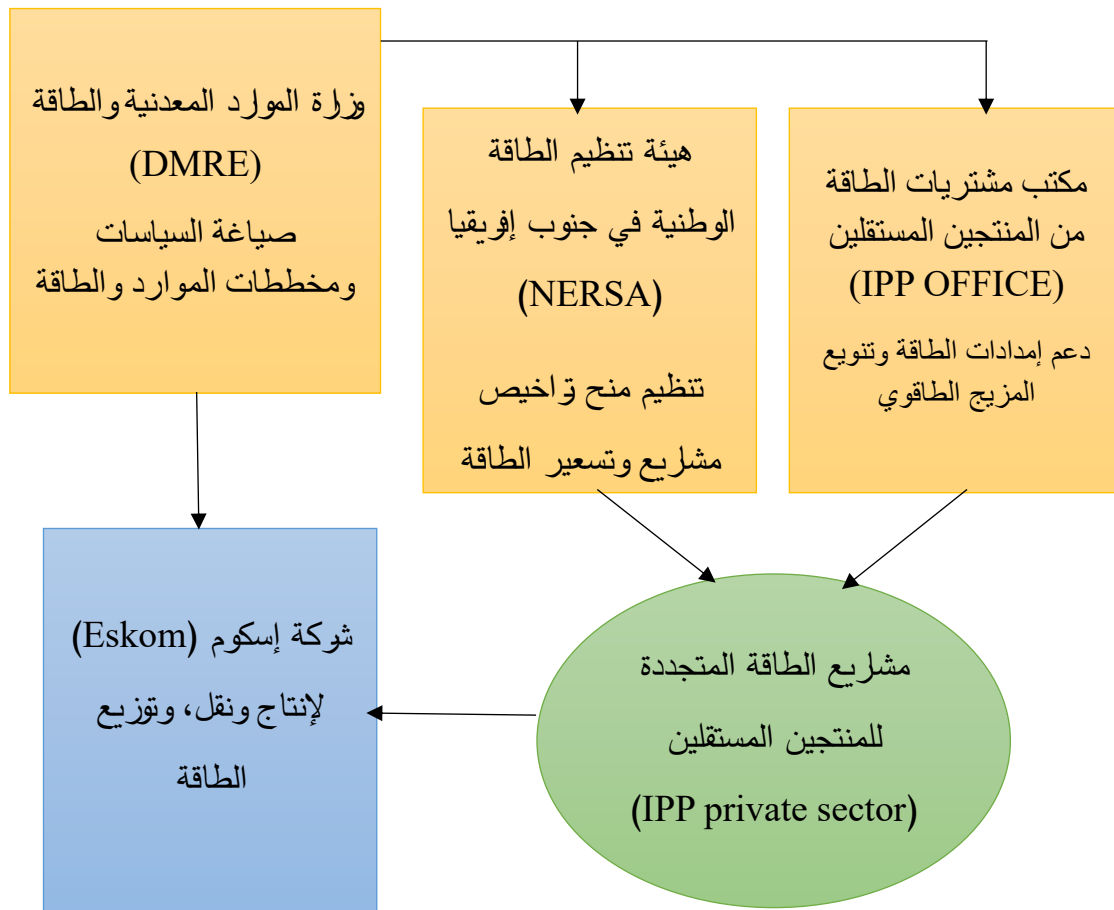
- تعزيز الأداء التنافسي في قطاع الطاقة بما يمكن من الوصول إلى الطاقة بأدنى التكاليف.

¹ <https://www.dmre.gov.za>. 25/06/2025. 20 :12.

² <https://www.nersa.org.za/about-us/our-profile>. 25/06/2025. 20 :12.

وبهدف تأمين الطاقة الكهربائية من القطاع الخاص للمصادر المتجددة وغير المتجددة، أنشأت وزارة الموارد المعدنية والطاقة (DMRE)، والخزانة الوطنية (NT)، وبنك التنمية في جنوب إفريقيا (DBSA)، مكتب مشتريات الطاقة من المنتجين المستقلين (IPP). وهذا للمساهمة في تحقيق أهداف خطة التنمية الوطنية (NDP)، وتعزيز إمدادات الطاقة، وتنويع مزيج الطاقة من خلال شراء الطاقة المتجددة في إطار برنامج منتجي الطاقة المستقلين للطاقة المتجددة (REIPPPP)¹.

ومن خلال الشكل (96) نبيّن الأطراف الفاعلة في انتقال الطاقة في جنوب إفريقيا:



شكل رقم 96: مخطط الهيئات الفاعلة في الانتقال الطاقوي لجنوب إفريقيا

المصدر: من إعداد الطالب

¹ <https://www.ipp-projects.co.za/Home/About>. 25/06/2025. 20 :12.

المطلب الثاني: إطار البرامج السياسية للانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا

منذ سنة 1998، ظهرت بوادر التوجّه السياسي المتعلق بقطاع الطاقة في جنوب إفريقيا، والتي تبحث في تنويع إمدادات الطاقة المستدامة، وهذا من خلال الورقة البيضاء حول سياسة الطاقة لجمهورية جنوب إفريقيا، وقد عملت على تطوير برامجها السياسية ذات البعد الاستراتيجي نحو تحقيق تحوّل عادل للطاقة بما يدعم أمن الطاقة، من خلال صياغة خطة الموارد المتكاملة (IRP)، وخطط الطاقة المتكاملة (IEP).

الفرع الأول: الورقة البيضاء حول الطاقات المتجددة (WPRE)

تضمن الإصدار الأول للورقة البيضاء لسياسة الطاقة لسنة 1998، أهداف التنمية المستدامة واعتبار الطاقة المتجددة أحد فروع إمدادات الطاقة. وفي سنة 2003، تمّ إصدار ورقة بيضاء حول الطاقة المتجددة، ودخلت حيّز التنفيذ في نفس السنة. تمّ إطلاق هذه السياسة في ظل حملة واسعة لتمكين الوصول إلى الكهرباء في جنوب إفريقيا، من خلال تحرير قطاع توزيع الطاقة إلى موزعين إقليميين.

وعلى هذا الأساس تهدف الوثيقة البيضاء إلى تنويع الموردين لتعزيز أمن الطاقة للبلد، والحد من العبء الثقيل لإنفاق الدولة على الوقود المستورد بالعملة الأجنبية. والذي يستعمل في المناطق الريفية الناشئة في الإضاءة وشحن البطاريات وغيرها.

وضعت حكومة جنوب إفريقيا هدفًا متوسط المدى: 10000 جيغاواط ساعي (وهو ما يعادل 0,8 مليون طن مكافئ النفط) من مصادر الطاقة المتجددة: الكتلة الحيوية، طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة المائية صغيرة الحجم. لتمثّل بهذا مساهمة الطاقة المتجددة بـ 4% من الطلب المتوقع في سنة 2015 (قدرة مركبة: 1667 ميغاواط من 41539 ميغاواط)، وبهذا فإنّ عدد ساعات

التشغيل السنوية للمزيج الطاقوي المتجدد تصل إلى 6000 ساعة سنوياً. تم تحديد ضمن هذه الوثيقة مجموع الإمكانات وفرص الاستثمار في الطاقات المتجددة بجميع شعبها¹.

الفرع الثاني: استراتيجية كفاءة الطاقة الوطنية (NEES)

تم إصدار أول استراتيجية في سنة 2005، بهدف تغطية الطلب المتزايد على الطاقة، ورفع كفاءة استخدام الموارد، وتقليل البصمة الكربونية في جنوب إفريقيا. وفي سبتمبر 2016 تم إصدار النسخة التجريبية 2.1، والتي قدمت رؤية لأفاق 2030 في تحقيق كفاءة الطاقة، التي تسمح بالنمو الاقتصادي المتوازن، والشامل اجتماعياً، والمستدام بيئياً. وقد اعتبرت هذه الاستراتيجية بعد عام 2015، السياق التنموي لاقتصاد جنوب إفريقيا، من خلال رفع كفاءة الطاقة، حيث تهدف هذه الاستراتيجية إلى ما يلي:

- تحسين أمن الطاقة من خلال تقليل الاعتماد على واردات الطاقة، وتحرير القدرة على التوليد.
- تحسين القدرة التنافسية على تقليل كثافة الطاقة في إطار دعم النمو الاقتصادي².

الفرع الثالث: خطة الموارد المتكاملة (IRP):

اتخذ الحزب الوطني الديمقراطي في صياغة رؤيته لقطاع الطاقة، خطة الموارد المتكاملة للفترة 2010-2030، الصادرة في مارس 2011 نقطة انطلاق لجنوب إفريقيا. تعتبر خطة الموارد المتكاملة استراتيجية لتطوير البنية التحتية للكهرباء، تعتمد على توازن العرض والطلب على الكهرباء الأقل تكلفة، مع مراعاة إمدادات الطاقة.

¹ Department Of Minerals and Energy. White Paper on Renewable Energy. 2003. https://unfccc.int/sites/default/files/sem_sup1_south_africa.pdf. 30/06/2025. 08:29.

² Department Of Minerals and Energy Post-2015 National Energy Efficiency Strategy. (2016). <https://cer.org.za/wp-content/uploads/2017/01/National-Energy-Efficiency-Strategy.pdf>. 30/06/2025. 08:29.

يعتبر تحديث IRP 2019 لخطة الموارد المتكاملة محطة ذات أهمية بالغة، وهذا لما تضمنته من خطة تأسيس قاعدة إنتاج كهربائي منخفضة الكربون، من خلال رفع مساهمة الطاقات المتجددة في مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية هذا من جهة، وتقليص حصة الفحم في توليد الكهرباء.

والجدول (12) يظهر تطور تركيبة القدرة المركبة لتوليد الكهرباء في جنوب إفريقيا حسب

:¹ IRP 2019

¹ Department Of Minerals and Energy. Integrated Resource Plan (IRP2019). https://www.dmre.gov.za/Portals/0/Energy_Website/IRP/2019/IRP-2019.pdf. 30/06/2025. 08:37.

جدول رقم 12: خطة الموارد المتكاملة IRP 2019

القاعدة الحالية	التوليد المشترك	الغاز والديزل	الطاقة الشمسية المركزة	الرياح	الكهروضوئية	التخزين	الطاقة الكهربائية	النوية	الفحم
	499	3830	300	1980	1474	2912	2100	1860	37149 (إيقاف التشغيل)
2019	تمنح التراخيص		300	244					2115 -2373
2020	بقدر الفجوة في			300	114				1433 -557
2021	الطاقة على المدى			818	300				1433 -1403
2022	القصير			1600	1000	400	513		711 -844
2023				1600	1000				750 -555
2024		1000		1600				1860	
2025				1600	1000				
2026				1600					-1219
2027		2000		1600					750 -847
2028				1600	1000				-475
2029				1600	1000	1575			-1694
2030				1600	1000		2500		-1050
مجموع (ميغاواط)	-	6380	600	17742	8288	5000	4600	1860	33364
حصة المشاركة	-	8,1%	0,76%	22,53%	10,52%	6,35%	5,84%	2,36%	43%
القدرة المتعاقد عليها									
إلغاء الخدمة									
قدرة إضافية جديدة									
قدرة التوليد للاستخدام الشخصي									
تمديد عمر إنتاج الطاقة لمحطة كوبرغ بكيب تاون									

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد خطة الموارد المتكاملة IRP 2019

سيستمر الفحم في كونه المركّب الأساسي لمزيج الطاقة في توليد الكهرباء في جنوب إفريقيا،

والى آفاق 2030، وهذا في ظلّ وفرة موارد الفحم، وقد تبنت منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية

والمؤسسات المالية دعم تكنولوجيا HELE في احتجاز وتخزين الكربون لمحطات الفحم.

وفي إطار وضع حوالي 24100 ميغاواط من محطات الفحم في حالة التوقف، في الفترة 2030-2050، لا بدّ من تحديد المسار المعتمد لتنفيذ مزيج الطاقة لتعويض هذه المحطات، بهدف الحدّ من الآثار السلبية على الوضع الاقتصادي والاجتماعي.

تضمنت خطة الموارد المتكاملة 2019 IRP عوامل أساسية أهمها¹:

- تأمين إمدادات الكهرباء على المدى القصير، حيث ينبغي إدارة العرض والطلب لتقليل مخاطر انقطاع الكهرباء.
- العمل على برنامج شراء الطاقة المتوسط المدى من التوليد المشترك والطاقة الكهرومائية الصغيرة.
- تشجيع تطوير توليد الطاقة للاستخدام الذاتي من خلال وضع اللوائح التي تعزز من أمن الإمدادات الطاقوية.

وترجمت هذه العوامل في مجموع القرارات التالية:

- **القرار 1:** تجسيد برنامج شراء الطاقة لتعويض تدهور أداء محطات إسكوم، وتقليل الاستخدام المكثّف لمولدات الديزل.
- **القرار 2:** تمديد العمر الإنتاجي لمحطة كوبيرج لـ 20 سنة إضافية من خلال أعمال الصيانة الفنية والتنظيمية.
- **القرار 3:** دعم شركة إسكوم للامتثال لمعايير الإمدادات الكهربائية لتعزيز أمن الطاقة.
- **القرار 4:** دمج مبادرات جميع الأطراف المتعلقة بالانتقال العادل للطاقة، بهدف تطوير سياسة متماسكة.

¹ Department Of Minerals and Energy. Integrated Resource Plan. 2019. P43.

الفرع الرابع: خطة الطاقة المتكاملة (IEP):

يتم التخطيط للطاقة المتكاملة لتحديد أفضل طريقة لتلبية احتياجات الطاقة الحالية، والمستقبلية بكفاءة اقتصادية وتنمية اجتماعية، مع تقليل الآثار السلبية لقطاع الطاقة على البيئة. وبهذا الاعتبار فإن خطة الطاقة المتكاملة تمثل إطاراً سياسياً طويل المدى لتحقيق جملة أهداف، وردت في الفصل 3 من قانون الطاقة الوطنية، حيث ينص على أنه يجب أن تعمل خطة الطاقة المتكاملة على¹:

- ضمان أمن إمدادات الطاقة.
- ضمان الاستخدام الأمثل للموارد الطاقوية المتاحة اقتصادياً.
- تعزيز الوصول الشامل إلى أشكال الطاقة الحديثة.
- حماية البيئة.
- الوفاء بالالتزامات الدولية.
- مساهمة إمدادات الطاقة في التنمية الاقتصادية والاجتماعية.

وقد توصلت وثيقة خطة الطاقة المتكاملة الصادرة في نوفمبر 2016: **IEP 2016** إلى عديد النتائج والتي تتعلق ب²:

1- تأمين إمدادات الطاقة الكهربائية بدعم البنية التحتية باستثمارات جديدة، وإجراءات التخصيصات اللازمة للصيانة، وبالنسبة لقطاع الوقود السائل لا بدّ من تنويع المصادر والابتعاد عن الوقود المستورد، مع الأخذ بعين الاعتبار التكاليف.

¹ Akom, K., Shongwe, T., & Joseph, M. K. South Africa's integrated energy planning framework, 2015-2050. Journal of Energy in Southern Africa, 2021. 32, 68–82. <https://doi.org/10.17159/2413-3051/2021/v32i1a8517>.

² <https://www.dmre.gov.za/mining-minerals-energy-policy-development/integrated-energy-plan/iep-2016>. 30/06/2025. 08:37.

2- تعتبر القدرة على توليد الطاقة بتكاليف منخفضة معيارًا أساسيًا، وفي هذا لا بدّ من إنجاز مشاريع الطاقة التي تنفّذ بأقل تكلفة على نظام الطاقة. وهو ما يدفع إلى إعادة النظر في برنامج البناء النووي الجديد.

3- تنويع مزيج الطاقة بما يقلل الاعتماد على مصدر طاقة رئيسي أو عدد قليل منه، وفي هذا الإطار سَتُعَوَّض بالبدايل الطاقوية الأكثر جدوى، بما في ذلك الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، والطاقة النووية والغاز.

4- ينبغي تمديد برنامج الشراء من المنتجين المستقلين للطاقة المتجددة (REIPPPP)، لضمان نشر تقنيات الطاقة المتجددة بشكل مستمر. وفي نفس السياق تمّ تحديد مناطق تطوير الطاقات المتجددة (REDZs)، والتي ستعجز فيها مشاريع طاقة الرياح، والطاقة الشمسية الكهروضوئية بما يحقق أعلى فائدة اجتماعية واقتصادية ممكنة، مع الحدّ من الآثار السلبية على البيئة.

المطلب الثالث: برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين للطاقة المتجددة في جنوب إفريقيا (REIPPPP)

على الرغم من كون قطاع الطاقة المتجددة لا يزال ناشئًا في جنوب إفريقيا، إلّا أنّه توجد أدوات فاعلة في تعزيز نشرها. وفي خلال هذا المطلب نستعرض أهم أدوات سياسة الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا: تعريفية التغذية من الطاقات المتجددة (REFITs)، ففي مارس 2009، وافقت هيئة تنظيم الطاقة الوطنية في جنوب إفريقيا (NERSA) على أوّل مخطط لتعريفية التغذية بالطاقة المتجددة، حيث تلتزم شركة إسكوم (Eskom) بشراء الإنتاج الطاقوي من المصادر المتجددة بأسعار محددة مسبقًا لمدة 20 سنة، الذي تحوّل بعد ذلك إلى برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين للطاقات المتجددة (REIPPPP).

الفرع الأول: التعريف ببرنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين للطاقات المتجددة (REIPPPP)

هو عملية مناقصة تنافسية تم تصميمها لتسهيل استثمار القطاع الخاص في توليد الطاقة المتجددة المتصلة بالشبكة في جنوب إفريقيا. حيث يقوم منتجو الطاقة المستقلين بتقديم عروض في طاقة الرياح، والطاقة الشمسية الكهروضوئية (PV) والمركزة (CSP)، والمحطات الهيدروليكية الصغيرة، والكتلة الحيوية، والغاز الحيوي، وغاز مكب النفايات، في شكل عروض مؤهلة للتقييم، بعد ذلك تتم المفاضلة بينها بناءً على السعر (تعريف العرض)، ومعايير التنمية الاقتصادية¹.

تمّ تطوير برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين للطاقات المتجددة (REIPPPP) لتحفيز تطوير صناعة الطاقات المتجددة في جنوب إفريقيا، من خلال تشجيع الاستثمار من القطاع الخاص، ولتخفيض تكاليف الطاقة من خلال المنافسة. فهو يساهم بشكل فعال في تحويل الاقتصاد إلى مسار نمو مستدام منخفض الكربون، مع تأمين الوضع الاجتماعي بصفة أكثر شمولية وعدالة.

الفرع الثاني: مراحل برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين للطاقات المتجددة (REIPPPP)

تعمل وزارة الموارد المعدنية والطاقة على تحديد السعة الجديدة في القدرة المركبة، مع تحديد مزيج التكنولوجيا المستهدف، وهذا انطلاقاً من المخططات والأطر السياسية مثل خطة الموارد المتكاملة، حيث يتمّ التنفيذ من خلال توجيهات الوزارة مع توفير مرونة لتلبية متطلبات نظام الطاقة، والتطورات التكنولوجية، واتجاهات الأسعار، وبهذا الاعتبار يتم بدء كل جولة مزاد بأمر من وزارة الموارد المعدنية والطاقة وفق المراحل التالية²:

¹ Eberhard, A., & Naude, R.. The South African Renewable Energy IPP Procurement programme. 2017. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11612.80007>.

² <https://www.dmre.gov.za/energy-resources/reipp-programme>. 20/07/2025. 21:47.

• المرحلة الأولى: طلب تقديم العروض (RFP)

حيث يتم فتح جولة من العروض أو نافذة عرض مع إصدار طلب تقديم العروض إلى السوق. يتكون طلب تقديم العروض من ثلاثة أجزاء.

- متطلبات الجزء (أ): تتضمن المتطلبات والقواعد.
- متطلبات الجزء (ب) (التأهيل): تتضمن الجانب القانوني، الأرض، الأثر البيئي، الجانب الفني والمالي والتنمية الاقتصادية.
- متطلبات الجزء (ج) (التقييم المقارن): تتضمن السعر (90%) والتنمية الاقتصادية (10%).

• المرحلة الثانية: تقديم العروض

- يتعين على المتزايدين تقديم عروض الأسعار استجابة لمذكرة الدعوة المقدمة، وهذا في خلال المدة الزمنية المحددة. يجب أن يُظهر كل مشروع مرحلة متقدمة من الإنجاز والتطوير من خلال:
- الحصول على حقوق الأرض لموقع المشروع.
- الحصول على التصاريح اللازمة والمتعلقة بالجانب البيئي.
- الوفاء بمتطلبات التنمية الاقتصادية.
- تقديم تعريفية التكنولوجيا (R/Kwh).
- تقديم ضمانات للحكومة.

• المرحلة الثالثة: إعلان أصحاب العروض المفضلة

يتم تقييم العروض المؤهلة بصورة شاملة، من خلال الاعتماد على مستشارين مستقلين قبل أن يتم الإعلان عن أصحاب العروض المفضلة من طرف الوزارة.

• المرحلة الرابعة: الإغلاق المالي

يطلب من أصحاب العروض المفضلة إنهاء وتوقيع جميع اتفاقيات المشروع: اتفاقية التنفيذ، اتفاقية شراء الطاقة، واتفاقية التمويل.

• المرحلة الخامسة: البناء والإنجاز

تبدأ مرحلة بناء المرافق، حيث يتعين على كل منشأة إكمال البناء وتحقيق التشغيل التجاري في موعد لا يتجاوز التواريخ المحددة في طلب تقديم العروض، مع الاتفاق على تاريخ التشغيل التجاري.

• المرحلة السادسة: بدء التشغيل التجاري

يشير تاريخ بدء التشغيل التجاري إلى الانتهاء الناجح من البناء ودمج إنتاج المحطة للكهرباء ضمن الشبكة الوطنية.

والشكل (97) يلخص مراحل برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين للطاقات المتجددة.



شكل رقم 97: مراحل برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين للطاقات المتجددة لجنوب إفريقيا

المصدر: تصرفنا فيه بالترجمة <https://www.dmre.gov.za/energy-resources/reipp-programme>

20/07/2025. 21:47.

المبحث الثالث: التقييم الاقتصادي والبيئي لمشاريع الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا

أسهم تنفيذ ست (06) جولات من برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين للطاقة المتجددة (REIPPPP): (BW1-BW6)، في إدماج قدرة مركبة من الطاقات المتجددة قدرها: 6180 ميغاواط، وهذا إلى غاية نهاية مارس 2025، كما ساعد تنفيذ هذه المشاريع على دعم التنمية الاقتصادية والاجتماعية. وفي خلال هذا المبحث نسعى إلى إبراز ما تم إنجازه من مشاريع، والآثار المترتبة على الواقع الاقتصادي والبيئي، مع بيان أهم الفرص والتحديات في النموذج جنوب إفريقي، واستخلاص أهم الدروس المستفادة من النموذج.

المطلب الأول: تطور القدرة المركبة وتوليد الكهرباء من مشاريع الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا

يندرج الإنتاج الطاقوي من مشاريع الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا ضمن نوعين من المنتجين، المنتج العام الذي يتمثل في شركة إسكوم التي بيّناها سابقاً، والمنتجين المستقلين الذين ينتجون في إطار برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين (IPPPP). وفي خلال هذا المطلب سنعرض مخرجات برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين (IPPPP) إلى غاية آخر جولة، مع بيان إجمالي القدرة المركبة والإنتاج الطاقوي الإجمالي للقطاع العام والخاص حسب تقرير الوكالة الدولية للطاقات المتجددة IRENA والتقارير السنوي لمعهد الطاقة The Energy Institute.

الفرع الأول: الإنتاج الطاقوي لمشاريع الانتقال الطاقوي في إطار برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين (IPPPP)

تتمثل المهمة الأساسية للبرنامج في تأمين إمدادات الطاقة الكهربائية من القطاع الخاص من مصادر الطاقة المتجددة وغير المتجددة. وفي هذا الفرع ندرس مشاريع الطاقات المتجددة ومشاريع تخزين الطاقة في البطاريات.

أولاً: تطور الطاقة المتجددة في إطار برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين (REIPPPP)

نبحث تطور الطاقة المتجددة من مشاريع برنامج (REIPPPP) من جانبين: القدرة المركبة والإنتاج الطاقوي.

1- القدرة المركبة من الطاقات المتجددة في إطار برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين (REIPPPP): نلخص القدرة المركبة من الطاقات المتجددة في إطار نوافذ العروض من الجولة الأولى إلى الجولة السابعة (BW1-BW7) في الجدول (13):

جدول رقم 13: مشاريع الطاقة المتجددة في إطار نوافذ العروض من برنامج (REIPPPP)

نوافذ العروض BW	القدرة المركبة (ميغاواط)	عدد المشاريع	وضعية المشاريع
نافذة العرض: 1 Bid Window1	1415	28 مشروع	تم التشغيل التجاري
نافذة العرض: 2 Bid Window2	1033	19 مشروع	تم التشغيل التجاري
نافذة العرض: 3 Bid Window3	1428	16 مشروع	تم التشغيل التجاري
	17	مشروع واحد	إلغاء المشروع
نافذة العرض: 3.5 Bid Window3.5	100	مشروع واحد	تم التشغيل التجاري
	100	مشروع واحد	في طور الإنجاز والبناء
نافذة العرض: 4 Bid Window4	2205	26 مشروع	تم التشغيل التجاري
نافذة العرض: 5 Bid Window5	1159	11 مشروع	في طور الإنجاز والبناء
	1424	14 مشروع	لم يتم الإغلاق المالي بحلول 2023/12/13 تم إلغاء المشاريع.
نافذة العرض: 6 Bid Window6	1000	6 مشاريع	مشروعان (360 ميغاواط) قيد الإنشاء، و 4 مشاريع (640 ميغاواط) طور التحضير للتشغيل التجاري.
نافذة العرض: 7 Bid Window7	5000	8 مشاريع	تم إصدار طلب تقديم العروض في 2023/12/14 تم منح 1760 ميغاوات للطاقة الشمسية في ديسمبر 2024.

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد تقارير وزارة الموارد المعدنية والطاقة.

إلى نهاية مارس 2025، بلغ عدد المشاريع التي وصلت إلى حالة التشغيل التجاري (COD)

90 مشروعاً (87%) من أصل 103 مشاريع كانت مجدولة أصلاً لتكون قائمة. كان من المقرر أن

تعمل 7,583 ميغاواط بحلول نهاية مارس 2025، بينما تم تنفيذ 6,180 ميغاواط (81% من القدرة

المجدولة).

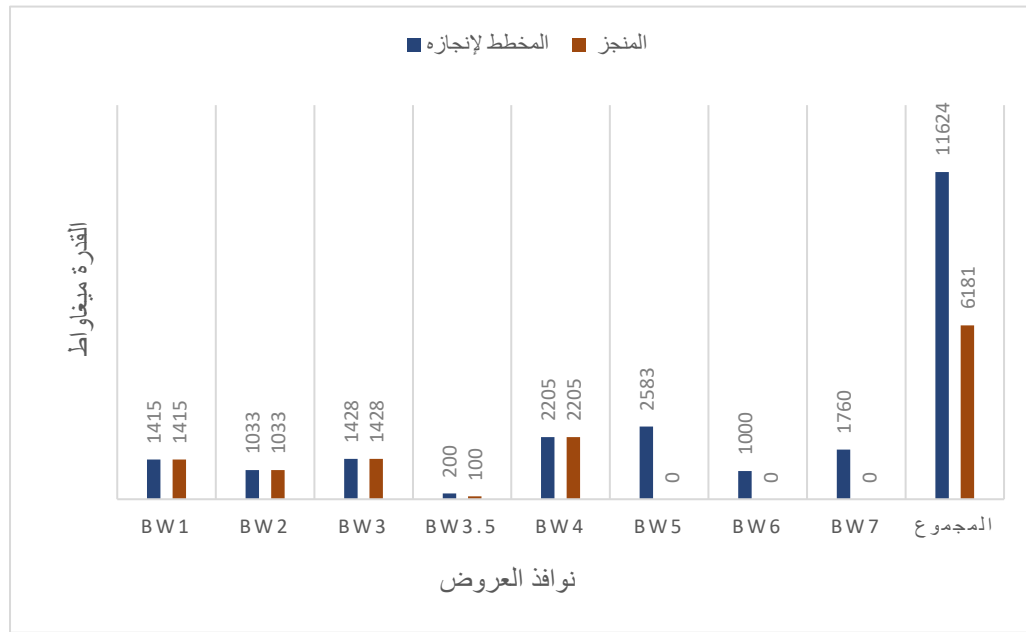
لقد حقّق برنامج REIPPPP شراء 7825 ميغاوات من 104 منتجي طاقة مستقلين (وصلوا إلى الإغلاق المالي) في BW1 إلى BW6 ، الذين هم في مراحل مختلفة من البناء أو قد بدأوا التشغيل التجاري. بحلول نهاية مارس 2025، بدأت 6180 ميغاوات من القدرة الفعلية العمل.

تعتبر نافذة العرض 5: BW5 هي أول نوافذ المناقصات الخاصة بشراء الطاقة المتجددة التي تمّ طرحها ضمن خطة الموارد المتكاملة IRP 2019، فقد بلغ إجمالي القدرة التي تمّ شراؤها من مشاريع هذه النافذة: 2583 ميغاواط، منها 11 مشروعًا بقدرة 1159 ميغاواط قيد الإنشاء، و14 مشروعًا بقدرة 1424 ميغاواط تم إلغاؤها، لترتفع القدرة المعروضة للمناقصة في نافذة العرض 6: BW6 إلى 4200 ميغاواط. واستلمت طلبات تقديم العروض في 3 أكتوبر 2022، ومع ذلك تمّ شراء 1000 ميغاواط من مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية، وهذا بسبب عدم توفر قدرة الربط بالشبكة، مشروعات بقدرة 360 ميغاواط قيد الإنشاء و4 مشاريع بقدرة 640 ميغاواط في حالة تحضير للتشغيل التجاري.

تمّ إصدار طلب تقديم العروض لنافذة العرض 7: BW7 في 14 ديسمبر 2023، وتهدف هذه الجولة للحصول على 5000 ميغاواط من تقنيات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، ومع ذلك تمّ منح 1760 ميغاواط فقط لـ 8 مشاريع طاقة شمسية في ديسمبر 2024. كانت جميع نوافذ العروض حتى الآن أكثر من المطلوب، وعلى الرغم من المنافسة القوية والعطاءات المعدة جيدًا، فإن توفر الشبكة لا يزال يمثل تحديًا رئيسيًا في منح المشاريع.

يلخص الشكل (98) ملخص ما تقدّم من القدرة المركبة من نوافذ العروض حسب ما تمّ

التخطيط له والمنجز منها:



شكل رقم 98: تطور القدرة المركبة ضمن نوافذ العروض لبرنامج (REIPPPP)

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الموارد المعدنية والطاقة.

القدرة المركبة إلى الشبكة بواسطة المنتجين المستقلين هي 6180 ميغاواط، أما بقية المشاريع التي هي ضمن المنجز فهي إما في مرحلة الإنجاز والبناء أو التحضير للتشغيل التجاري باستثناء 15 مشروعاً تم إلغاؤها. تم إنجاز وتسليم قدرة مركبة من الطاقات المتجددة بمقدار 6180 ميغاواط في خلال 793 يوماً، أي خلال 2,2 سنة، وهو ما يتيح توسيع القدرة المركبة من الطاقة المتجددة وإدخالها حيز الخدمة في فترة زمنية قصيرة.

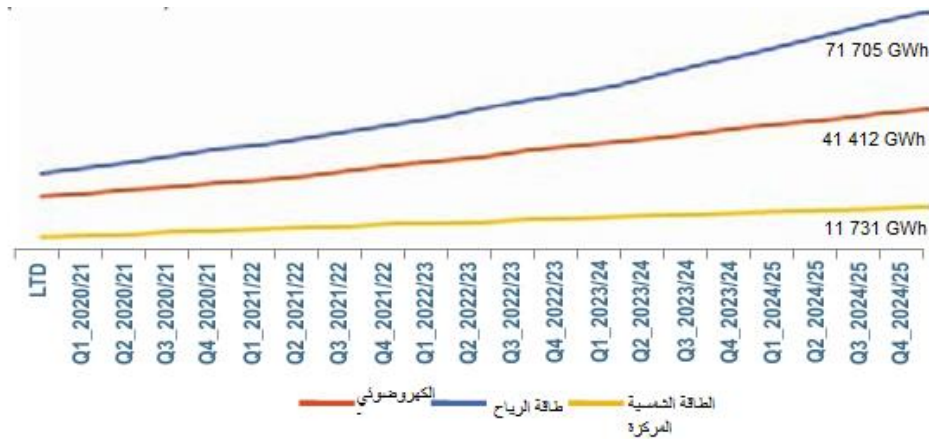
2- الإنتاج الكهربائي من الطاقات المتجددة في إطار برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين

(REIPPPP): أمّا ما تعلق بالتوليد الكهربائي من مشاريع الطاقة المتجددة، فقد وصل أول مشروع للطاقة المتجددة (IPP) إلى التشغيل التجاري (COD) في نوفمبر 2013، حيث بلغ إجمالي الطاقة المتجددة التي تم توليدها بواسطة المشاريع المستقلة منذ تشغيل المشروع الأول 126,201 جيغاواط/ساعة لـ 90 مشروعاً قيد التشغيل، وهي موزعة على مزيج الطاقة المتجددة

كما يلي:

- طاقة الرياح البرية: 71705 جيغاواط ساعي.
 - الطاقة الشمسية الكهروضوئية: 41412 جيغاواط ساعي.
 - الطاقة الشمسية المركزة: 11731 جيغاواط ساعي.
 - مشاريع الغاز من مدافن النفايات: 213 جيغاواط ساعي.
 - مشاريع محطات المياه المصغرة: 734 جيغاواط ساعي.
 - مشاريع الكتلة الحيوية: 406 جيغاواط ساعي.
- والشكل (99) يوضح تطوّر الإنتاج الكهربائي من مشاريع الطاقة المتجددة لبرنامج

:REIPPPP



شكل رقم 99: تطور إنتاج الكهرباء التراكمي لبرنامج (REIPPPP)

المصدر: موقع وزارة الموارد المعدنية والطاقة.

أنتجت في خلال الربع الرابع لسنة 2024: 4165 جيغاوات ساعي، مع إنتاج 17134 جيغاواط ساعي في خلال سنة 2024.

ثانيًا: مشاريع تخزين الطاقة في البطاريات ضمن إطار برنامج شراء الطاقة من المنتجين المستقلين (BESIPPPP)

برنامج شراء قدرة تخزين الطاقة من البطاريات (BESIPPPP) يسعى لشراء قدرة توليد جديدة من تخزين الطاقة بالبطاريات، وهذا وفق تحديدات وزارة الموارد المعدنية والطاقة بموجب خطة الموارد المتكاملة 2019. وقد أصدرت الوزارة ثلاث نوافذ عروض نلخصها في الجدول التالي:

جدول رقم 14: مشاريع تخزين الطاقة في البطاريات في إطار نوافذ العروض من برنامج (BESIPPPP)

نوافذ العروض BW	القدرة المركبة (ميغاواط)	عدد المشاريع	وضعية المشاريع
نافذة العرض: 1 Bid Window1	513	5 مشاريع	أربعة مشاريع (360 ميغاوات) قيد الإنشاء، المشروع المتبقي يعمل نحو الإغلاق التجاري بحلول مايو 2025،
نافذة العرض: 2 Bid 2 Window	615	8 مشاريع	تم إطلاق طلب تقديم عروض في 14 ديسمبر 2023 تم الإعلان عن ثمانية (8) من العارضين المفضلين (615 ميغاوات) في 23 ديسمبر 2024.
نافذة العرض: 3 Bid 3 Window	616	5 مشاريع	تم طرح طلب تقديم العروض في السوق في 28 مارس 2024، تم الموافقة على خمسة (5) مشاريع.

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد موقع منتجو الطاقة المستقلون. www.ipp-projects.co.za.

أصدرت الوزارة نافذة العرض 1 (BW1) داعيةً لتقديم عروض بقدرة 513 ميغاواط، وأعلنت عن أربعة (4) عروض مفضلة بقدرة 360 ميغاواط في 30 نوفمبر 2023. وتم الإعلان عن عرض إضافي بقدرة 153 ميغاواط في 28 مارس 2024، منها أربعة مشاريع قيد البناء ومشروع يتوقع وضعه قيد التشغيل التجاري بحلول مايو 2025.

أما نافذة العرض 2 (BW2)، فقد تم إصدار طلب تقديم العروض (RFP) في 14 ديسمبر 2023 وانتهت فترة تقديم العروض في 29 أغسطس 2024، مع تلقي إجمالي 31 عرضًا بقدرة 2383 ميغاواط. بعد التقييمات التي أجريت بين سبتمبر ونوفمبر، تم الإعلان عن ثمانية عروض مفضلة بقدرة 615 ميغاواط في 23 ديسمبر 2024.

تم إصدار طلب تقديم العروض (RFP) لنافذة العرض 3: BW3 للسوق في 28 مارس 2024، لشراء 616 ميغاواط من 5 منشآت تخزين الطاقة بالبطارية، وانتهت فترة تقديم العروض في 28 نوفمبر 2024، مع تلقي 33 عرضًا بقدرة 4067 ميغاواط. تمت الموافقة على خمسة مشاريع، ولكن لم يتم الإعلان عنها بعد بحلول نهاية مارس 2025.

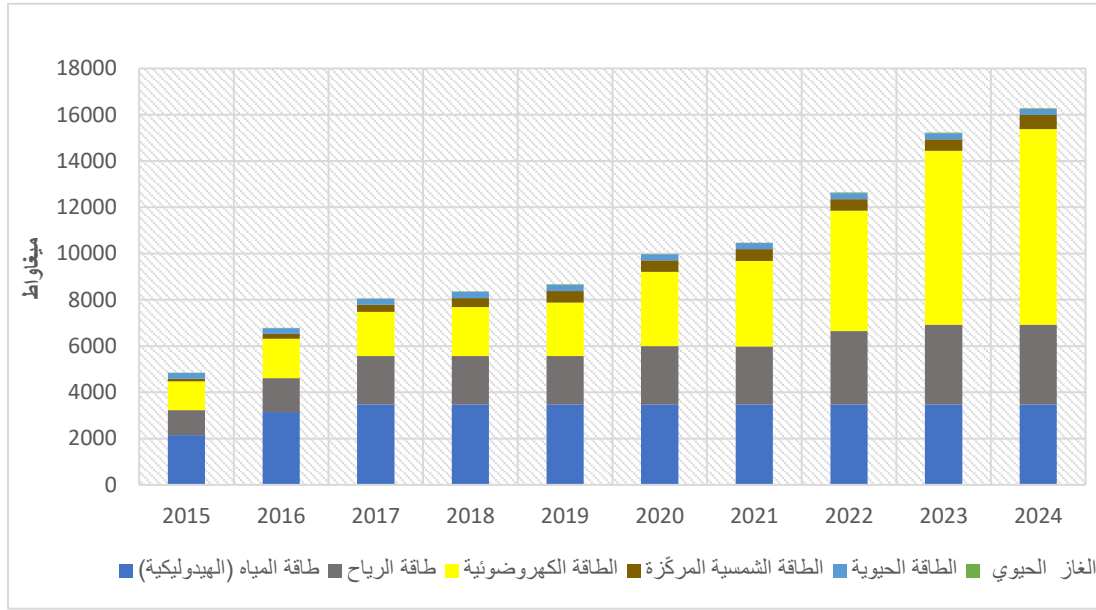
الفرع الثاني: تطور القدرة المركبة والإنتاج الطاقوي من المصادر المتجددة في جنوب إفريقيا

باعتتماد البيانات من تقارير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة وتقارير معهد الطاقة، نبيّن تطوّر القدرة المركبة الإجمالية والإنتاج الكهربائي للطاقات المتجددة، وهذا بهدف توضيح تطور المزيج الطاقوي المتجدد الإجمالي لجنوب إفريقيا سواء كان ضمن مشاريع المنتجين المستقلين أو شركة إسكوم أو غيرها.

أولاً: تطوّر القدرة المركبة من الطاقات المتجددة في جنوب إفريقيا

اعتمدنا على تقرير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة IRENA¹، وقد تم صياغة البيانات في الشكل (100) بما يبين تطور القدرة المركبة من الطاقات المتجددة:

¹ IRENA, **Renewable energy statistics 2025**, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2025.



شكل رقم 100: تطور القدرة المركبة من الطاقة المتجددة في جنوب إفريقيا

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة IRENA.

تمكّنت جنوب إفريقيا من تحقيق قدرة مركبة من الطاقات المتجددة قدرها: 16272 ميغاواط

في سنة 2024، حيث تطوّرت بمعدّل 236% في خلال الفترة [2015-2024]، لتمثّل حصة

20,7% من القدرة المركبة الإجمالية بعد أن كانت تمثّل 7,2%، وهو ما يعتبر إنجازاً في تنوع

مزيج الطاقة وتنمية المصادر الطاقوية المستدامة.

تطوّرت حصة الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح في مزيج الطاقة المتجددة من نسبة

48% سنة 2015، إلى نسبة 73% وبقدرة: 11900 ميغاواط في سنة 2024. بينما تراجعت حصة

طاقة المياه (الهيډروليكيّة) من نسبة 44% سنة 2015 إلى نسبة 21% في سنة 2024. ليتبيّن

أهمية مزيج الطاقة: الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح في استثمارات الطاقة المتجددة،

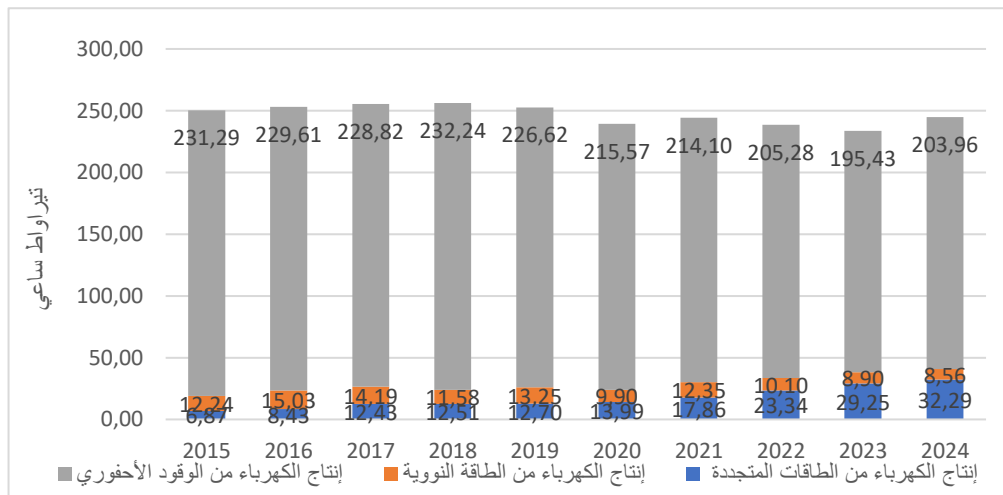
باعتبار انخفاض تكاليف الكهرباء المولّدة منها، وهو ما سنبحثه في المطلب الموالي.

ثانيًا: تطوّر إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في جنوب إفريقيا

نعتمد في بحث هذا العنصر على بيانات معهد الطاقة من خلال تقرير سنة 2025¹، والتي تتوافق مع البيانات السابقة لوزارة الموارد المعدنية والطاقة التي آخر تحديثاتها سنة 2021. حيث تبين وجود تناقض صريح في بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة فيما يتعلق بطاقة الرياح، فقد أشار التقرير الأخير لسنة 2025 إلى أنّ إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح بلغ 0,3 تيراواط ساعي في سنة 2024، مع أنّ القدرة المركبة من طاقة الرياح بلغت 3442 ميغاواط، وفي المقابل يتراوح معدّل التشغيل العالمي بين 2000-3000 ساعة سنويًا، كما يعتبر تقرير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة لسنة 2025 هو أوّل تقرير يضمّن الإنتاج الكهربائي، وعلى خلاف ما سبق فتقرير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة يتوافق مع بقية التقارير الحكومية وغيرها في القدرة المركبة.

يظهر الشكل (101) تطوّر توليد الكهرباء حسب مصادر الطاقة في جنوب إفريقيا في خلال

الفترة [2015-2024] كما يلي:



شكل رقم 101: تطوّر إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في جنوب إفريقيا في الفترة [2024-2015]

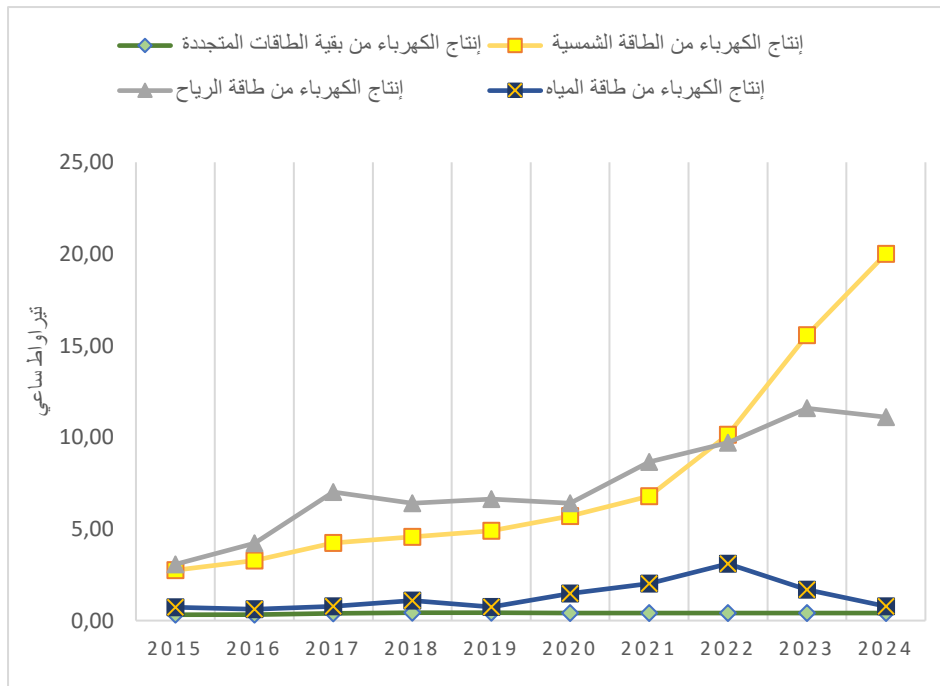
المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Energy Institute.

¹ Energy Institute, Statistical Review of World Energy 2025, 2025, London.

شهد إنتاج الكهرباء الإجمالي في جنوب إفريقيا انخفاضاً طفيفاً بنسبة 2% في خلال الفترة [2024-2015]، حيث تراجع الإنتاج الكهربائي من الوقود الأحفوري في نفس الفترة بمعدل 12%، كما انخفض من الطاقة النووية بمعدل 30% في نفس الفترة، بينما ارتفع الإنتاج الكهربائي من المصادر الطاقة المتجددة بمعدل 370%، ليعوّض الإنتاج المنخفض من الفحم والوقود النووي.

لقد تطوّر إنتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة بمقدار: 25,42 تيراواط ساعي في خلال الفترة [2024-2015]، ساهمت الطاقة الشمسية بحصة 67,9%، وطاقة الرياح بنسبة 31,6%.

ولتوضيح تطور مكونات المزيج الطاقوي المتجدد نعتد الشكل (102):



شكل رقم 102: تطور توليد الكهرباء من الطاقات المتجددة في جنوب إفريقيا في الفترة

[2024-2015]

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Energy Institute.

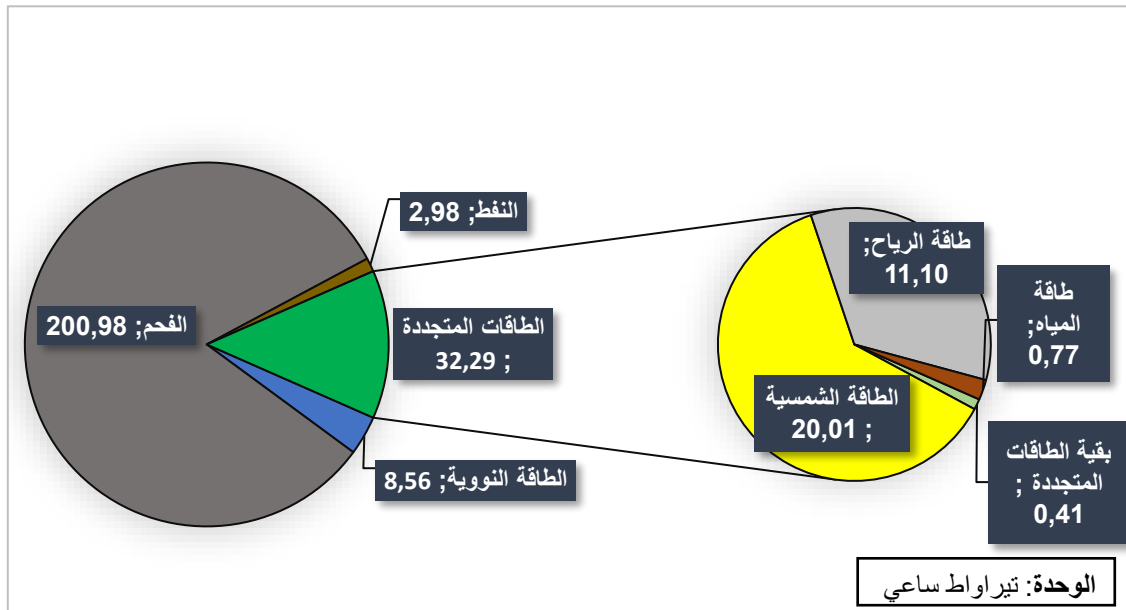
تطور إنتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة في خلال الفترة [2024-2015] بمعدل 370%،

وهذا يشير إلى توسيع البنية التحتية للطاقة المتجددة خاصة في إطار برنامج (REIPPPP).

عرفت الطاقة الشمسية نمو متسارعًا بمعدّل 628% في الفترة [2015-2024]، بطاقة إضافية: 17,26 تيراواط ساعي، لتمثّل حصة 62% من إجمالي الكهرباء المنتجة من الطاقة المتجددة. وقد ارتفع ميل تطور إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية الكهروضوئية (93% من الطاقة الشمسية سنة 2024) من 1,46 في الفترة [2015-2021]، إلى 1,95 في الفترة [2021-2024]. تطوّر الإنتاج الكهربائي من طاقة الرياح البرية (Onshore) في جنوب إفريقيا بمعدّل 262% في خلال الفترة [2015-2024]، ليمثّل حصة 34% من الإنتاج الكهربائي من الطاقات المتجددة. تعتبر جنوب إفريقيا من الدول التي لها إمكانيات طبيعية كبيرة من طاقة الرياح، حيث تتراوح سرعة الرياح بين 7 إلى 9 متر في الثانية في المنطقة جنوب شرقية: كيب الشرقية، وكيب لجوهاس¹. تمثّل طاقة المياه حصة 2% من إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة لسنة 2024، وقد شهدت انخفاضًا في الفترة [2022-2024] بمعدّل 75%، ومن أهم أسباب تباطؤ إنتاج الكهرباء من طاقة المياه؛ ارتفاع التكاليف الرأسمالية مقارنة بشعبة الطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح. بينما تمثّل بقية الطاقات المتجددة من الكتلة الحيوية والغاز الحيوي نسبة 1% من الكهرباء المنتجة من الطاقات المتجددة لسنة 2024،

ولتوضيح وضعية مزيج الطاقة لإنتاج الكهرباء في جنوب إفريقيا لسنة 2024 نعتمد الشكل (103):

¹ Merem, E. C., Twumasi, Y., Wesley, J., Olagbegi, D., Crisler, M., Romorno, C., ... & Emeakpor, S. The evaluation of wind energy potentials in South Africa. *Energy Power*, 2022, 12(1), 9-25.



شكل رقم 103: مزيج توليد الكهرباء في جنوب إفريقيا لسنة 2024

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Energy Institute.

تبرز هذه النتائج نجاح برنامج REIPPPP في إدماج مشاريع الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء، وهو ما يعدّ خطوة هامة في مسار التحوّل نحو مزيج طاقي مستدام يدعم التنمية الاقتصادية ويحدّ من آثار الوقود الأحفوري على البيئة.

المطلب الثاني: التقييم الاقتصادي والبيئي لمشاريع الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا

تشهد جنوب إفريقيا تحوّلًا تدريجيًا في نظامها الطاقوي من خلال تطوير مشاريع الطاقات المتجددة، وقد ترتب على هذا التحوّل أثر اقتصادي، فقد ساهمت هذه المشاريع في تنمية الاستثمار، وخلق مناصب العمل، وفي المقابل أسهمت هذه المشاريع على المستوى البيئي في تقليص انبعاثات الكربون، وتقليص الاعتماد على الفحم، وفي هذا السياق يهدف هذا المطلب إلى إبراز أهم الآثار الاقتصادية والبيئية لمشاريع الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا.

الفرع الأول: أثر مشاريع الانتقال الطاقوي على الواقع الاقتصادي لجنوب إفريقيا

إنّ مشاريع الانتقال الطاقوي التي تهدف إلى زيادة حجم معدلات إدماج الطاقة المتجددة في الإنتاج الإجمالي للطاقة، تساهم في دعم البنية التحتية وقاعدة توليد الطاقة بما من شأنه أن يرفع إنتاج الطاقة النظيفة ويرفع نسبة الوصول إلى الكهرباء ويخفض تكاليف الطاقة، كما تسهم هذه المشاريع في رفع معدلات الكفاءة الطاقوية وجذب الاستثمارات الأجنبية وتوفير مناصب الشغل.

أولاً: تحسين الكفاءة الطاقوية:

نستشفّ تحسّن الكفاءة الطاقوية من خلال عناصر أهمها:

1- ارتفاع حصة الطاقات المتجددة: تطوّرت حصة الطاقات المتجددة في إنتاج الطاقة الكهربائية،

حيث بلغت نسبة 13% سنة 2024، بعد أن كانت تمثّل 2,7% سنة 2015 (وقد حللنا تطور

حصة الطاقات المتجددة في المطلب السابق)، وقد ساهم هذا التطوّر في تقليص حصة الوقود

الأحفوري إلى حصة 83% سنة 2024، وهو ما يعزز اللامركزية في إنتاج الطاقة وترشيد

استهلاك الموارد الطاقوية وتقليل الفاقد من الإنتاج الحراري للطاقة.

يجدر بنا أن ننبه لأهمية القدرة التخزينية التي ستوفرها مشاريع تخزين الطاقة في البطاريات،

إذ توفر عاملاً هاماً في تفعيل اللامركزية الطاقوية التي تسمح من تكوين أنظمة طاقة مصغرة

للمناطق النائية بالتكامل مع محطات طاقة شمسية أو طاقة الرياح، والحدّ من الهدر الطاقوي

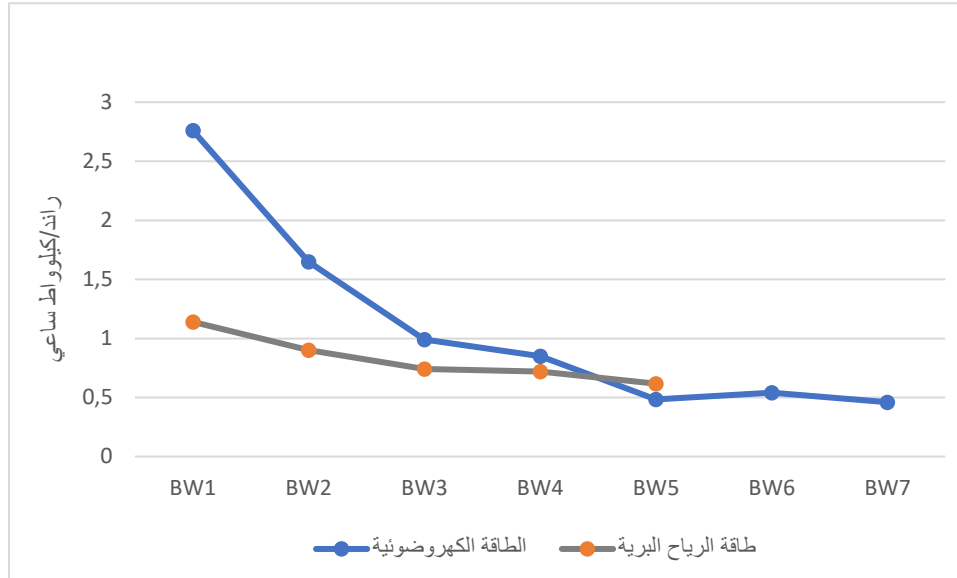
الناتج عن طول مسافات النقل، كما تتخفّض تكاليف الطاقة، والأهم من ذلك كلّهُ هو علاج أزمة

انقطاع الكهرباء من خلال التخزين في فترات الفائض وتغطية الطلب المتزايد في فترات الذروة.

2- انخفاض تكاليف الطاقة: انخفضت تعريفة نوافذ العروض للطاقة الكهروضوئية من 2,76 راند

للكيلوواط ساعي في نافذة العرض 1، إلى 0,46 راند للكيلوواط ساعي في نافذة العرض 7، وهو

ما يمثل انخفاض بمعدل 83%، أمّا في طاقة الرياح فقد انخفضت من 1,14 راند للكيلوواط ساعي في نافذة العرض 1، إلى 0,617 راند للكيلوواط ساعي في نافذة العرض 5، أي بمعدل 46%. والشكل (104) يوضّح انخفاض أسعار الطاقة في إطار برنامج REIPPPP:



شكل رقم 104: تغير تعريفات نوافذ العروض لبرنامج REIPPPP

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الموارد المعدنية والطاقة.

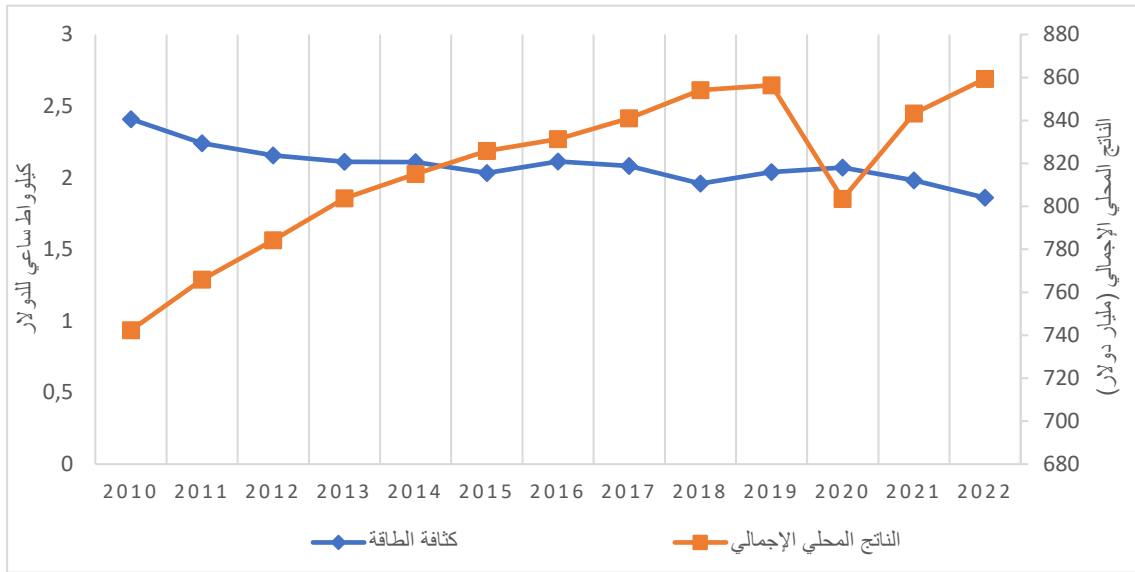
يعتبر انخفاض تكاليف الطاقة بسبب المنافسة بين المنتجين المستقلين للطاقة، ويعدّ أحد أبرز

نتائج برنامج REIPPPP. لتصبح أسعار الكهرباء من الطاقة المتجددة أرخص من الكهرباء المنتجة من الوقود الأحفوري.

3- انخفاض كثافة الطاقة في مقابل تطوّر الناتج المحلي الإجمالي: نبحت من خلال الشكل

(105) الذي اعتمدنا فيه على قاعدة البيانات Our World In Data تطوّر كثافة الطاقة والناتج

المحلي الإجمالي لجنوب إفريقيا في الفترة 2010-2022



شكل رقم 105: تطور الناتج المحلي الإجمالي وكثافة الطاقة في جنوب إفريقيا

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

شهد الناتج المحلي الإجمالي تطورًا في خلال الفترة [2010-2022] ارتفاعًا بمعدل 16%

ليبلغ سنة 2022: 859,4 مليار دولار، ويستثنى من هذا النمط التصاعدي سنة 2020، التي شهدت ركودًا اقتصاديًا بسبب تأثيرات جائحة كوفيد-19.

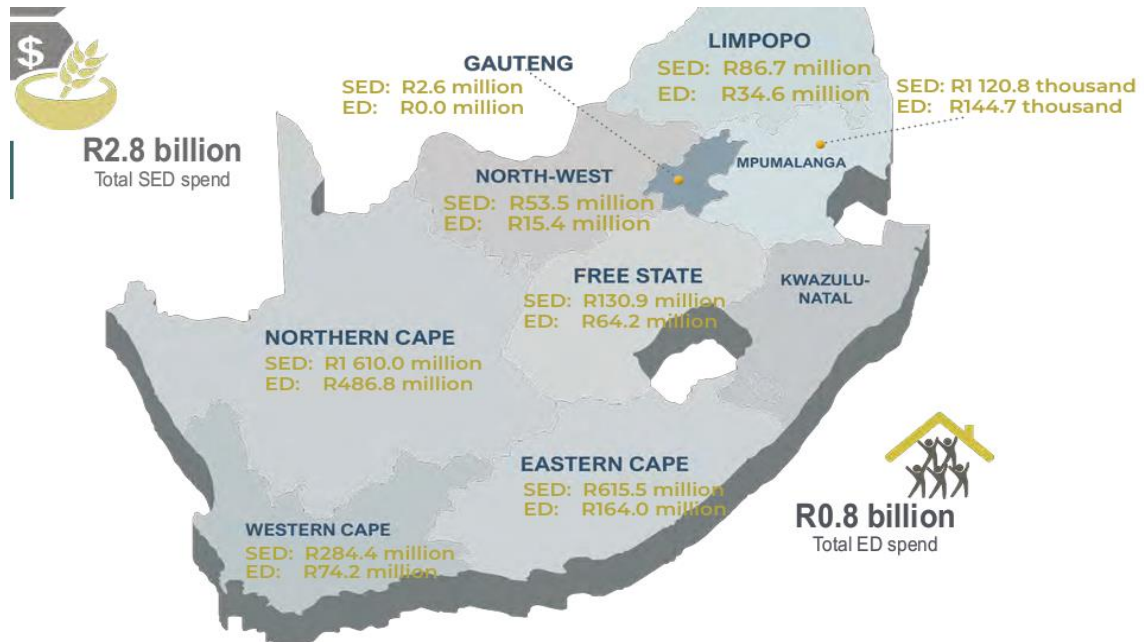
وفي المقابل تراجعت كثافة الطاقة من 2,4 كيلوواط ساعي لكل دولار في سنة 2010 إلى 1,86 كيلوواط ساعي سنة 2022، أي بمعدل 23%، وهذا يشير إلى تحسين كفاءة الطاقة، كما تشير العلاقة العكسية بين المؤشرين إلى نجاح جنوب إفريقيا في الفصل بين النمو الاقتصادي وارتفاع استهلاك الطاقة، وهذا يعدّ محورًا أساسيًا في نجاح الانتقال الطاقوي.

ثانيًا: دعم الاستثمارات وتعزيز الشراكة الأجنبية:

لقد ساهم برنامج REIPPPP في دعم القاعدة الاقتصادية لجنوب إفريقيا بجذب 43,1 مليار راند من الاستثمارات الأجنبية لمشاريع نوافذ العروض من BW1 إلى BW5، وهو ما يمثل 18% من القيمة الإجمالية 234,1 مليار راند، وقد شارك في تنفيذ هذه المشاريع مطورون عالميون من

27 دولة مختلفة أهمها: ألمانيا وفرنسا وإيطاليا وإسبانيا والولايات المتحدة الأمريكية وغيرها. كما قدر مشاريع نافذة العرض BW6 بـ: 14,7 مليار راند، تمثل منها: 10,8 مليار راند من المستثمرين المحليين في البناء والتشغيل¹.

كما تساهم مشاريع برنامج REIPPPP في دعم التنمية الاجتماعية والاقتصادية (SED) وتطوير الشركات (ED) بالالتزام بمنح من 1 إلى 1,5% من الإيرادات طيلة العمر الإنتاجي للمشروع البالغ 20 سنة، والتي تستهدف: الإسكان والبنية التحتية والرعاية الصحية والتعليم وتطوير المهارات ودعم الشركات. وقد بلغت إسهامات التنمية الاجتماعية والاقتصادية (SED) إلى غاية مارس 2024: 2,8 مليار راند، وإسهامات تطوير الشركات (ED): 839 مليون راند². وهي موزعة على المقاطعات كما هو موضح في الشكل (106):



شكل رقم 106: توزيع التنمية الاجتماعية الاقتصادية وتطوير الشركات في جنوب إفريقيا
المصدر: موقع وزارة الموارد المعدنية والطاقة.

¹ <https://www.ipp-projects.co.za/>, 07/08/2025,19:27.

² <https://www.dmre.gov.za/energy-resources/reippp-programme>, 07/08/2025,19:27.

ثالثاً: توفير مناصب الشغل

لقد سمح برنامج REIPPPP بتوظيف 78075 منصب شغل لمواطني جنوب إفريقيا من خلال نوافذ العروض من BW1 إلى BW5، 69% منها في مجال البناء و31% في مجال العمليات التشغيلية، كما تتيح نافذة العرض BW6 التي تستهدف إنجاز 1000 ميغاواط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية، توفير 9461 فرصة عمل للمواطنين خلال مرحلة البناء والتشغيل، بمعدل 10 مناصب شغل لكل 1 ميغاواط من الطاقة الكهروضوئية¹.

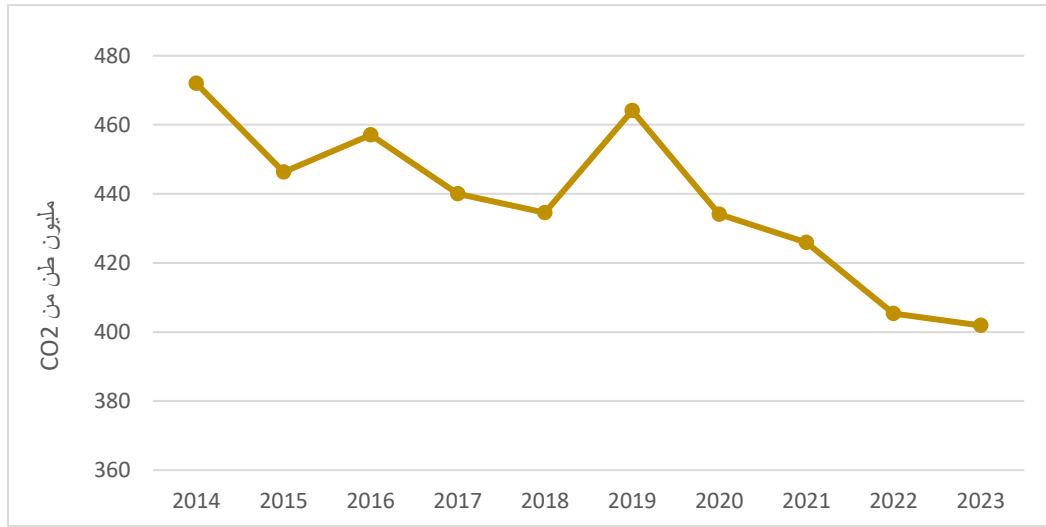
الفرع الثاني: الأثر البيئي لمشاريع الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا

يعدّ برنامج شراء الطاقة المتجددة من المنتجين المستقلين REIPPPP من النماذج الرائدة في إفريقيا، وهذا ليس فقط في دعم التنمية الاقتصادية والاجتماعية، بل أيضاً في حماية البيئة وحفظ المناخ من خلال الحدّ من آثار الانبعاثات الغازية الدفيئة واستنزاف الموارد المائية.

أولاً: الحدّ من الانبعاثات الكربونية

لقد تمكنت مشاريع الطاقات المتجددة في إطار برنامج REIPPPP من الحدّ من انبعاث 110,3 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون CO₂ من توليد الكهرباء، حيث شهدت جنوب إفريقيا تراجعاً في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون CO₂، كما هو موضّح من خلال الشكل (107):

¹ <https://www.ipp-projects.co.za/>. 07/08/2025,19:27.



شكل رقم 107: تطوّر انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون CO₂ في جنوب إفريقيا

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Our World In Data.

تراجعت انبعاثات الكربون في خلال الفترة [2023-2014] بمعدّل 15%، حيث انخفضت بمقدار 70 مليون طن، وهذا نتيجة لاعتماد حصة أكبر للطاقات المتجددة في مزيج الطاقة من جهة، ورفع الكفاءة الطاقوية من جهة أخرى.

ثانيًا: الحفاظ على الموارد المائية

أشارت وزارة الموارد المعدنية والطاقة لجنوب إفريقيا لأهمية مشاريع الانتقال الطاقوي في الحفاظ على الموارد المائية، التي تتطلبها محطات الطاقة المتجددة مقارنة بالكميات الكبيرة التي تتطلبها محطات الفحم التي تعتمد التبريد المائي. حيث قدّرت كمية المياه الموقّرة بـ: 130,4 مليار لتر من الماء، في مقابل 108,656 تيراواط ساعي المنتجة من كهرباء مشاريع برنامج REIPPPP من تاريخ التشغيل إلى غاية مارس 2024¹. فهو بمعدّل 1,2 مليار لتر من الماء لكل واحد تيراواط

¹ <https://www.dmre.gov.za/energy-resources/reipp-programme>, 07/08/2025, 20 :54.

ساعي، وعلى هذا الاعتبار ففي سنة 2024 تم توفير 38,75 مليار لتر من الماء، وهو خطوة هامة في الحد من تزايد مخاطر شح المياه والجفاف.

المطلب الثالث: فرص وتحديات الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا واستخلاص الدروس

على الرغم من امتلاك جنوب إفريقيا لإمكانيات طبيعية وتوافر فرص الانتقال الطاقوي الناجح، الذي يسمح بتوسيع الاستثمار في الطاقات المتجددة وتحسين الكفاءة الطاقوية، فإنّ هذا المسار تواجهه تحديات تعيق من فعاليته، ومن هذا المنطلق يهدف هذا المطلب إلى تحليل أهم فرص وتحديات الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا، واستخلاص الدروس المستفادة من هذا النموذج.

الفرع الأول: فرص الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا

تتمثل أهم الفرص التي تسمح بدعم الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا في العناصر التالية:

أولاً: إمكانيات الطاقات المتجددة في جنوب إفريقيا

تتلقى معظم مناطق جنوب إفريقيا أكثر من 2500 ساعة سطوع شمسي سنوياً، مع إشعاع يتراوح بين 1600 إلى 2400 كيلوواط ساعي سنوياً. كما لا تقلّ طاقة الرياح أهمية عن الطاقة الشمسية في جملة إمكانيات جنوب إفريقيا من الطاقات المتجددة، حيث تتراوح سرعة الرياح المتوسطة بين 7,29 و 9,7 متر/ثانية، وهو ما تمّ تسجيله في كيب أجولهااس وعلى طول الساحل¹. وقد ساهم موقع جنوب إفريقيا الجغرافي وسعة مساحتها (1,22 مليون كم²) في تأهيلها لتطوير محطات الطاقة المتجددة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وغيرها.

¹ Adebisi, A., & Moloi, K. Renewable Energy Source Utilization Progress in South Africa: A Review. Energies, 2024, 17, 3487. <https://doi.org/10.3390/en17143487>.

ثانيًا: الاستقرار والتوجه السياسي لدعم التحول إلى الطاقات المتجددة

تعتبر جنوب إفريقيا من بين أكثر الدول استقرارًا، هذا بعد سنة 1994، وهو ما يمنح للمستثمرين بيئة ملائمة للاستثمار وتطوير مشاريع الطاقات المتجددة والقطاعات التي تكمّلها. وقد سمحت البيئة السياسية للبلد من خلال دعم إدماج الطاقات المتجددة وتحقيق الكفاءة الطاقوية بصياغة برامج سياسية طموحة في تنفيذ وتفعيل الانتقال الطاقوي منذ سنة 1998، من خلال الوثيقة البيضاء إلى غاية التخطيط المتكامل للموارد والطاقة (IEP, IRP)، والتي تهدف إلى تنويع إمدادات الطاقة، والاستثمار العادل في الطاقات المتجددة وتحسين حوكمة الطاقة وغير ذلك.

ثالثًا: مؤسسات البحث والتطوير

في سنة 2020، كان لدى جنوب إفريقيا حصة 80% من أفضل 200 جامعة في إفريقيا، حيث تشارك عديد هذه الجامعات في مجال بحث وتطوير تقنيات الطاقة المتجددة، وهذا من خلال إنشاء مراكز البحث والابتكار والتكوين في مجال الطاقات المتجددة، وهو ما يسمح بتوفير القوى العاملة المتخصصة من المهندسين والتقنيين. وقد تمّ تطوير عديد الهيئات البحثية بما في ذلك: هيئة صناعة الغاز الحيوي في جنوب إفريقيا (SABI)، ولجنة أبحاث المياه (WRC)، والمجلس الجنوب إفريقي للطاقات المتجددة (SAREC)، والتي تسهم في تقديم المنح الدراسية لدعم البحث والابتكار في مجال الطاقات المتجددة¹.

¹ Uhunamure, S. E., & Shale, K. A SWOT Analysis approach for a sustainable transition to renewable energy in South Africa. P9-10.

رابعاً: التوجّه العالمي واتفاقيات حفظ المناخ:

شهد العالم خلال العقدين الأخيرين تسارعاً في تطوير مشاريع الطاقة النظيفة، كبديل للمصادر الكثيفة الكربون، وهو ما جعل تنويع مصادر مزيج الطاقة بالطاقات المتجددة خياراً أساسياً للاندماج في التوجه العالمي في مجال الطاقة.

وقد استضافت جنوب إفريقيا مؤتمر الأمم المتحدة للتغير المناخي في ديسمبر 2011 في دورته السابعة عشر (COP17) في ديربان، حيث تمّ في خلال المؤتمر الموافقة على إبرام اتفاق ملزم بحلول سنة 2015، وإنشاء صندوق المناخ الأخضر لدعم الدول في مواجهة التغيّر المناخي¹. كما قد تعاونت عدة هيئات تمويلية مع الحكومة جنوب إفريقية على تمويل وتوفير الأدوات المالية لنشر تكنولوجيا الطاقة المنخفضة الكربون، تشمل: البنك الدولي والبنك الفرنسي للتنمية وبرنامج المساعدات الدولية الدنماركية وصندوق التنمية النرويجي والحكومة الفنلندية من خلال برنامج الشراكة للطاقة والبيئة وغيرها.

الفرع الثاني: تحديات الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا

على الرغم من التغيرات الإيجابية التي مست نظام الطاقة في جنوب إفريقيا، إلا أنّه توجد عديد التحديات التي تحول دون تسريع وتيرة الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا أهمها:

أولاً: تدهور البنية التحتية والشبكة الوطنية

رغم امتلاك جنوب إفريقيا لشبكة نقل كهرباء واسعة، إلا أنّها تعتبر أحد أهم التحديات التي تواجه توسيع قاعدة توليد الطاقة من المصادر المتجددة، وحسب الهيئة الوطنية لتنظيم الطاقة (NERSA) بلغت قيمة الأعمال المؤجلة لإعادة تأهيل وصيانة البنية التحتية للكهرباء لسنة 2014:

¹ <https://unfccc.int/event/cop-17>. 07/08/2025. 23 :46.

68 مليار راند، هذا الوضع الذي يدفع الحكومة إلى إعادة النظر في بناء شبكة نقل عالية الحمل تسمح باستيعاب مشاريع الطاقة المتجددة المستقبلية وتحقيق استقرار إمدادات الكهرباء¹.

ثانيًا: تحديات منظومة الطاقة من الفحم في جنوب إفريقيا

سيتم إغلاق 22 جيغاواط من محطات الفحم لتوليد الطاقة، وهذا في إطار استراتيجية الدولة في الحد من هيمنة الفحم في مزيج توليد الكهرباء، وهذا يطرح تحدّي كبير أمام نظام الطاقة المستقبلي وهو تعويض القدرة المتوقفة بقدرة جديدة من الطاقات المتجددة، وما يزيد من حدة هذا التحدي أن عديد المحطات من الفحم قد بلغت نهاية العمر الافتراضي لها وهو ما تسبّب في حدوث الانقطاعات وما ترتّب عليها من آثار اقتصادية. كما يهدّد غلق محطات الفحم تنامي معدلات البطالة لعمال القطاع في المناجم ومحطات توليد الطاقة، ففي مقاطعة مبومالانغا Mpumalanga يعمل حوالي 90000 عامل في مناجم ومحطات الطاقة من الفحم، وهو ما سيؤثر بشكل كارثي على الوضعية الاجتماعية والاقتصادية للمقاطعة وغيرها.

كما يعتبر انخفاض تكاليف إنتاج الطاقة من الفحم وتوافر المادة الطاقوية في جملة الموارد الطبيعية، سيجعل تكلفة الطاقة من الفحم منخفضة مقارنة ببقية المصادر الأخرى. وهو ما سيوجه المستثمرين الخواص للاستثمار في محطات الفحم باعتبارها أقل مخاطرة من الطاقات المتجددة، وهذا على الرغم من الزيادات المستمرة في تعريفة الكهرباء².

¹ IRENA. Renewable Energy Prospects: South Africa. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi, 2020. p132.

² Smarte Anekwe IM, Akpasi SO, Mkhize MM, Zhou H, Moyo RT, Gaza L. Renewable energy investments in South Africa: Potentials and challenges for a sustainable transition - a review. Science Progress. 107 (2). 2024. doi:10.1177/00368504241237347.

ثالثاً: الفساد الإداري والعقبات التنظيمية

لقد شهدت معظم الكيانات المملوكة للدولة في جنوب إفريقيا، بما في ذلك وزارة الموارد المعدنية والطاقة وشركة إسكوم عديد التجاوزات، من تضخيم العروض والرشاوى، والحدّ من توسيع تقنيات الطاقة المتجددة، ممّا دفع الحكومة إلى إنشاء لجنة تحقيق في جميع الشركات الحكومية، وهذا ما لا يسمح بتوفير بيئة ملائمة للاستثمار في الطاقات المتجددة¹.

كما تعتبر الحواجز المؤسسية تحدّي آخر أمام تحقيق الوصول غير المقيد والشفاف إلى شبكة النقل، وهو ما يتطلب هيئة محايدة ومستقلة للتوفيق بين إمدادات الطاقة وتغطية الطلب عليها، وهذا يدفع إلى إعادة هيكلة القطاع لإيجاد مشغل محايد وسوق مستقل².

رابعاً: تحديات التمويل لشركة إسكوم

أدى رفع تعريف الكهرباء بمعدّل 300% منذ سنة 2000، إلى تقليص طلب الشركات والمؤسسات الصناعية على كهرباء الشبكة الوطنية، ولجئها إلى خيارات إمداد بديلة للكهرباء، ومن جانب آخر ارتفعت مستويات ديون شركة إسكوم، وهو ما قيّد استثمار الشركة في البنى التحتية وشبكات النقل والتوزيع³.

¹ Uhunamure, S. E., & Shale, K. A SWOT Analysis approach for a sustainable transition to renewable energy in South Africa. p13.

² IRENA, Renewable Energy Prospects: South Africa, 2020, p133.

³ Mohlakoana, N., Wolpe, P., Coordination David, A. Unbundling Eskom: How Would a New Distribution System Impact on Energy Poverty. Unbundling Eskom: How would a new distribution system impact on energy poverty (p. 1-46). Éditions AFD. 2023, <https://shs.cairn.info/journal-afd-research-papers-2023-269-page-1?lang=en>. P12.

خلاصة الفصل

إنّ تحليلنا للمقاربة الجنوب إفريقية للانتقال الطاقوي، أتاح لنا التعرف على واقعها الطاقوي، وتطوّر إنجازاتها في تطوير الطاقات المتجددة ودعم الكفاءة الطاقوية، فهو من جانب آخر يهدف إلى استخلاص دروس وعبر تعزّز نقاط القوة ومواطن المضي في الانتقال الطاقوي، وتعالج نقاط الضعف لتجنّب الإخفاقات، ومن أبرز الدروس المستفادة من النموذج الجنوب إفريقي للانتقال الطاقوي: أهمية القاعدة السياسية والتنظيمية، حيث يمكن وجود قاعدة سياسية قوية للاستغلال الأمثل لموارد الطاقة المتجددة، وهذا من خلال تحديد أهداف البلد في قطاع الطاقة، ووضع خارطة طريق للاستثمار واضحة تسمح بصياغة البرامج السياسية وأولويات القطاع، مع أهمية وضوح التشريعات واستقرار الإطار القانوني بما يشجع المستثمرين المحليين والدوليين على الانخراط في مشاريع الانتقال الطاقوي.

كما يستفاد أهمية تكامل قطاعات نظام الطاقة، إذ يتطلب تحقيق أهداف نظام الطاقة رفع مستوى التكامل بين أجزاء النظام من إنتاج ونقل وتوزيع واستهلاك، وهذا بما يشمل جميع مناطق البلد، كما يتطلب كهربة قطاعات استغلال الطاقة: على مستوى المباني والنقل والصناعة لرفع مستوى إدماج الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة الأولية، ففي جنوب إفريقيا مع أنّ حصة الطاقات المتجددة في مزيج توليد الكهرباء بلغت 13%، فهي لا تمثّل إلا 1,6% من إجمالي الطاقة الأولية. ومن الدروس المستفادة أهمية الربط بين التنمية الاقتصادية وحماية البيئة والمناخ، فقد عملت جنوب إفريقيا على إدماج البعد الاقتصادي والاجتماعي ضمن متطلبات تفضيل مشاريع الطاقة المتجددة في إطار برنامج REIPPPP، كما خصصت جزءاً من إيرادات شركات محطات التوليد لدعم الهيئات الاجتماعية ودعم وتطوير الشركات، ممّا أسهم في توسيع القبول الاجتماعي لهذه المشاريع.

الفصل الرابع: تحليل وتقييم الانتقال الطاقوي في الجزائر

تمهيد

يُشكّل قطاع الطاقة في الجزائر العمود الفقري للاقتصاد الوطني، إذ ارتبط على مدى عقود بـموارد النفط والغاز الطبيعي، والتي تمثّل دعامة الصادرات، والمصدر الرئيسي لتمويل الميزانية العمومية. غير أنّ التوجّه العالمي السريع نحو الطاقات المتجددة، وما يقتضيه ذلك من التزامات بيئية واقتصادية، يفرض على الجزائر إعادة تقييم منظومتها الطاقوية التقليدية والسعي إلى سلوك مسار الانتقال الطاقوي بما يتوافق مع التوجّهات الدولية ويدعم احتياجاتها التنموية الداخلية. وفي هذا الإطار، يكتسي تحليل واقع الانتقال الطاقوي في الجزائر أهمية بالغة؛ حيث يهدف إلى تقييم مدى فاعلية السياسات والبرامج الوطنية في بلوغ الأهداف المعلنة.

يهدف هذا الفصل إلى تحليل وتقييم الانتقال الطاقوي في الجزائر من خلال ثلاثة محاور. يخصص المبحث الأول لتحليل هيكل نظام الطاقة في الجزائر، من خلال دراسة مكانة الوقود الأحفوري في المنظومة الطاقوية والاقتصاد الوطني في ظلّ التحديات البيئية، أمّا المبحث الثاني فيعنى بتحليل المقومات والأطر التنظيمية للانتقال الطاقوي، والإنجازات من مشاريع الانتقال الطاقوي في الجزائر. في المقابل، يتناول المبحث الثالث عملية تقييم الانتقال الطاقوي انطلاقاً من مؤشرات التقييم الطاقوي والاقتصادي والبيئي، مع استشراف استدامة انتقال الطاقة إلى آفاق 2030.

المبحث الأول: هيكل نظام الطاقة في الجزائر

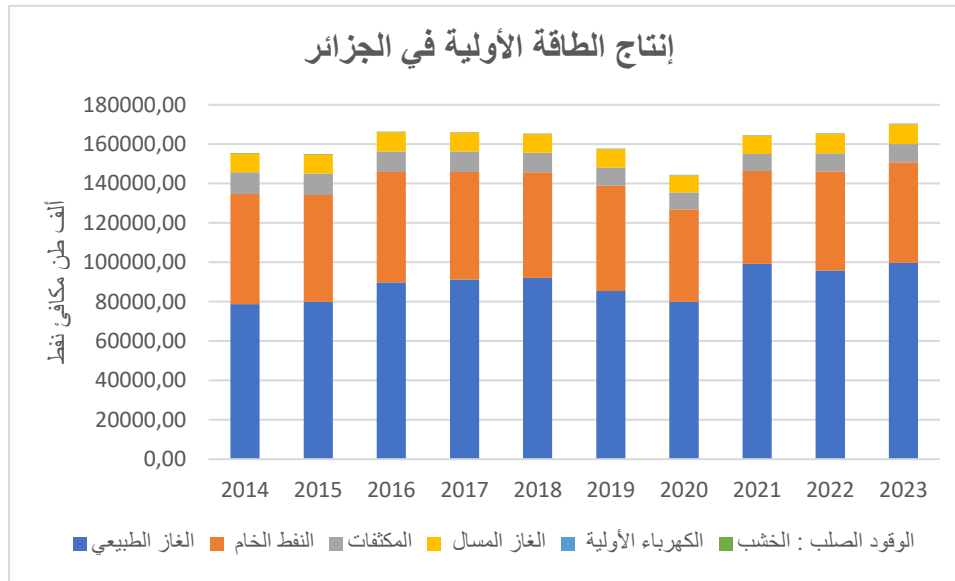
يكتسي التعرف على واقع نظام الطاقة في الجزائر أهمية بالغة باعتباره الأساس التحليلي لمسار الانتقال الطاقوي. وفي هذا الإطار، يهدف هذا المبحث إلى تحليل هيكل نظام الطاقة في الجزائر من خلال دراسة إنتاج واستهلاك الطاقة الأولية، وهيكل إنتاج واستهلاك الكهرباء، إضافة إلى إبراز أهم العوامل الدافعة نحو الانتقال الطاقوي، بما يسمح بفهم أعمق للتحديات الراهنة، والتي تواجه الجزائر في مسارها نحو تحقيق انتقال طاقوي مستدام.

المطلب الأول: إنتاج واستغلال الطاقة الأولية في الجزائر

يُعدّ تحليل إنتاج واستغلال الطاقة الأولية مدخلاً أساسياً لفهم مزيج الطاقة في الجزائر، ويهدف هذا المطلب إلى دراسة واقع إنتاج واستهلاك، ومبادلات الطاقة بما يسمح بتشخيص مستوى الاستغلال للموارد الطاقوية.

الفرع الأول: واقع إنتاج الطاقة الأولية في الجزائر

لقد حقّقت الجزائر إنتاجاً طاقوياً يقدّر بـ 170 مليون طن مكافئ نفط في سنة 2023، حيث تطوّر بمعدّل 10% في الفترة [2014-2023]، ومن خلال الشكل (108) نستعرض تطوّر المزيج الطاقوي للجزائر:



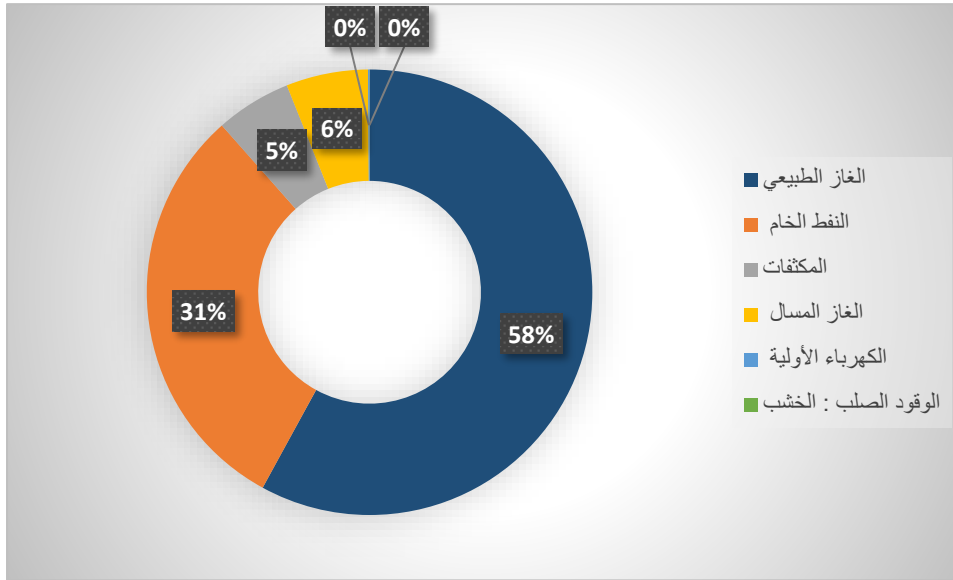
شكل رقم 108: تطور إنتاج الطاقة الأولية في الجزائر 2014-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم

نلاحظ تطوّر المزيج الطاقوي بطاقة إضافية قدرها 14,9 مليون طن مكافئ نفط وهي ما يعادل 63 تيراواط ساعي. تطوّر إنتاج الغاز الطبيعي في خلال الفترة [2014-2023] بمعدّل 27% بطاقة إضافية مقدارها 21 مليون طن مكافئ نفط، ليبلغ سنة 2023: 99,689 مليون طن مكافئ نفط، وهو ما يمثل حصة 58,6% من المزيج الطاقوي للجزائر، في المقابل تراجع إنتاج النفط الخام بمعدّل 9% بطاقة قدرها 5 ملايين طن مكافئ نفط ليمثّل حصة 30% من المزيج الطاقوي في سنة 2023، بعد أن كان يمثل حصة 36% سنة 2014.

كما شهدت المكثفات انخفاضاً بمعدّل 16% في الفترة [2014-2023] بطاقة قدرها 1,8 مليون طن مكافئ نفط لتمثّل حصة 5,4% من المزيج الطاقوي للجزائر. وعلى خلاف ذلك تطوّر إنتاج الغاز المسال بمعدّل 7% بطاقة إضافية في الفترة [2014-2023] قدرها 672 ألف طن مكافئ نفط، ليمثّل في سنة 2023 حصة 5,9% من المزيج الطاقوي. تبقى العناصر الطاقوية الأخرى من وقود صلب متمثلة في الخشب والكهرباء الأولية المولّدة من محطات المياه والطاقة الشمسية وطاقة الرياح لا تتعدّى 0,2% من المزيج الطاقوي.

ويمكن من خلال الشكل (109) أن نلخص تركيبة مزيج الطاقة للجزائر كما يلي:



شكل رقم 109: هيكلية مزيج الطاقة للجزائر لسنة 2023

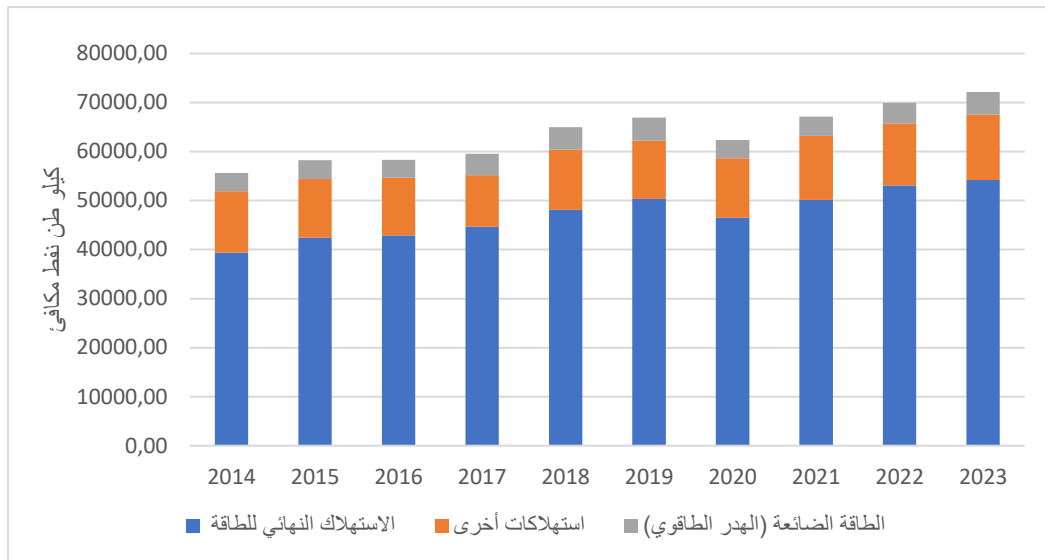
المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم

الفرع الثاني: استهلاك الطاقة في الجزائر

تطور الاستهلاك الوطني للطاقة بمعدل 30% في خلال الفترة [2014-2023] بطاقة قدرها

16,55 مليون طن مكافئ نفط، ليبلغ في سنة 2023: 72,182 مليون طن مكافئ نفط. ومن خلال

الشكل (110) نستعرض تطور استهلاك الطاقة حسب طبيعتها.



شكل رقم 110: تطور الاستهلاك الوطني للطاقة 2023-2014

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم

تطور الاستهلاك النهائي للطاقة في الفترة [2023-2014] بطاقة إضافية مقدارها 14,83

مليون طن مكافئ نفط، وهو ما يعادل حصة 90% من الطاقة الإضافية في الاستهلاك الوطني

لنفس الفترة، ليمثل الاستهلاك النهائي حصة 75% من الاستهلاك الوطني. كما تطورت الاستهلاكات

الأخرى من استهلاك الموارد الطاقوية لغير أغراض توليد الطاقة، واستهلاكات قطاع الطاقة بمعدل

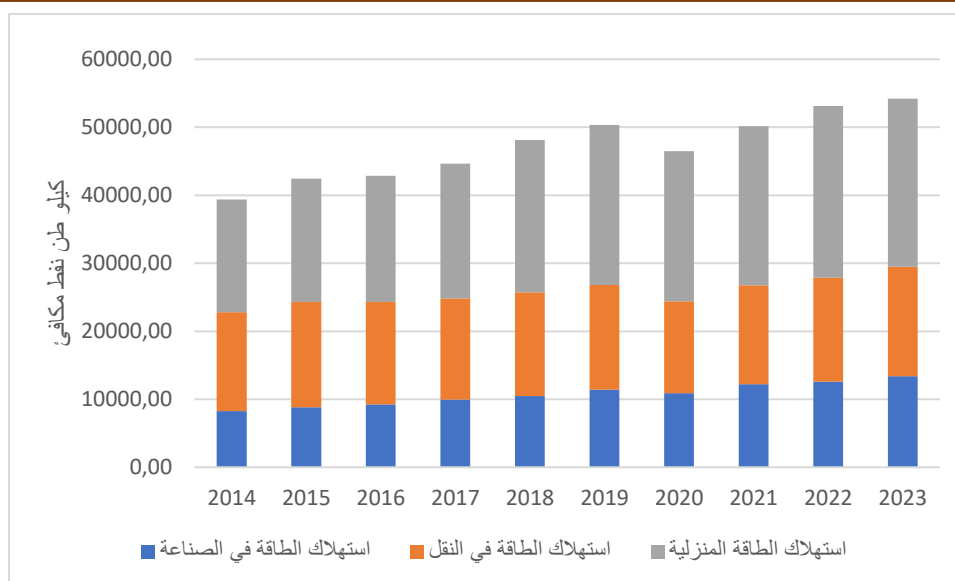
6% بطاقة إضافية قدرها 789 ألف طن مكافئ نفط، لتمثل 19% من الاستهلاك الوطني، كما

شهدت الطاقة الضائعة في نفس الفترة ارتفاعاً بمعدل 25%، لتبلغ سنة 2023: 929 ألف طن

مكافئ نفط بحصة 6%.

ولفهم طبيعة الاستهلاك النهائي نبحت من خلال الشكل (111) تطور الاستهلاك النهائي

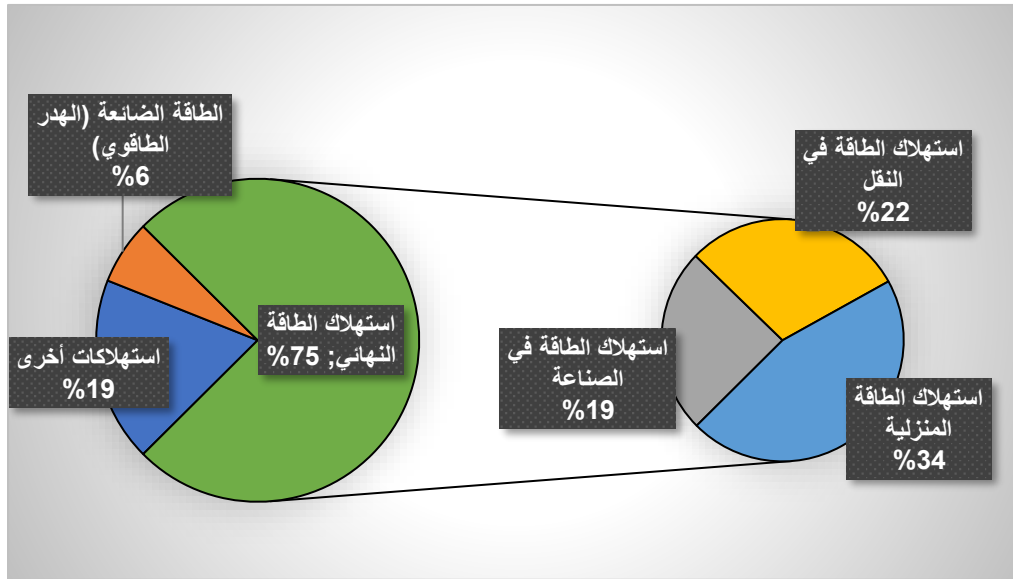
حسب قطاعات الاستهلاك:



شكل رقم 111: تطور الاستهلاك النهائي للطاقة حسب القطاع

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم

تطور استهلاك الطاقة المنزلي الذي يتضمن الجانب السكني والزراعي بمعدل 49% في الفترة [2023-2014] ليمثل حصة 46% من الاستهلاك النهائي لسنة 2023، ويفسر هذا بتوسع المناطق الحضرية وامتداد شبكات إمداد الطاقة للمناطق النائية والريفية. ومن جانب آخر تطور استهلاك الطاقة في قطاع النقل بمعدل 11% ليمثل حصة 30% من الاستهلاك النهائي لسنة 2023، بينما شهد القطاع الصناعي ارتفاعاً في استهلاك الطاقة بمعدل 63% ليمثل حصة 25% سنة 2023 بعد أن كان يمثل 21% سنة 2014، وتمثل الطاقة المستهلكة الإضافية لذات القطاع للفترة [2023-2021] نسبة 50% من إجمالي الطاقة الإضافية لفترة 10 سنوات، وهذا بسبب التعافي الذي شهده الاقتصاد العالمي عمومًا، والاقتصاد الوطني خصوصًا بعد جائحة كوفيد-19، كما شهدت البيئة الاقتصادية المحلية انتعاشاً من خلال دعم الاستثمار وتهيئة مناطق الاستثمار الصناعي من خلال تغطيتها بالمتطلبات الطاقوية (الكهرباء والغاز وغيرها). والشكل (112) يلخص لنا وضعية استهلاك الطاقة حسب طبيعتها وقطاعاتها.



شكل رقم 112: تركيبة الاستهلاك الوطني للطاقة لسنة 2023

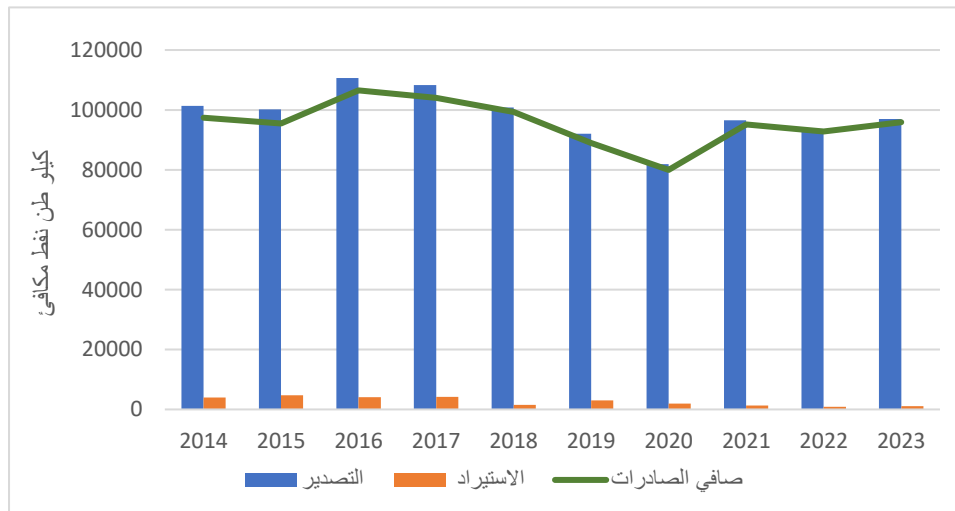
المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم

الفرع الثالث: مبادلات الطاقة في الجزائر: التصدير والاستيراد

تعتبر الطاقة أهم مكونات مزيج الصادرات في الجزائر، وفي هذا الفرع نبحث تطور حركة

الصادرات والواردات من المنتجات الطاقوية، والشكل (113) يوضح تطور الصادرات والواردات من

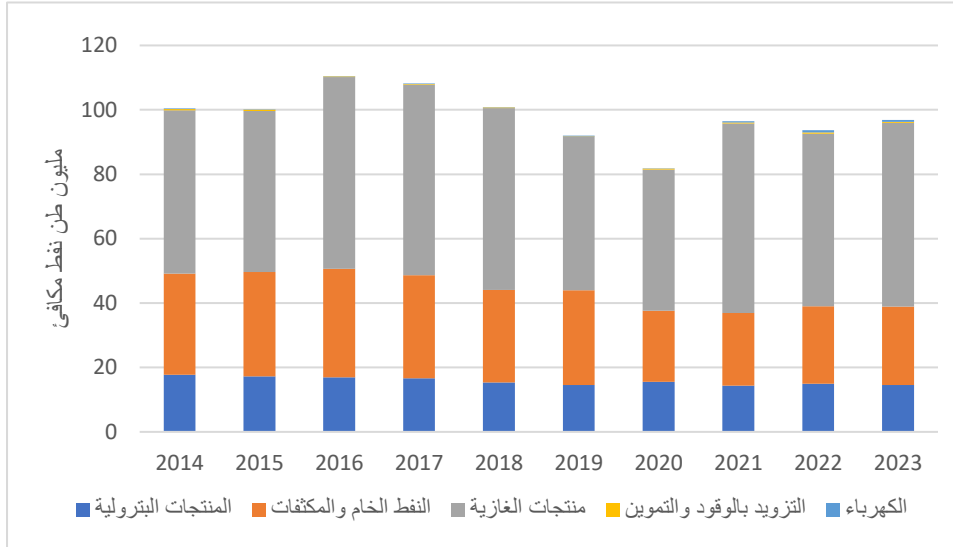
الطاقة للجزائر:



شكل رقم 113: تطور الصادرات والواردات من الطاقة في الجزائر 2014-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم

شهدت الصادرات من الطاقة تراجعًا بطاقة 4,4 مليون طن مكافئ نفط، أي بنسبة 4% خلال الفترة [2014-2023]، لتبلغ سنة 2023: 97 مليون طن مكافئ نفط، تمثل منها الطاقة الخام 67%، أما الطاقة المشتقة فهي تمثل 33%. ولبيان تطور تركيبة صادرات الطاقة في الجزائر نعتمد الشكل (114):



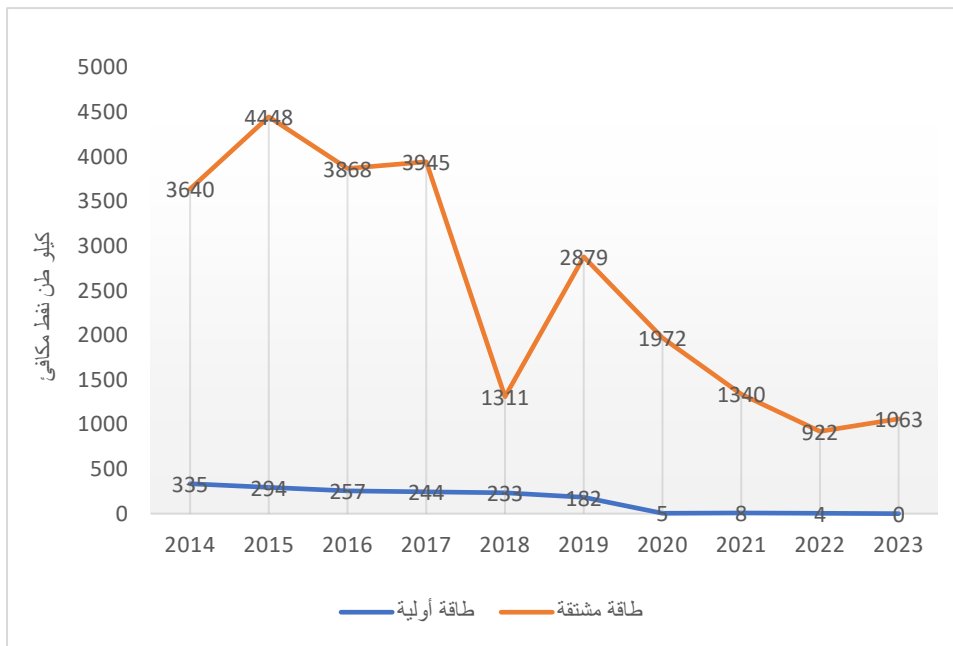
شكل رقم 114: تطور تركيبة صادرات الطاقة في الجزائر 2014-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم

تطوّرت صادرات المنتجات الغازية من غاز طبيعي ومسال بطاقة قدرها 6,4% مليون طن مكافئ نفط، وبمعدّل 13% في خلال الفترة [2014-2023]، لتمثّل حصة 59% من هيكل صادرات الجزائر من الطاقة بطاقة 57,1 مليون طن مكافئ نفط. بينما تراجعت صادرات النفط الخام والمكثفات بمعدّل 23%، لتمثّل حصة 25% من صادرات الجزائر الطاقوية بطاقة قدرها 24,3 مليون طن مكافئ نفط، كما تراجعت صادرات المنتجات البترولية (نفط، زيوت الوقود، ...) بمعدّل 18%، حيث مثّلت حصة 15% من الصادرات الطاقوية بطاقة: 14,6 مليون طن مكافئ نفط، ومن جانب آخر شهد الكهرباء الذي لا يتعدّى حصة 0,6% من صادرات الطاقة للجزائر سنة 2023 تضاعفًا بثلاث مرات ليبلغ 597 ألف طن مكافئ نفط، وهو ما يعادل 2,5 تيراواط ساعي. كما تراجعت

الصادرات التي هي ضمن التوريد بالوقود والتموين بمعدّل 25% لتبلغ طاقة ما مقداره 300 ألف طن مكافئ نفط.

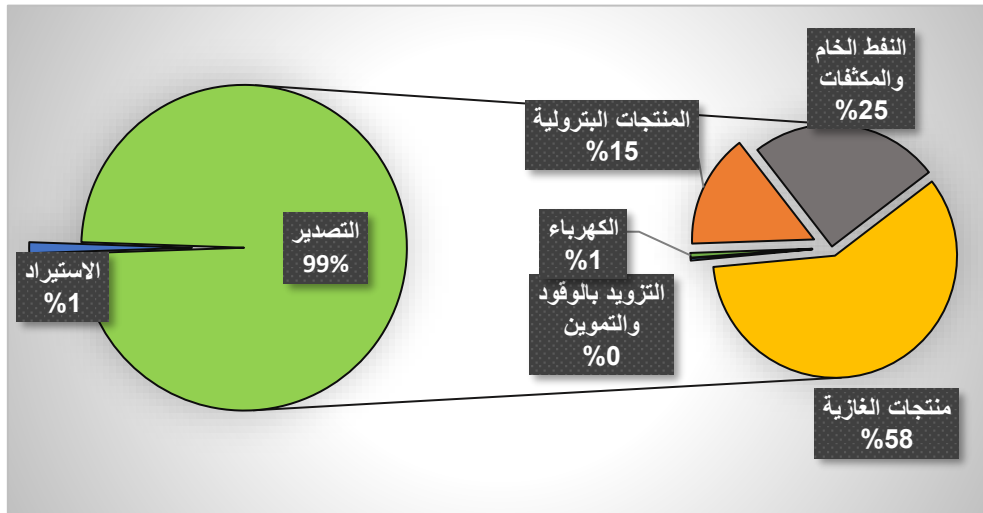
أمّا بالنسبة لاستيراد الطاقة فقد انخفضت بطاقة قدرها 2,9 مليون طن مكافئ نفط، بمعدّل 73% في خلال الفترة [2014-2023]، لتمثّل في سنة 2023: 1 مليون طن مكافئ نفط تمثّل منها الطاقة المشتقة 100% بعد توقف استيراد الطاقة الأولية في سنة 2023. ولبيان ما شهده استيراد الطاقة في الجزائر نعرض الشكل (115):



شكل رقم 115: تطوّر استيراد الطاقة في الجزائر 2014-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم

والشكل (116) يوضّح هيكلية صادرات وواردات الطاقة في الجزائر:



شكل رقم 116: هيكل الصادرات والواردات الطاقوية للجزائر 2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم

المطلب الثاني: هيكل إنتاج واستهلاك الطاقة الكهربائية في الجزائر

نبحث من خلال هذا المطلب واقع إنتاج واستهلاك الطاقة الكهربائية في الجزائر، بما يسمح

لنا بتشخيص الهيكل العامة لقطاع الطاقة الكهربائية، حيث حققت الجزائر إنتاجًا كهربائيًا: 95,6

تيراواط ساعي، بينما بلغ استهلاك الكهرباء الوطني: 93,2 تيراواط ساعي.

الفرع الأول: إنتاج الكهرباء في الجزائر

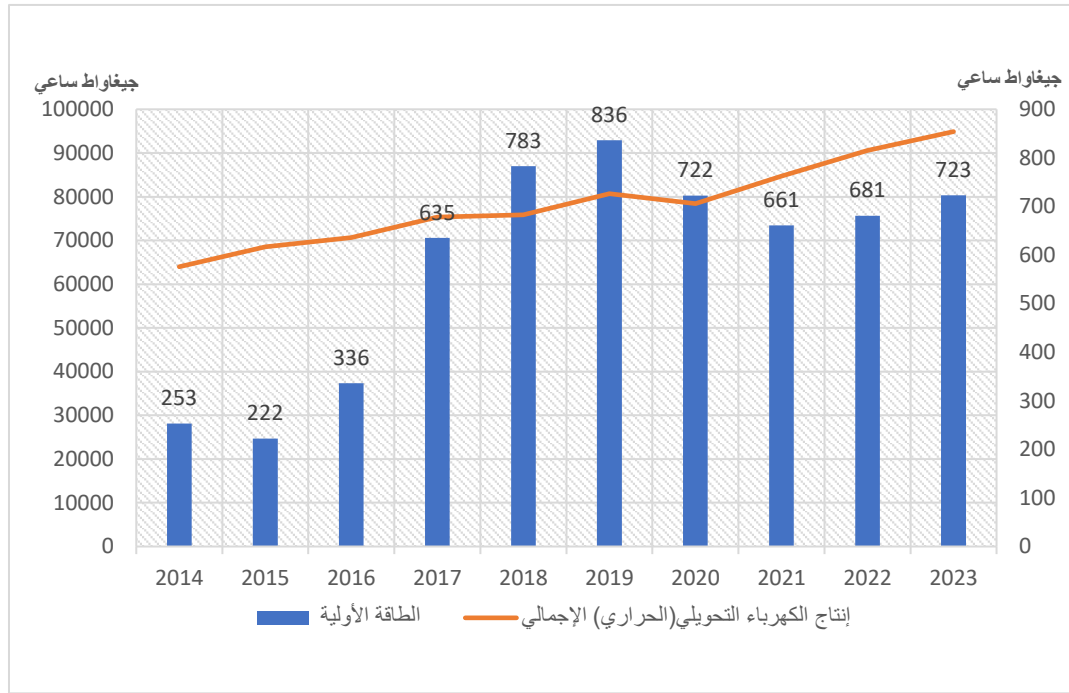
تعتمد الجزائر في توليد الكهرباء، الإنتاج الأولي الذي يستند إلى طاقة المياه والطاقة الشمسية

وطاقة الرياح، وإنتاجًا حراريًا تحويليًا باعتماد توربينات الغاز والبخار والتوليد المركّب والديزل بقدرة

مركبة بلغت 25341 ميغاواط سنة 2023، كما قد بلغ توليد الكهرباء لسنة 2023: 95626

جيغاواط ساعي بمعدل تطوّر: 49% في الفترة [2023-2014]، والشكل (117) يوضح تطوّر

إنتاج الكهرباء من الإنتاج الأولي والإنتاج الحراري التحويلي:



شكل رقم 117: تطوّر توليد الكهرباء في الجزائر 2014-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم

تطوّر إنتاج الكهرباء التحويلي (الحراري) الذي يمثّل نسبة 99% من الإنتاج الوطني بمعدّل

48% في الفترة 2014-2023، ليلبلغ: 94903 جيجاواط ساعي، بطاقة إضافية قدرها 30916

جيجاواط ساعي، تمثّل محطات سونلغاز حصة 65%، والمنتجين المستقلين 29%، والإنتاج الذاتي 6%.

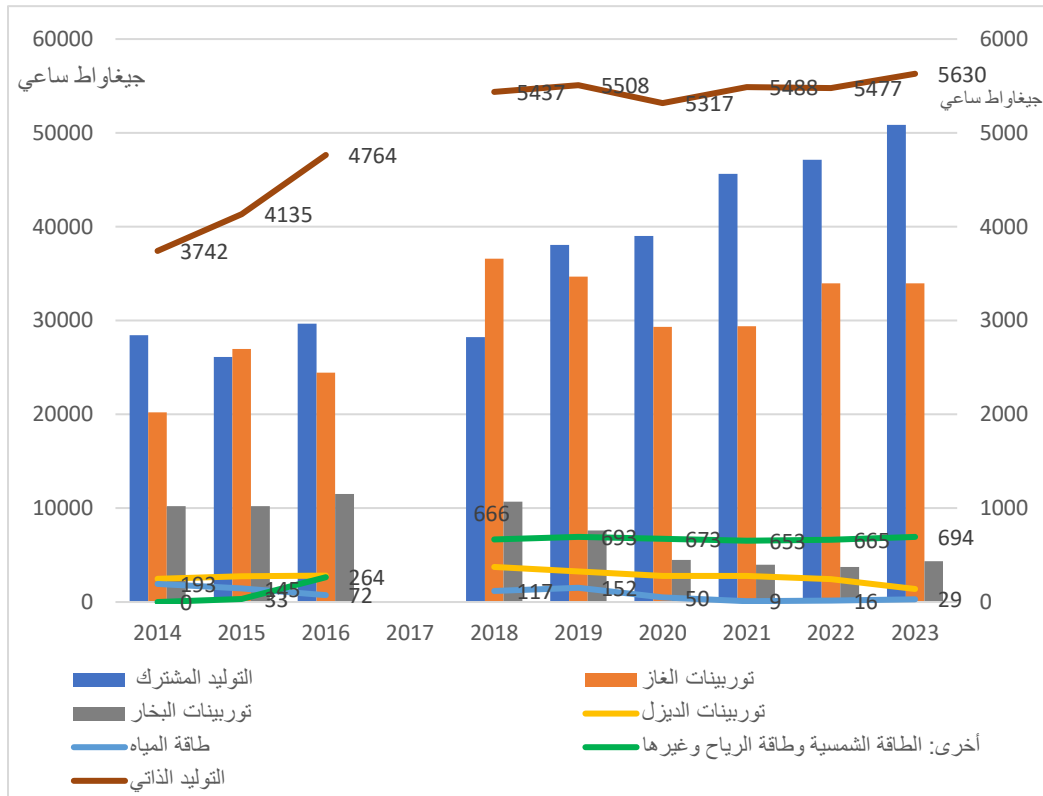
أمّا الإنتاج الأولي الذي لم يبلغ 1% من الإنتاج الوطني للكهرباء فقد تطوّر بمعدّل 186%

ليبلغ 723 جيجاواط ساعي في الفترة 2014-2023، وهو يتعلّق بالمصادر الطاقوية المتجددة التي

سنبحثها في المبحث الثاني، تشكّل سونلغاز حصة 91%، والمنتجين المستقلين 9%.

تعتمد الجزائر في نظام توليد الكهرباء نظام التوليد المركّب (المشترك) وتوربينات الغاز بمعدّل

89% من الإنتاج الوطني للكهرباء، ولبيان تطوّر تركيبة إنتاج الكهرباء نستعرض الشكل (118):



شكل رقم 118: تطوّر تركيبة نظام توليد الكهرباء في الجزائر 2014-2023

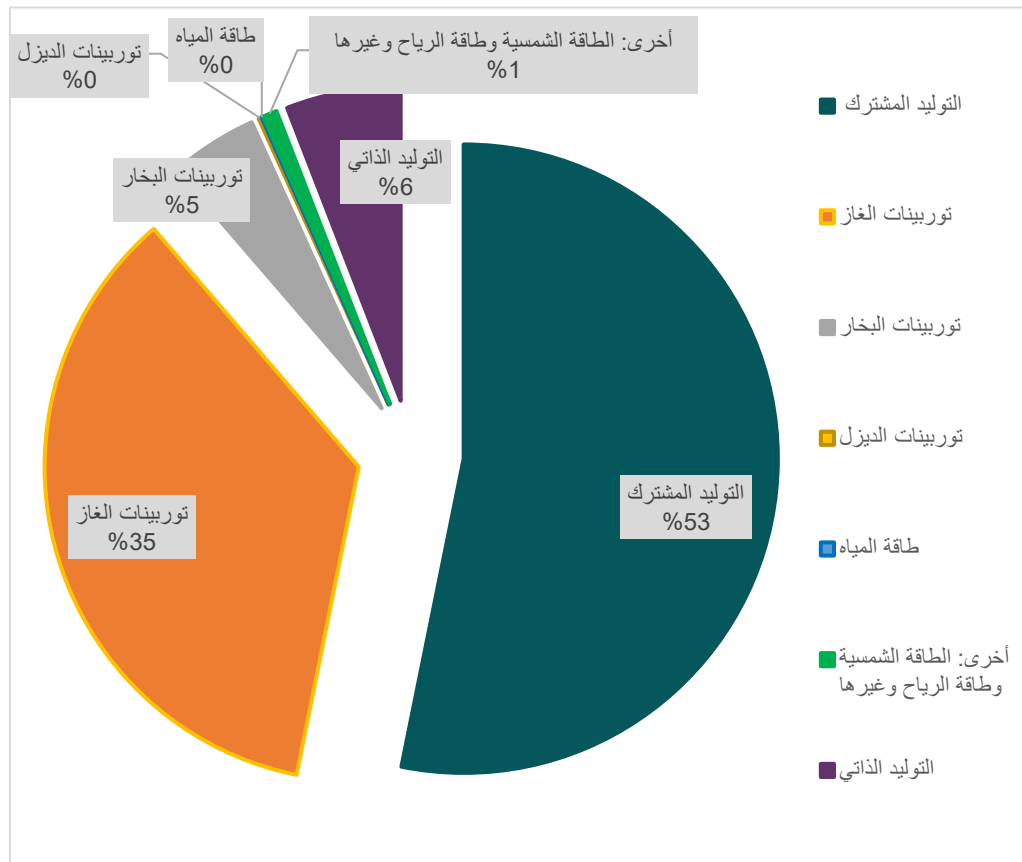
المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم.

شهد التوليد المشترك للكهرباء (نظام الدورة المركبة من الغاز والبخار) في الجزائر تطوّرًا بمعدّل 79% في الفترة 2014-2023، بطاقة إضافية 22405 جيغاواط ساعي، ليمثّل حصة 53% من الإنتاج الكهربائي في الجزائر، ومن جانب آخر تطوّر الإنتاج الكهربائي من محطات توربينات الغاز بمعدّل 68% بطاقة إضافية 13738 جيغاواط ساعي لتمثّل حصة 36% من إنتاج الكهرباء لسنة 2023، أمّا توليد الكهرباء من البخار فقد تراجع في الفترة 2014-2023 بمعدّل 58%، وهذا في ظلّ تبني الجزائر توسيع نظام الدورة المركبة الذي يجمع بين نظام التوليد بالغاز والبخار وهو ما يسمح برفع الكفاءة الطاقوية وتقليل الانبعاثات¹. وقد مثّلت الطاقة الكهربائية المولّدة من البخار حصة 5% سنة 2023، بعد أن كانت تمثّل 16% سنة 2014. يمثّل التوليد الذاتي حصة 6% من الإنتاج

¹<https://attaqa.net/2025/05/10,03/11/2025,13>: 51.

الوطني، وقد تطوّر في الفترة 2014-2023. أمّا الطاقة الشمسية وطاقة الرياح فهي تمثّل 0,73%، وطاقة المياه حصة 0,03% من إنتاج الكهرباء لسنة 2023.

تفتقد سنة 2017 للتقرير التفصيلي الذي تمّ إيراده في موقع وزارة الطاقة على أنّه التقرير التفصيلي وبعد التحميل يتبيّن أنّه تقرير إنجازات قطاع الطاقة، وليس التقرير الطاقوي لسنة 2017. ولتلخيص هيكلية توليد الطاقة الكهربائية في الجزائر لسنة 2023 نعتمد الشكل (119):



شكل رقم 119: هيكلية توليد الكهرباء في الجزائر 2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم.

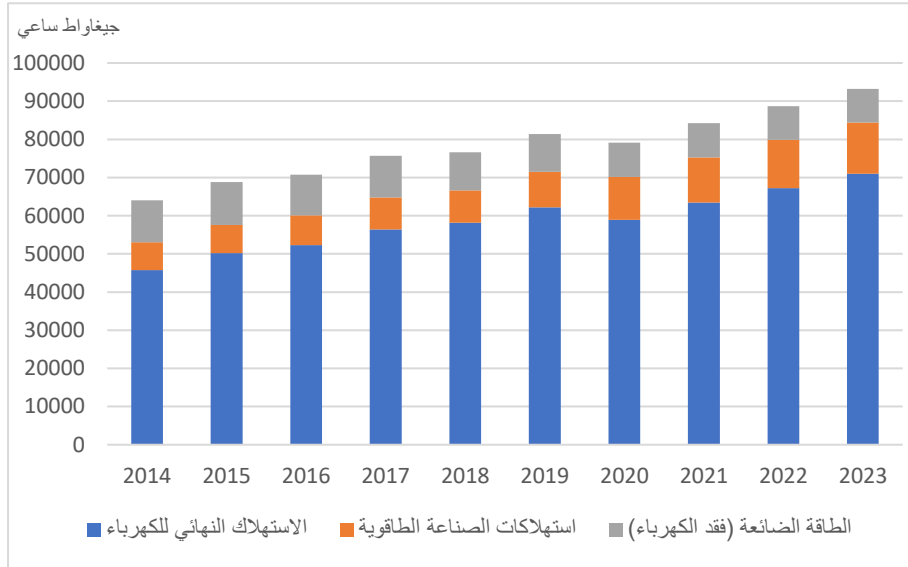
الفرع الثاني: استهلاك الكهرباء في الجزائر:

شهد استهلاك الكهرباء في الجزائر ارتفاعاً بمعدّل 45% في خلال الفترة [2014-2023]،

ليبلغ ما يعادل: 22,086 مليون طن مكافئ نפט، بما يمثّل حصة 31% من الاستهلاك الوطني

من الطاقة. ومن خلال الشكل (120) نستعرض تطوّر الاستهلاك الوطني للكهرباء حسب طبيعة

الاستهلاك:



شكل رقم 120: تطوّر الاستهلاك الوطني للكهرباء 2014-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم.

تطوّر الاستهلاك النهائي للكهرباء بمعدّل 55% في الفترة [2014-2023]، بطاقة إضافية:

25254 جيغاواط ساعي، وبهذا ساهم الاستهلاك النهائي بحصة 87% في ارتفاع الاستهلاك الوطني

من الكهرباء في الجزائر في نفس الفترة. ويشمل الاستهلاك النهائي الاستهلاك في قطاع الصناعة

وقطاع النقل والقطاع السكني.

كما تطوّر استهلاك الطاقة الكهربائية في الصناعة الطاقوية بمعدّل 83% في الفترة [2014-

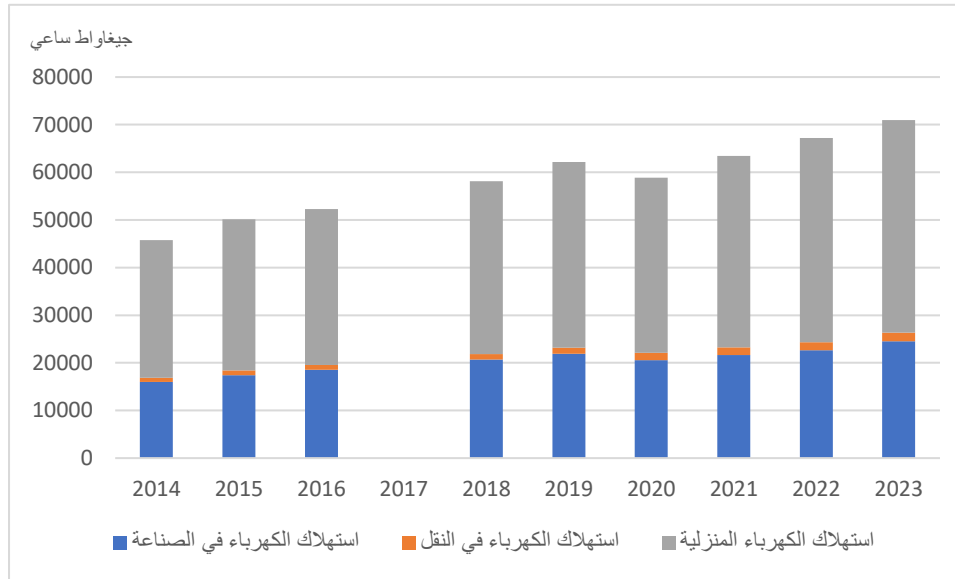
2023] ليمثّل حصة 14% من استهلاك الكهرباء لسنة 2023. أمّا الكهرباء الضائعة فقد تراجعت

بمعدّل 20% لتمثّل حصة 9% من الاستهلاك الوطني لسنة 2023، بعد أن كانت تمثّل 17%،

وهذا مؤشر هام على تحسين الكفاءة الطاقوية.

ولزيادة تحليل استهلاك الكهرباء في الجزائر، نبحت تطور استهلاك الكهرباء النهائي حسب

القطاعات من خلال الشكل (121):



شكل رقم 121: تطور الاستهلاك النهائي للكهرباء حسب القطاعات في الجزائر 2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم.

يمثل استهلاك الكهرباء المنزلي حصة 63% من الاستهلاك النهائي للكهرباء في الجزائر لسنة

2023، وقد ارتفع بمعدل 55% في الفترة [2023-2014] بما يعادل طاقة كهربائية إضافية:

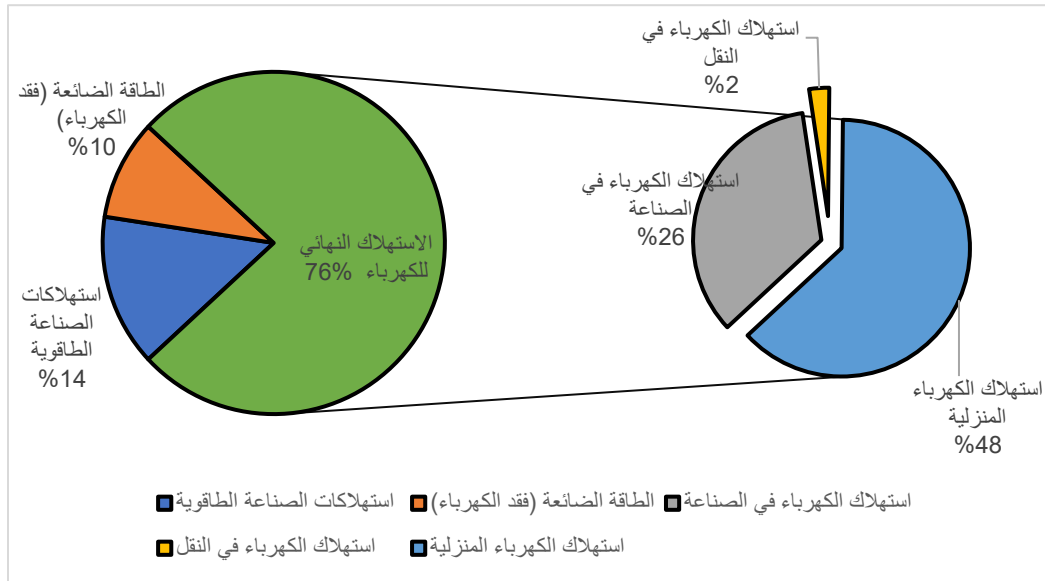
15825 جيغاواط ساعي. كما شهد قطاع الصناعة في نفس الفترة ارتفاعاً في استهلاك الكهرباء

بمعدل 53% ليمثل حصة 35% من الاستهلاك النهائي للكهرباء لسنة 2023. ومن جانب آخر

تطور استهلاك الكهرباء في قطاع النقل بمعدل 107% في الفترة [2023-2014] ليمثل حصة

2,5% من الاستهلاك النهائي.

والشكل (122) يلخص هيكله استهلاك الطاقة الكهربائية في الجزائر لسنة 2023:

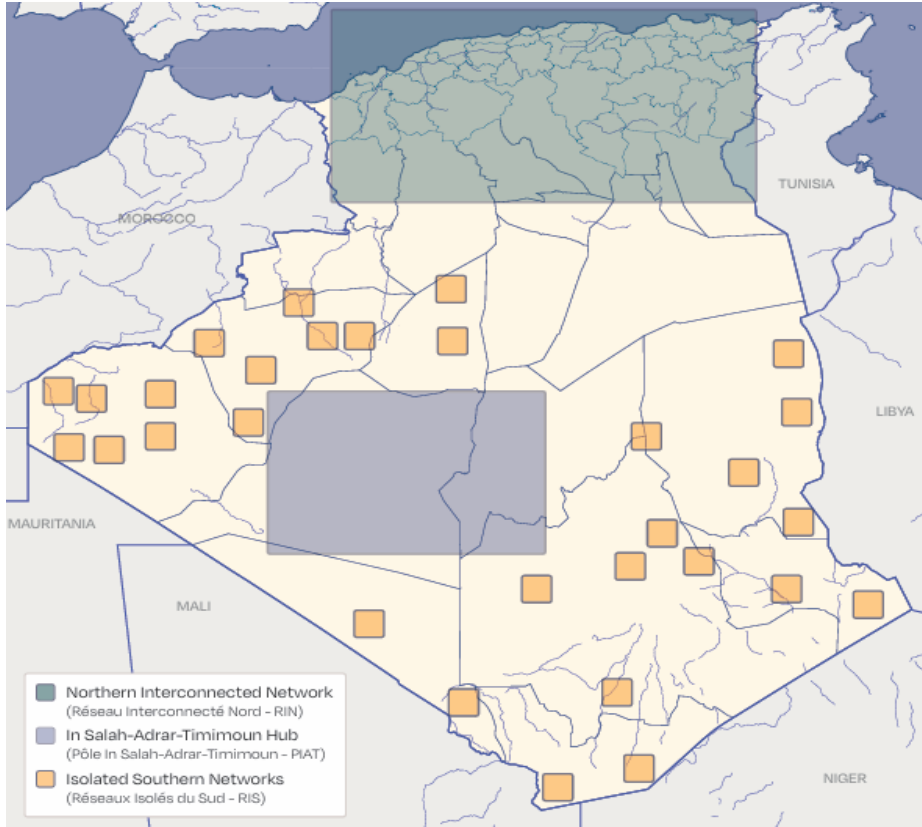


شكل رقم 122: هيكلية الاستهلاك الكهربائي في الجزائر 2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم.

الفرع الثالث: شبكة الكهرباء في الجزائر

تقسّم شبكة الكهرباء في الجزائر على ثلاثة أنظمة رئيسية: الشبكة الوطنية المتصلة (RIN)، وشبكة القطب: إن صالح، أدرار، تيميمون (PIAT). والشبكة المعزولة للجنوب (RIS)، التي تعتمد على مولدات الديزل، ومحطات الطاقة الشمسية للمناطق المعزولة والناحية والشكل (123) يوضح توزيع الأنظمة الثلاثة على الخريطة الجزائرية:



شكل رقم 123: شبكة الكهرباء في الجزائر

المصدر: www.solarpowereurope.org, 17/12/2025, 20:06.

تعتمد شركة سونلغاز - نقل الكهرباء ومسير المنظومة في نقل الكهرباء على شبكة مكونة من:

- 35537 كم من الخطوط بجميع توترات الكهرباء منها 6267 كم للخط 400 كيلو فولط.

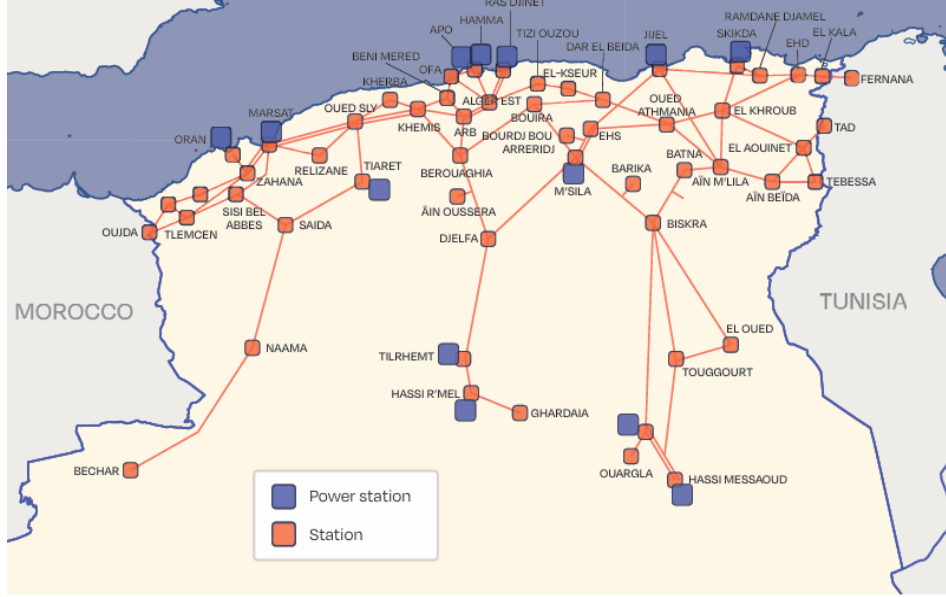
- 448 محطة كهربائية ومحطة متنقلة، منها 33 محطة ذات التوتر 400 كيلو فولط.

- 1078 محول كهربائي بطاقة تحويل تقدر بـ 78418 ميغا فولط أمبير.

- 22984 كم من الألياف البصرية.

وتعتبر شبكة الوطنية المتصلة (RIN) ذات أهمية بالغة، إذ يتركز معظم الطلب على الكهرباء

في شمال البلاد، والشكل (124) يظهر مخطط الشبكة الوطنية المتصلة (RIN):



شكل رقم 124: الشبكة الوطنية المتصلة للجزائر (RIN)

المصدر: www.solarpowereurope.org, 17/12/2025, 20:06.

تظهر أهمية الشبكة الوطنية المتصلة (RIN) في ارتباطها بدول الجوار في إطار التبادل البيني للطاقة الكهربائية مع تونس بخطي نقل بقدرة 220 كيلو فولط، ومع المغرب بخط نقل بقدرة 400 كيلو فولط.

وبتاريخ 02 ماي 2023 تم التوقيع بين شركة سونلغاز و 12 شركة وطنية على عقود إنجاز مشروع ربط الشبكة الكهربائية المستقلة: قطب إن صالح، أدرار، تيميمون (PIAT) بالشبكة الوطنية المتصلة (RIN)، حيث تضمن المشروع إنجاز:

- 700 كم لخط مزدوج لنقل الكهرباء بقدرة 400 كيلو فولط بين حاسي رمل وتيميمون.
- ثلاث مراكز للتوتر العالي في ولايتي: تيميمون وأدرار.
- شبكة نقل 60 كيلو فولط مع مراكز 60/220 كيلو فولط بين المنيعه وتيميمون وأدرار وإن صالح¹.

¹سونلغاز، تقرير النشاطات 2023، 2024، ص 24.

ويعتبر هذا المشروع استراتيجيًا في دعم التنمية الوطنية، وتغطية احتياجات قطاعي الصناعية والفلاحة، كما يساهم في تعزيز المكانة الإقليمية للجزائر، حيث وفي ذات السياق تمّ تقديم عرض حول مشروع الجسر الطاقوي: الجزائر-إفريقيا المتعلق بإنجاز خط كهربائي بطول 1300 كم يربط ولاية غرداية بولاية تمنراست والذي يعتبر فرصة لتمويل دول الساحل الإفريقي بالطاقة الكهربائية.

المطلب الثالث: العوامل الدافعة للانتقال الطاقوي في الجزائر

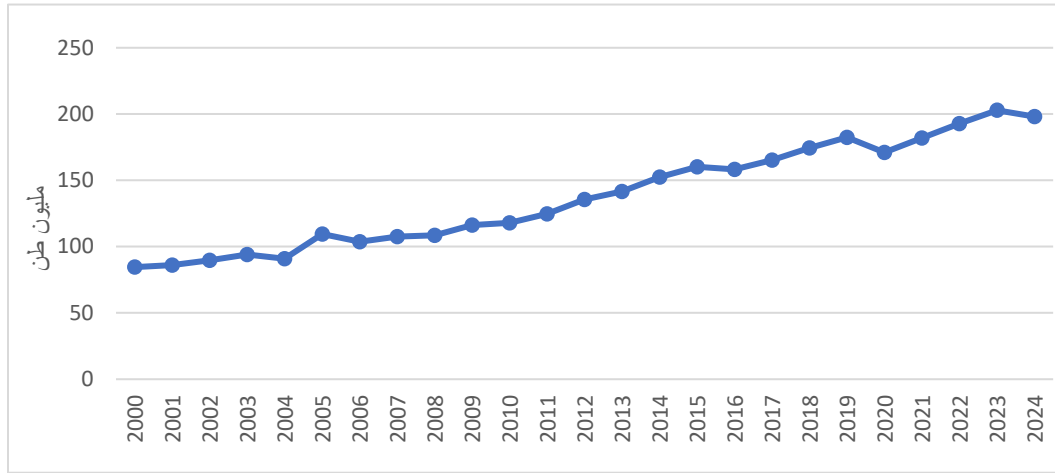
إنّ تزايد الطلب المحلي على الطاقة في ظلّ محدودية احتياطات الوقود الأحفوري في الجزائر، والتحدّيات البيئية المرتبطة بذلك تستوجب إعادة صياغة هيكلية الطاقة على أساس أكثر كفاءة واستدامة. وفي خلال هذا المطلب نبحث أهم العوامل التي تدفع إلى تعزيز الطاقات المتجددة ودعم الكفاءة الطاقوية في الجزائر.

الفرع الأول: التحدّيات البيئية للوقود الأحفوري في الجزائر

في خلال هذا الفرع نبحث الأثر البيئي لاستغلال الوقود الأحفوري من خلال مؤشرات أساسية تتمثّل في: الانبعاثات السنوية وحصة الفرد من الانبعاثات والكثافة الكربونية للطاقة.

أولاً: تطوّر انبعاثات الكربون في الجزائر

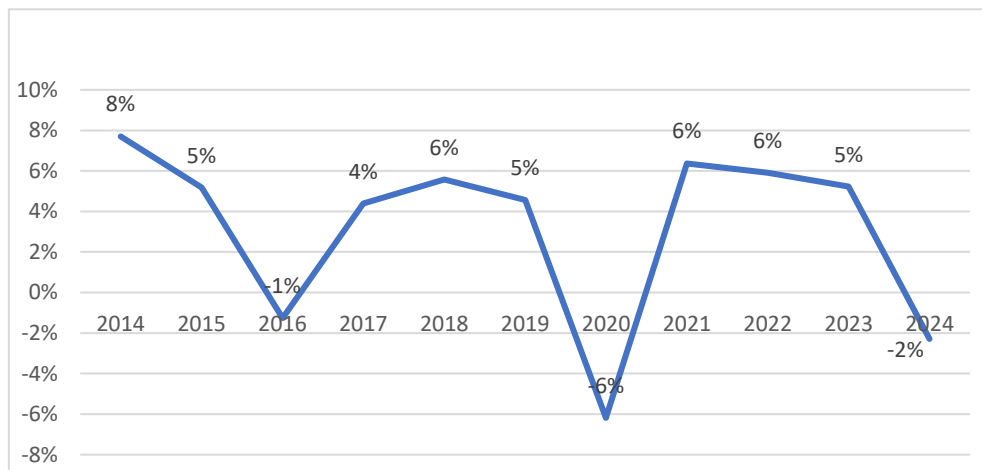
تظهر تغيرات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون السنوية في الجزائر من خلال الشكل (125):



شكل رقم 125: تطوّر انبعاثات الكربون في الجزائر 2024-2000

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات Our World In Data.

تطوّرت الانبعاثات الكربونية العالمية في الفترة [2024-2000] بمعدّل 51% لتبلغ 38,6 مليار طن، حيث تطوّرت في الفترة 2014-2000 بمعدّل 39% وفي الفترة 2024-2014 بمعدّل 9%. أمّا على الصعيد المحلي بلغت انبعاثات الكربون 198,2 مليون طن سنة 2024، فقد تطوّرت في الفترة 2024-2000 بمعدّل 134%، حيث كان معدّل التغير النسبي للانبعاثات في الفترة 2014-2000 بنسبة 80%، ثمّ أصبح بنسبة 30% في الفترة 2024-2014 بزيادة قدرها 46 مليون طن، ومن خلال الشكل (126) نبرز التغيرات السنوية لانبعاثات الكربون في الجزائر:



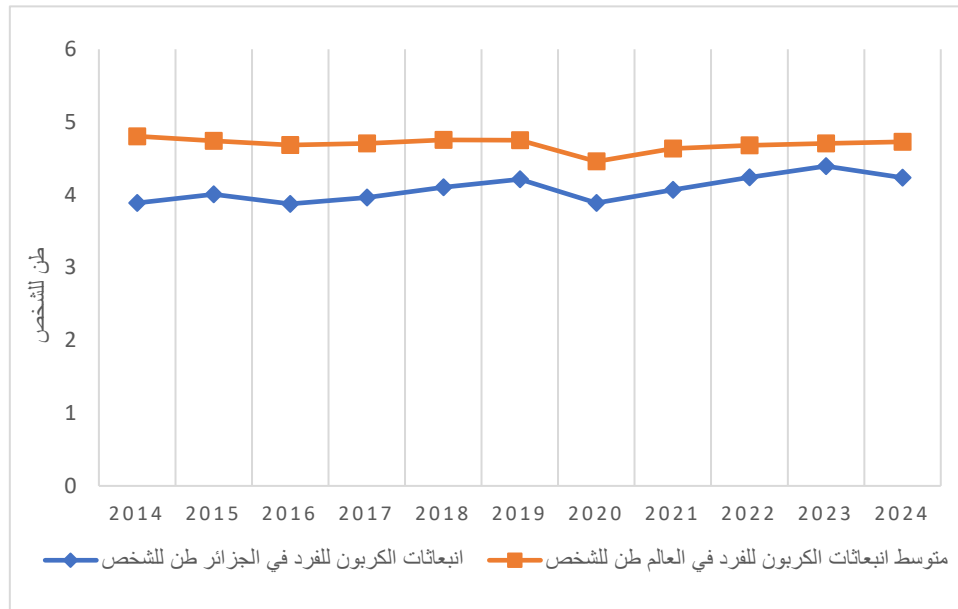
شكل رقم 126: تطور معدلات التغير السنوي لانبعاثات الكربون في الجزائر 2024-2014

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات Our World In Data.

يتراوح معدّل التغير السنوي للانبعاثات بين 4% و8% ليعكس ارتفاع الإنتاج الطاقوي الذي يواكب الطلب المتزايد على الطاقة، ما عدا التغيرات الظرفية، كالثبات الذي سجّل في سنة 2016، والتراجع في سنة 2020 بنسبة 6% بسبب الانكماش الاقتصادي نتيجة جائحة كوفيد-19. والتراجع في سنة 2024 بنسبة 2% الذي يرجع لانخفاض الإنتاج الطاقوي، كما يشير إلى تحسين الكفاءة الطاقوية.

ثانيا: حصة الفرد من انبعاثات الكربون في الجزائر

يظهر تطور حصة الفرد من انبعاث ثاني أكسيد الكربون في الجزائر من خلال الشكل (127).



شكل رقم 127: تطور انبعاثات الكربون للفرد في الجزائر 2014-2024

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات Our World In Data.

تقدّر حصة الفرد من الانبعاثات في الجزائر لسنة 2024 بـ 4,24 طن للشخص مقارنة بـ

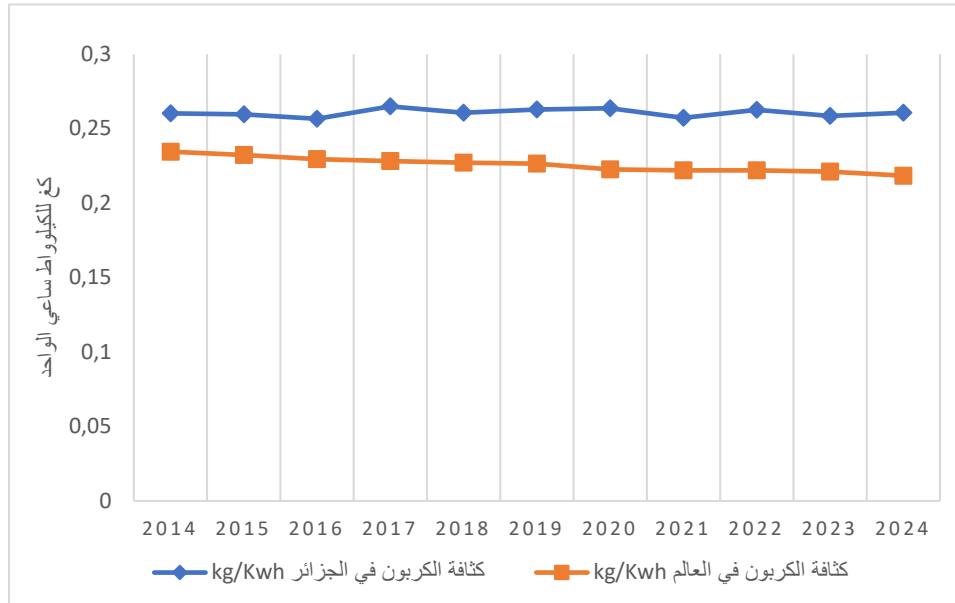
4,73 طن للفرد كمتوسط عالمي لنفس السنة، وقد تزايدت الانبعاثات للفرد في الجزائر بمعدّل 9%

في الفترة: [2014-2024]، في مقابل تراجع طفيف في العالم بنسبة 2%. وتعتبر هيمنة الغاز

الطبيعي على مزيج الطاقة في الجزائر باعتباره أقل كثافة كربونية من الفحم والنفط، سببًا أساسيًا في بقاء هذا المؤشر أدنى من المتوسط العالمي.

ثالثًا: كثافة الكربون في إنتاج الطاقة في الجزائر

ندرس تغيرات كثافة الكربون لإنتاج الطاقة في الجزائر من خلال الشكل (128):



شكل رقم 128: تطور كثافة الكربون لإنتاج الطاقة في الجزائر 2014-2024

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات Our World In Data.

تشهد الجزائر ثباتًا في كثافة الكربون في الفترة [2014-2024]، حيث بلغت كمية الكربون اللازمة لإنتاج 1 كيلو واط ساعي: 0,26 كغ، ولكنها تفوق المعدل العالمي الذي بلغ سنة 2024: 0,22 كغ للكيلوواط ساعي، والذي تراجع بمعدل 7% في الفترة [2014-2024]. إن ارتفاع كثافة الكربون لإنتاج الطاقة في الجزائر عن المعدل العالمي راجع إلى كونها منتج رئيسي للوقود الأحفوري من الغاز والنفط هذا من جانب، ومن جانب آخر، ومع أن الجزائر تعتمد الغاز الطبيعي والغاز المسال بحصة 64% من المزيج الطاقوي وهو أقل انبعاثًا من الفحم والنفط، إلا أن حصة المصادر منخفضة الكربون لا تزال محدودة جدًا.

الفرع الثاني: إشكالية استغلال الاحتياطيات الأحفورية وآفاقها الزمنية

إنّ تنامي الطلب الداخلي على الطاقة المدفوع بالنمو السكاني والاقتصادي وغيرها، يدفع باستمرار إلى رفع معدلات استغلال الاحتياطيات المحدودة من الغاز الطبيعي والنفط، وفي ظل هذه الوضعية تتحصر مردودية استغلال الاحتياطيات المؤكدة من الوقود الأحفوري، ولتحديد المدى الزمني لاستنزاف هذه الاحتياطيات نعتمد مؤشر نسبة استغلال الاحتياطيات كما يلي:

$$\text{نسبة استغلال الاحتياطيات} = \frac{\text{الإنتاج الطاقوي السنوي}}{\text{الاحتياطيات المؤكدة}}$$

نحسب نسبة استغلال احتياطيات الغاز الطبيعي في الجزائر كما يلي:

- الاحتياطيات المؤكدة للغاز الطبيعي في الجزائر لسنة 2020: 2,28 تريليون م³
- إنتاج الغاز الطبيعي لسنة 2024: 94,7 مليار م³.

$$\text{نسبة استغلال احتياطيات الغاز} = \frac{94,7 \times 10^9}{2,28 \times 10^{12}} = 0,041 \approx 4\%$$

بمعنى أنّ احتياطيات الغاز الطبيعي تستغل بمعدل 4% سنوياً أي أنّ هذه الاحتياطيات المؤكدة دون مزيد استكشافات ستدوم لقراءة 25 سنة، أي لآفاق 2050.

نحسب نسبة استغلال احتياطيات النفط في الجزائر كما يلي:

- الاحتياطيات المؤكدة للنفط في الجزائر لسنة 2020: 1,66 مليار طن.

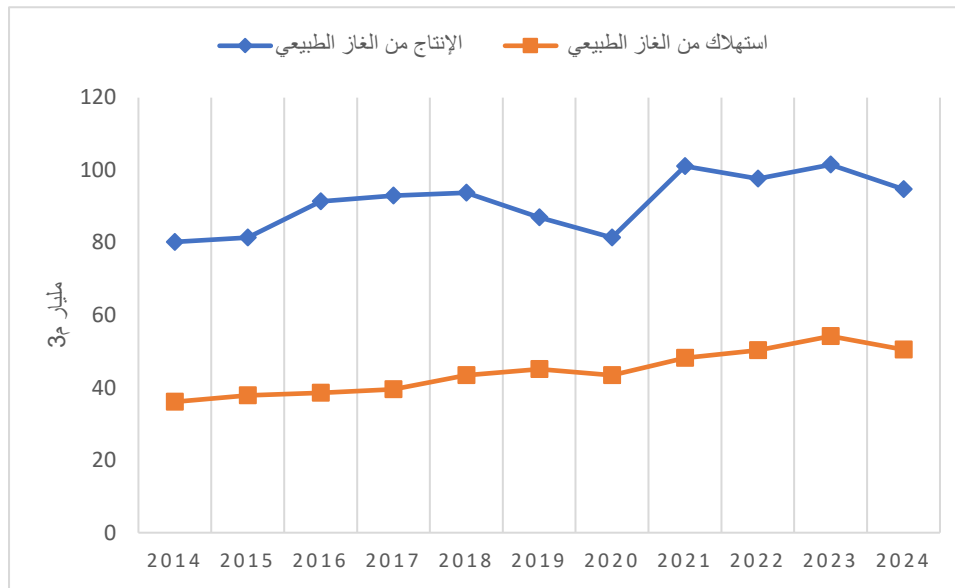
• إنتاج النفط لسنة 2024: 59 مليون طن.

$$\text{نسبة استغلال احتياطيات النفط} = \frac{59 \times 10^6}{1,66 \times 10^9} = 0,035 \approx 3,5\%$$

بمعنى أنّ احتياطيات النفط تستغل بمعدل 3,5% سنوياً أي أنّ هذه الاحتياطيات المؤكدة دون مزيد استكشافات ستدوم لقراءة 28 سنة، أي لآفاق 2052.

الفرع الثالث: تطوّر الاستهلاك الداخلي والحدّ من القدرة التصديرية للجزائر

نركّز في هذا الفرع على عنصر الغاز الطبيعي باعتباره الركيزة الأساسية لنظام الطاقة في الجزائر، حيث يمثّل حصة 51% من صادرات المنتجات الطاقوية بمقدار 52,352 مليار م³ من الغاز الطبيعي والغاز المسال. ولبيان تأثير تزايد استهلاك الطاقة الداخلي على القدرة التصديرية نبحث نمو إنتاج الغاز الطبيعي في مقابل نمو الاستهلاك الداخلي في الشكل (129):



شكل رقم 129: تطور إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي في الجزائر 2014-2024

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد قاعدة البيانات Our World In Data.

في ظلّ تنامي الاستهلاك الداخلي من الغاز الطبيعي بمعدّل 40% في الفترة [2014-2024]

ليبلغ 50,5 مليار م³ في مقابل تنامي الإنتاج بمعدّل 18% في نفس الفترة، حيث مثّلت حصة الاستهلاك 45% في سنة 2014 لتبلغ 53% في سنة 2024، وهو ما يشير إلى تقليص الفائض بين الإنتاج والاستهلاك، حيث أصبح أكثر من نصف الإنتاج موجّه لتلبية الطلب الداخلي، على حساب الكميات القابلة للتصدير وهو ما يطرح إشكالية ذات بعد استراتيجي تتعلّق باستدامة الدور التصديري للغاز في الاقتصاد الجزائري.

ومن الناحية الحسابية يمكن تقدير الأفق الزمني الذي قد يتساوى فيه الإنتاج مع الاستهلاك

الداخلي، بافتراض ثبات في معدلات التطور في الإنتاج والاستهلاك الداخلي كما يلي:

$$- \text{الاستهلاك الداخلي للغاز الطبيعي لسنة 2024: } C_0 = 50,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

$$- \text{إنتاج الغاز الطبيعي لسنة 2024: } P_0 = 94,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

t: عدد العقود بعد 2024 لتساوي الإنتاج مع الاستهلاك الداخلي للغاز.

$$- \text{دالة تطور الاستهلاك الداخلي: } C(t) = C_0 \cdot (1,40)^t$$

$$- \text{دالة تطور الإنتاج: } P(t) = P_0 \cdot (1,18)^t$$

$$- \text{نقطة التقاطع تحقق: } 50,5 \cdot 10^9 \cdot (1,40)^t = 94,7 \cdot 10^9 \cdot (1,18)^t \Leftrightarrow C(t) = P(t)$$

$$t = 3,68 \Leftrightarrow \ln 1,875 = t \ln 1,186 \Leftrightarrow \frac{94,7}{50,5} = \left(\frac{1,4}{1,18}\right)^t \Leftrightarrow$$

تُبين النمذجة الكمية لتطور كل من الاستهلاك الداخلي وإنتاج الغاز الطبيعي في الجزائر،

انطلاقاً من سنة الأساس 2024، أن الفجوة بين المتغيرين تنحصر بوتيرة متسارعة. فبينما ينمو

الاستهلاك بمعدل تراكمي يقدر بـ 40% كل عشر سنوات، لا يتجاوز معدل نمو الإنتاج 18% خلال

الفترة نفسها. ووفق العلاقات الأسية المعتمدة، تشير نقطة التقاطع بين منحنى الإنتاج والاستهلاك

إلى أفق زمني يقارب سنة 2060-2062، حيث يصبح الاستهلاك الداخلي مساوياً للإنتاج الوطني

من الغاز الطبيعي.

إنّ هذا المنظور الاستشراقي يبرز خطورة استمرار النموذج الطاقوي القائم، وهي وضعية تعيشها بعض الدول المصدّرة للغاز، على غرار مصر التي تحوّلت إلى مستورد للغاز الطبيعي، رغم امتلاكها موارد معتبرة نتيجة تسارع الاستهلاك الداخلي وتباطؤ نمو الإنتاج¹.

وهو ما يدلّ على أنّ تنامي الاستهلاك الداخلي للغاز الطبيعي، يشكّل أحد أهم العوامل الدافعة للانتقال الطاقوي في الجزائر، من خلال تنويع المزيج الطاقوي وتحسين الكفاءة الطاقوية.

أظهرت نتائج هذا المبحث أنّ نظام الطاقة في الجزائر يتّسم بهيمنة الوقود الأحفوري، والغاز الطبيعي بالدرجة الأولى، في إنتاج الطاقة الأولية وتوليد الكهرباء، وفي ظلّ تصاعد الضغوط البيئية وتزايد الاستهلاك الداخلي الذي انعكس على تراجع الهامش التصديري، إلى جانب تحديات استدامة استغلال الاحتياطات الأحفورية. برزت إشكالية الطابع البنيوي للطاقة في الجزائر، بما يجعل الانتقال الطاقوي ضرورة استراتيجية تفرضها اعتبارات بيئية واقتصادية. ووفقاً لذلك، فإنّ هذا التشخيص يدفعنا إلى تحليل إمكانيات الجزائر في مجال الطاقات المتجددة، وما اعتمدته من برامج وسياسات وأطر تنظيمية لدعم الانتقال الطاقوي، ومدى توطين هذه البرامج إلى إنجازات.

المبحث الثاني: تحليل مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر: الإمكانيات المتاحة وواقع التنفيذ

إنّ لصياغة استراتيجية واضحة للانتقال الطاقوي في الجزائر أهمية بالغة، بالنظر إلى ما تتربع عليه الجزائر من إمكانيات طبيعية في مجال الطاقات المتجددة، وموقع جغرافي استراتيجي ضمن إقليم شمال إفريقيا ودول حوض البحر الأبيض المتوسط، وفي هذا الصدد أطلقت الجزائر برنامجاً طموحاً يهدف إلى إنجاز قدرة مركبة بسعة 15000 ميغاواط من الطاقة الشمسية المركبة بآفاق

¹ "إنتاج مصر من الغاز في 2024 ينخفض 10 مليارات متر مكعب" <https://attaqa.net/>

2035، وفي هذا المبحث نهدف إلى تحليل استراتيجية الانتقال الطاقوي في الجزائر من خلال دراسة إمكانات الانتقال الطاقوي، والأطر التنظيمية إلى جانب عرض البرامج والإنجازات المحققة في هذا المجال.

المطلب الأول: إمكانات الانتقال الطاقوي في الجزائر

تعدّ الجزائر في إقليمها من بين أكثر الدول تأهيلاً لتطوير الطاقات المتجددة وتعزيز كفاءتها الطاقوية، باعتبار ما تحوزه من مقومات طبيعية وإمكانات بشرية ومؤسسات داعمة لهذا المسار. وفي هذا المطلب نبحث أهم المقومات الطبيعية التي تتمتع بها الجزائر، والأطر التنظيمية لمسار انتقالها الطاقوي.

الفرع الأول: المقومات الطبيعية للانتقال الطاقوي في الجزائر

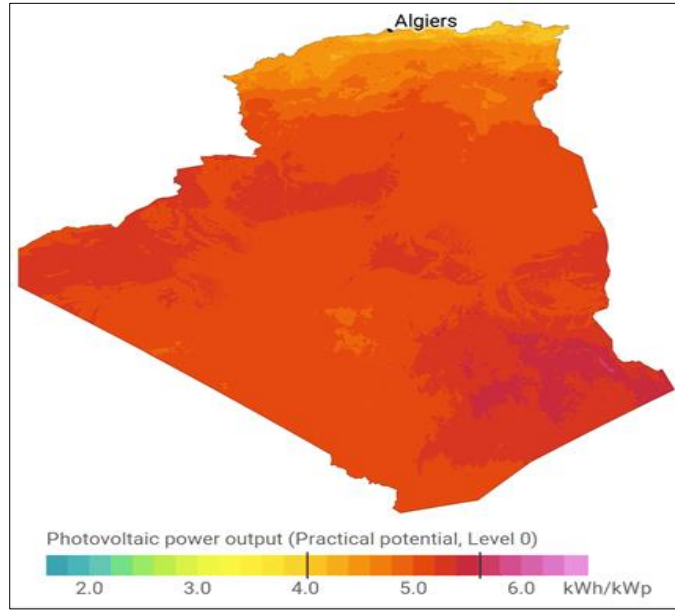
نركّز في هذا الفرع على دراسة الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح باعتبارهما الركيزتين الأساسيتين للمزيج الطاقوي الحديث للطاقات المتجددة، والأكثر انتشاراً ونجاعة من حيث الكفاءة الاقتصادية مقارنة بباقي المصادر المتجددة.

أولاً: الطاقة الشمسية الكهروضوئية

من خلال منصة ¹ Global Solar Atlas التي تستند إلى قاعدة البيانات ² Solargis ومجموعة البنك الدولي في دراسة الإمكانيات العالمية للطاقة الكهروضوئية نعرض بيانات إمكانات الطاقة الشمسية الكهروضوئية للجزائر من خلال الشكل (130) والشكل (131):

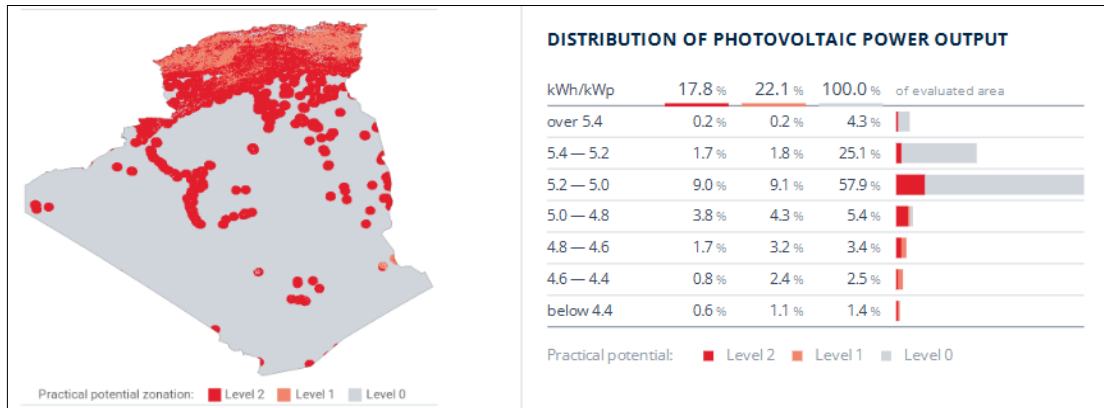
¹ <https://globalsolaratlas.info/map?c=28.478349,1.450195,5>, 26/12/2025, 17 :44.

² [Data, software and services for solar projects | Solargis](#), 26/12/2025, 17 :50.



شكل رقم 130: الإمكانيات الإجمالية لإنتاج الطاقة الكهروضوئية في الجزائر

المصدر: 26/12/2025, 17:50. <https://globalsolaratlas.info>



شكل رقم 131: توزيع إمكانيات إنتاج الطاقة الكهروضوئية في الجزائر

المصدر: 26/12/2025, 17:50. <https://globalsolaratlas.info>

يتساقط على الجزائر إشعاع أفقي إجمالي GHI بمتوسط: 5,92 كيلوواط ساعي في م² يوميا،
يسمح لها بتحقيق معدل إنتاج طاقة كهروضوئية بين 4,19 إلى 5,5 كيلوواط ساعي يوميا لكل واحد
كيلوواط مركب، بلغ متوسط معدل إنتاج الطاقة الكهروضوئية: 5,12 كيلوواط ساعي يوميا لكل واحد
كيلوواط.

تمثل منطقة المستوى 2 (Level 2) المناطق المؤهلة لإقامة محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية، حيث تستبعد المناطق الحضرية والمنحدرات الشديدة والمساحات المائية، والمناطق غير القابلة تقنيا للبناء، كما تستبعد المناطق ذات القيود البيئية والتنظيمية، وقد بلغت مساحة منطقة المستوى 2: ما نسبته 17,8% من المساحة الإجمالية بمساحة 424000 كم². ولتحليل إمكانيات واحتياجات الطاقة الشمسية الكهروضوئية نعتمد الجدول (15):

جدول رقم 15: تحليل إمكانيات واحتياجات الطاقة الشمسية الكهروضوئية للجزائر

مساحة منطقة المستوى 2	نسبة 17,8% من المساحة الإجمالية
	424000 كم ²
مساحة منطقة المعدّل الوطني: 5,12 [5,0]-	نسبة 9% من المساحة الإجمالية
5,2 [كيلوواط ساعي يوميا لكل Kwh/Kw	214375 كم ²
الكهرباء المنتجة في الجزائر لسنة 2024	Gwh 95181
القدرة المركبة من الطاقة الكهروضوئية اللازمة لتغطية الإنتاج الكهربائي للجزائر لسنة 2024 إذا كان 1 Gw يولّد 5,12 Gwh يوميا فهو يولّد 1870 Gwh سنوياً	نحتاج إلى محطات طاقة شمسية كهروضوئية بقدرة: 51 Gw أي Mw 51000
المساحة اللازمة لتكوين قدرة: 51 Gw بمعدّل: كل 1 Gw ينجز في 2000 هكتار فالمساحة اللازمة:	100000 هكتار تقريباً أي: 1000 كم ² أي ما يمثل نسبة 0,042% من مساحة الجزائر
الاحتياجات المتاحة في منطقة المستوى 2: التي مساحتها 424000 كم ² إذا كان 1000 كم ² يولّد 95,1 Twh	Twh 40322 وهي أكبر من الكهرباء المولّدة في العالم لسنة 2024: Twh 31256

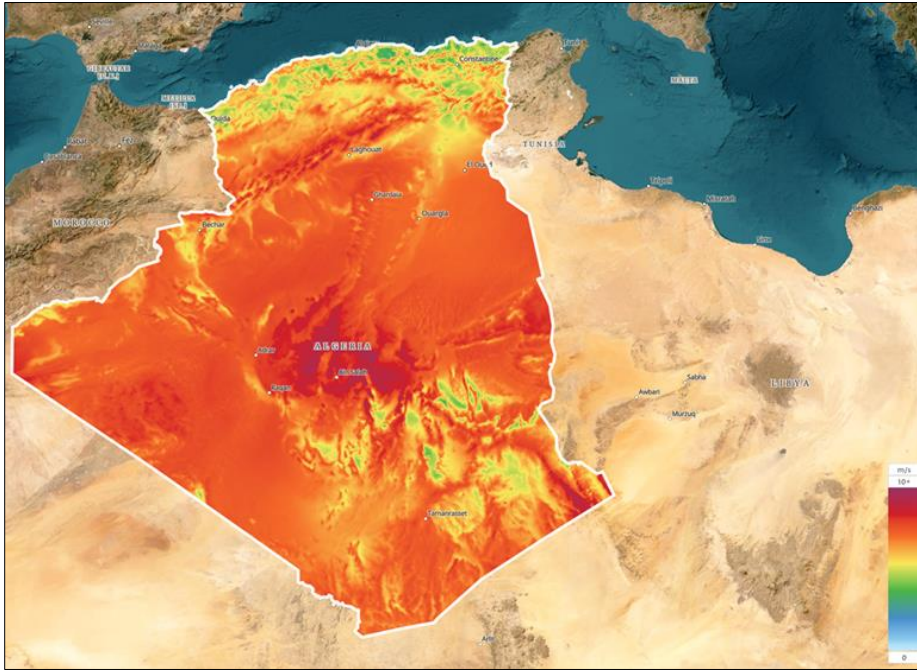
المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Global Solar Atlas.

تظهر النتائج أنّ استغلال 0,042% من مساحة الجزائر يكفي لتغطية احتياجاتها من الكهرباء لسنة 2024، وأنّ مساحة ما نسبته: 17,8% تتوفر على احتياطي من الطاقة الشمسية الكهروضوئية يكفي لتغطية الطلب العالمي. يبرز هذا التحليل أنّ الجزائر تمتلك إمكانيات استثنائية في مجال الطاقة الشمسية الكهروضوئية، تجعل منها إحدى الدول ذات المؤهلات الأعلى عالمياً في هذه الشعبة.

ثانياً: طاقة الرياح

باعتماد خريطة ¹Global Wind Atlas تحصلنا على الشكل (132) الذي يبين إمكانيات

الجزائر من طاقة الرياح كما يلي:



شكل رقم 132: مواقع الرياح حسب متوسط السرعة على ارتفاع 100 متر

المصدر: 50: 27/12/2025,21. <https://globalwindatlas.info/en/area/Algeria>

تعتبر منطقة الصحراء والسلاسل الجبلية في الجزائر من بين أهم المواقع الأعلى سرعة في طاقة الرياح، غير أنّ منطقة عين صالح وأدرار وتيميمون، وغرب تندوف تعتبر المناطق الأعلى

¹ <https://globalwindatlas.info/en/area/Algeria>. 27/12/2025.21:46.

سرعة والأكثر إمكانية على المستوى الوطني، حيث تتراوح سرعة الرياح بين 8 إلى 9,75 متر/ثانية في مثلث عين صالح، أدرار، تيميمون وما بين 7 إلى 8 م/ثا بمنطقة تندوف.

تعتبر سرعة الرياح ذات أهمية بالغة في اختيار المناطق المؤهلة لتأسيس مزارع طاقة الرياح، حيث لا بد ألا تقل سرعة الرياح عن 6م/ثا على ارتفاع 80 إلى 100 متر لكي تعتبر ذات جدوى اقتصادية، كما يعتبر ارتفاع مستوى التوربينات عاملاً أساسياً، فقد تطورت التوربينات لتبلغ مستوى 100 متر أو أكثر، وهو ما سمح من رفع القدرة الإنتاجية إلى 5 ميغاواط للتوربين، وهو ما ساعد في رفع الكفاءة الاقتصادية لهذه الشعبة لتنافس شعبة الطاقة الشمسية الكهروضوئية¹.

الفرع الثاني: الإطار المؤسسي للانتقال الطاقوي في الجزائر

نسعى من خلال الفرع إلى تحديد الفاعلين في مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر، من هيئات ومؤسسات تدفع نحو تطوير الطاقات المتجددة وتدعم الكفاءة الطاقوية في الجزائر، ويمكن تضمين هذه الهيئات والمؤسسات حسب مجال تخصصها إلى ثلاث قطاعات أساسية:

أولاً: القطاع الطاقوي في الجزائر:

تعتبر وزارة الطاقة والطاقات المتجددة، والتي تمّ إنشاؤها في أعقاب الاستقلال لتعمل في استغلال الموارد الطاقوية والتعدين، وتشرف على صياغة الاستراتيجيات الوطنية للطاقة والمناجم، الفاعل الأساسي في وضع مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر، وذلك من خلال المؤسسات التي تندرج تحت وصايتها، ومن أهم هذه المؤسسات:

¹<https://www.energy-infrastructure.uw.edu/media/ruflocb1/wind-energy-and-power-production-web-ready.pdf#:~:text=General%20wind%20speeds%20must%20exceed,the%20cube%20of%20the%20wind>. 27/12/2025. 22 :48.

1- **مجمع سوناطراك:** وهي مؤسسة تنشط عبر كامل سلسلة القيمة للمحروقات، من الاستكشاف

إلى التسويق، تعمل سوناطراك بواسطة 150 شركة فرعية على ضمان الأمن الطاقوي من خلال

تغطية الطلب الوطني على المحروقات، وتعظيم العائد من سوق الطاقة على المستوى الدولي¹.

2- **مجمع سونلغاز:** تعمل شركة سونلغاز بفروعها في مجال التزويد بالكهرباء والغاز في الجزائر،

حيث يعدّ فرع: سونلغاز: الطاقات المتجدد من الفروع ذات الصلة الهامة بالانتقال الطاقوي، فقد

كلّف بتنفيذ البرنامج الوطني 15000 ميغاواط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية إلى

آفاق 2035².

3- **لجنة ضبط الكهرباء والغاز CERG:** تعمل اللجنة على تحقيق شفافية سوق الكهرباء والغاز

الوطنية، بما يدعم السير التنافسي للمتعاملين ولفائدة المستهلكين، وذلك من خلال منح التراخيص

لإنجاز محطات التوليد في ظل المناقصات التي تطلقها، وإعداد البرنامج الإرشادي لاحتياجات

وسائل إنتاج الكهرباء والغاز³.

4- **الوكالة الوطنية لتطوير استخدام الطاقة وترشيده APRUE:** مؤسسة صناعية تجارية أنشئت

في 1985 لتعمل على تنفيذ السياسة الوطنية لإدارة الطاقة من خلال تعزيز كفاءة الطاقة، حيث

يدخل ضمن اختصاصها:

- وضع برامج ومشاريع إدارة الطاقة في قطاع الصناعة والنقل والإسكان وتطوير الطاقات المتجددة.

- وضع المقترحات القانونية لإدارة الطاقة وترشيد الاستهلاك الطاقوي⁴.

¹ <https://sonatrach.com>. 31/12/2025. 21 :37.

² <https://www.sonelgaz.dz/>. 31/12/2025. 21 :37.

³ <https://creg.gov.dz/>. 31/12/2025. 21 :37.

⁴ <https://aprue.org.dz/>. 31/12/2025. 21 :37.

ثانياً: قطاع البحث العلمي وتطوير الكفاءات في الجزائر

ينطوي تحت وصاية وزارة التعليم العالي والبحث العلمي عديد الهيئات التي تعمل في تأسيس القاعدة العلمية والمعرفية لمسار الانتقال الطاقوي في الجزائر، ومن أهم هذه الهيئات:

1- مركز تطوير الطاقات المتجددة CDER: هي مؤسسة عمومية ذات طابع علمي وتكنولوجي

تم إنشاؤها عن إعادة هيكلة المفوضية السامية للبحث بمقتضى المرسوم 60-88 المؤرخ في 4 شعبان 1408 الموافق لـ 22 مارس 1988، ويضم ثلاث وحدات بحث:

- وحدة تنمية الأجهزة الشمسية بتيبازة.
 - وحدة البحث التطبيقي في الطاقات المتجددة بغرداية.
 - وحدة البحث في الطاقات المتجددة في الوسط الصحراوي بأدرار.
- تتركز مهمته في تنمية المعارف العلمية وتطوير نظم دعم اتخاذ القرار بما يضمن اليقظة التكنولوجية في مجال الطاقات المتجددة¹.

2- مركز أبحاث تكنولوجيا أشباه الموصلات للطاقة CRTSE: هو مركز بحث تحت إشراف وزارة

التعليم العالي والبحث العلمي تم إنشاؤه بموجب المرسوم التنفيذي رقم 12-316 الصادر في 21 أوت 2012، تتمثل مهمته في إجراء البحوث العلمية والابتكار التكنولوجي والتطوير والتدريب في مجالات علوم وتكنولوجيا المواد، وأجهزة أشباه الموصلات للتطبيق في عدة مجالات: الخلايا الكهروضوئية، والكشف، والإلكترونيات الضوئية، والفوتونات، وتخزين الطاقة، والبيئة، وغيرها. يساهم مركز أبحاث الطاقة الشمسية الكهروضوئية، من خلال مهامه، بشكل فعال في تطوير

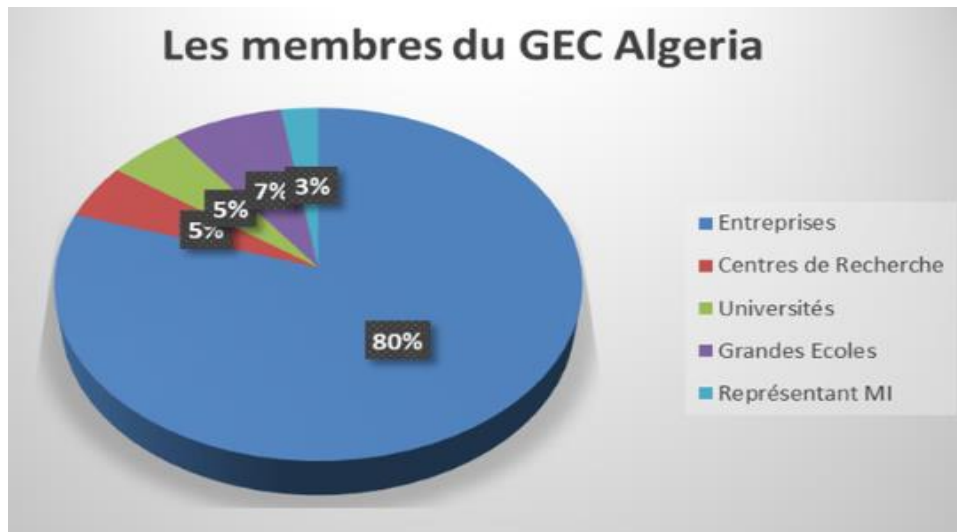
¹ <https://www.cder.dz/>. 31/12/2025. 21 :37.

المعرفة وتحويلها إلى خبرات ومنتجات تكنولوجية ضرورية للتنمية الاقتصادية والاجتماعية. ويمكنه أن يلعب دوراً فاعلاً في تطوير قطاع الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الجزائر¹.

ثالثاً: مجموعة التكامل الاقتصادي Green Energy Cluster Algeria

هي مجموعة الشركات والجامعات والمدارس الكبرى ومراكز البحث التي تم إنشاؤها من أجل بناء التعاون بين أعضائها، وتحسين القدرة التنافسية للشركات، والمشاركة في تكوين الجهات الفاعلة في القطاع، لتكون منصة للاقتراح في جميع المجالات التي تتعلق بالانتقال الطاقوي في الجزائر. من خلال تنوع أعضائها، تشكل مجموعة GEC'A تجسيدا حقيقيا للشراكة متعددة القطاعات، حيث تعمل معاً في سبيل تحقيق برنامج الطاقة المتجددة والتحول الطاقوي الجزائري².

والشكل (133) يبين تشكيلة المجموعة حسب قطاع تخصصها:



شكل رقم 133: تركيبة مجموعة GEC'A

المصدر: 42: 20. 31/12/2025. [/https://gec-algeria.com](https://gec-algeria.com)

تمثل المدارس العليا والجامعات ما نسبته 12% وهي تتمثل في: المدرسة العليا للتكنولوجيات الصناعية بعنابة، المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات بالجزائر، جامعة هواري بومدين للعلوم

¹ <http://crtse.dz/historique/>. 31/12/2025. 20 :04.

² <https://gec-algeria.com/>. 31/12/2025. 20 :04.

والتكنولوجيا، جامعة مولود معمري تيزي وزو، جامعة باتنة 2 التي تتبعها المدرسة الوطنية العليا للطاقات المتجددة والبيئة والتنمية المستدامة التي أنشئت بموجب المرسوم التنفيذي رقم 12-152 بتاريخ 8 جوان 2020 لتدعم البحث العلمي المتخصص في مجال الطاقات المتجددة.

تتمثل مراكز البحث في مركز تطوير الطاقات المتجددة ومركز أبحاث تكنولوجيا أشباه الموصلات للطاقة التي سبق التطرق لها.

تمثل المؤسسات الاقتصادية حصة 80% من التجمع، حيث تكمن أهمية المؤسسات الاقتصادية التي تنتج السلع والخدمات التي تدعم مسار تطوير الطاقات المتجددة وتعزيز الكفاءة الطاقوية في خلق بيئة تكامل اقتصادي للانتقال الطاقوي. وفي هذا السياق نعتمد الجدول (16) الذي يوضح مساهمات المؤسسات الاقتصادية في القطاع الصناعي للطاقة الشمسية الكهروضوئية في الجزائر:

جدول رقم 16: الطاقة الإنتاجية لإنتاج الألواح الشمسية في الجزائر

المؤسسة	الطاقة الإنتاجية من الألواح الكهروضوئية (Mw)
Zergoun Green Energy	200
Milltech	100
Condore	130
Aures Solar	30
ENIE	18
المجموع	478

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات المحافظة السامية للطاقات المتجددة.

الفرع الثالث: الإطار القانوني للانتقال الطاقوي في الجزائر

إنّ تأسيس القاعدة القانونية لتنظيم وضبط نشاط الفاعلين في الطاقات المتجددة والكفاءة الطاقوية، يعتبر ذو أهمية بالغة في تجسيد استراتيجية الانتقال الطاقوي، وعلى هذا الأساس فقد عملت الجزائر على إرساء منظومة قانونية، شملت القوانين والمراسيم والقرارات لتنظيم الانتقال الطاقوي في الجزائر أهمها:

أولاً: المرسوم 85-235 المؤرخ في 28/08/1985:

المعدّل بالمرسوم 87-08 والمرسومين التنفيذييين: 92-73 و 24-328، والذي يتضمن إنشاء الوكالة الوطنية لترقية وترشيد استخدام الطاقة (APRUE)، والذي يكلف الوكالة بإعداد مشروع البرنامج الوطني للتحكم في الطاقة، وضمان تنفيذه وتشجيع برامج ومشاريع التحكم في الطاقة وتكوين المدققين الطاقويين، والمساهمة في مراقبة الفعالية الطاقوية.

ثانياً: القانون 04-09 الصادر في 18/08/2004:

الذي أعقبه النص التطبيقي: المرسوم التنفيذي: 15-69 الصادر في 18/02/2015، والمعدّل بالمرسوم التنفيذي 17-167 الصادر في 28/05/2017، تضمن القانون ترقية الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة بهدف الحدّ من الانبعاثات الملوثة للبيئة والمناخ والمحافظة على الطاقات التقليدية. كما تضمن القانون البرنامج الوطني لترقية الطاقات المتجددة الذي يعتمد برنامجاً خماسياً إلى آفاق 2020. وقد تضمن المرسومين التنفيذييين: 15-69 و 17-167: آليات إثبات شهادة أصل الطاقة المتجددة من شروط تقنية وغيرها واستعمال هذه الشهادة.

ثالثاً: القانون 05-07 الصادر بتاريخ 2005/07/19:

المتعلق بالمحروقات والذي تمّ تعديله بقانون 15-18 والمرسوم التنفيذي 20-285، حيث تضمن تحديد رسم الحرق الاستثنائي للغاز بـ 20000 دج لكل 1000 م³، وتخصيص نسبة 55% من ناتج هذا الرسم للصندوق الوطني للتحكم في الطاقة والطاقات المتجددة والمشاركة، كما ورد فيه تقييد " الصندوق الوطني للتحكم في الطاقة والطاقات المتجددة والمشاركة " في حساب التخصيص 131-302 وتحديد 1% من الإتاوة النفطية وغيرها من الرسوم المحددة في باب الإيرادات. وجاء في التعديلات طريقة عمل حساب التخصيص 131-302.

رابعاً: المرسوم التنفيذي: 13-218 الصادر بتاريخ: 2013/06/26:

المعدّل بالمرسومين التنفيذيين: 17-166 و 21-431، والذي يحدّد شروط منح العلاوات بعنوان تكاليف تنويع إنتاج الكهرباء، فقد تضمن شروط الاستفادة من تسعيرة الشراء المضمونة التي يتم تحديدها وفق القرار المؤرخ في 02/02/2014 الصادر في 23/04/2014 المتعلقة بمنشآت الطاقة الكهروضوئية والتي تستعمل فرع الرياح حسب عدد ساعات التشغيل وحسب مرحلة التشغيل.

خامساً: المرسوم التنفيذي 17-98 الصادر في 2017/3/5:

الذي يحدّد إجراء طلب العروض لإنتاج الطاقات المتجددة أو المنبثقة عن الإنتاج المشترك، وإدماجها في المنظومة الوطنية للتزويد بالطاقة الكهربائية، وقد تضمن إجراءات طلب العروض بالمزاد للمحطات التي لا يقلّ إنتاجها الطاقوي عن 1 جيجاواط ساعي، ومما تضمنته الإجراءات:

- طلب عروض المستثمرين يشمل إنجاز منشآت إنتاج الكهرباء ويشمل التصميم وتقديم التجهيزات وبناء واستغلال وتسويق الكهرباء المنتجة.
- ترتيب العروض المطابقة حسب أسعار بيع الكيلوواط ساعي.

سادسًا: المرسوم التنفيذي 19-280 الصادر في 2019/10/24:

المعدّل بالمرسوم التنفيذي: 21-95 الصادر في 2021/03/17 الذي يتضمن إنشاء محافظة الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية وتنظيمها، والتي تتبع الوزير الأول، وتكفل بالمساهمة في التنمية الوطنية للطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية، وتقييم السياسة الوطنية للانتقال الطاقوي من خلال تقارير تقييم سنوية.

نلاحظ أنّ الإطار القانوني قد شهد مرحلة تأسيس مبكرة في مجال الكفاءة الطاقوية من خلال المرسوم 85-235 الصادر في 28/08/1985 الذي تضمن تأسيس وكالة تطوير استخدام الطاقة وترشيده، وما يقتضيه نشاطها من برنامج وطني لتحسين استغلال الطاقة. أمّا من جهة تطوير الطاقات المتجددة فقد صدر القانون 04-09 في 18/08/2004 المتضمن تطوير الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة. لتشهد المرحلة الموالية استحداث آليات تحفيزية من خلال المراسيم التنفيذية: 13-218 و 15-69 و 17-167 من تحديد آليات إثبات أصل الطاقة المتجددة، والقانون 15-18 الذي جاء في إطار تعديل القانون 05-07 في تقييد "الصندوق الوطني للتحكم في الطاقة والطاقات المتجددة والمشاركة" والمرسوم التنفيذي 17-98 الذي يحدّد إجراءات طلب عروض إنتاج الطاقة المتجددة. وقد عرفت المرحلة الأخير تأسيس المحافظة السامية للطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية من خلال المرسوم التنفيذي 19-280 والمعدّل بالمرسوم التنفيذي 21-95 وتحديد تنظيمها وسيرها في إطار حوكمة الانتقال الطاقوي ومتابعة تنفيذ الاستراتيجية الوطنية لتطوير الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية.

المطلب الثاني: برامج الانتقال الطاقوي في الجزائر

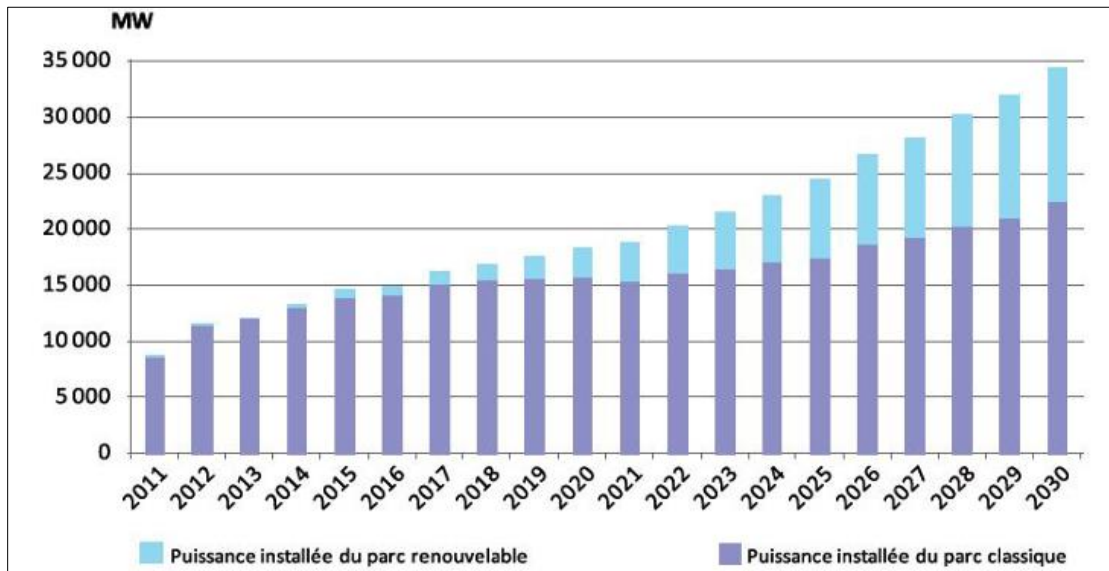
لقد أدّى إنشاء مؤسسات تنمية الطاقات المتجددة وتعزيز الكفاءة الطاقوية في منتصف الثمانينات إلى إطلاق مشاريع ذات نطاق محدود، كبرنامج الإشارات الشمسية الذي أطلقه مركز

تطوير الطاقات المتجددة وبرنامج كهربة 18 قرية بالطاقة الشمسية الذي نفذته سونلغاز (1998-2001) بقدرة 344 كيلوواط، وتشجيع الإنارة المنخفضة الاستهلاك (LBC)، ومع هذا لم يتم إطلاق برنامج وطني شامل وذو بعد استراتيجي، يواكب التوجه العالمي إلا بحلول سنة 2011، وفي خلال هذا المطلب نبحت هذه البرامج الوطنية.

الفرع الأول: البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة والكفاءة الطاقوية

2011 (PNEREE)

بتاريخ 3 فبراير 2011، اعتمدت الحكومة الجزائرية أول برنامج وطني مخصص لتعزيز مصادر الطاقة المتجددة والكفاءة الطاقوية (PNEREE). الذي يهدف إلى تحقيق حصة 40% من الطاقة المركبة لتوليد الكهرباء من المصادر المتجددة بحلول عام 2030. بقدرة مركبة قدرها 22000 ميغاواط، منها 10000 ميغاواط مخصصة للتصدير. والشكل (134) يوضح تقديرات تطور القدرة المركبة لتوليد الكهرباء إلى آفاق 2030:



شكل رقم 134: تقديرات تطور القدرة المركبة لإنتاج الكهرباء حسب برنامج (PNEREE)

المصدر: www.energy.gov.dz, 21/06/2023، 11:22.

اعتمد البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي لسنة 2011 مقارنة مزدوجة ارتكزت على محورين

أساسيين، هما تطوير الطاقات المتجددة وتعزيز الكفاءة الطاقوية.

أولاً: محور تطوير الطاقات المتجددة:

تضمن البرنامج أربع مراحل لإنجاز مشاريع الطاقة المتجددة من ثلاث مصادر: الطاقة

الشمسية الحرارية المركزة (CSP)، الطاقة الشمسية الكهروضوئية (PV)، وطاقة الرياح:

- المرحلة الأولى [2011-2013]: هي مرحلة تجريبية بقدرة 110 ميغاواط لتقييم التقنيات المختلفة.

- المرحلة الثانية [2014-2015]: تنفيذ مشاريع بقدرة 650 ميغاواط.

- المرحلة الثالثة [2016-2020]: تنفيذ قدرة 4600 ميغاواط، منها 2000 ميغاواط لتغطية الطلب المحلي.

- المرحلة الرابعة [2021-2030]: تنفيذ القدرة 22000 ميغاواط بآفاق 2030، منها 12000 ميغاواط للاستهلاك المحلي و10000 ميغاواط للسوق الدولية.

ثانياً: محور الكفاءة الطاقوية:

حدّد توفير ما يقدر بـ 63 مليون طن مكافئ نفط، هدفاً للبرنامج الوطني (PNEREE) بآفاق

2030، حيث تضمن البرنامج آليات ترشيد استهلاك الطاقة حسب قطاعات الاستهلاك النهائي

للطاقة كما يلي:

1- قطاع المباني: حدّد البرنامج أهداف تعزيز الكفاءة الطاقوية في قطاع المباني من خلال الآليات

التالية:

- دعم العزل الحراري للبنىات بما يسمح بتوفير 7 ملايين طن مكافئ نفط بآفاق 2030.

- تعزيز استعمال الأجهزة والمعدات عالية الأداء خاصة سخانات المياه الشمسية والمصابيح ذات الاستهلاك المنخفض (LBC) والإضاءة العمومية، بما يوفر 23 مليون طن مكافئ نפט بآفاق 2030.

2- قطاع النقل: هدف البرنامج في قطاع النقل إلى توسيع نطاق استغلال غاز البترول المسال (GPL) والغاز الطبيعي (GN)، التي تعتبر أكثر توفرًا والأقل تلويثًا، وللحد من فاتورة استيراد الديزل لتوفير 16 مليون طن مكافئ نפט.

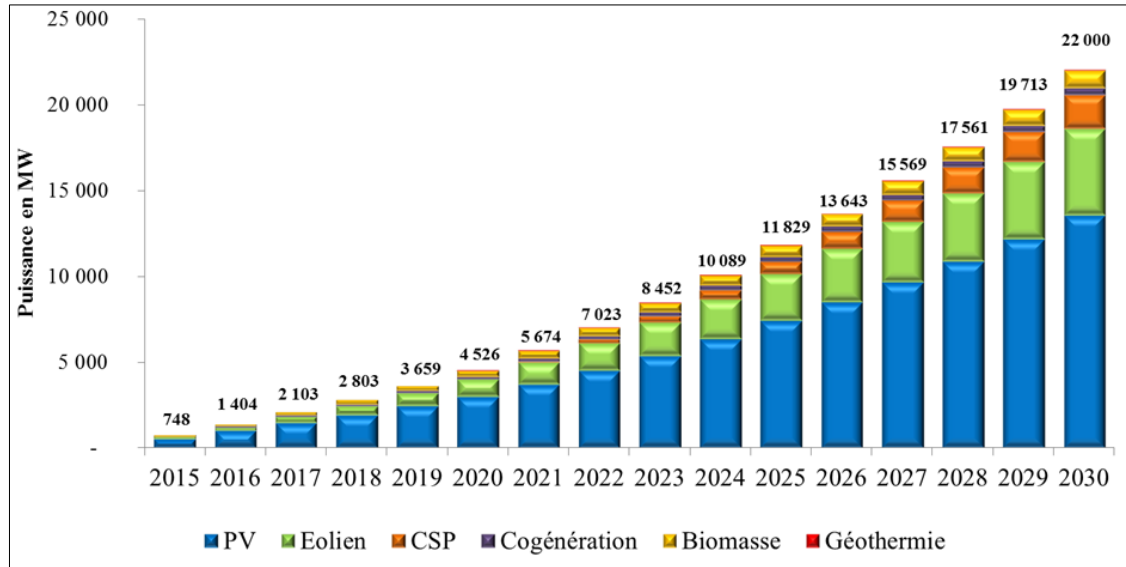
3- قطاع الصناعة: ضمّن البرنامج آليات تسمح بالتحكم في الطاقة لقطاع الصناعة، وفي ظل توقعات انتعاش الاقتصاد الوطني، وبما يهدف إلى توفير 30 مليون طن مكافئ نפט، من خلال آليات أهمها:

- تحويل محطات توليد الكهرباء من الغاز إلى محطات توليد مركبة (CC).
- تعميم عمليات التدقيق والمراقبة الطاقوية للنشاطات الصناعية لوضع خطط تصحيحية.
- دعم الدولة للنشاطات الصناعية التي تعتمد تقنيات الحد من الهدر الطاقوي.

الفرع الثاني: النسخة المحدثة من البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة والكفاءة

الطاقوية (PNEREE) 2015

في سنة 2015، تمّ مراجعة البرنامج الوطني (PNEREE) نتيجة للتغيرات العالمية، خاصة ما تعلّق منها بتكلفة إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة، وعلى هذا الأساس حوّلت حصة الطاقة الشمسية الكهروضوئية في المزيج الطاقوي المستهدف من 23% في نسخة 2011، إلى: 62% في نسخة 2015، وهي التقنية التي عرفت تراجعًا بنسبة 50% في تكلفة إنتاج الكهرباء منها في الفترة [2011-2015]، والشكل (135) يوضّح تطور المزيج الطاقوي المتجدد المستهدف بآفاق 2030:



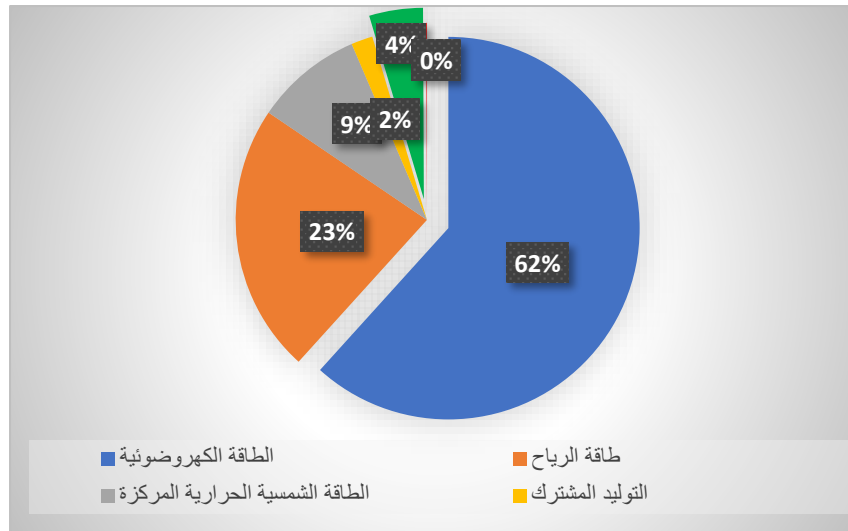
شكل رقم 135: البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية نسخة 2015

المصدر: www.energy.gov.dz, 11.2023/06/21، 22.

تمثلت أهم التغيرات في نسخة 2015 في العناصر التالية:

- تفصيل سنوي للقدرة المركبة من المشاريع المستهدفة حسب الشعبة الطاقوية المتجددة.
- إدراج تقنيات توليد أخرى إضافة إلى الواردة في نسخة 2011 (الطاقة الشمسية المركزة والكهروضوئية وطاقة الرياح) تمثلت في: التوليد المشترك (Cogénération)، الكتلة الحيوية (Biomasse)، طاقة حرارة الأرض (Géothermie). ليتحدّد المزيج الطاقوي المستهدف بأفاق

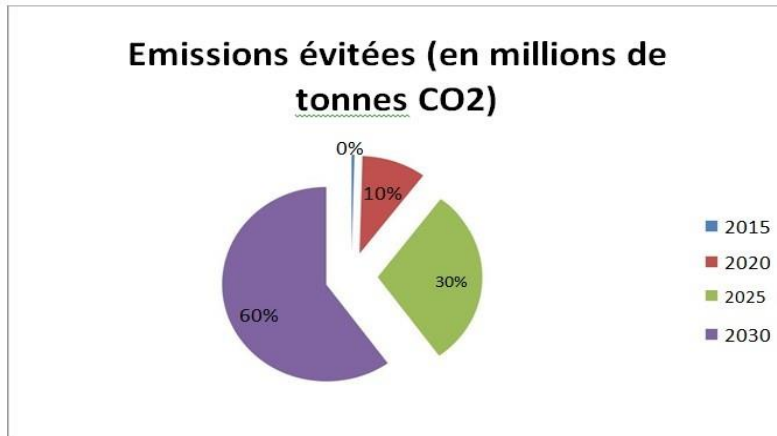
2030 وفق الشكل (136) التالي:



شكل رقم 136: تركيبة مزيج الطاقة المتجدد حسب برنامج (PNREE) 2015

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة والمناجم.

كما تم إدراج هدف تجنب الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون من خلال آليات دعم الكفاءة الطاقوية الواردة في نسخة 2011، بأكثر من 193 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون في أفق 2030، والشكل (137) يوضح نسب تحقيق الهدف عبر الفترات الزمنية:



شكل رقم 137: كميات الانبعاثات المستبعد من خلال آليات الفعالية الطاقوية

المصدر: www.energy.gov.dz, 11.2023/06/21، 22.

وقد ناسب هذا التخطيط مخرجات مؤتمر الأطراف بباريس الذي انعقد في ديسمبر 2015

وتضمن صياغة استراتيجيات التنمية طويلة الأجل منخفضة الانبعاثات (LT-LEDs).

الفرع الثالث: البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي 2020

وضعت الحكومة في فيفري 2020 مخطط عملها الذي جعل الانتقال الطاقوي ضمن الثلاث محاور الأساسية لعملها: الأمن الغذائي، الانتقال الطاقوي، والرقمنة. وفي هذا الإطار حدّدت الأهداف من استراتيجية الانتقال الطاقوي كما يلي:

- المحافظة على الموارد الطاقوية الأحفورية وتثمينها.
- تغيير نمط الإنتاج والاستهلاك الطاقوي.
- التحكّم في تكاليف إنجاز مشاريع الطاقة المتجددة.

وحدّدت آليات تحقيق هذه الأهداف على مستوى الطاقات المتجددة وأخرى على مستوى الفعالية الطاقوية.

أولاً: محور الطاقات المتجددة:

يهدف البرنامج الوطني إلى تنمية الطاقات المتجددة لبلوغ 16000 ميغاواط، منها 15000 ميغاواط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية متصلة بالشبكة الوطنية للكهرباء في آفاق 2035، على أن تبلغ القدرة المركبة منها 4000 ميغاواط بحلول سنة 2024، بينما يتم إنجاز 1000 ميغاواط المتبقية بشكل ذاتي (مستقل) خارج الشبكة بآفاق 2030. إنّ تحقيق هذه القدرة المركبة سيؤدي إلى توفير ما يقارب 240 مليار متر مكعب من الغاز الطبيعي، وتقادي انبعاث 200 مليون طن من ثاني أوكسيد الكربون.

وقد تضمن مخطط الحكومة تعزيز التحكم المحلي في الطاقة وإثراء الإطار التنظيمي بما يدعم تنمية الطاقات المتجددة خارج الشبكة كآليات لتجسيد هذه الأهداف.

ثانيًا: محور الفعالية الطاقوية:

- تضمن برنامج الانتقال الطاقوي في مجال تعزيز الفعالية الطاقوية، التأكيد على الآليات الواردة في البرنامج الوطني لسنة 2011، كما وردت آليات أخرى في مخطط الحكومة سنة 2021 أهمها:
- تعميم عمليات العزل الحراري في البنايات الجديدة، وإيراد التدابير التنظيمية والتقنية للأداء الطاقوي للبنايات ضمن دفتر الشروط التقني.
 - إنشاء برنامج وطني لتحويل المركبات إلى غاز البترول المميع (GPL)، يهدف المخطط لتحويل 150000 مركبة لسنة 2021، ودراسة جدوى المركبات الصناعية.
 - تجهيز الإنارة العمومية بالإنارة الناجعة (نوع لاد) وتمويل مشترك لصالح 100 بلدية لـ 40000 مصباح من نوع لاد.
 - التحفيز المالي لاستبدال الأجهزة الكهرو منزلية ذات الاستهلاك الطاقوي العالي.

المطلب الثالث: مشاريع الانتقال الطاقوي المنجزة وقيد الإنجاز في الجزائر

منذ انطلاق البرنامج الوطني (PNEREE) سنة 2011، حققت الجزائر وإلى غاية سنة 2023: قدرة مركبة 472 ميغاواط من الطاقات المتجددة خارج طاقة المياه، منها 47,85 ميغاواط خارج الشبكة (معزولة)، وفي خلال هذا المطلب نبحت الإنجازات والمشاريع قيد الإنجاز في إطار البرنامج الوطني (PNEREE) نسخة 2011 و 2015 وبرنامج الانتقال الطاقوي 2020.

الفرع الأول: إنجازات البرنامج الوطني (PNEREE) 2011 و 2015

تتمثل إنجازات البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة والكفاءة الطاقوية (PNEREE) إلى غاية صدور البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي في 2020 فيما يلي:

أولاً: على مستوى تطوير الطاقات المتجددة:

تمّ تنفيذ المشاريع التالية:

1- محطة الطاقة الشمسية الحرارية بحاسي رمل الهجينة: محطة بقدرة 25 ميغاواط من الطاقة الشمسية الحرارية المركزة (CSP) الهجينة مع محطة الغاز بحاسي رمل بالأغواط، تمّ تشغيلها في سنة 2011.

2- المحطة الكهروضوئية بواد نشو: بقدرة 1,1 ميغاواط بواد نشو بغرداية، وتشمل أربع تقنيات للألواح الشمسية: أحادي البلورة، متعدد البلورات، غير متبلورة وطبقة رقيقة مثبتة على هياكل ثابتة ومتحركة، تمّ تشغيلها في سنة 2014.

3- مزرعة الرياح بكابرتين: بقدرة مركبة 10,2 ميغاواط في منطقة كابرتين بأدرار، مكوّنة من 12 توربين بقدرة 0,85 ميغاواط، تمّ تشغيلها في سنة 2014.

4- مشروع محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية بقدرة 343 ميغاواط: أطلقتها شركة كهرباء والطاقة المتجددة SKTM (سونلغاز: الطاقات المتجددة حالياً) سنة 2014، في إطار مناقصة تتضمن الهندسة والتوريد والبناء (EPC)، تمّ توزيع 10 محطات بقدرة 265 ميغاواط على الهضاب العليا (شرق، وسط غرب) و 10 محطات بقدرة 78 ميغاواط في الجنوب. تمّ تشغيل المحطات ووضعها تحت الخدمة ابتداءً من 2015/02/19 إلى غاية 2018/01/16.

5- محطة الطاقة الشمسية الكهروضوئية ببئر رباح: تتواجد المحطة ببئر رباح شمال ولاية ورقلة، وتمّ إنجازها بقدرة 10 ميغاواط وتشغيلها في سنة 2018 من طرف شركة سوناطراك في إطار إستراتيجيتها، والتي تهدف إلى نشر قدرة 2300 ميغاواط من الطاقة الشمسية بحلول عام 2030.

6- مشروع 50 ميغاواط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية: أطلقت شركة SKTM (سونلغاز: الطاقات المتجددة حالياً) في ديسمبر 2018 مشروع دمج الطاقة الشمسية الكهروضوئية مع

محطات الكهرباء التي تعمل بالديزل والغاز في الشبكة المعزولة في الجنوب (RIS) وهي 9 محطات في خمس (05) مجموعات، تم توقيع عقود التنفيذ وفق نظام الهندسة والتوريد والبناء (EPC) بقيمة 9,895 مليار دج، تم إنجاز 1,95 ميغا واط إلى غاية سنة 2023.

ثانيا: على مستوى الفعالية الطاقوية:

تم تحقيق إنجازات في إطار البرنامج الوطني لتطوير الطاقات المتجددة والكفاءة الطاقوية (PNEREE) أهمها:

- العزل الحراري لـ 160 مسكن من 600 مسكن.
 - تركيب سخانات المياه الشمسية: 407 وحدة.
 - استبدال مصابيح الزئبق بمصابيح الصوديوم في الإنارة العمومية 10000 مصباح.
 - تحويل السيارات إلى غاز البترول المسال 9100 مركبة.
 - 33 عملية تدقيق طاقي و 18 عملية دعم استثمار.
- كما يضاف إلى هذه الإنجازات أهمية مشاريع الطاقات المتجددة التي تسهم في توفير الوقود الأحفوري وتثمين استغلاله.

الفرع الثاني: مشاريع البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي 2020

تتمثل مشاريع البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي 2020 فيما يلي:

أولاً: على مستوى تطوير الطاقات المتجددة:

عرفت الجزائر بعد إطلاق البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي سنة 2020، إطلاق مشاريع

طموحة بقدرة مركبة: 3200 ميغاواط وهي كما يلي:

1- مشروع 1000 ميغاواط صولار 1000: أطلقت سونلغاز مناقصة وطنية دولية لإنجاز (05)

خمس محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية سنة 2021، حيث فازت شركة جزائرية بمحطتين ومجموعة جزائرية أجنبية بمحطتين أيضًا، والمحطة الخامسة كانت لصالح شركة صينية، وهي ملخصة في الجدول (17):

جدول رقم 17: نتائج مناقصة مشروع صولار 1000 ميغاواط

الحصة	الولاية	الموقع	القدرة (ميغاواط)	المصنع
1	بشار	بتي وتيف	50	الشركة الجزائرية (AMIMER ENERGIE)
2	ورقلة	عين البيدة	80	الشركة الجزائرية (AMIMER ENERGIE)
3	الأغواط	حاسي دلاعة	300	مجموعة شركتين جزائرية تركية (BOUZIDA – ÖZGÜN)
4	الوادي	فولية	300	الشركة الصينية CSCEC
5	تقرت	تماسين	250	مجموعة شركتين جزائرية إيطالية (COSIDER) (CANALISATION - FIMER SPA)

المصدر: <https://www.sonelgaz.dz>، 2026/01/23، 17:51.

تتراوح القدرة المركبة للمحطات ما بين 50 إلى 300 ميغاواط، ليتم إنجازها على مساحة تفوق 2000 هكتار في المناطق الصحراوية. قيمة المشروع 88 مليار دينار جزائري.

2- مشروع 2000 ميغاواط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية: تم إطلاق المشروع بتاريخ

2023/02/24 في إطار مناقصة لفائدة شركة سونلغاز - الطاقات المتجددة، من الطاقة

الشمسية الكهروضوئية في 15 خمسة عشر محطة موضحة في الجدول (18):

جدول رقم 18: نتائج مناقصة مشروع 2000 ميغاواط

الحصة	الولاية	الموقع	القدرة (ميغاواط)	المصنع
1	بشار	العبادلة	80	مجموعة شركات الصينية (CWE - HXCC - YREC)
2		قنادسة	120	مجموعة شركتين جزائرية إيطالية (CANALISATION COSIDER - FIMER SPA)
3	المسيلة	باتمات	220	مجموعة شركات الصينية (CWE - HXCC - YREC)
4	برج بوعريرج	العش	80	الشركة الجزائرية EURL HAMDI
5	باتنة	أولاد فاضل	80	الشركة الصينية CO. SHANXI INSTALLATION GROUP LTD
6	الأغواط	قلعة سيدي سعد	200	مجموعة شركات الصينية (CWE - HXCC - YREC)
7	غرداية	القرارة	80	مجموعة شركتين جزائرية تركية (OZGUN INSAAT - ZERGOUN)
9	الوادي	دوار الماء	200	مجموعة شركات الصينية (CWE - HXCC - YREC)
10		طالب العربي	80	الشركة الجزائرية EURL HAMDI
11	تقرت	تقرت	150	مجموعة شركتين جزائرية إيطالية (CANALISATION COSIDER - FIMER SPA)
12	المغير	تندلة	200	الشركة الصينية CSCEC
13	بسكرة	الغروس	200	مجموعة شركات الصينية (POWERCHINA INTL - SINOHYDRO)
14		خنقة سيدي ناجي	150	الشركة الصينية (POWER CHINA ZHONGNAN) (ENGINEERING)
15	أولاد جلال	أولاد جلال	80	مجموعة شركات الصينية (CWE - HXCC - YREC)

المصدر: <https://www.sonegaz.dz>، 2026/01/23، 17:51.

يعتبر المشروع نوعياً في قدرته المركبة التي بلغت 2000 ميغاواط، بمحطات تتراوح قدراتها بين 80 و220 ميغاواط، شملت محطات المشروع المناطق الصحراوية والداخلية لتستوعب 12 ولاية، شاركت المؤسسات الوطنية بـ 18 عرض وفازت شركة جزائرية بمحطتين وثلاث مجموعات (جزائرية-أجنبية) بـ ثلاث محطات. صُمِن المشروع في دفتر الشروط نسبة إدماج 35% لتعزيز الأثر التنموي على الصعيد الاقتصادي والاجتماعي. قيمة المشروع 171,7 مليار دينار جزائري.

3- مشروع 200 ميغاواط بغار جبيلات: أطلقت شركة سونلغاز في 2023/12/31 مشروع 200

ميغاواط بمنطقة غار جبيلات بتندوف، لضمان توريد منجم غار جبيلات والمنطقة بالكهرباء،

مع إنجاز شبكة النقل بقدرة: 400 و 220 و 60 و 30 كيلوفولط، مع إنجاز منظومة تخزين 150 ميغاواط في الساعة لـ 6 ساعات كاملة ما يضمن التغذية المتواصلة للشبكة.

ثانيًا: على مستوى الفعالية الطاقوية:

أطلقت الوكالة الوطنية لتطوير استخدام الطاقة وترشيده APRUE منصة بوابة البرنامج الوطني للتحكم في الطاقة PNME، والتي تستهدف أربع قطاعات بعديد المشاريع التي هي في إطار التنفيذ والتي تدعم الفعالية الطاقوية¹:

1- قطاع المباني: تضمن قطاع المباني الذي يشكّل 46% من الاستهلاك النهائي للطاقة، عديد

المشاريع التي تدعم ترشيد استهلاك الطاقة وتحقيق النجاعة الطاقوية أهمها:

- مشروع المساعدة في تطبيق طلاء عاكس لأجل العزل الحراري للمباني التجارية.
- مشروع دعم تركيب مكيفات هواء موفّرة للطاقة فردية.
- مشروع دعم شراء وتركيب المضخات الحرارية العاملة بالغاز الطبيعي للمباني التجارية.
- مشروع دعم شراء وتركيب سخانات المياه بالطاقة الشمسية للمنازل.
- مشروع دعم اقتناء وتركيب أنظمة إدارة الطاقة (BMS).

2- قطاع الصناعة: تضمن قطاع الصناعة الذي بلغ حصة 25% من الاستهلاك النهائي للطاقة،

مشاريع هامة أهمها:

- مشروع دعم دراسات الجدوى لتحسين كفاءة استخدام الطاقة.
- مشروع دعم اقتناء وتنفيذ المعدات والعمليات الصناعية عالية الأداء (دعم الاستثمار).

3- قطاع النقل: تضمن قطاع النقل مشاريع أهمها:

¹ <https://pnme.aprue.org.dz/index.php>. 24/01/2026. 18 :20.

- مشروع تحويل المركبات الخفيفة التي تعمل بالبنزين إلى غاز البترول المسال (GPL).
- مشروع شراء سيارات كهربائية جديدة.
- مشروع المساعدة في تحويل مركبات الديزل الثقيلة إلى غاز البترول المسال (وقود مزدوج).

الفرع الثالث: المؤشرات الرئيسية للانتقال الطاقوي في الجزائر

تُعدّ الأرقام الرئيسية المتعلقة بالقدرات المركبة من الطاقات المتجددة ومؤشرات الكفاءة الطاقوية أدوات أساسية لقياس حجم التقدّم المحقق في مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر. ومن خلال هذا الفرع نعرض أهم المؤشرات اعتمادًا على تقارير الهيئات المحلية.

أولاً: القدرات المركبة من الطاقات المتجددة في الجزائر 2023

نلخص القدرات المركبة من الطاقات المتجددة في الجزائر حسب تقرير محافظة الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية لسنة 2023 كما يلي¹:

- القدرة المركبة من الطاقات المتجددة على سنة 2023: 600,9 ميغاواط القدرة المركبة من الطاقات المتجددة.

القدرة المركبة من الطاقات المتجددة خارج طاقة المياه: 472 ميغاواط

▪ القدرة المركبة المتصلة بالشبكة: 424,15 ميغاواط

✓ الطاقة الشمسية الكهروضوئية: 388,95 ميغاواط

✓ الطاقة الشمسية الحرارية: 25 ميغاواط

✓ طاقة الرياح: 10,2 ميغاواط

▪ القدرة المركبة خارج الشبكة (المعزولة): 47,85 ميغاواط

¹ <https://www.cerefe.gov.dz/pubs>. 25/01/2026. 00 :26.

✓ 23,06 ميغاواط طاقة كهروضوئية للمناطق النائية

✓ 3,86 ميغاواط طاقة كهروضوئية للمدارس

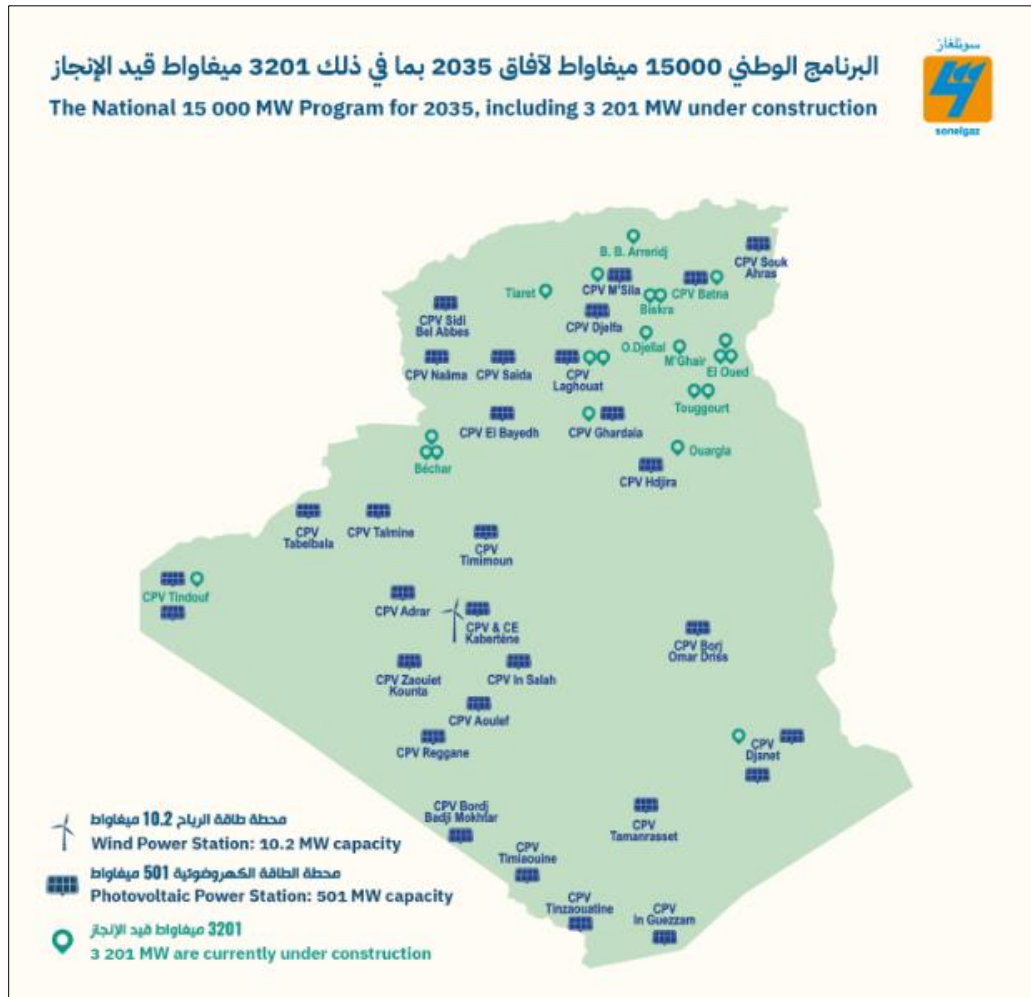
✓ 17,62 ميغاواط طاقة كهروضوئية إنارة عمومية

✓ 1,17 ميغاواط طاقة كهروضوئية مضخات

✓ 2,14 ميغاواط طاقة كهروضوئية شبكة مصغرة

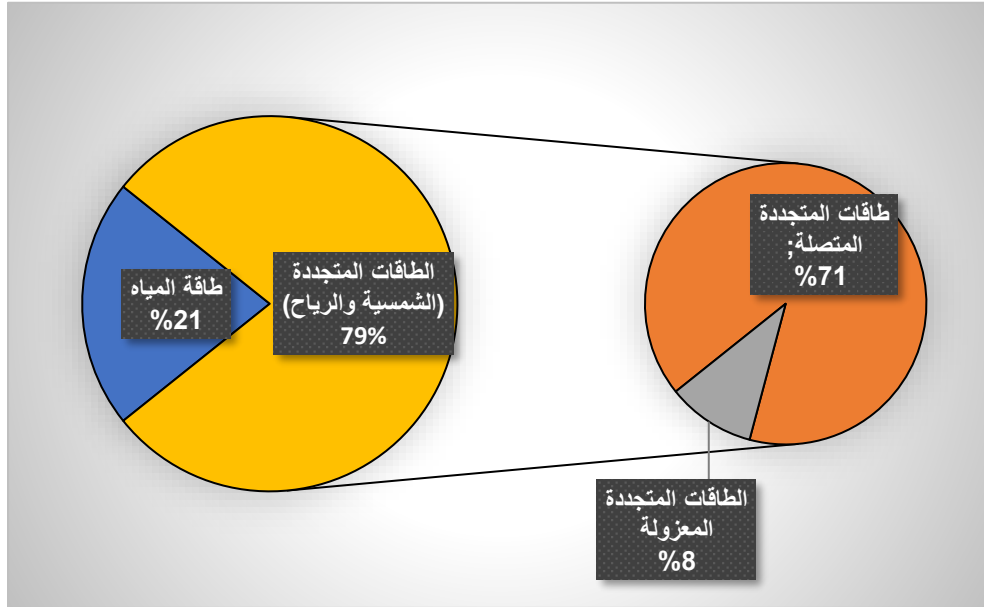
والأشكال: (138) و(139) و(140) و(141) التالية تلخص الإنجازات والمشاريع قيد الإنجاز

الأرقام الرئيسية:



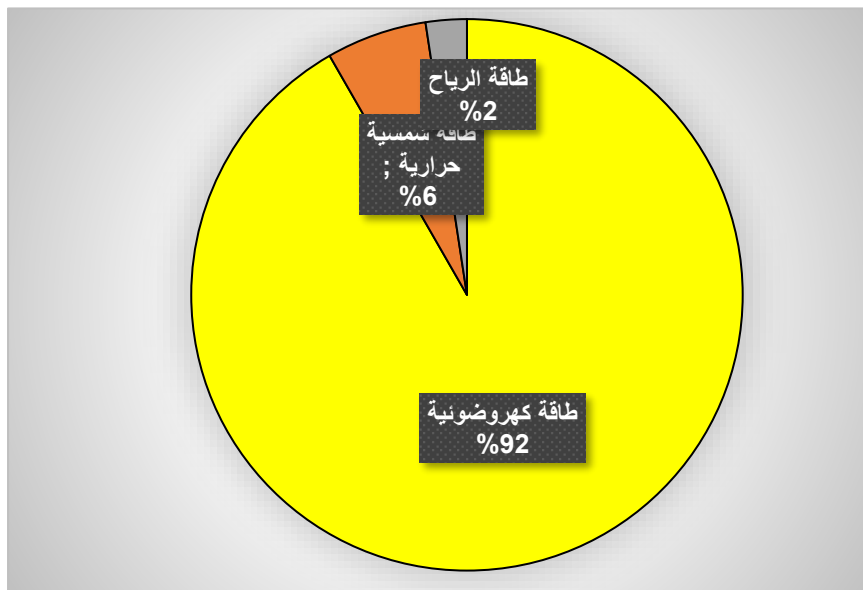
شكل رقم 138: خريطة الطاقات المتجددة في الجزائر 2026

المصدر: وزارة الطاقة والطاقات المتجددة.



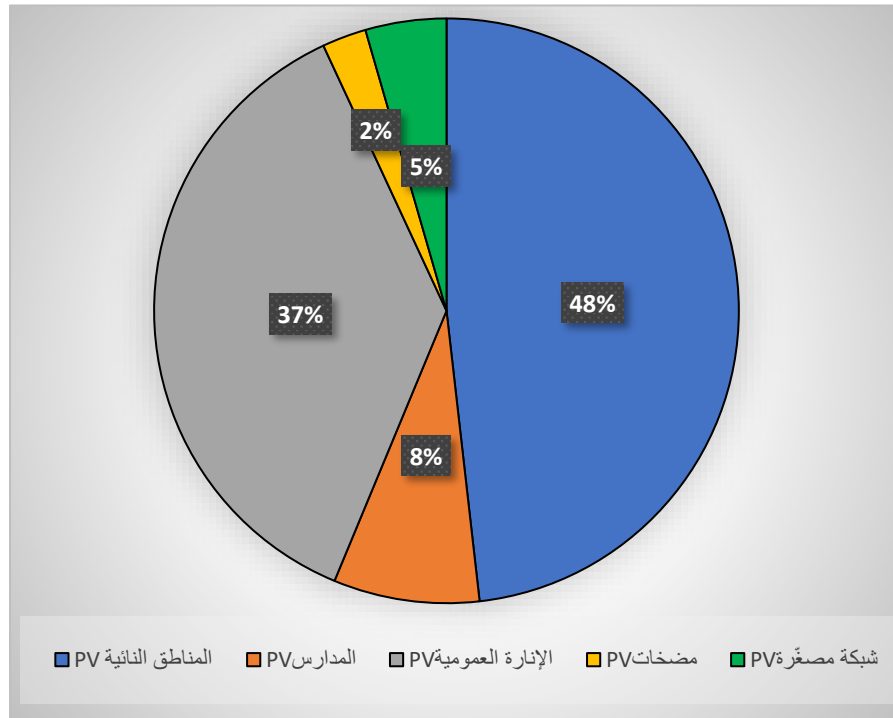
شكل رقم 139: القدرة المركبة من الطاقات المتجددة في الجزائر 2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات محافظة الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية



شكل رقم 140: القدرة المركبة من الطاقات المتجددة المتصلة بالشبكة في الجزائر 2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات محافظة الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية



شكل رقم 141: القدرة المركبة من الطاقات المتجددة غير المتصلة بالشبكة في الجزائر 2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات محافظة الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية

ثانياً: مؤشرات الفعالية الطاقوية للجزائر في سنة 2022

أظهر التقرير الصادر عن الوكالة الوطنية لتطوير استخدام الطاقة وترشيده APRUE

المؤشرات الأساسية للفعالية الطاقوية لسنة 2022 كما يلي¹:

- ارتفع استهلاك الطاقة الأولية للفرد بنسبة 3,1% ليبلغ: 1,45 طن مكافئ نفط للفرد.
- ارتفاع كثافة الطاقة الأولية بنسبة 1,6% لتبلغ: 4,4 طن مكافئ نفط لكل مليون دج.
- ارتفاع في الاستهلاك النهائي للفرد بنسبة 2,1% ليبلغ: 0,89 طن مكافئ نفط للفرد.
- تراجع في كثافة الطاقة النهائية بنسبة 0,3% لتبلغ: 3,49 طن مكافئ نفط لكل مليون دج.

¹ <https://aprue.org.dz/> . 25/01/2026. 00 :33.

أبرز تحليل مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر، أنّ البلاد تمتلك جملة مؤهلات وإمكانات تتيح لها التحوّل إلى نموذج طاقوي أكثر استدامة، وقد وضعت لذلك برامج هادفة، آخرها البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي 2020، الذي وضع على طريق الانتقال الطاقوي مشاريع طموحة بقدرات معتبرة تبلغ 3200 ميغاواط.

المبحث الثالث: تقييم مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر إلى آفاق 2030

يعتبر تقييم الانتقال الطاقوي في الجزائر ذو أهمية بالغة في قياس نجاعة استراتيجية الانتقال الطاقوي المعتمدة، والتي تهدف إلى دعم وتنويع مزيج الطاقة للجزائر بالمصادر الطاقوية المتجددة ودعم الكفاءة الطاقوية.

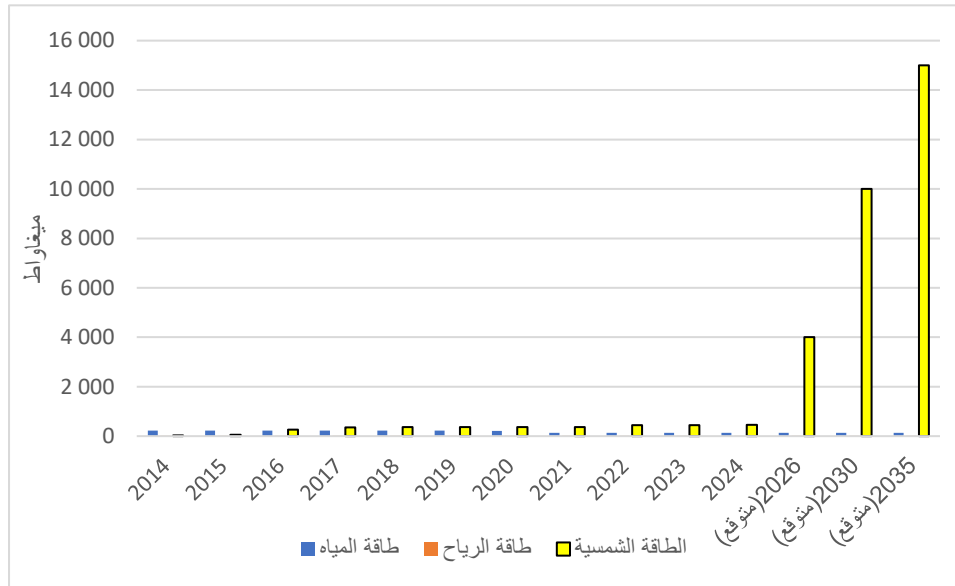
وفي هذا الصدد يهدف هذا المبحث إلى تقييم مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر إلى غاية آفاق 2030، من خلال قياس الأداء الطاقوي لمشاريع الطاقات المتجددة، وتقييم الفعالية الاقتصادية والبيئية لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الجزائر، بما يسمح بالوصول إلى رؤية شاملة لواقع وآفاق الانتقال الطاقوي في الجزائر.

المطلب الأول: تقييم الأداء الطاقوي من مشاريع الطاقات المتجددة في الجزائر

يُعنى هذا المطلب بتقييم الأداء الطاقوي لمشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر، من خلال تحليل تطور القدرات المركبة وإمدادات الطاقة منها واستشراف تطورها إلى آفاق سنة 2030، كما يهدف هذا المطلب إلى تقييم تطور تركيبة منظومة إنتاج الطاقة الكهربائية إلى آفاق 2030.

الفرع الأول: تطور القدرة المركبة من الطاقات المتجددة للجزائر إلى آفاق 2030

نبحث تطور القدرة المركبة للطاقات المتجددة للجزائر، من خلال الشكل (142) الذي يبيّن تطور القدرة المركبة من الطاقات المتجددة إلى غاية سنة 2024 من خلال الإنجازات المحققة، وإلى سنة 2030 و2035 حسب التوقعات المخطط لها في البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي 2020:



شكل رقم 142: تطور القدرة المركبة من الطاقات المتجددة 2035-2014

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Energy Institute.

تم إدراج مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية التي هي قيد الإنجاز على أساس دخولها حيز

الخدمة في سنة 2026، حيث لن يتجاوز إنجاز محطات مشروع 2000 ميغاواط وصولاً 1000

مدة 22 شهر حسب العقود، ويقدر دخول بعض المحطات مثل محطة الغروس ببسكرة التي بسعة

200 ميغاواط، ومحطة تاندلة بالمغير، تحت الخدمة في صائفة 2026 حسب ما صرح به المدير

الجهوي لسونلغاز ناحية ورقلة¹ ورئيس مشروع تاندلة².

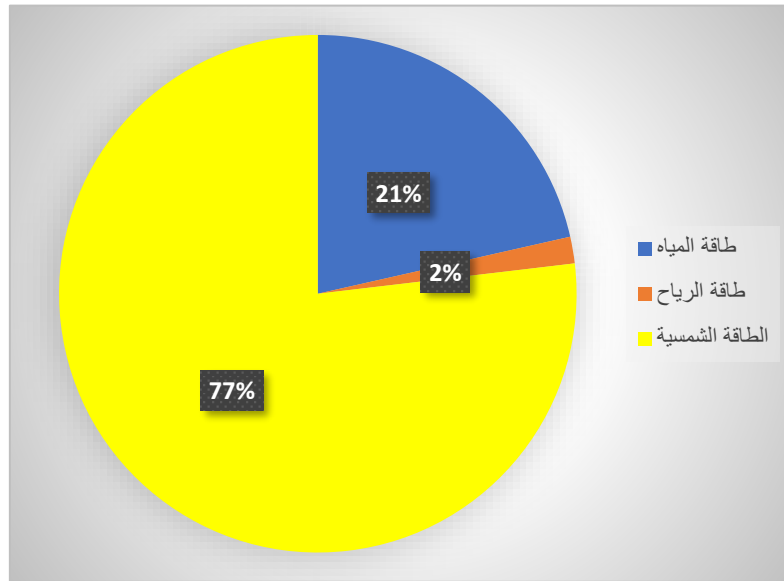
تعدّ الإنجازات المحققة إلى غاية سنة 2024 والتي بلغت 601 ميغاواط قدرة محدودة جداً،

مقارنة بالأهداف الموضوعة بآفاق 2030، ويمكن تحديد تركيبة المزيج الطاقوي المتجدد لسنة 2024

من خلال الشكل (143):

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=u2JGSIfhxFc>. 28/01/2026. 14 :13.

² <https://www.youtube.com/watch?v=hApJKE8-7OE>. 31/01/2026. 10:42.



شكل رقم 143: تركيبة القدرة المركبة من الطاقات المتجددة 2024

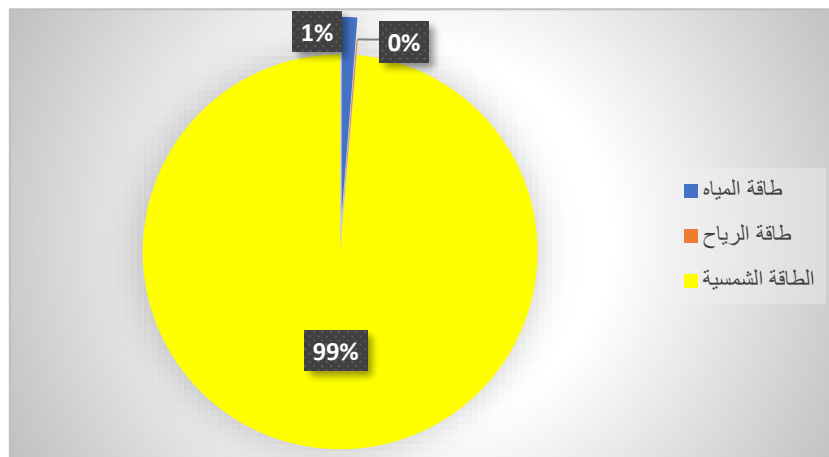
المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Energy Institute.

في حين ستشهد المرحلة المقبلة إلى آفاق 2030، تطور القدرة المركبة من الطاقات المتجددة

بـ 23 ضعف تقريبا لتبلغ 10000 ميغاواط، أي بمعدل إنجاز قدره 1500 ميغاواط من الطاقة

الشمسية الكهروضوئية سنويا، والشكل (144) يوضح التركيبة المتوقعة لمزيج الطاقة المتجددة للجزائر

بآفاق 2030:



شكل رقم 144: تركيبة القدرة المركبة من الطاقات المتجددة بآفاق 2030

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Energy Institute.

الفرع الثاني: تطور الإنتاج الكهربائي من الطاقات المتجددة إلى آفاق 2030

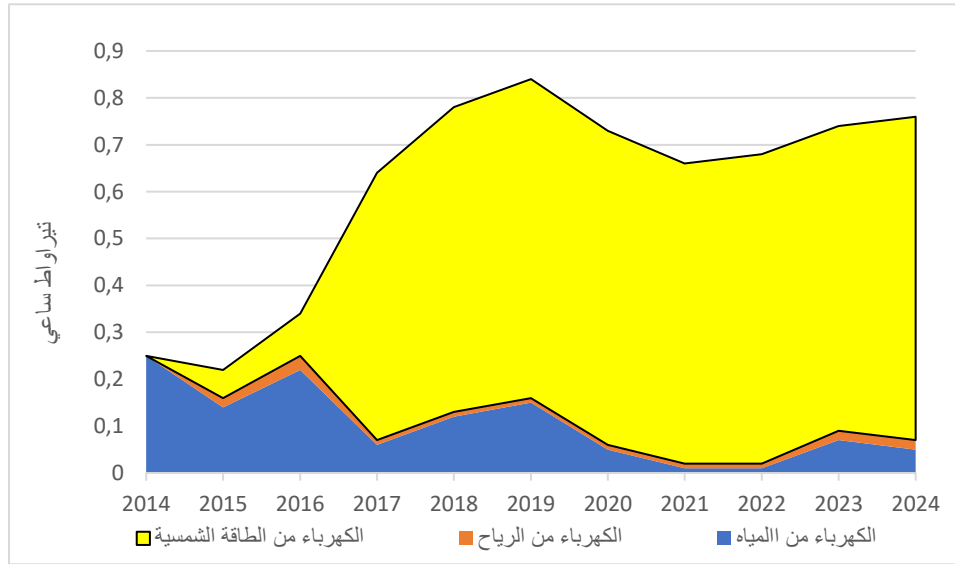
نفرّق بين فترتين، فترة الإنتاج المحقق والإنتاج المتوقع، وهذا باعتبار أنّ الإنتاج المتوقع أكبر

بكثير عما تمّ إنجازه، مما يؤدي إلى إخفائه بيانياً.

أولاً: إنتاج الطاقة الكهربائية المحققة من الطاقة المتجددة:

من خلال الشكل (145) نلخص الإنتاج الكهربائي المحقق من الطاقات المتجددة إلى غاية

سنة 2024:



شكل رقم 145: تطور إنتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة 2024-2014

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Energy Institute.

شهد توليد الكهرباء من الطاقات المتجددة في الفترة 2014-2019 ارتفاعاً بنسبة 236%

بطاقة مقدارها: 0,59 تيراواط ساعي (590 جيجاواط ساعي)، حيث ارتفع إنتاج الطاقة الشمسية

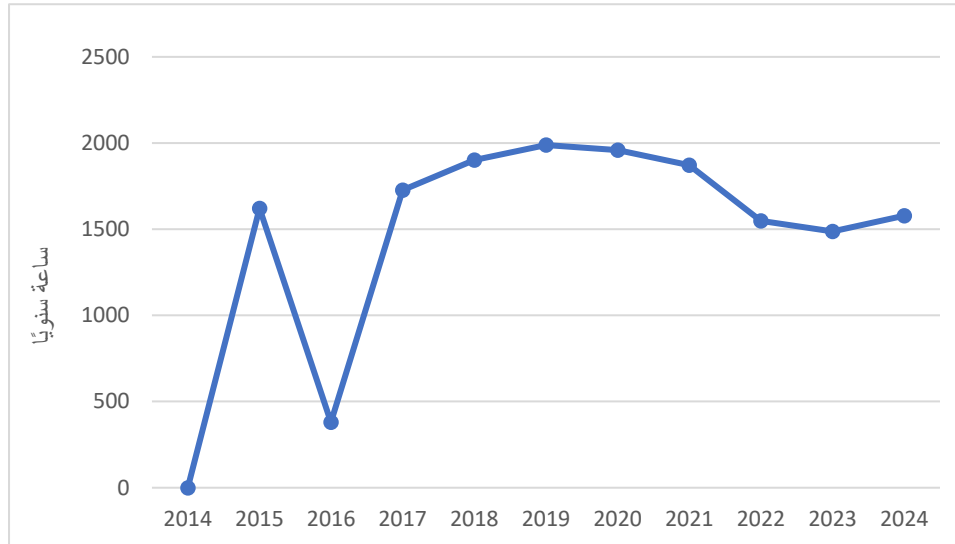
الكهروضوئية بطاقة: 0,68 تيراواط ساعي، بينما انخفض طاقة المياه بـ: 0,1 تيراواط ساعي. أمّا

المرحلة 2019-2024 فقد شهدت ثباتاً في إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، بينما

انخفض إنتاج الكهرباء من طاقة المياه بطاقة 0,1 تيراواط ساعي، وهذا راجع لعدد الأسباب أهمها:

الجفاف الذي ميّز الفترة وارتفاع التكاليف الاستثمارية والتشغيلية للشعبة.

إنّ الملاحظ في كفاءة التوليد الكهربائي للطاقة الشمسية الكهروضوئية هو تغيّر ساعات التشغيل لمحطات توليد الكهرباء، حيث تعتبر ساعات السطوع الشمسي عاملاً هاماً في تحقيق الكفاءة الاقتصادية لمحطات توليد الكهرباء من الطاقة الكهروضوئية، ولتقييم كفاءة التوليد نستخدم ساعات التشغيل كما هو موضّح في الشكل (146):



شكل رقم 146: تغير ساعات التشغيل لمحطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الجزائر

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Energy Institute.

يتم تحديد عدد ساعات التشغيل من خلال العلاقة التالية:

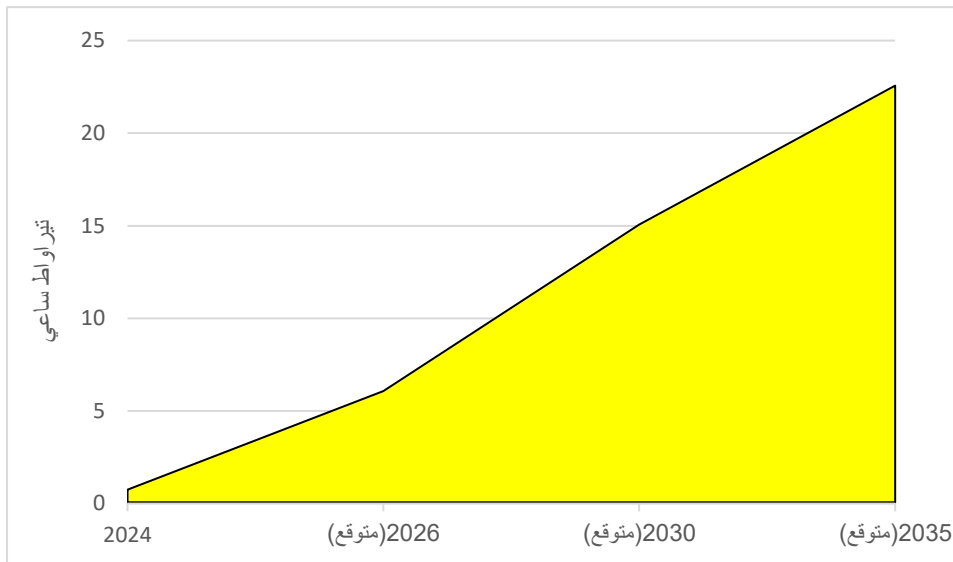
$$\text{عدد ساعات التشغيل} = \frac{\text{الإنتاج الكهربائي}}{\text{القدرة المركبة}}$$

شهدت الفترة 2016 تذبذباً في ساعات التشغيل بسبب أنّ المشاريع التي وضعت تحت الخدمة قد تكون مستلمة في نهاية السنة، وهو ما يجعل مدة التشغيل في سنة 2016 منخفضة جداً. وما عدا سنة 2016 فقد تراوحت ساعات التشغيل للمحطات بين 1500 و 2000 ساعة سنوياً، بلغت ساعات التشغيل في سنة 2024: 1491 ساعة وهذا يعتبر منخفضاً في الجزائر مقارنة بتقديرات التقارير المحلية والعالمية التي تشير إلى مدة سطوع شمسي تتراوح بين 2000 إلى 3900 ساعة سنوياً، وكذا مقارنة بالدول المشابهة مثل مصر التي بلغت 2343 ساعة في سنة 2024، وتعتبر

العوامل المناخية وتطايير الأتربة التي تحجب الألواح الشمسية من بين أهم الأسباب التي تحدّ من كفاءة التوليد.

ثانيًا: إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة المتجددة إلى آفاق 2030

تمّ تحديد الإنتاج الكهربائي من الطاقات المتجددة حسب القدرات المركبة المتوقعة، وبكفاءة توليد بـ 1500 ساعة سنويًا كأدنى متوسط لساعات التشغيل، ومن خلال الشكل (147) نلخص الإنتاج الكهربائي المتوقع من الطاقات المتجددة إلى آفاق سنة 2035:



شكل رقم 147: تطور إنتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة في الجزائر 2024-2035

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي 2020.

يرتقب تطور إنتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة وبالأخص الطاقة الشمسية الكهروضوئية والتي تمثل حصة 99% سنة 2024، بأن يتضاعف 8 مرات بعد إتمام المشاريع التي قيد الإنجاز في سنة 2026، أين يبلغ 6,07 تيراواط ساعي. أمّا المرتقب في آفاق 2030 أن يبلغ الإنتاج الكهربائي من الطاقة الكهروضوئية (99.5% من الطاقة المتجددة): 15,07 تيراواط ساعي. وهذا باحترام آجال تجسيد المشاريع المبرمجة على حسب البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي 2020.

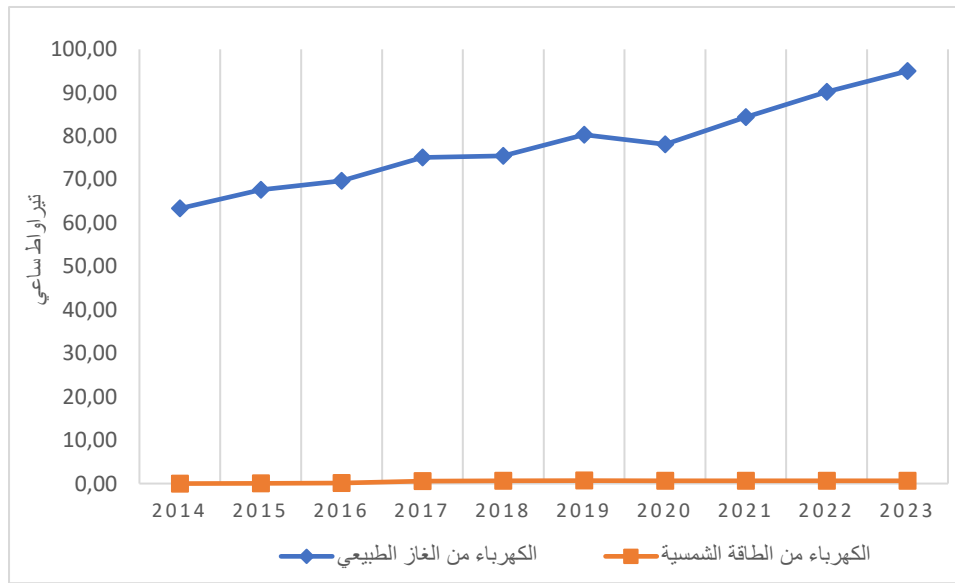
الفرع الثالث: تطوّر مزيج الطاقة الكهربائية للجزائر بآفاق 2030

يهدف هذا الفرع إلى تحليل تطور مزيج إنتاج الكهرباء في الجزائر، من خلال تتبع تطور الإنتاج المحقق خلال الفترة 2014-2023، واستشراف تطوره المتوقع إلى آفاق 2030، بغرض إبراز تطور مساهمة الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء، كما يبحث دور مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية في مواجهة تنامي ذروة استهلاك الكهرباء.

أولاً: تطور مزيج الطاقة الكهربائية 2014-2023

نبحث تطور تركيبة مزيج الطاقة الكهربائية في خلال الفترة 2014-2023 من خلال الشكل

(148):



شكل رقم 148: تطور إنتاج الكهرباء حسب المصادر 2014-2023

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات Energy Institute.

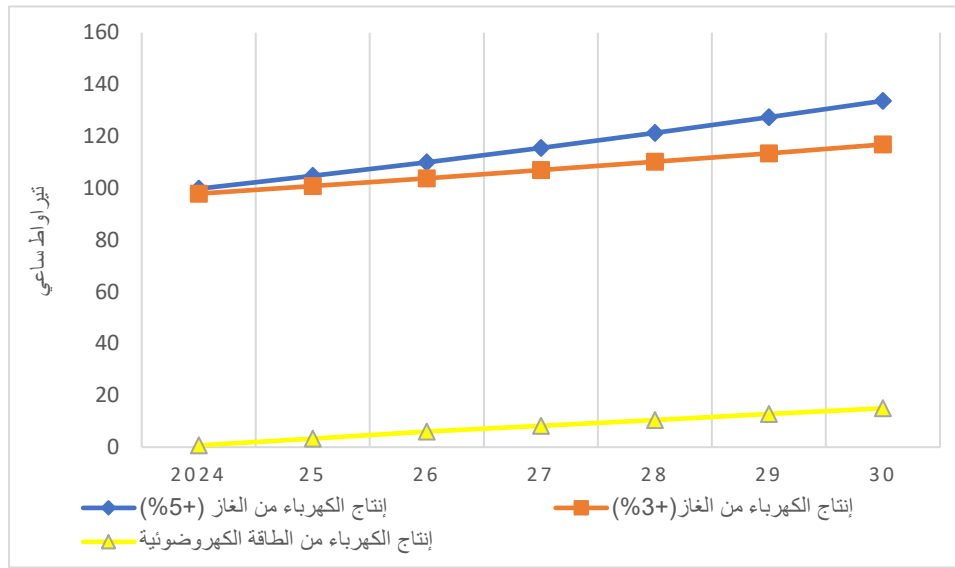
تطور الإنتاج الكهربائي من الغاز الطبيعي في الفترة [2014-2023] بمعدل: 50%، ليلبلغ

95 تيراواط ساعي، وبحصة 99% من مزيج الطاقة الكهربائية، وبهذا الاعتبار فإن مشاريع الطاقة

الشمسية الكهروضوئية لم تبلغ إلا 1% من مزيج الطاقة الكهربائية في سنة 2023.

ثانيًا: تطور مزيج الطاقة الكهربائية 2024-2030

في ظل اعتماد معدّل تطور إنتاج الكهرباء من الغاز الطبيعي: 3 و5% استنادًا إلى معدّل التطور السنوي الذي يتراوح بين [5%-8%] من سنة 2019 إلى 2023، واعتماد تطور سنوي ثابت لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية الكهروضوئية لإدراك القدرة المستهدفة في 2030 نتحصّل على الشكل (149) الذي يلخّص استشراف مزيج الطاقة الكهربائية بآفاق 2030 كما يلي:



شكل رقم 149: تطور إنتاج الكهرباء حسب المصادر 2024-2030

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي 2020.

تشير النتائج إلى أنّ إنتاج الكهرباء من الغاز الطبيعي سيواصل في الارتفاع خلال الفترة [2024-2030]، ليبلغ في سيناريو النمو بمعدّل 5% حوالي 133.67 تيراواط ساعي، أو 116.84 تيراواط ساعي في سيناريو النمو بمعدّل 3% في سنة 2030. ويعكس هذا التطور استمرار هيمنة الغاز الطبيعي في تلبية الطلب المتزايد على الكهرباء إلى آفاق 2030. أمّا بالنسبة للطاقات المتجددة فإنّ إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية الكهروضوئية سيشهد تطورًا متسارعًا، ليبلغ 15 تيراواط ساعي في آفاق 2030. وهذا يعكس بداية تحوّل هيكلي تدريجي في مزيج الطاقة الكهربائية، قائم على إدماج متزايد لمصادر الطاقة المتجددة بحصة 10% بآفاق 2030.

وتبقى إشكالية تنامي ذروة الاستهلاك أبرز التحديات التي تواجه منظومة الطاقة الكهربائية في الجزائر، حيث تشهد الجزائر ارتفاعاً لذروة الطلب على الكهرباء في الفترة الصيفية، حيث بلغت ذروة الطلب على الكهرباء في سنة 2023: 18697 ميغاواط ساعي، وفي سنة 2024: 19500 ميغاواط ساعي، وفي سنة 2025: 20628 ميغاواط ساعي. أمام قدرة مركبة تقدر بـ 26017,2 ميغاواط، بمعنى أن القدرة المركبة تشتغل بنسبة 75% لتغطية الطلب على الكهرباء. وفي هذا السياق تبرز أهمية نظام الطاقة الكهروضوئية من خلال تزامن ذروة الطلب على الكهرباء الصيفية مع ذروة الإنتاج الكهربائي لمحطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية، وهو ما يسمح بتخفيف الضغط على محطات الغاز وتقليص الاستثمارات منها المخصصة لتغطية طلب متعلق بفترة زمنية محدودة خلال السنة، كما يعزز مرونة نظام توليد الطاقة الكهربائية.

المطلب الثاني: التقييم المالي لمشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر

يعدّ تقييم الجدوى المالية لمشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر عنصراً مهماً في تقييم فعالية مسار الانتقال الطاقوي واستدامته، وفي هذا المطلب نسعى إلى التقييم المالي لمشاريع الطاقات المتجددة، وذلك من خلال مؤشرات التقييم المالي: القيمة الحالية الصافية (NPV) ومعدل العائد الداخلي (IRR)، وفترة الاسترداد (PP).

الفرع الأول: تحديد متغيرات حساب مؤشرات التقييم المالي لمشاريع الطاقات المتجددة في الجزائر

نعتمد في التقييم المالي معيار القيمة الحالية الصافية (NPV) ومعدل العائد الداخلي (IRR)، وفترة الاسترداد (PP) وهذا لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية: 2000 ميغاواط وصولاً لـ 1000 مشروع تهجين المحطات المعزولة في الجنوب 50 ميغاواط، والتي تحصلنا على معلوماتها المالية، وتحدد متغيرات التقييم المالي كما يلي:

1- تكلفة المشروع (CapEx) I₀: باعتماد نتائج المناقصات للمشاريع: 50 ميغاواط و 2000

ميغاواط وصولار 1000 تتحدد تكلفة الاستثمار كما يلي:

- مشروع 50 ميغاواط لتجهيز المحطات المعزولة: 9 895 426 633,10 دج

- مشروع 2000 ميغاواط: 171 695 990 232,83 دج

- مشروع وصولار 1000: 87 991 151 579,87 دج

تحدد تكلفة الاستثمار للكيلوواط الساعي الواحد، باعتبار قسمة تكلفة المشروع على الإنتاج

الطاقوي المتوقع لـ: 25 سنة (العمر الإنتاجي)، والذي يحسب انطلاقاً من ضرب القدرة المركبة في

1500 ساعة في 25 سنة. ومثال ذلك بالنسبة للمشروع 2000 ميغاواط:

$$\text{التكلفة الاستثمارية للكيلوواط الساعي الواحد} = \frac{171\,695\,990\,232,83}{(2000 \times 1000) \times 1500 \times 25} =$$

$$\text{التكلفة الاستثمارية للكيلوواط الساعي الواحد} = 2,28927987 \frac{\text{دج}}{\text{ك و س}}$$

2- أعباء التشغيل السنوية (OpEx): تحدد المقاييس العالمية أعباء التشغيل لمحطات الطاقة

الشمسية الكهروضوئية بمعدل 1,7% سنوياً¹. كما يحدد معدل الخصم بنسبة 4% باعتبار

معدل التضخم للجزائر في سنة 2025.

3- إيرادات المشروع (R): تتحدد تحصيلات المشاريع باعتبار أنها منحت في إطار مناقصة

(EPC)، فهي تابعة لشركة سونلغاز التي ستوزع حسب سعر بيع الكهرباء، الذي يحدد بـ:

5,65 دج/كيلوواط ساعي للاستهلاك المنزلي، و 4,68 دج/كيلوواط ساعي للاستهلاك التجاري،

وقد حددنا المتوسط المرجح حسب حصة استهلاك القطاع كما يلي:

¹ IFC World Bank Group. COUNTRY PRIVATE SECTOR DIAGNOSTIC CREATING MARKETS IN CHILE. © International Finance Corporation. 2121 Pennsylvania Avenue, N.W. Washington, June 2022, D.C. 20433 www.ifc.org.

$$\text{دج} 5,2911 = (4,68 \times 0,37) + (5,65 \times 0,63) = \text{متوسط السعر المرجح.}$$

في حين نحدّد الإنتاج الطاقوي باعتماد توقعات الإنتاج الطاقوي حسب ما ورد في المطلب

الأول فيكون إجمالي الإيرادات السنوية مثلاً بالنسبة لمشروع 2000 ميغا واط:

$$\text{ساعة } 1500 \times \text{كيلوواط } 2000\ 000 = 3 \times 10^9 \text{ كيلوواط ساعي}$$

$$\text{الإيرادات السنوية} = (3 \times 10^9) \times 5,2911 = 15873300000 \text{ دج}$$

4- العمر الإنتاجي n: العمر الإنتاجي المفترض لمحطات الطاقة الشمسية يتراوح بين 25 و30

سنة، حيث تتخفّض كفاءة الألواح الشمسية بعد 30 سنة¹ وبهذا نعتمد عمر إنتاجي افتراضي

25 سنة.

الفرع الثاني: التقييم المالي لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الجزائر

نعتد مؤشرات التقييم: القيمة الحالية الصافية (NPV) ومعدل العائد الداخلي (IRR)، وفترة

الاسترداد (PP) حسب معادلات برنامج إكسال (EXCEL) التي أدخلنا عليها صافي التدفقات

النقدية السنوية حسب الجدول (19) كما يلي:

¹https://www.energy.gov/eere/solar/end-life-management-solar-photovoltaics?utm_source=chatgpt.com. 31/01/2026.10 :49.

جدول رقم 19: صافي التدفقات السنوية لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية

المشروع			جدول صافي التدفقات النقدية
1000 صولار	Mw 2000	Mw 50	
7936650000	15873300000	396832500	1- الإيرادات السنوية
168222252,76	2918831833,96	1495849576,86	2- الأعباء السنوية
3519646063	6867839609	395817065,3	3- الاهتلاكات
5015495640,05	9786671443,27	564039318,09	4- مج الأعباء
2921154359,95	6086628556,73	-167206818,09	5- النتيجة قبل الضرائب
759500133,59	1582523424,75	0,00	6- الضرائب 26%
2161654226,36	4504105131,98	-167206818,09	7- النتيجة الصافية
5681300289,56	11371944741,29	228610247,24	صافي التدفقات = (3+7)

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد متغيرات حساب معايير التقييم المالي.

1- القيمة الحالية الصافية (NPV): باعتماد معادلة: $[VAN(\text{taux}, \text{valeur1}, [\text{valeur2}], \dots)]$

تحصلنا على النتائج الموضّحة في الجدول (20):

جدول رقم 20: القيمة الحالية الصافية لمشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر

المشروع			القيمة الحالية الصافية (NPV)
1000 صولار	Mw 2000	Mw 50	
733 245 891,79	5 728 307 336,94	-6 080 826 033,48	

المصدر: من إعداد الطالب

2- معدل العائد الداخلي (IRR): باعتماد معادلة: $[TRI(\text{valeurs}, [\text{estimation}])]$ تحصلنا

على النتائج الموضّحة في الجدول (21):

جدول رقم 21: معدل العائد الداخلي لمشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر

المشروع			معدل العائد الداخلي (IRR)
1000 صولار	Mw 2000	Mw 50	
4,08181%	4,32549%	-3,84221%	

المصدر: من إعداد الطالب

3- فترة الاسترداد (PP): تمّ تحديد فترة الاسترداد باعتبار أنّ صافي التدفقات السنوية متساوية بقسمة تكلفة المشروع على صافي التدفقات السنوية، والجدول (22) يوضّح فترة الاسترداد للمشاريع:

جدول رقم 22: فترة الاسترداد لمشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر

المشروع			فترة الاسترداد (PP)
1000 صولار	Mw 2000	Mw 50	
15 سنة وشهر واحد	15 سنة و 5 أشهر	43 سنة و 3 أشهر	

المصدر: من إعداد الطالب

بالنسبة لمشروع 50 ميغاواط لتجهيز محطات الوقود في الجنوب الذي حدّدت تكلفة الكيلوواط ساعي الواحد له بـ: 7,5205 دج/ك و س بنسبة 70% تكلفة الاستثمار والباقي لتكلفة التشغيل، ليس له مردودية مالية باعتبار: $NPV > 0$ ، حيث لا يمكن استرداد قيمة المشروع إلّا بعد مرور 43 سنة و 3 أشهر، تعتبر تكلفة المشروع التي فاقت متوسط التكلفة الاستثمارية في العالم في سنة 2019 بـ 30% لنفس التقنية بنفس القدرة أهم سبب جعل المشروع غير مجدٍ ماليًا، إلّا أن تبرير تنفيذها يظل قائمًا في إطار السياسة الطاقوية الوطنية، بالنظر لآثارها البيئية والاجتماعية في المناطق المعزولة عن الشبكة الوطنية.

أما بالنسبة لمشروع صولار 1000 ومشروع 2000 ميغاواط، فقد عرفت مرحلة إطلاق المشروعين انخفاضاً ملحوظاً في التكاليف الاستثمارية لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية وهو ما انعكس إيجاباً على المؤشرات المالية، حيث حقق المشروعين قيمة حالية صافية موجبة ($NPV > 0$)، تشير إلى تحقق جدواهما المالية، وقدرت مردودية المشروع 2000 ميغاواط بـ: 5,7 مليار دج، في حين قدرت مردودية المشروع صولار 1000 بـ: 0,73 مليار دج في ظل معدل خصم لم يتجاوز 4%، وهو ما يسمح باسترداد المشروعين في فترة 15 سنة إلى 15 سنة و3 أشهر. ويعتبر معدل الخصم معاملاً حساساً جداً، حيث يمثل معدل العائد الداخلي لمشروع 2000 ميغاواط: 4,3255% أي عند ارتفاع معدل الخصم بنسبة 8%، تتحقق معه عتبة المردودية ($NPV = 0$)، ومن جانب مشروع صولار 1000 حدد معدل العائد الداخلي بـ: 4,0818% حيث يصبح المشروع معدوم المردودية عند ارتفاع معدل الخصم بـ: 2%. وهذا كله في ظل ثبات ساعات التشغيل، والتي تعتبر عاملاً مهماً أيضاً بحيث كلما ارتفعت ساعات التشغيل ارتفعت مردودية المشروعين.

المطلب الثالث: الأثر التنموي والبعد البيئي لمشاريع الطاقات المتجددة في الجزائر

بآفاق 2030

لا تتوقف أهمية مشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر على دعم قاعدة الإنتاج الطاقوي فقط، بل تسهم أيضاً في تعزيز التنمية الاقتصادية ودعم حماية البيئة والمناخ من آثار الانبعاثات، وفي هذا المطلب نهدف لتحديد الأثر الاقتصادي والبيئي لمشاريع الطاقة المتجددة.

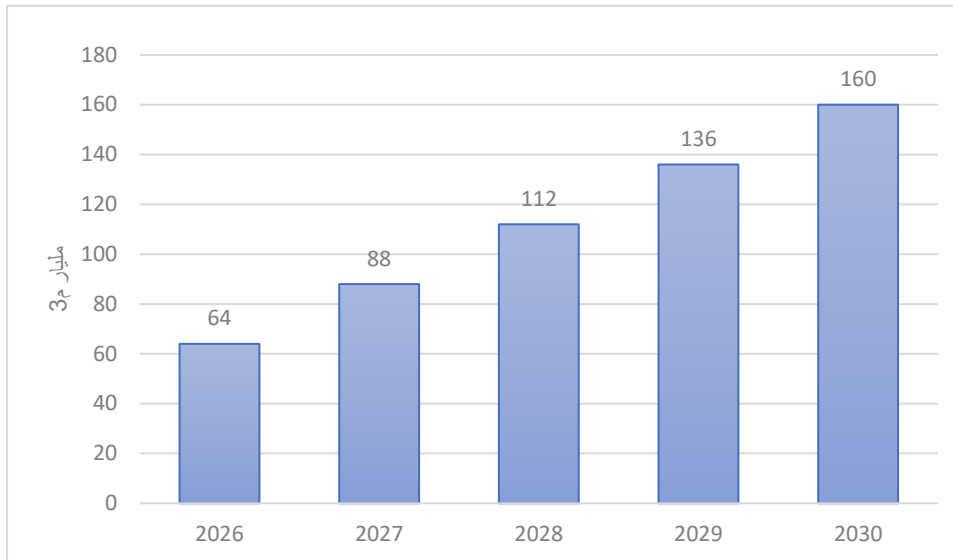
الفرع الأول: الدور الاقتصادي لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الجزائر بآفاق 2030

تدعم مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية التنمية الاقتصادية من عديد الجوانب، أهمها: توفير الوقود الأحفوري من الغاز الطبيعي والنفط، وتوفير مناصب للشغل مستدامة وتأسيس بنية تحتية لدعم صادرات الطاقة، ومن خلال هذا الفرع نبحث هذه العناصر.

أولاً: توفير الوقود الأحفوري ودعم الصادرات الطاقوية

إنّ تأسيس محطات توليد الطاقة المتجددة من الطاقة الشمسية في الجزائر يسهم بشكل مباشر في دعم الإنتاج الطاقوي وخاصة في ساعات ذروة الطلب على الطاقة كما سبق بيان ذلك، كما يسهم أيضاً في توفير الاستهلاك الطاقوي من الغاز الطبيعي والبنزين والديزل، الذي يستعمل في تشغيل محطات توليد الطاقة الكهربائية، وهو ما يرفع من الفعالية الطاقوية وترشيد استغلال الثروات والموارد الطاقوية، وقد قدّرت الحكومة الجزائرية في سنة 2020، أنّ القدرة المركبة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية المستهدفة في 2035، ستوفّر ما يقارب 240 مليار متر مكعب¹، وهو ما يعادل 226,8 مليون طن مكافئ نفط وهو ما يسمح بتوليد 19500 جيغاواط ساعي سنوياً (86 جيغاواط ساعي لكل مليون طن مكافئ نفط). وبهذا الاعتبار يتحدّد معدّل توفير الغاز الطبيعي بـ 16 مليار م³ لكل 1000 ميغاواط قدرة مركبة، والشكل (150) يوضّح الطاقة المؤقّر من الغاز في إطار القدرات المتوقعة وفق البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي 2020:

¹ الحكومة الجزائرية، مخطط الحكومة 2020، الصادر بـ: 2020/02/26



شكل رقم 150: كميات الغاز المتوقعة توفيرها من محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات مخطط الحكومة.

يتوقع توفير 160 مليار م³ من الغاز الطبيعي بآفاق 2030 في ظلّ تحقيق قدرة مركبة

10000 ميغاواط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية، بمعدّل إنجاز قدرة مركبة بـ 1500 ميغاواط

سنويا بعد سنة 2026.

إنّ كمية الغاز الطبيعي الموقّرة بآفاق 2030 تشكّل حصة معتبرة من الكمية المنتجة للغاز

وغيرها، ولبيان أهميتها نعتمد الجدول (23) التالي:

جدول رقم 23: نسبة الغاز الطبيعي المؤقر من مشاريع الطاقة المتجددة

الكمية: مليار م ³	% الغاز المؤقر بآفاق 2030 (160 مليار م ³)
من إنتاج الطاقة الأولية من الغاز الطبيعي 2023: 105,482	نسبة: %152
من إنتاج الكهرباء في المحطات الحرارية 2023: 23,513	نسبة: %680
من إنتاج الغاز الطبيعي المسال GNL 2023: 18,097	نسبة: %884
من صادرات الغاز (الطبيعي والمسال) 2023: 52,352	نسبة: %306

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد بيانات وزارة الطاقة ومخطط الحكومة.

ثانياً: الأثر التنموي لمشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر

تسهم مشاريع الطاقة المتجددة في دعم التنمية الاقتصادية والاجتماعية من خلال عدة جوانب

أهمها:

1- توفير مناصب شغل مستدامة: توفر محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية مناصب شغل

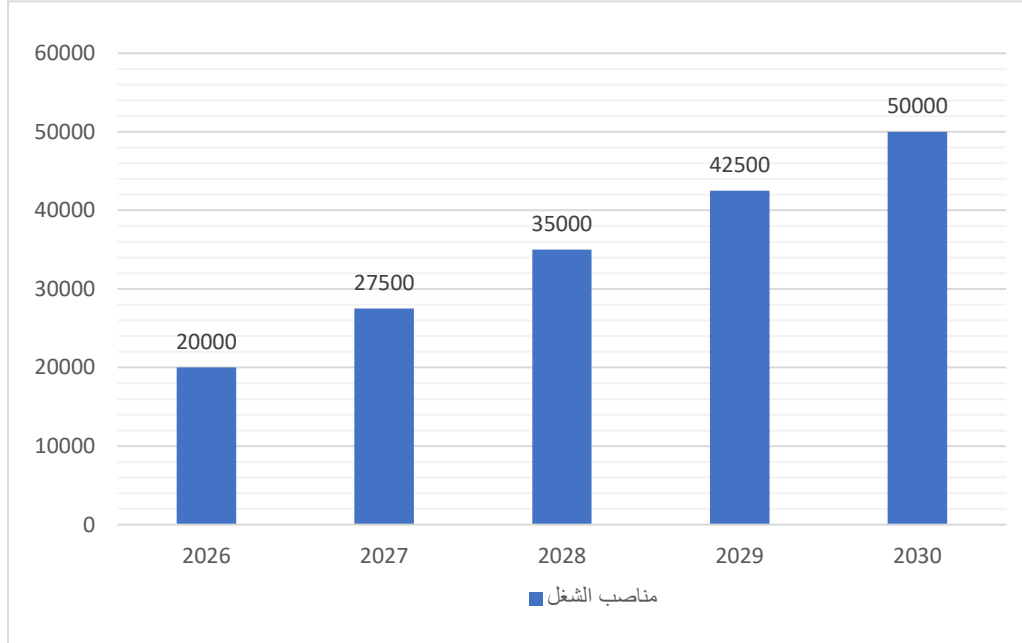
بمعدل 5 مناصب لكل 1 ميغاواط قدرة مركبة، حيث حددت شركة سونلغاز أن مشروع 2000

ميغاواط سيسمح بتوفير 10000 منصب شغل¹، وهو موافق للمعدل العالمي لسنة 2023 حيث

يشغل 7,11 مليون عامل في الطاقة الشمسية الكهروضوئية التي بلغت قدرة 1,406 مليون

ميغاواط، وبهذا الاعتبار يتوقع توفير مناصب شغل بآفاق 2030 حسب الشكل (151) التالي:

¹ <https://www.sonelgaz.dz/ar/category/press-releases-ar>. 04/02/2026. 18 :12.



شكل رقم 151: مناصب الشغل الموقّرة من الطاقة المتجددة في الجزائر بآفاق 2030

المصدر: من إعداد الطالب بيانات الحكومة الجزائرية.

يتوقع توفير 50000 ألف منصب شغل باعتبار تحقيق قدرة مركبة 10000 ميغاواط في سنة

2030، والتي تتوزع على عديد الولايات الداخلية والصحراوية، وهو ما يسمح بالحدّ من نسب البطالة

وما يتأتّى منها من آفات اجتماعية.

2- دعم الصناعة المحلية وتطوير الإنتاج الوطني: لقد وضعت شركة سونلغاز في إطار دفتر

الشروط لمناقصة مشاريع الطاقة المتجددة، معدّل إدماج 35% من هياكل وكوابل الربط

الكهربائي ومعدّات من الإنتاج المحلي، وهذا ما يسهم في تنمية وإنعاش الاقتصاد المحلي،

فيتصور دعم الصناعة المحلية بما يقارب 40 مليار دينار جزائري من مشروع 2000 ميغاواط،

أي بمعدّل 2 مليار دج لكل 100 ميغاواط، وبهذا الاعتبار يتصوّر تنمية الصناعة المحلية بما

يقارب 200 مليار دج بآفاق 2030 من محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

كما تسهم مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الجزائر بدعم صادرات الطاقة وتقليص

العجز في ميزان المدفوعات، وهذا ليس فقط من جهة تعزيز صادرات الغاز الطبيعي الذي تمّ توفيره

من مشاريع الطاقة الشمسية، وإنما أيضًا من خلال تصدير الطاقة الخضراء (المولدة من الطاقات المتجددة)، وفي هذا الإطار وقّعت كل من سوناطراك وسونلغاز بروتوكول تفاهم مع الشركة الإيطالية "إيني" ENI¹، والتي تتضمن مشروع الربط الكهربائي بين شبكات الكهرباء الجزائرية والإيطالية، بما يسمح بتوريد الكهرباء للسوق الأوروبية فائض الإنتاج الطاقوي، وقد تزامن هذا المشروع مع البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي ليعزّز من مكانة الجزائر الطاقوية في حوض البحر الأبيض المتوسط. ومن جانب آخر، فإنّ مشاريع الطاقة المتجددة وعلى الصعيد الاجتماعي تعزّز من العدالة الطاقوية وتحسّن من جودة الحياة من خلال توسيع التغطية الطاقوية للمرافق الضرورية وتوزيع المياه وحفظ السلع والخدمات الصحية والتعليمية.

الفرع الثاني: التقييم البيئي لمسار الانتقال الطاقوي في الجزائر بآفاق 2030

حدّدت الحكومة الجزائرية في مخططها لسنة 2020 كمية الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون التي ستجنّبها بآفاق 2035 بـ 200 مليون طن، حيث يقدر معدّل الانبعاثات المتجنّبة من مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية بـ 13,3 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون لكل 1000 ميغاواط، وحسب التقديرات العالمية فقد حدّد بمعدّل 440 طن من CO₂ لكل 1 جيجاواط ساعي مولدة من الغاز الطبيعي و53 طن من CO₂ لكل 1 جيجاواط ساعي مولدة من الطاقة الشمسية²، وبهذا الاعتبار وفي ظلّ توقع إنتاج 15000 جيجاواط ساعي في سنة 2030 من الطاقة الشمسية الكهروضوئية، ستؤدي إلى انبعاث 795 ألف طن سنويًا من CO₂ في مقابل 6,6 مليون طن سنويًا من CO₂ باعتماد الغاز الطبيعي، وهو ما يسمح بتجنّب 5,8 مليون طن من CO₂ في سنة 2030،

¹ <https://www.sonelgaz.dz/ar/7338/eni-2>. 05/02/2026. 12 :09.

² www.Ourworldindata.org/cheap-renewables-growth. 05/02/2026. 18 :11.

وتحسب الكمية التراكمية الإجمالية لثاني أكسيد الكربون CO₂ المتجنبة انطلاقاً من سنة 2026 وفق

الجدول (24):

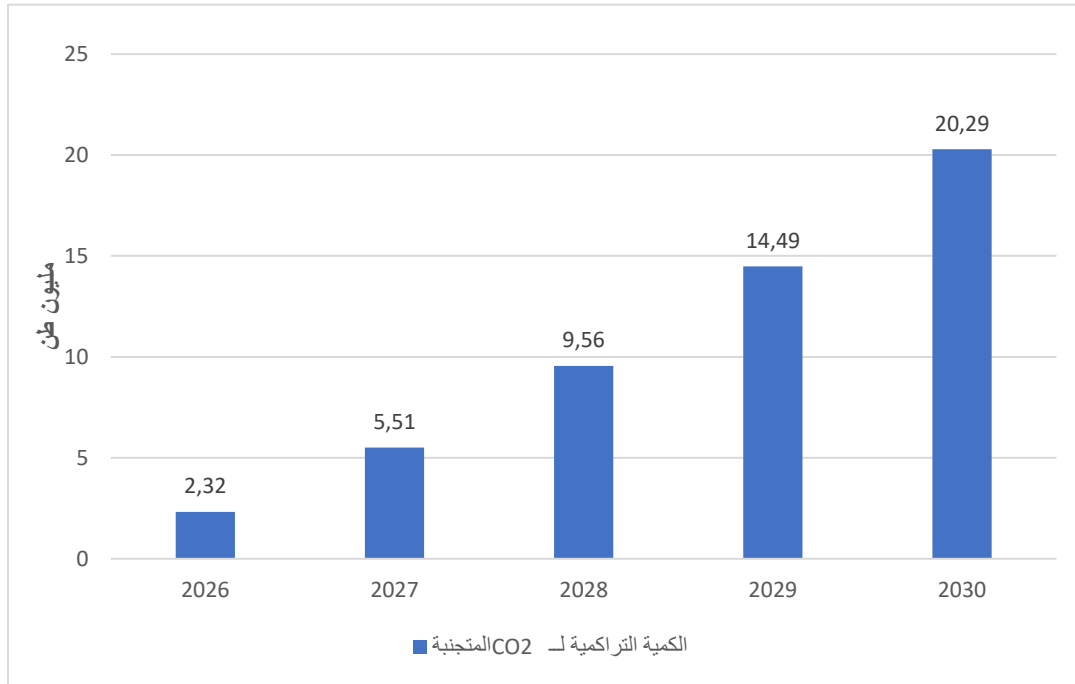
جدول رقم 24: انبعاثات CO₂ في ظلّ مسار الانتقال الطاقوي بآفاق 2030

الانبعاثات CO ₂ (المتجنبة (مليون طن))	انبعاثات CO ₂ باعتماد الطاقة الكهروضوئية (مليون طن)	انبعاثات CO ₂ باعتماد الغاز (مليون طن)	الكهرباء المنتجة (Gwh)	القدرة المتوقعة (Mw)	السنة
2,322	0,318	2,64	6000	4000	2026
3,193	0,437	3,63	8250	5500	2027
4,064	0,556	4,62	10500	7000	2028
4,935	0,675	5,61	12750	8500	2029
5,805	0,795	6,6	15000	10000	2030
20,319	2,8	23,1	52500	–	المجموع

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد مؤشر الانبعاثات.

ويمكن تلخيص محتوى الجدول (24) في تحديد تطور الانبعاثات المتجنبة في الفترة [2026-

2030] من خلال الشكل (152):



شكل رقم 152: تطوّر انبعاثات CO₂ التراكمية المتجنبة بآفاق 2030

المصدر: من إعداد الطالب باعتماد مؤشر الانبعاثات.

وبهذا يتوقع أن تتجنب الجزائر ما يقارب 20 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون وهو ما يمثل 10% من انبعاثات سنة 2024¹، وقد حددت الدولة الجزائرية ضمن استراتيجية المساهمة المحددة وطنياً NDCs في سنة 2015 أنها ستتمكن من تخفيض انبعاثات الغازات الدفيئة بنسبة تتراوح بين 7% إلى 22% بآفاق 2030، في ظلّ توفر الدعم الخارجي من حيث التمويل ونقل التكنولوجيا، في حين ستحقق تراجع بنسبة 7% من الانبعاثات بالوسائل الوطنية².

بلغت انبعاثات الكربون في الجزائر سنة 2015: 160,32 مليون طن وتطوّرت بمعدل 24% إلى غاية سنة 2024 حيث بلغت 198,2 مليون طن³، ولكي تتحقّق نسبة تخفيض الكربون بآفاق 2030 لا بدّ من بلوغ انبعاثات تقدّر بـ 149,09 مليون طن في سنة 2030.

¹ <https://ourworldindata.org/co2-emissions>. 05/02/2026. 18 :46.

² www.unfccc.int. INDC-Algeria, September 3rd 2015.

³ <https://ourworldindata.org/co2-emissions>. 05/02/2026. 18 :46.

المطلب الرابع: فرص وتحديات الانتقال الطاقوي في الجزائر

إنّ برنامج الانتقال الطاقوي في الجزائر يعدّ مسارًا استراتيجيًا نحو إعادة هيكلة طاقوية، ودعمًا لمسار حماية البيئة والمناخ، إلّا أنّه يظلّ مرتبطًا بمدى استثمار الفرص المتاحة وتجاوز التحديات التي تواجهه، وفي هذا المطلب نبحث فرص وتحديات مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر.

الفرع الأول: فرص الانتقال الطاقوي في الجزائر

تتسم بيئة الانتقال الطاقوي في الجزائر بجملة من الفرص، تتيح لها تجسيد برنامج انتقالها الطاقوي أهمها:

أولاً: الموقع الجغرافي والموارد الطاقوية والمنجمية:

تتمتع الجزائر بموقع جغرافي استراتيجي، وباعتبارها تتوسط دول شمال إفريقيا، حيث تربطها حدود برية مع دول المغرب العربي دون استثناء، كما تطلّ على البحر الأبيض المتوسط، وهذا ما يدعم تبادلها البيئي للطاقة، ويعزز تنافسيتها في توريد الطاقة لأوروبا، من خلال تقليل تكاليف سلاسل التوريد والحدّ من الهدر الطاقوي من جهة، وتوسيع استغلال شبكة النقل الطاقوي إلى شعب حديثة من الكهرباء النظيفة والهيدروجين الأخضر من جهة أخرى.

كما تعتبر الجزائر دولة غنية من حيث الموارد الطاقوية، سواءً الأحفورية من الغاز الطبيعي وغيره، أو من حيث الطاقة الشمسية بمعدلات إشعاع وبمدة سطوع هي الأعلى في العالم. كما يعتبر توافر المورد الطاقوي الأحفوري من الغاز الطبيعي والنفط باحتياطيات مؤكدة تدوم إلى آفاق 2050 فرصة عظيمة، بحيث يتيح لها برنامج الانتقال الطاقوي تامين هذه القدرات، واستغلالها بما يعظّم العائد منها، وهذا في ظل تغطية الطلب من خلال مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

ومن جانب آخر تمتلك الجزائر احتياطيات هامة من الثروة المنجمية من معادن ومركبات كيميائية ذات البعد الطاقوي، فإنّ القاعدة المنجمية للجزائر تشكل رافعة صناعية تدعم سلسلة القيمة

لطاقات المتجددة وتخزينها، حيث يعتبر الحديد والفوسفات والليثيوم والتي تمتلك الجزائر منها احتياطات معتبرة، هي المركبات الأساسية التي تتيح إنتاج بطاريات الليثيوم (LFP)، وفي هذا السياق قد تم توقيع مذكرة تفاهم بين البروفيسور كريم زغيب باعتباره من العلماء البارزين في الإنتاج العلمي والبحثي والمطورين لهذا النوع من التقنيات¹، والديوان الوطني للبحث الجيولوجي والمنجمي وفق ما أعلنت عليه وزارة الطاقة في صفحتها الرسمية بتاريخ 2024/04/12².

ثانياً: البنية التحتية للمنظومة الطاقوية

تمتلك الجزائر قاعدة إنتاج ونقل طاقوي تؤهلها لتجسيد برنامجها للانتقال الطاقوي، والذي يستدعي توفير شبكة نقل وتوزيع كهربائي ذات كفاءة وقدرة عالية، تسمح بنقل الطاقة من محطات الإنتاج إلى مناطق الاستغلال والتوريد، مع الحد من الهدر الطاقوي وتعزيز الكفاءة الطاقوية، وللجزائر شبكة وطنية واسعة لنقل الكهرباء ذات الجهد العالي 400 كيلوفولط، تتيح إمكانية دمج قدرات وطنية كبيرة من كهرباء الطاقات المتجددة ضمن المنظومة الكهربائية.

ومن جانب آخر فللجزائر شبكة أنابيب توريد الغاز الطبيعي عابرة للحدود، تتيح لها فرصة استغلالها في نقل الهيدروجين الأخضر مستقبلاً، خاصة في ظلّ اتفاقيات الربط الطاقوي الإقليمي بين الجزائر وأوروبا.

ثالثاً: الإطار المؤسسي والتوجه السياسي الداعم للانتقال الطاقوي

تعتمد الجزائر نظاماً مؤسسياً فاعلاً في مجال تطوير الطاقات المتجددة، وتعزيز الفعالية الطاقوية، من هيئات ومراكز بحث وجامعات متخصصة، تعدّ قاعدة تنظيمية وعلمية يمكن الاستفادة منها في دعم الابتكار المحلي والتأطير التقني لمشاريع الانتقال الطاقوي، بما تسمح به من تهيئة بيئة

¹ <https://www.researchgate.net/profile/Karim-Zaghib>. 23/02/2026. 10:52.

² <https://bit.ly/4rWdb4Z>. 23/02/2026. 10:57.

تنظيمية تعمل على استقطاب المستثمرين المحليين والأجانب في مجال الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية.

وتماشياً مع ما تمّ ذكره، فقد شهدت السنوات الأخيرة، تطوُّراً ملحوظاً في إدراج الانتقال الطاقوي ضمن أولويات السياسة العامة، وتجسّد هذا في صياغة البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي، لينتقل من مستوى الطرح النظري إلى مستوى التخطيط الاستراتيجي فالتنفيذ العملي.

كما يشكّل السياق الدولي في التحوّل نحو اقتصاد منخفض الكربون، فرصة داعمة لمسار الانتقال الطاقوي في الجزائر، وفي ظلّ تزايد الاهتمام بقضايا المناخ وظهور سوق الطاقة النظيفة، تتأكّد هذه الفرصة لتفتح أمام الجزائر إمكانيات ولوج سلاسل القيمة الطاقوية النظيفة.

الفرع الثاني: تحدّيات الانتقال الطاقوي في الجزائر

يواجه مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر تحدّيات عديدة، قد تحدّ وتؤثّر في وتيرة تحقيق أهدافه، أهمها:

أولاً: التحدّيات القانونية وتفعيل الحوافز القانونية

رغم تطوّر الإطار القانوني الذي يسمح بتطوير الطاقات المتجددة وتعزيز الفعالية الطاقوية، إلّا أنّه لا تزال الحاجة إلى قواعد قانونية توسّع من استغلال الطاقات المتجددة قائمة، وفي عديد القطاعات: المنزلية والصناعية والفلاحية وغيرها وفي طبيعة المتعاملين: الخواص والشركات.

حيث تفنّد الجزائر عديد القوانين التي تنظم تأسيس نظام طاقة متجددة للتوليد ذاتي للمنازل الخاصة، سواء من الطاقة الشمسية وغيرها، بما يحفّز التوجّه نحو الطاقة المتجددة من جهة، ويدعم الفعالية الطاقوية من خلال ترشيد الاستهلاك من جهة أخرى. كما تعتبر قوانين تسعيرة الشراء المضمونة والواردة في المرسوم التنفيذي 13-218 غير مفعّلة، وهي التي تتيح ضماناً للمستثمرين،

وتسمح بجذب رؤوس الأموال الخاصة، إذ يعدّ عدم تفعيل النصوص القانونية تحدّيًا أساسيًا في عدم وضوح الآليات التنظيمية ومزايا الاستثمار في الطاقات المتجددة.

ثانيًا: التحدّيات التقنية والمرتبطة بالمناخ المرتبطة بالطاقة الشمسية الكهروضوئية

تتميّز الطاقة الشمسية بالانقطاع، وهذا باعتبار تعلقها بأشعة الشمس، وهو ما يفرض تحديات تتعلق بمرونة الشبكة الكهربائية واقتران الأحمال، خاصة في ظل تنامي الطلب على الكهرباء في الفترة الصيفية، وهذا ما يفرض تحدّيًا آخر يتعلق بتطوير الشبكة الكهربائية وأتمنتها بما يتناسب وطبيعة الإنتاج الكهربائي المتجدد.

ومن جانب آخر فإنّ الفجوة الزمنية بين الإنتاج الكهربائي واستهلاكه، يشكّل تحدّيًا تقنيًا يتعلق بتخزين الطاقة، حيث أنّ محدودية البنية التحتية للتخزين تحدّ من إمكانية دمج نسب مرتفعة من الطاقات المتجددة، وهو ما يفرض استمرار الاعتماد على محطات الغاز لضمان استقرار الشبكة. كما يؤثّر الطابع المناخي للمناطق الصحراوية والداخلية على كفاءة الألواح الشمسية، حيث تحدّ درجات الحرارة العالية على كفاءة الألواح الشمسية ممّا يخفض إنتاجيتها¹. وفي ذات الصدد فإنّ تطاير الغبار والأتربة ووقوعها على سطح الألواح الشمسية، يؤدي إلى حجب الأشعة والحدّ من كفاءتها بما يبلغ 20% في ظلّ عدم تنظيفها لمدة 8 أسابيع². وهذا ما يضع اعتماد الطاقة الشمسية الكهروضوئية أمام تحدّ آخر، وهو ارتفاع الاحتياجات من المياه المستعملة في تنظيف الألواح الشمسية وإزالة الأتربة بشكل دوري. ويتأكد هذا التحدّي في المناطق الجافة.

¹ Hudişteanu, V.-S., Cherecheş, N.-C., Ţurcanu, F.-E., Hudişteanu, I., & Romila, C.. Impact of Temperature on the Efficiency of Monocrystalline and Polycrystalline Photovoltaic Panels: A Comprehensive Experimental Analysis for Sustainable Energy Solutions. Sustainability, 16(23), 10566.2024. <https://doi.org/10.3390/su162310566>.

² Kazem, H. A., Chaichan, M. T., Al-Waeli, A. H. A., Al-Badi, R., Fayad, M. A., & Gholami, A. Dust impact on photovoltaic/thermal system in harsh weather conditions. Solar Energy, 2022. 245, 308–321. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.09.012>.

ثالثاً: ثقافة الاستهلاك ونمط السلوك الطاقوي للمجتمع الجزائري

يعدّ نمط سلوك الأفراد وثقافة المستهلك حول استغلال الطاقة، أحد أهم التحديات التي تواجه مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر، حيث وفي ظلّ انخفاض أسعار الطاقة ينخفض الحافز الاقتصادي للأسر والمؤسسات في ترشيد الاستهلاك واعتماد آليات العزل الحراري واختيار الأجهزة الكهرو منزلية ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة والكفاءة العالية، ومن جانب آخر تتكرّس ثقافة الاعتماد على استغلال الوقود الأحفوري وعدم التوسّع إلى اعتماد ألواح الطاقة الشمسية الكهروضوئية وأنظمة التسخين الشمسي للمياه، وهو ما يدفع بقوة إلى نمو الطلب المحلي وتقليص الفوائض الموجهة للتصدير.

بيّنت نتائج تقييم مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر أنّ الطاقة الشمسية الكهروضوئية هي الشعبة المعتمدة لقيادة التحوّل إلى مزيج طاقي ينتج ما يقدر بـ 15 تيراواط ساعي سنوياً بأفاق 2030، وبمشاريع ذات مردودية مالية إيجابية، فضلاً عن الدعم التنموي في توفير الغاز الطبيعي وخلق مناصب الشغل، ودعم الاستدامة البيئية، وفي مسار تجسيد الجزائر برنامج انتقالها الطاقوي تتاح لها فرص تسهم في تسريع وتيرة الإنجاز، أهمها: إمكاناتها الطبيعية والبنية المادية والمؤسساتية وغيرها، كما أنّها تواجه تحديات تعيق هذا المسار أهمها: الدعم القانوني والتحديات التقنية لشعب الطاقة المتجددة، والنمط السلوكية لاستغلال الطاقة في المجتمع.

خلاصة الفصل

أبرز هذا الفصل أنّ النظام الطاقوي في الجزائر، ما يزال يعتمد بدرجة كبيرة على الوقود الأحفوري، ولا سيما الغاز الطبيعي، الذي يشكّل المصدر الأساسي لنظام الإنتاج الكهربائي، وفي ظل ارتفاع الطلب المحلي على الطاقة المحدودة من حيث احتياطياتها من جهة، وتزايد التحديات البيئية لنموذج الطاقة الأحفورية وما تحوزه الجزائر من إمكانيات وموارد طبيعية هامة واستثنائية من جهة أخرى، تتجلى أهمية خيار الانتقال الطاقوي كضرورة استراتيجية، ولهذا أوجدت الجزائر أطر مؤسسية وقانونية دفعت نحو الانتقال الطاقوي من خلال صياغة برامج تدعم تطوير الطاقات المتجددة وتعزيز الفعالية الطاقوية. لينطلق إنجاز هذه المشاريع سنة 2011 بقدرة 511,2 ميغاواط من الطاقات المتجددة إلى غاية صدور البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي 2020، وفي سنة 2024 تمّ الإمضاء على مشاريع نوعية بقدرة 3200 ميغاواط، حيث يرتقب أن تسهم في إعادة هيكلة جزئية لمزيج الطاقة الكهربائية بحصة 10% من الطاقة الشمسية الكهروضوئية بآفاق 2030، وتسهم في إنعاش التنمية الاقتصادية بما تحقّقه من مردودية مالية، ومزايا اقتصادية واجتماعية، كما تسهم في الحدّ من الانبعاثات الكربونية والغازات الدفيئة التي تلوث البيئة والمناخ.

إنّ مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر يظلّ مساراً واعداً من حيث الآثار الاقتصادية والبيئية، وقد أخذت الجزائر زماماً معتبراً في تقييم أداء الطاقات المتجددة حسب الشعب المتاحة، ما سمح لها بوضع البرنامج الوطني بهدف إنجاز 15000 ميغاواط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية تتيح له عديد العوامل والمتغيرات تسريع تجسيده من إمكانيات طبيعية وهيكلية مؤسسية وغيرها، كما تعيقه عديد التحديات من حوافز قانونية وعوامل مناخية وأنماط سلوكية وغيرها، ومن هذا يتبيّن أن مسار

الانتقال الطاقوي يتطلب المزيد من الفعالية والتنسيق لضمان التحول الهيكلي إلى منظومة طاقوية أكثر تنوعًا واستدامة.

الخاتمة

الخاتمة:

تعتبر الطاقة ركيزة أساسية في تحقيق التنمية وإعادة هيكلة أنماطها، وقد حدّدت مسار النمو الاقتصادي والاجتماعي، بدءًا من الفحم ودوره في الثورة الصناعية، ومرورًا بالنفط والغاز الطبيعي في القرن العشرين، وصولًا إلى الانتقال الطاقوي الراهن نحو مصادر طاقوية نظيفة ومتجددة. ورغم كون الوقود الأحفوري ذو بصمة كربونية عالية، ارتبطت بها ظاهرة التغيّر المناخي والاحتباس الحراري، إلّا أنّه لا يزال يشكل الدعامة الأساسية لمنظومة الطاقة العالمية، غير أنّ هذا المشهد لم يمنع من بروز انتقالٍ تدريجي ونموٍ نوعي في اعتماد الطاقات المتجددة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وغيرها، مدفوعًا بالالتزامات الدولية اتجاه المناخ وانخفاض تكاليف الاستثمار والتطور التكنولوجي وغيره، ممّا أدّى إلى تنامي القدرات المركبة من الطاقات المتجددة عالميًا، مع تفاوتٍ بين الدول باعتبار البعد الاقتصادي والسياسي لها.

وفي هذا السياق، تبرز حالة الجزائر والتي تعتمد بصفة شبه كلية على الوقود الأحفوري، ممثلاً في الغاز الطبيعي بالدرجة الأولى، سواءً في تركيبة مزيجها الطاقوي، أو تركيبة صادراتها، ومع أنّ الغاز الطبيعي هو الأقل انبعاثًا لثاني أكسيد الكربون مقارنة ببقية المصادر الأحفورية الأخرى، إلّا أنّه يظل من المصادر الناضبة التي تواجه تناميًا في الطلب الداخلي بوتيرة متسارعة، وبناءً على هذه المعطيات استجابت الجزائر من خلال تأسيس مؤسسات وبرامج تهدف لتطوير الطاقات المتجددة وتعزيز الفعالية الطاقوية، آخرها كان تحديث البرنامج الوطني للانتقال الوطني 2020، والذي يهدف إلى إنجاز 15000 ميغاواط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية بآفاق 2035، وقد شرعت في تنفيذ هذا المخطط بإطلاق مشاريع طموحة سنة 2024، بقدرة 3200 ميغاواط يرتقب منها أن تسهم في

تجنب البيئة والمناخ انبعاثات الغازات الدفيئة، وتشمين الموارد الطاقوية من الغاز وغيره بما يعزز أمن الجزائر الطاقوي، فضلا عن استغلال جزء من الإمكانيات الطبيعية الهامة في مجال الطاقة الشمسية.

اختبار الفرضيات:

من أجل تحليل وتقييم مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر آفاق 2030، قمنا باقتراح مجموعة من الفرضيات التي تم اختبارها من خلال محاور هذه الدراسة، وقد أفضت نتائج هذا الاختبار إلى ما يأتي:

الفرضية الأولى: استمرار هيمنة الوقود الأحفوري على منظومة الطاقة العالمية مع ما تشهده حصة الطاقات المتجددة من تطور.

أثبت تحليل مشهد المنظومة الطاقوية صحة هذه الفرضية حيث أظهرت النتائج استحواذ الوقود الأحفوري على 80% من المزيج الطاقوي، و60% من مزيج الطاقة الكهربائية، مع استمرار نمو الطلب على مركبات الوقود الأحفوري، بما يؤكد أهميته في مستقبل سلاسل التوريد الطاقوية. **الفرضية الثانية:** يشهد العالم توجهًا متسارعًا في الانتقال الطاقوي من خلال تطوير الطاقات المتجددة وتعزيز الكفاءة الطاقوية.

دعمت نتائج التحليل المشهد العالمي في مجال الانتقال الطاقوي هذه الفرضية، حيث تطورت القدرات المركبة من الطاقة الطاقات المتجددة بمعدلات عالية بلغت 120% في الفترة 2013-2023، مع تحسن الكفاءة الطاقوية من خلال مؤشرات كثافة الطاقة، مع وجود فجوات واضحة بين الدول.

الفرضية الثالثة: نجاح مسار الانتقال الطاقوي يرتبط باستقرار التوجه السياسي وتكامل الإطار التنظيمي بما يدعم حفظ البيئة وتحقيق التنمية الاقتصادية.

قد أثبتت دراسة نموذج جنوب إفريقيا صحة هذه الفرضية، حيث أظهر استقرار الإطار السياسي، وتكامل عناصر المنظومة الطاقوية، بلوغ نموذج أتاح لها تحقيق قدرة مركبة بـ 16272 ميغاواط في سنة 2024، مع تطوّر الناتج المحلي الإجمالي، في مقابل انخفاض كثافة الطاقة والذي يعدّ مؤشرًا إيجابيًا على تحسن الكفاءة الطاقوية.

الفرضية الرابعة: تمتلك الجزائر مقومات موضوعية لتطوير الطاقات المتجددة وتعزيز الفعالية الطاقوية.

أثبتت نتائج تحليل مقومات الانتقال الطاقوي للجزائر أنّها تتوفر على إمكانات طبيعية معتبرة وباحتياجات استثنائية، وبنية تحتية ذات بعد استراتيجي، وأطر مؤسسية تتيح لها إعادة هيكلة منظومتها الطاقوية بمزيج طاقي يدعم الاستدامة والفعالية الطاقوية.

الفرضية الخامسة: مسار انتقال الجزائر الطاقوي لا يزال في مرحلة الانطلاق، ويتصوّر أنّ تحقق تحوّلًا هيكليًا لمنظومة الطاقة بآفاق 2030.

أثبتت الدراسة صحة فرضية أنّ الجزائر لا تزال في مرحلة الانطلاق، وهذا باعتبار القدرة التي حققتها الجزائر إلى غاية سنة 2023 بـ 511 ميغاواط من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، منذ إطلاق أول برنامج وطني سنة 2011، ومن جانب آخر، لا تزال مشاريع 3200 ميغاواط قيد الإنجاز.

غير أنّ فرضية تحقيق تحوّل هيكلي في نظام الطاقة بآفاق 2030، تفنّدها نتائج تحليل المشاريع المعلن عنها، حيث يتصوّر أنّ تبلغ القدرة المركبة من الطاقات المتجددة 10000 ميغاواط بآفاق 2030، وهو ما يمكن أن يتيح لها إنتاجًا طاقيًا يقدر بـ 15 تيراواط ساعي، وهو ما لا يتجاوز 15% من المزيج الكهربائي المتوقع للجزائر في آفاق 2030، ولكن يعتبر تحقيق هذه القدرة خطوة تأسيسية جادة، تمهّد لمرحلة أكثر عمقًا في إعادة هيكلة المنظومة الطاقوية، مع ما تحقّقه من أثر تنموي اقتصادي وبيئي واجتماعي.

نتائج الدراسة:

توصلت الدراسة إلى النتائج التالية:

1- استمرار مركزية الوقود الأحفوري في منظومة الطاقة العالمية، حيث أثبتت الدراسة أن الوقود الأحفوري لا يزال يمثل الدعامة الأساسية للعرض الطاقوي الكلي وإنتاج الطاقة الكهربائية، وهو ما جعله المورد الأساسي لتنمية مختلف القطاعات الاقتصادية، ويتوقع أن يظل على هذا الحال إلى ما بعد آفاق 2030، مع ما يرافقه من آثار وخيمة على البيئة والمناخ.

2- تسارع نمو الطاقات المتجددة دون بلوغ إعادة الهيكلة الطاقوية، حيث توصلت الدراسة إلى أن الاتجاهات العامة لتطور الطاقات المتجددة تسجل نموًا عاليًا في القدرات المركبة، مدفوعًا بالتطور التكنولوجي وانخفاض التكاليف والسياسات الدولية اتجاه المناخ والبيئة الداعمة لها. غير أنها تتطلب مدى زمني طويل الأجل، لتبلغ حصة هامة في المزيج الطاقوي العالمي.

3- التفاوت بين الدول في مسار الانتقال الطاقوي يرتبط بالبنية الهيكلية لموارد الطاقة، حيث توجّهت الدول ذات العجز في موارد الوقود الأحفوري إلى تبني سياسات انتقال طاقوي مبكرة، مدفوعة باعتبارات أمن الطاقة وتقليص التبعية الخارجية، بخلاف التي تتوفر على موارد أحفورية، والتي اتسم مسارها بدرجة أعلى من التدرّج. وفي ذات السياق توصلت الدراسة إلى أن الرؤية الاستراتيجية التي نجحت في صياغة سياسة طاقوية شاملة، في ظل توفر بنية تحتية واستقرار أطر قانونية، استطاعت تحقيق توازن بين استغلال مواردها الأحفورية والانخراط التدريجي في مسار التحول نحو الطاقات النظيفة.

4- تسهم آلية المناقصة التنافسية في إنجاز مشاريع الطاقة المتجددة بما يخفض تكاليف الطاقة، حيث توصلت الدراسة من خلال تحليل نموذج الانتقال الطاقوي في جنوب إفريقيا، إلى أن اعتماد آلية نوافذ العروض يشكل أداة ناجعة في تطوير حصة الطاقات المتجددة وتخفيض تكاليف

الكهرباء من مصادرها، واستقطاب المستثمرين الخواص بما لا يحدّ من سيادة الدولة في استقرار سوق الطاقة، باعتبارها الموزّع الوحيد عبر الشبكة.

5- امتلاك الجزائر لمقومات موضوعية لتجسيد مسار انتقالها الطاقوي، حيث توصلت الدراسة إلى أنّ إمكانيات الجزائر الطبيعية من الطاقة الشمسية تتيح لها استغلال 0,042% من مساحتها لتغطية الطلب المحلي على الكهرباء، كما أنّ الجزائر تحوز بنية تحتية قائمة، وخبرة مؤسساتية في إطار قطاع الطاقة، ما يمكنها من إعادة هيكلة تدريجية للمزيج الطاقوي الوطني بما يدعم أمنها الطاقوي.

6- لا يزال مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر في طور التأسيس، دون بلوغ مرحلة التحوّل البنيوي، حيث توصلت الدراسة إلى أنّ البرنامج الوطني للانتقال الطاقوي 2020، وبعد مرور ستة سنوات من إنطلاقه، لا تزال مساهمة الطاقات المتجددة في المزيج الطاقوي محدودة جدًّا، ورغم الشروع في تنفيذ مشاريع طموحة بقدرات معتبرة 3200 ميغاواط، إلا أنّها لا ترقى إلى إحداث انتقال هيكلي في مزيج الطاقة في الجزائر بآفاق 2030. غير أنّ التنفيذ الكامل للأهداف المسطرة يشكّل خطوة حقيقية تمهّد لمرحلة أكثر تقدّمًا في مسار الانتقال الطاقوي.

7- توصلت الدراسة إلى أنّ مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية 2000 ميغاواط وصولاً 1000 ميغاواط مجدية ماليًا، في ظل عوامل استثمار محددة: معدل التضخم، وساعات التشغيل، وكفاءة الألواح الشمسية وغيرها، حيث تتيح استرداد قيمة المشروع في فترة تقدر بـ 15 إلى 16 سنة. وبالإضافة إلى المردودية المالية، فلمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية بآفاق 2030، أثر تنموي على المستوى الاقتصادي بتوفير ما يقارب 160 مليار م³ من الغاز الطبيعي، وتوفير ما يقارب 50000 منصب شغل، وتجنّب 20,29 مليون طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون،

غير أنه يجدر بنا أن ندكر بأهم التحديات التي تواجهها من تحديات قانونية ومناخية والتوجه السلوكي للمستهلك في استغلال الطاقة في الجزائر.

التوصيات والاقتراحات:

استناداً إلى النتائج المتوصل إليها من خلال الدراسة التحليلية لتقييم مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر، نُقدّم جملة من المقترحات الكفيلة بدعم هذا المسار، وتعزيز فعاليته كما يلي:

1- بناء قاعدة معرفية داعمة للانتقال الطاقوي، من خلال تعزيز البحث العلمي التطبيقي في مجال الطاقات المتجددة، وتخزين الطاقة، والهيدروجين الأخضر، والكفاءة الطاقوية، بإنشاء مراكز متخصصة، وتشجيع الشراكات بين الجامعات والمؤسسات الطاقوية، مع الاستفادة من الكفاءات والعلماء الجزائريين في ذات القطاع، من خلال إشراكهم في النشاطات البحثية وصياغة البرامج الوطنية.

2- إرساء إطار قانوني متكامل وواضح، يدعم ويحفّز اعتماد الطاقة المتجددة، سواء لأصحاب السكنات الفردية والمنشآت الاقتصادية والإدارات العمومية، بإنتاج جزء من احتياجاتهم من الكهرباء (التوليد الذاتي)، مع إمكانية التوريد العكسي للشبكة باعتماد مبدأ المقاصة الطاقوية خاصة في فترة الذروة.

3- اعتماد نموذج المنتجين المستقلين للطاقة IPP إلى جانب نموذج الهندسة والتوريد والبناء EPC، هذا الأخير، تعتمد الجزائر في منح عروض المناقصات، حيث تتولى بموجبه الشركات إنجاز المشروع، ثم تسليمه إلى شركة سونلغاز للتشغيل، وبهذا الاعتبار تبقى الدولة الفاعل الأساسي في التمويل والتشغيل، وعليه يوصى بتوسيع العمل بنموذج المنتجين المستقلين للطاقة، القائم على تمكين المستثمرين الخواص من تمويل وبناء وتشغيل محطات إنتاج الكهرباء من الطاقات

المتجددة، وبيع صافي التوريد بموجب عقد شراء طويل الأجل، وهو ما يجذب رؤوس الأموال الخاصة ويرفع من تنافسية خفض تكاليف الكهرباء.

4- رقمنة إجراءات المناقصات، ومعالجة عروض الشركات المتقدمين، بما يسمح من تجنب بطء آليات معالجة المناقصات، وتأخر تجسيد المشاريع، ويستدل على ذلك بطول المدة التي استغرقها مشروع صولار 1000 بين الإعلان والانطلاق الفعلي في التنفيذ (ثلاث سنوات)، حيث يوصى بإنشاء منصات إلكترونية متكاملة لاستقبال العروض وتقييمها بصفة رقمية وشفافة، وتقليص للأثر البيروقراطي للهيئات الفاعلة في القطاع.

آفاق الدراسة:

لقد تمكنا من خلال هذه الدراسة، من إعطاء صورة عن واقع مسار الانتقال الطاقوي في الجزائر، وآفاقه المستقبلية، في ضوء التحولات العالمية المتسارعة لأنظمة الطاقة. كما مكّنت هذه الدراسة من إبراز أهم التحديات التي تعترض هذا المسار، ومتطلبات التكامل الصناعي لتجسيده، ولا شك أنّ النتائج التي توصلنا إليها تفتح آفاقاً بحثية متعددة تؤكد أنّ موضوع الانتقال الطاقوي في الجزائر لا يزال مجالاً خصباً للدراسة والتحليل، خاصة في ظل التحولات الجيوطاقوية في العالم، وتساعد رهانات الأمن الطاقوي والمناخي. ومن بين أهم هذه المواضيع التي يمكن أن تشكل امتدادا علميا لهذه الدراسة ما يلي:

- 1- أثر إصلاح سياسة الدعم الطاقوي في الجزائر على تجسيد الانتقال الطاقوي.
- 2- آفاق تطوير الهيدروجين الأخضر في الجزائر في ظل تحولات إمداد الطاقة في أوروبا.
- 3- كهربة قطاع النقل في الجزائر بين المتطلبات الطاقوية والصناعية.
- 4- أثر إدماج أنظمة تخزين الطاقة على استقرار المنظومة الطاقوية الجزائرية.
- 5- الحوكمة الطاقوية في الجزائر: متطلبات الإطار المؤسسي بين الفرص والتحديات.

6- أثر التحول نحو الطاقات المتجددة على مؤشرات الأمن الطاقوي في الجزائر: دراسة قياسية.

قائمة المراجع

❖ باللغة العربية:

● الكتب:

1. د. توات نصر الدين، الاستثمار في الطاقات المتجددة-الواقع والآفاق، دار أسامة، عمان، الأردن، (2020).

● الأطروحات:

1. بوعشة إسمهان، جدوى استغلال الطاقة الشمسية كطاقة متجددة وإمكانية استخدامها في التبادلات التجارية الخارجية (دراسة حالة الجزائر)، أطروحة دكتوراه، جامعة محمد خيضر بسكرة، السنة الدراسية (2019/2018).
2. بوكريطة، أ. المسؤولية الدولية عن الأضرار الناتجة عن الاستخدام السلمي للطاقة النووية، أطروحة دكتوراه، كلية الحقوق جامعة الجبالي اليايس سيدي بلعباس، (2021).
3. سياري نورة، وسائل النقل الحديثة وتحدي الانتقال الطاقوي -دراسة حالة الجزائر، أطروحة دكتوراه، جامعة قسنطينة 2 - عبد الحميد مهري-، السنة الجامعية (2023/2022).
4. عبد الرزاق حمزة، إستراتيجية الجزائر في تطوير الطاقات المتجددة كبديل للطاقة النفطية دراسة مقارنة مع إيران والسعودية، أطروحة دكتوراه العلوم الاقتصادية، جامعة محمد بوضياف - المسيلة، السنة الدراسية (2018/2017).

● المجالات:

1. أ. بوكرة كميلية، أ.د. عبد الوهاب شمام، طاقة الكتلة الحيوية بين إشكالية الأمن الطاقوي ومعضلة ارتفاع أسعار الغذاء، مجلة رؤى اقتصادية، العدد (11)، (2016).

2. أ.د. عبد الرحمان مغاري، د. صابية مختار، استراتيجية النهوض بالطاقات الجديدة والمتجددة كسبيل لتحقيق التحول الطاقوي بالجزائر، مقال نشر بالمجلة الدولية للأداء الاقتصادي، العدد الثالث، (2019).
3. بن شولاق، ع. بن حسين، ن. أثر تحسين الكفاءة الطاقوية على الأداء البيئي للمؤسسات الصناعية دراسة حالة مؤسسة الإسمنت الحامة بوزيان SCHB-قسنطينة. مجلة معهد العلوم الاقتصادية، 27(1). (2024).
4. د. بن لخضر عيسى، يوسف افتخار، واقع الطاقات المتجددة في الجزائر وآفاقها المستقبلية - دراسة تقييمية-، مقال نشر في مجلة الدراسات التجارية والاقتصادية المعاصرة، المجلد 03، العدد 02، (2020).
5. د. خالد على عراقي، أمن الطاقة النووية بدولة الإمارات العربية المتحدة. مجلة الحقوق للبحوث القانونية والاقتصادية، 2 (1) ، 420-474. (2018)
doi:<https://dx.doi.org/10.21608/lalexu.2018.192489>
6. صبا رشيد جبير. دور الأمم المتحدة في الحد من التغير المناخي وأثره على الأمن البيئي العالمي. مجلة العلوم السياسية، العدد 67، (2024).
<https://doi.org/10.30907/jcopolicy.vi67.700>
7. رائد علي، أحمد اليساري، الثورة الصناعية الرابعة ودورها في تطوير كفاءة استخدام الطاقة، مقال منشور في مجلة الشرق الأوسط للعلوم الإنسانية والثقافية، المجلد 1، العدد 5، 2021.
8. عبد الحميد رولامي، تحولات سوق الغاز الأوروبي بعد حرب روسيا-أوكرانيا ومكانة الغاز الجزائري اتجاه المنافسين، مقال نشر: مجلة اقتصاديات شمال إفريقيا، المجلد 19، العدد 31 (2023). <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/216346>

9. عطاء الله توفيق، دمان دبيح عماد. دور الطاقة النووية في تحقيق التنمية المستدامة. المجلة الجزائرية للأمن والتنمية المجلد 10، العدد 3، (2021).
10. يعقوب سلمى، لجناف عبد الرزاق، الانتقال الطاقوي وأفاق الاستدامة البيئية في ظل عصرنة الجماعات المحلية دراسة تحليلية حالة الجزائر 2020-2023، مقال في مجلة الإدارة والتنمية للبحوث والدراسات، المجلد 14، العدد 01 جوان (2025).

• القوانين:

1. مرسوم رقم 85-235 ممضي في 25 غشت 1985، وزارة الصناعة الثقيلة، الجريدة الرسمية عدد 36 مؤرخة في 28 غشت 1985، الصفحة 1298.
2. مرسوم تنفيذي رقم 13-218 ممضي في 18 يونيو 2013، وزارة الطاقة والمناجم، الجريدة الرسمية عدد 33 مؤرخة في 26 يونيو 2013، الصفحة 4، يحدد شروط منح العلاوات بعنوان تكاليف تنويع إنتاج الكهرباء.
3. مرسوم تنفيذي رقم 17-98 ممضي في 26 فبراير 2017، وزارة الطاقة، الجريدة الرسمية عدد 15 مؤرخة في 05 مارس 2017، الصفحة 3، يحدد إجراء طلب عروض لإنتاج الطاقات المتجددة أو المنبثقة عن الإنتاج المشترك وإدماجها في المنظومة الوطنية للتزويد بالطاقة الكهربائية.
4. مرسوم تنفيذي رقم 19-280 ممضي في 20 أكتوبر 2019، مصالح الوزارة الأولى، الجريدة الرسمية عدد 65 مؤرخة في 24 أكتوبر 2019، الصفحة 14، يتضمن إنشاء محافظة للطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية وتنظيمها وسيرها.
5. قانون رقم 05-07 ممضي في 28 أبريل 2005، وزارة الطاقة والمناجم، الجريدة الرسمية عدد 50 مؤرخة في 19 يوليو 2005، الصفحة 3 يتعلق بالمحروقات.

6. قانون رقم 04-09 ممضي في 14 غشت 2004، وزارة الطاقة والمناجم، الجريدة الرسمية عدد 52 مؤرخة في 18 غشت 2004، الصفحة 9، يتعلق بترقية الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة.

• المواقع الالكترونية وقواعد البيانات:

1. موقع Energy Institute [/https://energyinst.org](https://energyinst.org)
2. موقع [/http://dailyinvestor.com/energy](http://dailyinvestor.com/energy)
3. موقع <https://globalsolaratlas.info/map>
4. موقع <https://globalwindatlas.info/>
5. موقع <https://solargis.com/>
6. موقع <https://www.energy-infrastructure.uw.edu/>
7. موقع [/https://www.energy-infrastructure.uw.edu](https://www.energy-infrastructure.uw.edu)
8. موقع <https://www.researchgate.net/>
9. موقع www.solarpowereurope.org
10. موقع اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي www.unfccc.int
11. موقع الأمم المتحدة، <https://www.un.org/>
12. موقع المحافظة السامية للطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية، <https://www.cerefe.gov.dz/>
13. موقع الهيئة الوطنية لتنظيم الطاقة في جنوب أفريقيا [/https://www.nersa.org.za](https://www.nersa.org.za)
14. موقع الوكالة الدولية للطاقة [/https://www.iea.org](https://www.iea.org)
15. موقع الوكالة الدولية للطاقة الذرية، <https://www.iaea.org/>
16. موقع الوكالة الوطنية لتطوير استخدام الطاقة وترشيده، <https://aprue.org.dz/>
17. موقع بنك التنمية الجديد [/https://www.ndb.int](https://www.ndb.int)
18. موقع تجمع الطاقة الخضراء، <https://gce-algeria.com/>
19. موقع حكومة جنوب إفريقيا [/https://www.gov.za](https://www.gov.za)
20. موقع سوناطراك، <https://sonatrach.com>
21. موقع سونلغاز، <https://www.sonelgaz.dz/>
22. موقع شركة إسكوم [/https://www.eskom.co.za](https://www.eskom.co.za)

23. موقع قاعدة البيانات Our world in data www.Ourworldindata.org/
24. موقع لجنة ضبط الكهرباء والغاز، <https://creg.gov.dz/>
25. موقع مجموعة البنك الدولي، [/https://www.albankaldawli.org](https://www.albankaldawli.org)
26. موقع مدونة البنك الدولي <https://blogs.worldbank.org/>
27. موقع مركز أبحاث تكنولوجيا أشباه الموصلات للطاقة، <http://crtse.dz/>
28. موقع مركز تطوير الطاقات المتجددة، <https://www.cder.dz/>
29. موقع مصالح الوزير الأول، <https://www.premier-ministre.gov.dz/>
30. موقع مكتب منتجي الطاقة المستقلين <https://www.ipp-projects.co.za/>
31. موقع منشورات أوبك <https://publications.opec.org/>
32. موقع منصة swissinfo [/https://www.swissinfo.ch/eng](https://www.swissinfo.ch/eng)
33. موقع منصة الطاقة، <https://attaqa.net/>
34. موقع وزارة الطاقة للولايات المتحدة: <https://www.energy.gov/eere/>
35. موقع وزارة الموارد المعدنية والطاقة لجنوب إفريقيا <https://www.dmre.gov.za>
36. موقع وكالة الطاقة الدولية IEA Bioenergy [/https://www.ieabioenergy.com](https://www.ieabioenergy.com)

❖ باللغة الأجنبية:

- **Theses:**

1. Khadidja Sakhraoui, **Energy Transformation in the MENA Region: Sustainable Pathways for Algeria and Morocco**, degree Doctor of Economic Sciences, University of Berlin, Berlin, (2025).

- **Scientific journals:**

- 1.: Kumar, A., and others, Hydropower. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2011.
- 2.: Walsh, K., Theron, R., & Reeders, C. Estimating the economic cost of load shedding in South Africa. In Paper submission to Biennial Conference of the Economic Society of South Africa (ESSA) . (2021) (Vol. 22, No. 1, pp. 1-22).
3. A. Holzer and Le Anh Tuan, "Effects of nuclear power phase-out in Germany on the Austrian power system," IEEE Eindhoven PowerTech, Eindhoven, Netherlands, (2015), pp. 1-6, [https://doi-org.www.snd11.arn.dz/10.1109/PTC.2015.7232505](https://doi.org/www.snd11.arn.dz/10.1109/PTC.2015.7232505) .
4. Adebiyi, A., & Moloi, K. **Renewable Energy Source Utilization Progress in South Africa: A Review**. Energies, 17, 3487. (2024), <https://doi.org/10.3390/en17143487>.
5. Aguilar Jaber, A., et al. "Long-term low emissions development strategies: Cross-country experience", *OECD Environment Working Papers*, No. 160, OECD Publishing, Paris, (2020), <https://doi.org/10.1787/1c1d8005-en>.

6. Akom, K., Shongwe, T., & Joseph, M. K. **South Africa's integrated energy planning framework, 2015-2050**. Journal of Energy in Southern Africa, 32, 68–82. (2021), <https://doi.org/10.17159/2413-3051/2021/v32i1a8517>.
7. Binhazzaa, Z. **Hydrocarbons Are the Backbone of Sustainable Civilization**. Preprints (2024), 2024030780. <https://doi.org/10.20944/preprints202403.0780.v1>
8. Bolt and van Zanden - **Maddison Project Database** – with minor processing by Our World in Data, (2023). <https://ourworldindata.org/grapher/gdp-per-capita-maddison-project-database>.
9. Boukhatem, I., Oei, PY. **Fossil gas lock-in risks: analysis of Algeria's electricity sector and implications for a renewable energy transition**. *SNF* 31, 25–40, (2023). <https://doi.org/10.1007/s00550-024-00532-2>
10. Chow, E. C., & Rincon-Romero, J.-A. **Energy and the Economy in North America**. In The Palgrave Handbook of International Energy Economics (pp. 713–729). Palgrave Macmillan, Cham. (2022), https://doi.org/10.1007/978-3-030-86884-0_35.
11. Eberhard, A., & Naude, R. **The South African Renewable Energy IPP Procurement programme**. (2017), <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11612.80007>.
12. Erero, J. L. **Impact of loadshedding in South Africa: A CGE analysis**. Journal of Economics and Political Economy, 10(2), 78-94. (2023), <https://journals.econsciences.com/index.php/JEPE/article/view/2448>.
13. Falduto, C.; Rocha, M. **Aligning Short-Term Climate Action with Long-Term Climate Goals: Opportunities and Options for Enhancing**

- Alignment between NDCs and Long-Term Strategies**; OECD: Paris, (2020). <https://doi.org/10.1787/7c980fce-en>.
14. Ferial MANSOURI, **TRANSITIONING TO RENEWABLE ENERGY: A PATHWAY FOR ACHIEVING NET-ZERO POWER GENERATION IN ALGERIA BY 2050**, Revue d'Economie et de Statistique Appliquée Volume 21 number 02, December (2024).
 15. Ghandir Hatem, Siagh Ahmed Ramzi, **Algerian Energy Policy after 2020 Comparative SWOT Analysis for Promoting Renewable Energy and Shale Gas: Priorities, Opportunities and Challenges**, Roa Iktissadia REVIEW, V10, N02, (2020).
 16. Gitelman, L., & Kozhevnikov, M. **New Approaches to the Concept of Energy Transition in the Times of Energy Crisis**. Sustainability, 15, 5167. (2023), <https://doi.org/10.3390/su15065167>.
 17. Hannah Ritchie, **"What are the safest and cleanest sources of energy?"** Published online at OurWorldinData.org. (2020), <https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy>.
 18. Heidarykiany, R., & Ababei, C. **HVAC energy cost minimization in smart grids: A cloud-based demand side management approach with game theory optimization and deep learning**. Energy and AI, 16, 100362. (2024), <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2024.100362>.
 19. Henderson, J., Mitrova, T. **Implications of the Global Energy Transition on Russia**. In: Hafner, M., Tagliapietra, S. (eds) The Geopolitics of the Global Energy Transition. Lecture Notes in Energy, vol 73. Springer, Cham. (2020) https://doi.org/10.1007/978-3-030-39066-2_5.
 20. Himri, Y.; Rehman, S.; Mostafaeipour, A.; Himri, S.; Mellit, A.; Merzouk, M.; Merzouk, N.K. **Overview of the Role of Energy Resources in Algeria's Energy Transition**. Energies (2022), 15, 4731. <https://doi.org/10.3390/en15134731>

21. Huang, H., Zhao, J., Liu, H., Ren, S., Liu, M., Liu, H., An, F., Guo, Y., & An, H. **Research on the crisis propagation in the global coal trade under the Russia-Ukraine conflict.** Scientific Reports, 13(1), 15954. (2023), <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42643-8>.
22. Hudişteanu, V.-S., Cherecheş, N.-C., Ţurcanu, F.-E., Hudişteanu, I., & Romila, C. **Impact of Temperature on the Efficiency of Monocrystalline and Polycrystalline Photovoltaic Panels: A Comprehensive Experimental Analysis for Sustainable Energy Solutions.** Sustainability, 16(23), 10566. (2024), <https://doi.org/10.3390/su162310566>.
23. Indur M. Goklany, **Humanity Unbound: How Fossil Fuels Saved Humanity from Nature and Nature from Humanity**, Cato Institute. (2012), <https://www.cato.org/policy-analysis/humanity-unbound-how-fossil-fuels-saved-humanity-nature-nature-humanity>.
24. Kazem, H. A., Chaichan, M. T., Al-Waeli, A. H. A., Al-Badi, R., Fayad, M. A., & Gholami, A. **Dust impact on photovoltaic/thermal system in harsh weather conditions.** Solar Energy, 245, 308–321, (2022). <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.09.012>.
25. Kazmi, B., Haider, J., Ammar Taqvi, S. A., Qyyum, M. A., Ali, S. I., Hussain Awan, Z. U., Lim, H., Naqvi, M., & Naqvi, S. R. **Thermodynamic and economic assessment of cyano functionalized anion based ionic liquid for CO₂ removal from natural gas integrated with, single mixed refrigerant liquefaction process for clean energy.** Energy, 239, 122425. (2022), <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122425>.
26. Kinder Morgan. **The need for fossil fuel.** (2024), Retrieved from <https://www.kindermorgan.com/getmedia/8d358deb-4a66-4ab9-abf0-a2f549154e9f/Need-For-Fossil-Fuels.pdf>. 14/08/2025. 00:41.

27. Klonowska-Matynia, M. Human Capital and the Sustainable Energy Transition: A Socio-Economic Perspective. *Sustainability* **2025**, *17*, 10710. <https://doi.org/10.3390/su172310710>.
28. Lambert, L. A., Tayah, J., Lee-Schmid, C., Abdalla, M., Abdallah, I., Ali, A. H. M., Esmail, S., & Ahmed, W. **The EU's natural gas Cold War and diversification challenges**. *Energy Strategy Reviews*, *43*, 100934, (2022). <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100934> .
29. Lee, J.I. **Review of Small Modular Reactors: Challenges in Safety and Economy to Success**. *Korean J. Chem. Eng.* *41*, 2761–2780, (2024). <https://doi.org/10.1007/s11814-024-00207-0>.
30. Merem, E. C., Twumasi, Y., Wesley, J., Olagbegi, D., Crisler, M., Romorno, C., ... & Emeakpor, S. **The evaluation of wind energy potentials in South Africa**. *Energy Power*, *12*(1), 9-25. (2022).
31. Mohlakoana, N., Wolpe, P., Coordination David, A. **Unbundling Eskom: How Would a New Distribution System Impact on Energy Poverty**. *Unbundling Eskom: How would a new distribution system impact on energy poverty* (p. 1-46). Éditions AFD. 2023, <https://shs.cairn.info/journal-afd-research-papers-2023-269-page-1?lang=en>.
32. Neyre Tekbiyık Ersoy. **Energy Efficiency and the Need for Energy Efficiency**. In: *Energy Efficiency and Renewable Energy Policies*. Synthesis Lectures on Renewable Energy Technologies. Springer, (2025), Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-64305-7_1 .
33. P. Govender, A. Ramballee and S. A. Moodley, "A load shedding controller for management of residential loads during peak demand periods," 2004 IEEE Africon. 7th Africon Conference in Africa (IEEE Cat. No.04CH37590), Gaborone, Botswana, pp. 729-734 Vol.2, doi: 10.1109/AFRICON. (2004). 1406780.

34. Pastukhova M, Westphal K. Governing the Global Energy Transformation. The Geopolitics of the Global Energy Transition. 2020 Mar 26;73:341–364. doi: 10.1007/978-3-030-39066-2_15. PMID: PMC7281855.
35. Rachid, A., Goren, A., Becerra, V., Radulovic, J., Khanna, S. **Photovoltaic Cells and Systems. In: Solar Energy Engineering and Applications.** Power Systems. Springer, (2023), Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20830-0_2.
36. Safaa BOUZIANI, Nacera BELGHAOUTI, **Sustainable Energy Transition in Algeria : Factors Influencing Investment**, Economic Sciences, Management and Commercial Sciences Review, Volume : 17 / N° : 01 / N.S : 33 ,(2024).
37. Samantha Gross, **why are fossil fuels so hard to quit?** (n.d.). Brookings, June (2020), <https://www.brookings.edu/articles/why-are-fossil-fuels-so-hard-to-quit/> . 17/08/2025. 00:48.
38. Sgouridis, S., & Csala, D. **A Framework for Defining Sustainable Energy Transitions: Principles, Dynamics, and Implications.** Sustainability, 6(5), 2601–2622. (2014). <https://doi.org/10.3390/su6052601>.
39. Silva, N., Fuinhas, J. A., Koengkan, M., Kazemzadeh, E., & Kaymaz, V. **Renewable energy deployment in Europe: Do politics matter?** Environment, Development and Sustainability. (2023). <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03839-0>.
40. Smarte Anekwe IM, Akpasi SO, Mkhize MM, Zhou H, Moyo RT, Gaza L. **Renewable energy investments in South Africa: Potentials and challenges for a sustainable transition - a review.** Science Progress. 107(2). (2024), doi:10.1177/00368504241237347.

41. Sun, D., Xu, Y., & Shen, Q. **An efficient high cooling capacity Stirling cryocooler and its application for capturing boil-off methane from liquefied natural gas.** *International Journal of Refrigeration*, 165, 425–433. (2024), <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2024.06.013>.
42. Uhunamure, S. E., & Shale, K. (). **A SWOT Analysis approach for a sustainable transition to renewable energy in South Africa.** *Sustainability*, 13(7), 3933. (2021), <https://doi.org/10.3390/su13073933>.
43. Upham, P.; Eberhardt, L.; Klapper, R. G. **Rethinking the Meaning of “Landscape Shocks” in Energy Transitions: German Social Representations of the Fukushima Nuclear Accident.** *Energy Res. Soc. Sci.* (2020), 69, 101710. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101710>.
44. Vanatta, M., Stewart, W.R. & Craig, M.T. **The role of policy and module manufacturing learning in industrial decarbonization by small modular reactors.** *Nat Energy* (2024). <https://doi.org/10.1038/s41560-024-01665-w>.
45. Windapo, A., & Goulding, J. **Understanding the gap between green building practice and legislation requirements in South Africa.** *Smart and Sustainable Built Environment*, 4, 67–96. (2015), <https://doi.org/10.1108/SASBE-01-2014-0002>.
46. Wiser, R., Z. Yang, M. Hand, O. Hohmeyer, D. Infield, P. H. Jensen, V. Nikolaev, M. O'Malley, G. Sinden, A. Zervos, *Wind Energy*. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2011.
47. Yang, Y., Xia, S., & Qian, X. **Geopolitics of the energy transition.** *Journal of Geographical Sciences*, 33(4), 683–704. (2023), <https://doi.org/10.1007/s11442-023-2101-2>.

48. Yang, Y., Xia, S., Huang, P., & Qian, J. **Energy transition: Connotations, mechanisms and effects**. Energy Strategy Reviews, 52, 101320. (2024), <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101320.p3>.

- **Laws:**

1. REPUBLIC OF SOUTHAFRICA. NATIONAL ENERGY ACT No 34, 2008. <https://sawea.org.za/sites/default/files/content-files/Legislation/National-Energy-Act-34-of-2008.pdf>. 25/06/2025. 19 :45.
2. SOUTH AFRICAN BIOFUELS REGULATORY FRAMEWORK Approved by Cabinet 13 December 2019. https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/202002/43003gon116.pdf. 25/06/2025. 19 :45.
3. The Constitution OF THE REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, 1996 <https://www.justice.gov.za/constitution/SAConstitution-web-eng.pdf>. 25/06/2025. 19 :45.

- **Reports:**

1. Arvizu, D., P. Balaya, L. Cabeza, T. Hollands, A. Jäger-Waldau, M. Kondo, C. Konseibo, V. Meleshko, W. Stein, Y. Tamaura, H. Xu, R. Zilles, **Direct Solar Energy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2011. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Chapter-3-Direct-Solar-Energy-1.pdf>.
2. Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz (CREG), **Rapport D'activité 2022**.
3. Energy Institute, **Statistical Review of World Energy 2024**. 73rd edition. (2024).

4. Energy Institute, **Statistical Review of World Energy 2025**, London. 2025
5. IFC World Bank Group. COUNTRY PRIVATE SECTOR DIAGNOSTIC CREATING MARKETS IN CHILE. International Finance Corporation. 2121 Pennsylvania Avenue, N.W. Washington, D.C. 20433 June 2022, www.ifc.org.
6. IRENA, **Renewable capacity statistics 2023**, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. (2023).
7. IRENA, Renewable Energy Prospects: South Africa. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi. 2020.
8. IRENA, **Renewable energy statistics 2025**, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. 2025
9. IRENA, **The changing role of hydropower: Challenges and opportunities**, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.(2023), <https://www.irena.org/Publications/2023/Feb/The-changing-role-of-hydropower-Challenges-and-opportunities>.03/08/2024,12:49.
- 10.Ministère de l'Energie Algérienne, **Bilan Énergétique National 2014**, édition 2015.
- 11.Ministère de l'Energie Algérienne, **Bilan Énergétique National 2015**, édition 2016.
- 12.Ministère de l'Energie Algérienne, **Bilan Énergétique National 2016**, édition 2017.
- 13.Ministère de l'Energie Algérienne, **Bilan Énergétique National 2018**, édition 2019.
- 14.Ministère de l'Energie Algérienne, **Bilan Énergétique National 2019**, édition 2020.
- 15.Ministère de l'Energie Algérienne, **Bilan Énergétique National 2020**, édition 2021.

- 16.Ministère de l'Energie Algérienne, **Bilan Énergétique National 2021**, édition 2022.
- 17.Ministère de l'Energie Algérienne, **Bilan Énergétique National 2022**, édition 2023.
- 18.Ministère de l'Energie Algérienne, **Bilan Énergétique National 2023**, édition 2024.
- 19.Ministère de l'Energie Algérienne, **Chiffres clés du bilan énergétique national - Année 2017**, édition 2018.
- 20.SONELGAZ, **Rapport D'activité 2023**, SONELGAZ 2024.

قائمة الملاحق

الملحق رقم 01:**قواعد البيانات والتحليل الكمي:**

يتضمن الرابط أدناه قواعد البيانات في أربع ملفات إكسال Excel مقسمة حسب هيكل الدراسة (أربع مجلدات)، تحتوي على البيانات والتحليلات الكمية.

<https://drive.google.com/drive/folders/1cIV0gSlxICqB.KoBF0gSpWI0E-62mvxH4?usp=sharing>

الملحق رقم 02:

مناقصات وبيانات المشروعات: 2000 ميغاواط وصولاً 1000



الشركة الجزائرية للكهرباء و الغاز - الطاقات المتجددة
Société Algérienne de l'Electricité et du Gaz - Energies Renouvelables

NIF : 001347100002663

Avenue El Quods, Sidi Abaz, Bounoura- W. Ghardala

AVIS D'ATTRIBUTION PROVISOIRE DE MARCHES

Conformément aux dispositions de la Réglementation des Marchés applicable aux Sociétés du Groupe Sonelgaz, La Société SONELGAZ ENERGIES RENOUVELABLES « Sonelgaz-EnR » informe les soumissionnaires ayant participé à l'Appel d'Offres National et International ouvert n° 01 / CEEG/ 2023, relatif à :

PROJET 2 000 MWc EN ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

ETUDE, INGENIERIE, TRAVAUX DE GENIE CIVIL, FOURNITURE, TRANSPORT, MONTAGE, FORMATION, ESSAIS ET MISE EN SERVICE DE QUINZE (15) CENTRALES SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES D'UNE PUISSANCE TOTALE DE 2000 MWC REPARTIES EN QUINZE (15) LOTS INCLUANT LEURS OUVRAGES DE RACCORDEMENT AU RESEAU DE TRANSPORT DE L'ELECTRICITE.

Qu'après les ouvertures des plis tenues le 24/07/2023 et 25/09/2023 et l'évaluation des offres techniques et financières, les marchés sont attribués provisoirement aux soumissionnaires conformes ci-après :

Lots	Site	Capacité (MWc)	Soumissionnaire	Partie Devises (Hors Taxes)	Partie Dinars (Hors Taxes)	Montant total de l'offre exprimé en Dinars (Hors Taxes)	Délai (mois)	Coût du kWh actualisé
Lot 01	Aboula	80	GROUPEMENT CWE - HXDC - YREC	\$ 27 673 112,27	3 455 917 240,94 DZD	7 181 431 354,15 DZD	10	7,2891
Lot 02	Kenadsa	120	GROUPEMENT COSIDER CANALIZATION - FAHER SPA	36 500 000,00 €	6 384 210 956,63 DZD	11 657 721 156,63 DZD	12	6,7393
Lot 03	Batmet	220	GROUPEMENT CWE - HXDC - YREC	\$ 70 116 121,85	8 518 646 821,34 DZD	17 965 626 405,90 DZD	16	7,5752
Lot 04	El Euche	80	ELRL HANDI	-	8 038 772 252,05 DZD	8 038 772 252,05 DZD	10	8,2629
Lot 05	Ouled Fadel	80	SHANKH INSTALLATION GROUP CO. LTD	\$ 22 349 800,00	4 793 700 000,00 DZD	7 604 982 423,16 DZD	8	8,116
Lot 06	Gueltet ed-ssaad	200	GROUPEMENT CWE - HXDC - YREC	\$ 62 945 129,15	7 758 552 291,76 DZD	16 232 413 911,68 DZD	16	7,3328
Lot 07	Guerara	80	GROUPEMENT COSIDER INSTALL - ZERGOLN	3 207 500,00 €	9 139 092 775,82 DZD	9 620 086 909,82 DZD	7	7,2748
Lot 08	Ksar Chellala	80	LOT ANNULÉ					
Lot 09	Douar El maz	200	GROUPEMENT CWE - HXDC - YREC	\$ 52 939 122,76	7 969 098 164,69 DZD	16 449 150 518,46 DZD	16	7,0567
Lot 10	Taleb Larbi	80	ELRL HANDI	-	8 043 841 246,51 DZD	8 043 841 246,51 DZD	10	7,4848
Lot 11	Touggourt	150	GROUPEMENT COSIDER CANALIZATION - FAHER SPA	45 446 681,00 €	7 660 721 534,11 DZD	14 475 866 460,34 DZD	14	7,66
Lot 12	Tendia	200	CSCEC	\$ 54 171 231,13	8 463 140 510,00 DZD	15 761 857 399,32 DZD	14	6,2443
Lot 13	Laghrouts	200	GROUPEMENT POWERCHINA INTL - SINOHYDRO	\$ 78 414 097,53	7 572 090 253,90 DZD	18 137 150 953,33 DZD	16	7,0279
Lot 14	Khengou et sidi el nej	150	POWER CHINA ZHONGNAN ENGINEERING CORPORATION LTD	\$ 42 774 123,76	7 043 834 533,52 DZD	12 806 971 879,02 DZD	14	6,874
Lot 15	Ouled Djellal	80	GROUPEMENT CWE - HXDC - YREC	\$ 27 673 015,89	3 581 555 175,03 DZD	7 310 056 632,56 DZD	10	8,4137

20/03, 2:04 PM

Bossem



Bossem: 2106

La date de parution: 27/02/2023

référence Bossem: 2106.167.01

Type: NATIONAL & INTERNATIONAL

Nature: Avis d'appel d'offres

La rubrique: 04 Energie nouvelles et renouvelables

SPA Compagnie de l'Engineering de
l'Electricité et du Gaz - CEEG. Direction
Générale

Objet: The study, engineering, civil works, supply, transport, assembly, training, testing and commissioning of fifteen (15) solar photovoltaic power plants with a total capacity of 2000 MWp divided into fifteen (15) Lots including their connection works

N° appel d'offre: 01/CEEQ/2023

Société Algérienne de l'Electricité et du Gaz-Énergies Renouvelables

Avenue El Qouds, Sidi Abaz, Boumoussa-W. Ghardala

NIF: 00134710002653

NATIONAL AND INTERNATIONAL OPEN INVITATION TO TENDER

N° 01/CEEQ/2023

Sonelgaz Énergies Renouvelables "Sonelgaz-EnR" launches a National and International Open invitation to Tender N°01/CEEQ/2023 regarding:

The study, engineering, civil works, supply, transport, assembly, training, testing and commissioning of fifteen (15) solar photovoltaic power plants with a total capacity of 2000 MWp divided into fifteen (15) Lots including their connection works to the Electricity Transmission Network.

Batch N°	Municipalities(Site)	Wilaya	Unit capacity per plant (MWp)
1	Abadia	Bechar	80
2	Kenadsa	Bechar	120
3	Batnatie	Algeria	220
4	Ras El Oued	B. El Arredj	80
5	Merouana	Burns	80
6	Afrou	Laghouat	200
7	Guenata	Ghardaia	80
8	Frenda	Tinset	80
9	Nakhla	El Oued	200
10	Taleb Lort	El Oued	80
11	Touggourt	Touggourt	130
12	M'Elkhar	M'Elkhar	220
13	Leghouas		200
14	Tolga	Biskra	80
15	Khenqet Sidi Hadj		150
			2.000

The present invitation to tender is addressed to companies operating in the energy sector that can prove their capacity to perform all the services covered by the invitation to tenders and have proven and authenticated references in similar projects, namely:

Solar photovoltaic power plants with a total capacity of 40 MWp and more.

Algerian companies can participate in this invitation to tenders, alone if they have the above mentioned capacities and references. However, Algerian companies must have the financial capacity and proven and authenticated references in industrial and energy projects, namely:

Large-scale industrial projects (only for Algerian companies participating in a group)

Projects on behalf of Sonelgaz Group companies (only for Algerian companies participating in a consortium)

<https://www.bossem.com/bossem/offer/ajpess/001344073>

9/3

الموقع	الفترة (الأسبوعية)	الشركات	جانب العملة المصحة نون احساب (الرسم)	جانب الدينار (نون) احساب الرسم)	المبلغ الإجمالي مقدر بالدينار الجزائري	الآجال (بالأشهر)	تكلفة الكلورام
01 بلي وليف (ولاية بشار)	50	أميمي إنرجي أس بي أ		5 184 944 232,61 دينار	5 184 944 232,61 دينار	08	6,2287
02 عين البيضاء (ولاية ورقلة)	100	أميمي إنرجي أس بي أ		9 347 694 245,66 دينار	9 347 694 245,66 دينار	10	5,7446
03 حاسي الدلاعة (ولاية الأعوام)	300	مجمع أورغون بوريندا	99 381 221,54 دولار	11 191 783 916,86 دينار	24 560 665 095,89 دينار	22	5,8783
04 غزاليا (ولاية الوادي)	300	CSEEC	106 132 279,00 دولار	14 054 310 889,00 دينار	28 331 352 398,81 دينار	22	6,4077
05 تامامتين (ولاية توفرت)	250	كوسيدار قنات	68 000 000,00 يورو	10 594 866 806,90 دينار	20 566 495 606,90 DZD	14	6,1830

المُلخَص

باللغة الأجنبية

Abstract:

The study's significance lies in analyzing the current state of the energy system in Algeria, evaluating the regulatory and institutional framework and adopted energy transition programs, highlighting their developmental dimensions, and anticipating their future prospects in light of global trends in the energy sector. The study primarily aims to analyze the current state of the energy system in Algeria, identify its potential, and evaluate the energy transition process by analyzing achievements and anticipating future developmental dimensions.

The study adopted a descriptive-analytical approach, which was employed in examining the theoretical aspects and concepts related to energy transition, as well as in analyzing and studying energy indicators at both the global and national levels. The study utilized specialized statistical data collected from reports issued by national and international bodies and from electronic databases. This data was processed using Excel and analyzed using quantitative indicators and graphs to interpret energy trends.

The study concluded that Algeria's energy transition is still in its formative stages, with the contribution of renewable energies remaining limited despite the launch of significant programs and projects. The results also indicate that photovoltaic solar energy projects are economically viable under suitable investment conditions, in addition to their developmental impacts, such as reducing natural gas consumption, creating jobs, and lowering carbon emissions. However, the success of this transition remains contingent on overcoming a number of challenges, particularly legal and institutional ones.

Keywords: Energy transition, renewable energies, energy efficiency, energy mix, photovoltaic solar energy, Algeria.