

الرقم التسلسلي:

رقم التسجيل: DEC/07/13

أطروحة

مقدمة لنيل شهادة

دكتوراه علوم

في العلوم الاقتصادية

تخصص: علوم اقتصادية

العنوان

إستراتيجية الجزائر في تطوير الطاقات المتجددة كبديل للطاقة النفطية

دراسة مقارنة مع إيران والسعودية

من إعداد:

عبد الرزاق حمزة

تاريخ المناقشة : 2018/07/09

أمام لجنة المناقشة المكونة من السادة :

الاسم و اللقب	الرتبة العلمية	المؤسسة	الصفة
أ.د سنوسي علي	أستاذ التعليم العالي	جامعة المسيلة	رئيسا
أ.د قاسمي كمال	أستاذ التعليم العالي	جامعة المسيلة	مشرفا ومقررا
د. فرحات عباس	أستاذ محاضر أ	جامعة المسيلة	ممتحنا
د. مداحي محمد	أستاذ محاضر أ	جامعة البويرة	ممتحنا
د. عبادي محمد	أستاذ محاضر أ	جامعة برج بوعرييج	ممتحنا
د. نعرورة بويكر	أستاذ محاضر أ	جامعة الوادي	ممتحنا

السنة الجامعية: 2018/2017



شكر وتقدير

باسم الله الرحمن الرحيم، والصلاة والسلام على أشرف المرسلين
وآله، أما بعد،

أتقدم في هذا المقام بالشكر الجزيل والحمد الوفير لله سبحانه وتعالى
ثم أتقدم إلى أستاذي قاسمي كمال بفائق الاحترام والتقدير والعرفان
لما بذله من

مجهود طيلة أعوام البحث، وأشكره على صبره وحلمه. كما أشكر
كامل الأساتذة أعضاء هيئة التدريس بجامعة المسيلة على الحفاوة
والطيبة التي قابلونا بها. الله أسأل أن يوفقني وإياهم لصالح ما
يرضاه

إهداء

إلى روح أبي الطاهرة – رحمه الله – وإلى أمي حفظها الله ورعاها بلطفه

إلى إخوتي وزوجتي وكل الأصدقاء

وإلى الذين أعانوني لإتمام هذا العمل،

قال تعالى : " ... وَمَا تَوْفِيقِي إِلَّا بِاللَّهِ عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ وَإِلَيْهِ أُنِيبُ "

فهرس المحتويات

فهرس المحتويات

الصفحة	المحتويات
	شكر وتقدير
	إهداء
I	فهرس المحتويات
X	فهرس الجداول
XII	فهرس الأشكال
XIV	قائمة الرموز والمختصرات
أ	مقدمة
01	الفصل الأول: مدخل عام حول اقتصاديات الموارد الطبيعية
02	تمهيد
02	المبحث الأول: هبة الموارد الطبيعية والتنمية الاقتصادية
03	المطلب الأول: وفرة الموارد الطبيعية "نعمة" أم "نقمة"
05	أولاً: وفرة الموارد الطبيعية باعتبارها "نعمة"
06	ثانياً: منهج الهيكل الإنتاجي: اللعنة والتخصص الأولي (تصدير الموارد الأولية)
07	المطلب الثاني: أثر التخصص الأولي (الموارد الأولية) والقيود على التغيير الهيكلي
08	أولاً: المرض الهولندي وتقلبات أسعار الموارد الطبيعية
09	ثانياً: المزاحمة (رأس المال الطبيعي يزيح أشكال رأس المال الأخرى)
12	ثالثاً: عامل الهبة وفرضية التغيير المؤسسي
13	المطلب الثالث: الدروس المستفادة من التاريخ
14	المبحث الثاني: الاستدامة والعدالة بين الأجيال
14	المطلب الأول: نموذج توزيع مورد غير متجدد على فترتين
20	المطلب الثاني: مفهوم العدالة الزمنية (l'équité intergénérationnelle)
21	أولاً: عدالة التوزيع الكفاء
22	ثانياً: نموذج الصندوق الدائم لآلاسكا
23	المطلب الثالث: تطبيق معيار الاستدامة
23	أولاً: النمو والتنمية الاستدامة
24	ثانياً: نظام البصمة البيئية
26	ثالثاً: الاستدامة بالغة الضعف

27	المبحث الثالث: اقتصاد الموارد الطبيعية غير المتجددة والمتجددة: نظرة شاملة
27	المطلب الأول: تصنيف (تاكسونوميا) الموارد
28	أولا: تعريف المصطلحات
03	ثانيا: تخزين الموارد الطبيعية
03	المطلب الثاني: كفاءة التوزيعات الزمنية (عبر الزمن)
13	أولا: عودة إلى النموذج ذو الفترتين
32	ثانيا: الانتقال نحو بدائل متجددة
34	ثالثا: الاستكشاف والتقدم التكنولوجي
34	المطلب الثالث: توزيع السوق
34	أولا: البنيات الملائمة لحقوق الملكية
36	ثانيا: التكاليف البيئية
37	المبحث الرابع: الآفاق والتحديات العالمية للطاقة
39	المطلب الأول: الاتجاهات العالمية للطاقة
04	أولا: تحديد السيناريوهات المستخدمة لدى الوكالة الدولية للطاقة
40	ثانيا: منهجيات تحليل الاتجاهات
41	ثالثا: الآفاق الاقتصادية
42	رابعا: الاتجاهات الديموغرافية
43	خامسا: الاحتياجات العالمية من الطاقة
43	المطلب الثاني: آفاق الأسواق العالمية للطاقة
44	أولا: تقسيم جديد لرأس المال
44	ثانيا: الوقود الأحفوري ومخاطر الانتقال إلى مصادر منخفضة الانبعاث
46	ثالثا: الاستنتاجات المستخلصة من التوقعات المرتقبة
47	خلاصة الفصل الأول
48	الفصل الثاني: الطاقات المتجددة وفقا مفاهيم الاستدامة والانتقال الطاقوي
49	تمهيد
49	المبحث الأول: السياق الطاقوي العالمي
49	المطلب الأول: ذروة هابرت (le pic de Hubbert)
51	المطلب الثاني: الغاز الطبيعي ومراقبة الأسعار
52	المطلب الثالث: البترول
53	أولا: مشكل التكتلات (Les Cartels)

53	ثانيا: مرونة الطلب السعرية على البترول
54	ثالثا: مرونة الطلب الدخلية على البترول
55	رابعا: المنتجون غير الأعضاء في OPEC
56	خامسا: التوافق بين مصالح الأعضاء
56	المبحث الثاني: الانتقال نحو الموارد المتجددة
57	المطلب الأول: خيارات الطاقة في مواجهة تحليل "دورة الحياة"
57	أولا: تحليل "دورة الحياة" كوسيلة أساسية
57	ثانيا: مقارنة آثار البدائل المماثلة
58	ثالثا: مقارنة الآثار البيئية للخيارات الطاقوية
58	رابعا: العائد على الاستثمار الطاقوي
59	خامسا: انبعاث الغازات الدفيئة من مختلف محطات إنتاج الكهرباء
60	المطلب الثاني: الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة
60	أولا: التنمية المستدامة
61	ثانيا: معيار التنمية المستدامة في قطاع الطاقة
62	ثالثا: البحث عن إنتاج طاقي يتماشى مع مفهوم التنمية المستدامة
63	المبحث الثالث: الطاقات المتجددة وتكنولوجياتها وأسواقها
63	المطلب الأول: الطاقة الحيوية
64	أولا: مدخل للكتلة الحيوية والطاقة الحيوية
65	ثانيا: إمكانات موارد الطاقة الحيوية
66	ثالثا: التكنولوجيا والتطبيقات
68	رابعا: تكنولوجيات الوقود الحيوي الرئيسية
68	خامسا: الوضع العالمي لأسواق الطاقة الحيوية
69	سادسا: الآثار الاجتماعية والبيئية للطاقة الحيوية
70	سابعا: الاتجاهات العالمية للطاقة الحيوية
71	المطلب الثاني: الطاقة الشمسية المباشرة
72	أولا: إمكانات موارد الطاقة الشمسية
72	ثانيا: التكنولوجيا والتطبيقات
74	ثالثا: اتجاهات التكلفة
77	رابعا: القدرة المركبة والطاقة المولدة
79	خامسا: الآثار البيئية والاجتماعية

80	سادسا: الاتجاهات العالمية للطاقة الشمسية: انتشار الاستخدام طويل الأمد للطاقة الشمسية في إطار تخفيف انبعاثات الكربون
82	المطلب الثالث: الطاقة الحرارية الأرضية
82	أولا: إمكانيات الموارد
84	ثانيا: التكنولوجيا والتطبيقات
85	ثالثا: حالة الأسواق والتنمية الصناعية عالميا وإقليميا
86	رابعا: الآثار البيئية والاجتماعية
87	خامسا: اتجاهات التكلفة
88	سادسا: إمكانيات النشر
88	المطلب الرابع: الطاقة المائية
89	أولا: إمكانيات الموارد
90	ثانيا: التكنولوجيا والتطبيقات
91	ثالثا: حالة الأسواق والتنمية الصناعية عالمياً وإقليمياً
91	رابعا: الآثار البيئية والاجتماعية
92	خامسا: اتجاهات التكلفة
93	المطلب الخامس: الطاقة البحرية
93	أولا: الموارد الممكنة
95	ثانيا: التكنولوجيا والتطبيقات
96	ثالثا: حالة الأسواق عالميا وإقليمياً وتطور الصناعة
96	رابعا: الآثار البيئية والاجتماعية
97	خامسا: اتجاهات التكلفة
97	المطلب السادس: طاقة الرياح
98	أولا: إمكانيات الموارد
99	ثانيا: التكنولوجيا والتطبيقات
100	ثالثا: حالة الأسواق عالمياً وإقليمياً والتطوير الصناعي
101	رابعا: الآثار البيئية والاجتماعية
101	خامسا: اتجاهات التكلفة
102	خلاصة الفصل الثاني
103	الفصل الثالث: مفاهيم النظم والتطبيقات النووية المستدامة
104	تمهيد

104	المبحث الأول : الطاقة النووية والأنظمة الطاقوية
104	المطلب الأول :المميزات الخاصة للطاقة الذرية
104	أولا: المظاهر التكنولوجية والاقتصادية
105	ثانيا: المظاهر البيئية
107	ثالثا: المظاهر الإستراتيجية والاجتماعية
108	المطلب الثاني: مكانة الأنظمة الطاقوية النووية في الموازنات الطاقوية العالمية
109	المبحث الثاني :تطور الطاقة النووية
109	المطلب الأول : البرامج الكهرونووية في العالم
109	أولا: التطور التاريخي من وجهة نظر اقتصادية
111	ثانيا: القدرة المركبة الحالية
112	المطلب الثاني: تكنولوجيا المفاعلات النووية
113	المطلب الثالث: إنتاج الكهرباء ذات المصدر النووي
114	المطلب الرابع: المؤشرات الوظيفية للمفاعلات النووية
115	المطلب الخامس :التطورات التكنولوجية والاقتصادية
116	أولا: تكنولوجيا المفاعلات
118	ثانيا: معايير أخرى للاختيار: الأداء ،الترشيذوالتكلفة
118	المبحث الثالث: الطاقة النووية ضمن سياق تنمية الطاقة المستدامة
118	المطلب الأول: نحو نظام طاقة مستدام
118	أولا: البعد الاقتصادي
122	ثانيا: البعد البيئي
126	ثالثا: البعد الاجتماعي
129	المطلب الثاني: اقتصاديات الطاقة النووية من منظور التنمية المستدامة
129	المبحث الرابع: المحددات الأساسية للاقتصاد النووي
130	المطلب الأول: تكاليف البناء ومدته
131	أولا: عدم إمكانية الوثوق بالبيانات
131	ثانيا: صعوبات توقع التكلفة
132	ثالثا: التعلم، ووفورات الحجم، والتطور التقني
133	رابعا: وقت البناء
134	المطلب الثاني: تكلفة رأس المال
135	المطلب الثالث: الأداء التشغيلي

135	المطلب الرابع: تكاليف الصيانة والتشغيل خارج الوقود
136	المطلب الخامس: تكلفة الوقود
136	المطلب السادس: محاسبة العمر الافتراضي
137	المطلب السابع: الإغلاق وتكاليف التخلص من النفايات وأحكامها
138	المطلب الثامن: التأمين والمسؤولية القانونية
139	المبحث الخامس: آفاق استخدام الطاقة النووية في الجزائر
140	المطلب الأول: التطور التاريخي والنشاط الاستكشافي
140	أولا: الخطوات الأولى
141	ثانيا: تحديد الحقول المكتشفة
142	المطلب الثاني: آفاق تطوير تطبيقات التقنيات النووية المدنية في الجزائر
142	أولا: الإرادة السياسية
143	ثانيا: البنية التحتية الأساسية للبحث والتطوير في المجال النووي
144	ثالثا: الموارد البشرية والمالية
145	المطلب الثالث: السياسات النووية في الجزائر
145	أولا: البرنامج النووي
145	ثانيا: جدول تنفيذ البرنامج النووي
146	ثالثا: الشراكة الأجنبية في المجال النووي المدني
147	خلاصة الفصل الثالث
148	الفصل الرابع: مقارنة بين استراتيجيات تطوير الطاقات المتجددة في الجزائر وإيران والسعودية
149	تمهيد
149	المبحث الأول: الخصائص الاقتصادية العامة والإمكانات الطاقوية لدول الدراسة
149	المطلب الأول: الميزات الجغرافية وإمكانات الطاقة في الجزائر
150	الفرع الأول: الميزات الجغرافية للجزائر
150	أولا: جغرافيا الجزائر
150	ثانيا: ديموغرافيا الجزائر
151	ثالثا: التنظيم الإقليمي والإداري – المؤسسات السياسية
151	الفرع الثاني: الإمكانات الطاقوية في الجزائر
151	أولا: إمكانات الطاقة التقليدية
152	ثانيا: أرقام أساسية لإنتاج واستهلاك الطاقة في الجزائر
154	ثالثا: إمكانات الطاقة المتجددة في الجزائر

159	المطلب الثاني: الخصائص الاقتصادية العامة ومكانة الطاقة في الاقتصاد الجزائري
159	الفرع الأول: المؤشرات الاقتصادية الأساسية
159	أولاً: الناتج المحلي الإجمالي (PIB)
160	ثانياً: تطور الناتج المحلي الإجمالي / خارج المحروقات
161	ثالثاً: احتياطي الصرف
161	الفرع الثاني: مكانة الطاقة في الاقتصاد الجزائري
163	أولاً: حصة المحروقات
163	ثانياً: الجباية البترولية
163	المطلب الثالث: الميزات الجغرافية وإمكانات الطاقة في إيران
164	الفرع الأول: الميزات الجغرافية لإيران
164	أولاً: جغرافيا إيران
165	ثانياً: ديموغرافيا إيران
165	ثالثاً: التنظيم الإقليمي والإداري – المؤسسات السياسية
165	الفرع الثاني: الإمكانيات الطاقوية في إيران
166	أولاً: إمكانيات الطاقة التقليدية
166	ثانياً: أرقام أساسية لإنتاج واستهلاك الطاقة في إيران
169	ثالثاً: إمكانيات الطاقة المتجددة في إيران
173	المطلب الرابع: الخصائص الاقتصادية العامة ومكانة الطاقة في الاقتصاد الإيراني
173	الفرع الأول: المؤشرات الاقتصادية الأساسية
173	أولاً: الناتج المحلي الإجمالي (PIB)
174	ثانياً: تطور الناتج المحلي الإجمالي / خارج المحروقات
175	ثالثاً: احتياطي الصرف
175	الفرع الثاني: مكانة الطاقة في الاقتصاد الإيراني
176	أولاً: حصة المحروقات
176	ثانياً: الجباية البترولية
176	المطلب الخامس: الميزات الجغرافية وإمكانات الطاقة في المملكة العربية السعودية
177	الفرع الأول: الميزات الجغرافية للمملكة
177	أولاً: جغرافيا المملكة
177	ثانياً: ديموغرافيا المملكة
178	ثالثاً: التنظيم الإقليمي والإداري – المؤسسات السياسية

178	الفرع الثاني: الإمكانيات الطاقوية في المملكة العربية السعودية
178	أولاً: إمكانيات الطاقة التقليدية
178	ثانياً: أرقام أساسية لإنتاج واستهلاك الطاقة في المملكة العربية السعودية
181	ثالثاً: إمكانيات الطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية
183	المطلب السادس: الخصائص الاقتصادية العامة ومكانة الطاقة في الاقتصاد السعودي
183	الفرع الأول: المؤشرات الاقتصادية الأساسية
184	أولاً: الناتج المحلي الإجمالي (PIB)
184	ثانياً: تطور الناتج المحلي الإجمالي / خارج المحروقات
185	ثالثاً: احتياطي الصرف
186	الفرع الثاني: مكانة الطاقة في الاقتصاد السعودي
186	أولاً: حصة المحروقات
186	ثانياً: الجباية البترولية
187	المبحث الثاني: مقارنة مصادر الطاقة المتجددة المحتملة واستخداماتها في الجزائر ودول الدراسة
187	المطلب الأول: مقارنة بين إجمالي مصادر الطاقة المتجددة في دول الدراسة والبرامج الوطنية لاستغلالها
189	المطلب الثاني: مقارنة الاستراتيجيات الوطنية لتطوير الطاقات المتجددة في دول الدراسة
189	الفرع الأول: إستراتيجية تطوير الطاقات المتجددة في الجزائر
190	أولاً: الإجراءات التحفيزية والجبائية
191	ثانياً: أشكال أخرى للدعم
192	الفرع الثاني: المخطط الاستراتيجي للطاقة في جمهورية إيران الإسلامية
192	أولاً: تطوير مشروع الطاقة المتجددة في إيران
193	ثانياً: حماية الاستثمارات الأجنبية
194	الفرع الثالث: الإستراتيجية الوطنية للطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية
195	أولاً: الدعم الحكومي والحوافز
196	ثانياً: توطيد سلسلة قيم الطاقة المتجددة
196	الفرع الرابع: مقارنة آفاق (أهداف) استراتيجيات الطاقة المتجددة من حيث القدرة المركبة و/أو التوليد في الجزائر ودول الدراسة
199	أولاً: أسعار الوقود الأحفوري في السوق المحلية
202	ثانياً: الاستكشافات الجديدة للغاز الطبيعي
203	ثالثاً: نجاح برامج الكفاءة الطاقوية

208	المطلب الثالث: مقارنة بين استخدام الطاقة المتجددة في الجزائر ودول الدراسة
209	المطلب الرابع: مقارنة جهود دول الدراسة في تشجيع إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة ومواجهة تكاليف التوليد
214	خلاصة الفصل الرابع
215	خاتمة
223	قائمة المصادر والمراجع
238	الملاحق

فهرس الجداول

فهرس الجداول

الرقم	الجدول	الصفحة
1- I	الطلب العالمي على الطاقة الأولية حسب الوقود في سيناريو السياسات الجديدة (الوحدة: مليون طن مكافئ نفط)	45
1- II	المحاصيل الرئيسية المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي	67
2- II	اتجاهات التكاليف للنظم الرئيسية لمحطة طاقة شمسية حرارية نموذجية	75
3- II	الإمكانات الفنية الحرارية الأرضية على القارات لأقاليم وكالة الطاقة الدولية	83
4- II	الإمكانات الفنية للطاقة المائية الإقليمية لسنة 2009	90
1 - III	الاقتصاد النووي- العناصر المؤثرة على التكلفة	129
2 - III	التطور المتوقع لإنتاج الكهرباء النووية والقدرة المركبة	145
1 - IV	إنتاج الطاقة الأولية في الجزائر 2014-2015	152
2 - IV	تطور توزيع إنتاج الكهرباء في الجزائر 2012-2015 حسب التكنولوجيا المستخدمة	153
3 - IV	الاستهلاك النهائي للطاقة في الجزائر حسب القطاع 2014-2015	154
4 - IV	إمكانات الطاقة الشمسية في الجزائر	154
5 - IV	إمكانات وأوجه استخدام المياه الساخنة الجوفية للطبقة الألبية " la nappe albiennne"	157
6 - IV	محطات الطاقة الكهرومائية في الجزائر	158
7 - IV	الناتج المحلي الإجمالي في الجزائر خلال الفترة 2011-2015	159
8 - IV	تطور الناتج المحلي الإجمالي خارج المحروقات في الجزائر	160
9 - IV	احتياطي الصرف في الجزائر خلال الفترة 2009-2015	161
10 - IV	إنتاج الطاقة الأولية في إيران 2013-2014	166
11 - IV	تطور الإنتاج الإيراني من الكهرباء بين 2013-2014 مقسما حسب تكنولوجيا الإنتاج	167
12 - IV	الاستهلاك النهائي للطاقة في إيران حسب القطاع في الفترة 2013-2014	168
13 - IV	إمكانات الطاقة الحرارية الأرضية في إيران	171
14 - IV	السعة الاسمية لمحطات الطاقة الكهرومائية في إيران على أساس الحجم	172
15 - IV	تطور الناتج المحلي الإجمالي في إيران خلال الفترة 2011-2016	174

174	تطور الناتج المحلي الاجمالي خارج المحروقات في إيران	16 - IV
175	احتياطي الصرف في إيران خلال الفترة 2009 - 2015	17 - IV
179	إنتاج الطاقة الأولية في المملكة (K TEP 2014-2013)	18 - IV
179	تطور الإنتاج السعودي من الكهرباء بين 2013 - 2014 مقسما حسب تكنولوجيا الإنتاج	19 - IV
180	الاستهلاك النهائي للطاقة في السعودية حسب القطاع في الفترة 2013-2014	20 - IV
184	تطور الناتج المحلي الإجمالي في المملكة العربية السعودية خلال الفترة 2012-2016	21 - IV
185	تطور الناتج المحلي الإجمالي خارج المحروقات في المملكة السعودية	22 - IV
185	احتياطي الصرف في المملكة العربية السعودية خلال الفترة 2009 - 2015	23 - IV
187	نسبة الجباية النفطية في الناتج المحلي الإجمالي 2014 - 2016	24 - IV
188	مقارنة إمكانات مصادر الطاقة المتجددة في الجزائر ودول الدراسة	25 - IV
190	برنامج الجزائر لتطوير الطاقات المتجددة 2015 - 2030	26 - IV
192	برنامج إيران لتطوير الطاقات المتجددة 2015-2020	27 - IV
195	البرنامج الوطني للطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية 2016-2040	28 - IV
197	مقارنة أهداف برامج الطاقة المتجددة من حيث القدرة المركبة و/أو التوليد في الجزائر ودول الدراسة	29 - IV
198	وضعية مشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر ودول الدراسة سنة 2017	30 - IV
199	إصلاحات دعم الوقود الأحفوري الأخيرة في الجزائر وبلدان الدراسة	31 - IV
203	مقارنة أهداف كفاءة استخدام الطاقة في الجزائر ودول الدراسة	32 - IV
207	اتجاهات استهلاك الكهرباء في الفترة 2015-2030 في دول الدراسة	33 - IV
209	مقارنة حصة الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء في الجزائر ودول الدراسة لسنة 2014	34 - IV
211	المقارنة بين الخصائص الرئيسية لأنظمة تعريفات إمدادات الطاقة " feed-in tariffs " في الجزائر ودول الدراسة	35 - IV

فهرس الأشكال

فهرس الأشكال

الرقم	الشكل	الصفحة
1- I	توزيع مورد غير متجدد متواجد بكمية كبيرة	15
2- I	توزيع كفاء من زاوية ديناميكية	17
3- I	توزيع كفاء لمورد غير متجدد في السوق	19
4- I	البصمة الإيكولوجية مقابل القدرة البيولوجية هكتار شامل/نسمة	25
5- I	تصنيف الموارد	28
6- I	التغير في الأسعار النسبية نتيجة سياسات التخفيض (للانبعاثات) المختلفة	33
7- I	تقديرات دعم استهلاك الوقود الأحفوري ودعم الطاقة المتجددة في العالم	38
8- I	التغيرات في الناتج المحلي الإجمالي والطلب على الطاقة في بعض بلدان ومناطق العالم في الفترة 2000-2014	42
1- II	آثار مراقبة الأسعار	51
2- II	مفهوم تحليل "دورة الحياة"	57
3- II	حصص المصادر العالمية للكتلة الحيوية الأولية للطاقة لعام 2011	64
4- II	مقارنة آفاق الطلب العالمي على الكتلة الحيوية مع إجمالي إمكانيات العرض في مناطق العالم الست لعام 2030	70
5- II	القدرة القائمة التراكمية للطاقة الشمسية الفوتوفلطائية في العالم	77
6- II	المتوسط المرجح العالمي لتكاليف الأنظمة الفوتوفلطائية المثبتة للاستفادة واسعة النطاق وانخفاض التكاليف حسب المصدر 2015-2025	81
7- II	الإمكانات الفنية للطاقة الحرارية الأرضية من أجل إنتاج الكهرباء والاستخدامات	83
8- II	النمو في حجم توربينات الرياح التجارية النموذجية.	100
9- II	قدرة طاقة الرياح التراكمية المركبة عالميا 1996-2011	100
1- III	المحطات القائمة: 447 (391.1 واط كهربائي)	111
2- III	تطور إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية في العالم (TWH)	114
3- III	أنواع المفاعلات قيد البناء في العالم 2014	116
4- III	متوسط وقت بناء المفاعلات منذ 1981	134
1- IV	خريطة موارد الرياح في الجزائر على ارتفاع 10م	155

156	التمدد الجغرافي للطبقة الألبية "la nappe albienne"	2 - IV
170	خريطة موارد الرياح في إيران على ارتفاع 20م	3 - IV
181	خريطة الإشعاع الشمسي الأفقي الاجمالي للمملكة العربية السعودية (كيلوواط ساعي/م ² /سنة)	4 - IV
193	الأطوار الإدارية لمشروع الطاقات المتجددة في إيران	5 - IV

قائمة الرموز والمختصرات

قائمة الرموز والمختصرات

NTEG	New Theory of Economic Growth
OECD	The Organisation for Economic Co-operation and Development
HAG	L'hectare global
GFN	Global Footprint Network
USGS	United States Geological Survey
EMS	Environmental Monitoring System
BNEF	Bloomberg New Energy Finance
IEA	International Energy Agency
WEO	World Energy Outlook
IEO	International Energy Outlook
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
ACV	L'analyse cycle de vie
WCED	World Commission on Environment and Development
CSP	Concentrated Solar Power
LCOE	Levelized Cost of Energy
BoS	balance-of –system
EGS	Enhanced Geothermal System
WECs	wave energy converters
OTEC	Ocean thermal energy conversion
OES	ocean energy systems
WEC	world energy council
WWEA	World Wind Energy Association
EROI	Energy Returned On Energy Invested
MENA	Middle East and North Africa
BAU	Business As Usual
REOI	Renewable Energy Organization of Iran
DLR	the German Aerospace Center
CDER	Centre de développement des énergies renouvelables

SUNA	Renewable Energy Organization of Iran
SATBA	Renewable Energy and Energy Efficiency Organization
FIPPA	Foreign Investment Promotion and Protection Act
REPDO	The Renewable Energy Project Development Office
SAGIA	The Saudi Arabian General Investment Authority
FNME	Fonds national pour la maîtrise de l'énergie

مقدمة

تمهيد

من أهم المشكلات والتحديات التي يواجهها الإنسان في بدايات القرن الواحد والعشرين هي مشكلة الطاقة، فهناك طاقات معروفة للبشرية منذ أقدم العصور، مثل الشمس والماء والرياح، ولكن الشعوب لم تقدر بشكل كافي قيمتها الحقيقية، وكانت الآفاق أمامها ضعيفة، مغلفة لقلة معرفتها بالعلوم والتطبيقات التكنولوجية التي نعرفها اليوم، وعصر الثروة العلمية أساسه الطاقة، فإن جزءا كبيرا من الاستهلاك العالمي للطاقة يتكون من الوقود الأحفوري السائل (البنترول) والغازي (الغاز الطبيعي) والصلب (الفحم)، ولكن من المتوقع أن يبلغ الإنتاج العالمي حده الأقصى قريبا جدا ومن ثم يبدأ في التناقص بل والنفاد في مدة لا تتجاوز مائة عام، وهكذا بدأ العلماء في البحث عن بدائل للوقود الأحفوري سميت بدائل الطاقة المتجددة تميزت عن الوقود الأحفوري بأنها دائمة لا تنضب.

إن أي مصدر للطاقة يجري استحدثه يحتاج إلى توافر ثلاثة معايير رئيسية، الإتاحة والوفرة بما يضمن استخدامه لمدد طويلة تسمح بإجراء تحول نوعي، ويقصد بالتحول النوعي أن يسهم مصدر الطاقة في تلبية الاحتياجات التي تتطلبها تكنولوجيات بعينها، مما يحقق طفرة اقتصادية وخدمية في الوسط المستخدم في هذه التكنولوجيات، الاعتماد عليه في مواجهة الطلب على الطاقة وقت الحاجة، وتقادي قصور الإمدادات التي تترك جانب الطلب، سهولة الحصول عليه بتكلفة اقتصادية تسمح لفئات عريضة من المستهلكين بالاستفادة منه.

تعتبر الجزائر واحدة من اكبر الدول المصدرة للنفط والغاز في العالم، وباعتبارها واحدة من دول العالم الثالث، هذان الأمران جعلتا من اقتصادها ريعيا يقوم على إستراتيجية استنزافية للثروة البترولية والغازية، وهذا على حساب الاستراتيجيات الأخرى، الأمر الذي يجعل من الاقتصاد الجزائري رهين الأسعار المسجلة في الأسواق الدولية، من هذا المنطلق يتحتم على الجزائر إيجاد استراتيجيات وسياسات تنموية تركز على قطاعات أخرى مثل: السياحة، تفعيل المؤسسات الصغيرة والمتوسطة، الفلاحة، وهذا على غرار اقتصاديات كثير من الدول غير النفطية مثل: تونس، المغرب، والتي استطاعت أن تحقق سياسات ناجحة في هذا الميدان، وبالتالي فإن مستقبل الاقتصاد الجزائري مرتبط بمدى قدرته على صناعة خيارات بديلة للمحروقات، فالجزائر تواجه تحديات مركبة تتمثل في ارتفاع الاستهلاك الداخلي في ظل الحاجة الى الاستمرار في التصدير أمام ضغوط تراجع الإنتاج الوطني، كما أنه من المعلوم أن الجزائر لا يمكنها الاعتماد على احتياجاتها من النفط والغاز بالمصادر التقليدية لوحدها، هذا ما فرض عليها اللجوء إلى الطاقات المتجددة والبديلة، والتفكير الجدي في اكتساب تكنولوجيا الطاقة النووية، مثلما تعمل على ذلك المملكة العربية السعودية، وإيران.

1- إشكالية البحث

يبقى الاقتصاد الجزائري معتمدا على 98% من عائدات النفط، وفقا لأحدث الإحصاءات الصادرة عن المركز الوطني للإحصاء، فالقطاعات الأخرى التي من المفترض أن تضمن الأداء المتنوع للاقتصاد الجزائري، مثل: الصناعة، والزراعة، والسياحة لا تزال في أطوارها التنموية الأولى، والإمكانات الهائلة التي تتوفر عليها الجزائر من عوائد وفوائض البترول في سنوات ارتفاع أسعاره هي أيضا في انتظار التوظيف الحكيم من أجل وضع حد لمعدلات الاستيراد الهائلة، واستثمارها في تطوير المصادر الممكنة للطاقة البديلة للبلاد، فإذا اقترنت موارد الطاقة الناضبة في الجزائر بمعدلات استهلاكها من الكهرباء والغاز والبترول ستطفو إلى السطح بوابر الأزمات التي ستواجهها البلاد مستقبلا، لهذا كانت الخطط والتوجهات الطاقوية للحكومات المتوالية في الجزائر تسير في اتجاه واحد يتمثل في تطوير مصادر الجزائر من الطاقة المتجددة والبديلة.

وعليه فإن المنحى العام للدراسة يطرح إشكالية تتدرج من معطيات عامة تتمثل في طبيعة الاقتصاد الجزائري وتوافر العوائد النفطية، إلى إطار خاص حدوده مدى نجاعة برامج تمويل وتطوير الطاقة المتجددة والنووية وقدرة هذه الأخيرة على توفير احتياجات الجزائر من الطاقة مستقبلا.

ضمن هذا السياق يمكن إبراز معالم إشكالية الدراسة من خلال ما يتناوله السؤال الرئيس التالي: ما مدى فعالية إستراتيجية الجزائر في توظيف عوائد النفط لتطوير مصادر الطاقة المتجددة مقارنة بإيران والسعودية؟

انطلاقا من هذا السؤال الرئيس والذي يحدد الإطار العام للدراسة، يمكن استخلاص أسئلة فرعية كالآتي:

- 1- ما مدى نجاعة وجدية سياسة الجزائر في مواجهة التحديات المركبة المتمثلة في ارتفاع الاستهلاك الداخلي مع حتمية التصدير أمام ضغوط تراجع الإنتاج الوطني؟
- 2- ما هي مستويات استخدام الطاقات الممكنة في الجزائر، المتجددة منها والبديلة؟
- 3- هل تساهم العوائد النفطية في الجزائر في تطوير قطاع الطاقة البديلة إنتاجا واستخداما من خلال إيصال قنوات التمويل إلى أهدافها؟
- 4- ما هي مشاريع الجزائر ورؤيتها في مجال تطوير واستخدام الطاقة النووية؟
- 5- ما مدى دعامة مجال الطاقة المتجددة للاقتصاد في كل من إيران والسعودية، وما هي وضعية الجزائر مقارنة بذلك مستقبلا؟

2- فرضيات الدراسة

تشير إشكالية الدراسة عددا من الجوانب والمتغيرات الاقتصادية والتي سوف نتناولها بالتحليل والمعالجة، ذلك من خلال طرح فرضيات نجيب عليها بعد البحث باختبار صحتها من عدمها، وعليه نسوق الفرضية الرئيسية كالآتي:

- توظف الجزائر عوائدها النفطية بطريقة فعالة على غرار إيران والسعودية لتطوير مصادر الطاقات المتجددة.

كما نطرح فرضيات جزئية نتفرع عن العامة كالتالي :

- رؤية الجزائر سليمة للموازنة بين معدلات استهلاك الطاقة وتعويض مصادر الطاقة الناضبة.
- مصادر الطاقة المتجددة والبديلة في الجزائر تشكل احد العوامل الرئيسية التي يعتمد عليها الطلب المحلي من الطاقة في المستقبل.
- ارتفاع عوائد النفط في الجزائر مؤخرأثر بالإيجاب على تطوير استخدام الطاقات البديلة.
- برامج الجزائر الخاصة باستخدام الطاقة النووية جادة وكفيلة بجعلها بديلا استراتيجيا للطاقة التقليدية.
- سياسات إيران والسعودية في مجال الطاقة المتجددة جعلت منها مصدرا استراتيجيا لسد الاستهلاك الداخلي من الطاقة، وبالتالي يمكن اعتبارها نموذجا يؤخذ به بالنسبة للاقتصاد الجزائري.

3-أهداف الدراسة

تهدف الدراسة إلى تحقيق أهداف محددة يمكن إدراجها في النقاط التالية:

- تحليل السياسات المستقبلية بالجزائر لتقادي ما يمكن وصفه بالحائط، وهو ارتفاع معدلات الاستهلاك المحلية من الطاقة تزامنا مع تراجع الإنتاج.
- تقييم موارد الجزائر من الطاقات الممكنة، المتجددة منها والبديلة، والوقوف على إمكانية الاعتماد عليها وتطويرها.
- دراسة ما إذا كانت القنوات التمويلية الخاصة بالطاقات البديلة تصب في الطريق الصحيح، ومدى جدية هذا البرنامج.
- بيان ما إذا كانت الطاقة النووية في الجزائر مشروع ذو مردودية كافية لسد احتياجات البلاد من الطاقة، ومستوى البرامج المستقبلية الخاصة بهذا المجال.

-محاولة الاستفادة وإسقاط تجارب دولتين نفطيتين في مجال الطاقة المتجددة هما السعودية وإيران، والوقوف على ما تم التوصل إليه في هذا القطاع.

4-أهمية البحث

من الناحية العلمية، يكتسي هذا البحث أهمية بالغة، كون الطاقة هي احد مقومات الحضارة وبالتالي لا تبنى دولة حديثة وقوية إلا إذا وفرت لنفسها مصادر طاقوية تسمح لها بتغطية حاجاتها من الاستهلاك المدني والصناعي والزراعي، أما من الناحية العملية فالجزائر باعتبارها دولة نفطية بامتياز، فهذا الموضوع يطرح نفسه وبشدة، فمصادر الطاقة البديلة والمتجددة، أصبحت تشكل أحد أهم اهتمامات الجزائر، لهذا كان هذا البحث للوصول إلى وضع بعض الحلول أمام المهتمين بالقطاع الطاقوي للخروج من معضلة المصدر الوحيد الناضب للطاقة.

5- منهجية البحث

ل للوصول إلى ما تم تحديده من أهداف لهذه الدراسة، تم اعتماد منهجية تقوم على المنهج الوصفي فيما يتعلق بتحديد بعض المفاهيم ووصف الحالات المتعلقة بالاقتصاد الجزائري، وكذلك للإحاطة بالمعطيات الاقتصادية التي سيعتمد عليها المعنيون بالشأن الاقتصادي الجزائري للخروج به إلى التنوع، وكذلك لتحليل ما تم التوصل إليه سابقا من مفاهيم ومعطيات خاصة تلك ذات الصبغة الاستشرافية التي تعنى بمستقبل الطاقة في الجزائر.

كما تم استخدام الأسلوب المقارن الذي لا بد منه للحصول على صورة داخلية لتجربة كل من إيران والسعودية في مجال الطاقة المتجددة ومحاولة اتخاذها كتجربة مماثلة بالنسبة للجزائر.

أما فيما يتعلق بأدوات الدراسة فقد تم الاعتماد على:

- البحث المكتبي والالكتروني؛
- الوثائق والسجلات المتحصل عليها من مركز تطوير الطاقات المتجددة بالجزائر (CDER).

6- حدود الدراسة

أ- الحدود الموضوعية: من الناحية الموضوعية تم التركيز على الثروة البترولية وسياسة استخدامها ضمن استراتيجية تطوير الطاقة المتجددة.

ب- الحدود المكانية : يتحدد موضوع دراستنا مكانيا بقطاع الطاقة في الجزائر، إيران، والمملكة السعودية ومدى مساهمة عوائد النفط في تطوير استخدام الطاقة المتجددة لتعويض الاستهلاك المحلي من الطاقة الناضبة.

ج- الحدود الزمانية : تم تحديد فترة الدراسة خلال الفترة الممتدة بين 2005-2015، وذلك تزامنا مع توفر فوائض لا بأس بها من صادرات النفط للفترة التي تسبق فترة الدراسة مباشرة (2000-2010)، مع الأخذ بالاعتبار معدلات التزايد في الاستهلاك والتراجع في الإنتاج الوطني، وبالتالي ظهور ضرورة التفكير في سد فجوة استهلاك الطاقة مستقبلا بتوظيف علمي وعملي مدروس بحكمة لهذه الفوائض في مجال استخلاف الموارد الناضبة للطاقة.

7- أسباب اختيار الموضوع

توفرت لدينا عدة اعتبارات كانت دافعا لاختيار هذا الموضوع أهمها:

- بعد التطرق لموضوع مرحلة ما بعد النفط في الجزائر في رسالة الماجستير، تمخضت من ذلك فكرة طرح موضوع الطاقة المتجددة، وذلك محاولة لإيجاد بعض الحلول التي تعتبر متنفسا للاقتصاد الجزائري خارج المحروقات ومصدرا استراتيجيا لتلبية الاستهلاك الوطني من الطاقة.
- المكانة المحورية لمجال الطاقة المتجددة بالنسبة للجزائر، ولكون تكاليف استخدامها جد مرتفعة مقارنة بالطاقة التقليدية، جعلنا نتناول جوانبه المتعددة لإبراز إمكانية اعتماده مستقبلا كطاقة بديلة للنفط في الجزائر.

8- دراسات سابقة

تعتبر الدراسات السابقة بالنسبة للبحث العلمي نقطة انطلاقا ومحدد مبدئي للسياق الرئيسي الذي ينتهجه البحث، ولهذا تم الاطلاع على بعض الدراسات على الساحة الوطنية والعالمية نلخص مفادها كالآتي:

- أ- أطروحة دكتوراه في العلوم الاقتصادية تخصص: نقود، بنوك و مالية، من إعداد الطالب شكوري سيدي محمد، تحت عنوان: "وفرة الموارد الطبيعية و النمو الاقتصادي دراسة حالة الاقتصاد الجزائري"، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير والعلوم التجارية، جامعة أبي بكر بلقايد، تلمسان، 2011-
- 2012: هدفت هذه الدراسة للإجابة على إشكالية مفادها: هل الاقتصاد الجزائري يعاني حقيقة من نقمة الموارد الطبيعية؟، وتوصلت إلى أن الاقتصاد الجزائري يعاني من بعض أعراض المرض الهولندي ، لاسيما التراجع الكبير في القطاع الصناعي و انتعاش البترول و التراجع العام في أداء الاقتصاد الجزائري عامة والذي لم يستطع تطوير أي قطاع مصدر خارج المحروقات منذ ما ينيف عن 50 سنة ، فارتبط الاقتصاد الجزائري كليا بالبترول و عائداته وأصبح هذا الأخير قاطرة الاقتصاد الجزائري ، فتراجع أسعاره تنعكس سلبا على كل الاقتصاد.

ب- أطروحة دكتوراه في العلوم الاقتصادية تخصص: اقتصاديات النقود والبنوك والأسواق المالية، من إعداد الطالبة: حسيبة زايد، تحت عنوان: "فعالية إعادة تدوير الأموال البترولية في التنمية الاقتصادية، دراسة قياسية لحالة الجزائر خلال الفترة 1970-2012"، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة محمد خيضر، بسكرة، 2014-2015: تمثلت أهم أهداف هذا البحث في معرفة مدى فاعلية ومساهمة الأموال البترولية المرسكلة في تحقيق التنمية الاقتصادية، سواء من خلال نجاعة الصناديق السيادية في تحقيق أهدافها، أو من ناحية دراسة العلاقة التأثيرية بين الأموال البترولية المرسكلة ومؤشرات التنمية الاقتصادية في الجزائر، وجاءت نتائج الدراسة مؤكدة على أنه ليس من صالح الاقتصاد الجزائري التخصص في إنتاج وتصدير المواد الأولية بشكلها الخام، لما تتميز به أسعارها من تقلبات وعدم استقرار في مختلف أسواقها الدولية، كما اعتبرت صندوق ضبط الموارد أداة حديثة من أدوات السيادة المالية يمكن للحكومة الاعتماد عليها في التأثير على الأوضاع الاقتصادية نحو الأهداف المرغوبة والمحافظة على الاستقرار الكلي للمؤشرات الاقتصادية.

ج - أطروحة دكتوراه في العلوم الاقتصادية تخصص: اقتصاد كمي (اقتصاد المؤسسة والأسواق)، من إعداد الطالب: قليل محمد الصغير، تحت عنوان: « **Modélisation Dynamique de la trajectoire économique : Analyse de relation causale par le recours à la cointégration en données de panel** » ، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير والعلوم التجارية، جامعة أبي بكر بلقايد، تلمسان، 2015-2016: انطلقت هذه الدراسة من تساؤل رئيسي حول تحديد المسار الذي تتحوه المسألة الطاقوية في الجزائر بالاعتماد على تحليل يقوم على جوانب اقتصادية، سياسية وتقنية-بيئية، وخلص البحث إلى أنه وعلى كل الأصعدة، المسألة الطاقوية في الجزائر ترتبط بشكل واسع بقضية التنمية المستدامة في البلاد، وأكدت الدراسة على الدور الرئيسي لمختلف العوامل الاقتصادية والاجتماعية والبيئية في استهلاك الطاقة على المديين القريب والبعيد.

د- أطروحة دكتوراه في العلوم الاقتصادية تخصص: النقود والبنوك والأسواق المالية، من إعداد الطالبة: هاجر بريطل، بعنوان: " دور الشراكة الجزائرية الأجنبية في تمويل و تطوير الطاقات المتجددة في الجزائر -دراسة حالة الشراكة الجزائرية الاسبانية- "، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة محمد خيضر، بسكرة، 2015-2016: سعت هذه الدراسة إلى تحديد حجم الاستثمارات في مجال الطاقات المتجددة، وإعطاء نظرة عامة للمستثمرين حول تكاليف وعوائد الاستثمار في الطاقات المتجددة، وخلص البحث إلى أن قنوات التمويل لا تزال عاجزة عن تلبية متطلبات الطاقات المتجددة لاسيما في ظل غياب استثمارات القطاع الخاص نظرا إلى اختلاف مقاييس تقييم أخطار الاستثمار، كما أن واقع إنتاج الطاقة في الجزائر يؤكد صعوبة إحلال الطاقات المتجددة مكان الأحفورية في الأمد القصير أو المتوسط خاصة مع توجه الجزائر إلى الغاز الصخري.

تختلف الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة المشار إليها فيما يلي:

- تعرض الدراسة الحالية البدائل الممكنة للطاقة التقليدية متمثلة في الطاقة المتجددة للخروج بالاقتصاد الجزائري من التبعية للموارد الناضبة على خلاف الدراسة السابقة الأولى التي ركزت على تعرض الاقتصاد الجزائري لنقمة الموارد الطبيعية وتأثيرها على المؤشرات الاقتصادية الكلية.
- تناولت الدراسة الثانية مدى فعالية الصناديق السيادية الناجمة عن تراكم الفوائض النفطية والتعرف على مختلف الخيارات الاستثمارية المتعلقة بهذه الصناديق، في حين ألفت الدراسة الحالية الضوء على نجاعة استخدام هذه الأموال في تنفيذ برامج استخدام الطاقات المتجددة في الجزائر.
- تطرقت الدراسة الثالثة إلى الدور الرئيسي لمختلف العوامل الاقتصادية والاجتماعية والبيئية في استهلاك الطاقة على المديين القريب والبعيد، من خلال تحليل الفجوات الناتجة عن المنحى الطاقوي للبلاد، بينما تهتم الدراسة الحالية بسياسات سد الفجوة بين استهلاك الطاقة وإنتاجها محليا باعتماد المصادر المتجددة.
- أعطت الدراسة الرابعة نظرة شاملة حول ظروف الاستثمار في مجال الطاقات المتجددة، مركزة في ذلك على الاستثمار الخاص، عكس الدراسة الحالية التي تبحث في تمويل شبه ذاتي يعتمد على العوائد البترولية المحلية.

9- صعوبات البحث

من أهم الصعوبات التي واجهتها هذه الدراسة، نقص المعطيات المتعلقة بالمشاريع القائمة في الجزائر وخاصة تكاليف الانجاز، وكذلك نقص المراجع باللغة العربية التي تناولت موضوع الطاقات المتجددة في كل بلدان الدراسة.

10- تقسيمات الدراسة:

سيتم إثراء الموضوع من خلال دراسة تحليلية نقسمها إلى أربعة فصول كالاتي:

- **الفصل الأول:** مدخل عام حول اقتصاديات الموارد الطبيعية، يتضمن هذا الفصل تحديدا نظريا وتاريخيا لاقتصاديات الطاقة التقليدية وكفاءة توزيع الموارد على الأجيال، كما يعرض الآفاق المستقبلية لاستخدام الطاقة.

- **الفصل الثاني:** الطاقات المتجددة، مفاهيم الاستدامة والانتقال الطاقوي، حيث يقدم هذا الفصل السياق الطاقوي العالمي وظروف الانتقال نحو البدائل المتجددة، كما يُظهر تكنولوجيات الطاقة المتجددة واتجاهات تكاليفها واستخداماتها في العالم.

- **الفصل الثالث:** مفاهيم النظم والتطبيقات النووية المستدامة، يتناول هذا الفصل اقتصاديات الطاقة النووية من حيث تكاليف تكنولوجياتها، أمنها وتماشيتها مع منظور تنموي مستدام.

- **الفصل الرابع:** الطاقات المتجددة وبرامج تطويرها في الجزائر، إيران والسعودية : وهو عبارة عن دراسة مقارنة مع جمهورية إيران والمملكة العربية السعودية محاولة منا لتوضيح تجربة كل منهما في قطاع الطاقة المتجددة خصوصا أن الجزائر تشترك معهما في كونها دولة نفطية متوجهة نحو الاستثمار خارج هذا القطاع.

الفصل الأول

مدخل عام حول اقتصاديات الموارد الطبيعية

الفصل الأول: مدخل عام حول اقتصاديات الموارد الطبيعية

تمهيد

إن المسألة المزمنة التي تطول مدة دراستها في اقتصاد الموارد الطبيعية هي بلا شك مسألة كفاية الموارد، وبالنظر إلى أن الاقتصاد المعاصر يستخدم كميات كبيرة نسبيا من أنواع كثيرة من الموارد الطبيعية كـ "مدخلات" للإنتاج والاستهلاك، فذلك يطرح قضية قدرة الإمدادات المستقبلية من هذه الموارد على تلبية الاحتياجات الاقتصادية لأطفالنا وأحفادنا والأجيال القادمة إلى أجل غير مسمى، أو درجة النقص الشديد للموارد الطبيعية في نهاية المطاف بحيث يهدد، وربما يؤدي إلى انهيار، مستويات المعيشة في المستقبل.

تم تقسيم هذا الفصل لأربعة مباحث، الأول ناقش الهبة الاقتصادية من ناحية كونها نعمة أم نقمة، وعلاقتها بالتنمية الاقتصادية، والمبحث الثاني طُرح فيه موضوع استدامة توزيع الموارد الطبيعية وعدالته بين الأجيال، بينما تضمن المبحث الثالث إطارا عاما لاقتصاديات الموارد الطبيعية غير المتجددة والمتجددة من خلال تصنيف هذه الموارد وتقييم كفاءة توزيعها عبر الزمن، أما المبحث الرابع فيُظهر بالأرقام آفاق الطاقة العالمية والتوجهات المستقبلية للطلب والعرض عليها.

المبحث الأول: هبة الموارد الطبيعية والتنمية الاقتصادية

لم يعد مفهوم التنمية الاقتصادية مقتصرًا فقط على التبعية الكاملة لتراكم رأس المال المادي والبشري. المنظرون الاقتصاديون يناقشون اليوم وجود شكل ثالث لـ "رأس المال" أو "الأصول الاقتصادية" مهم جدا لأداء المنظومة الإنتاجية، الاستهلاك، الاستثمار. هذا النوع المتميز لرأس المال هو هبة الموارد الطبيعية والبيئية المتاحة لاقتصاد ما، وعادة ما يشار إليها بـ "رأس المال الطبيعي". رأس المال هو المخزون، المنشآت والتجهيزات المستعملة لإنتاج سلع وخدمات ذات قيمة في الحاضر والمستقبل¹. نماذج النمو الأساسية تؤكد على دور رأس المال الذي ينتجه الإنسان حيث يمكن تحديد ثلاثة أشكال له³:

✓ رأس المال المصنَّع: المصانع، البنايات، أدوات وأشياء مادية أخرى تعرف بوسائل الإنتاج؛

✓ رأس المال البشري: المخزون التربوي، المهارات، الثقافة والمعرفة المخزنة في الإنسان نفسه؛

✓ رأس المال الاجتماعي: الروابط والعلاقات ضمن وبين الشبكات الاجتماعية؛

1

² - Gregory N M et Mark P T, « Principes de l'économie », Groupe de boeck , Bruxelles, Belgique, 2011, P 502.

³ - Henry W et autres, « Natural Resources and Economic Growth: Learning from History », Routledge, New York, USA, 2015, P 04.

ومع ذلك، هناك إجماع ذو توجه متزايد على أن رأس المال الطبيعي هو محدد أساسي للتنمية الاقتصادية. يتكون رأس المال الطبيعي من مختلف الطرق التي تشجع البيئة من خلالها العملية الإنتاجية وتساعد مختلف نواحي التواجد الإنساني. يمكن التمييز بين نوعين من رأس المال الطبيعي:

✓ الأول: رأس المال الطبيعي غير المتجدد (مثل الوقود الأحفوري والرواسب المعدنية) الذي لا يُسترد في مقدار زمني قريب بالمعدل الذي يستهلكه به الناس؛

✓ الثاني: رأس المال الطبيعي المتجدد وهو نشيط وذاتي الحفظ، يستخدم الطاقة من الشمس، باطن الأرض، النظم البيئية.

رأس المال الطبيعي عامل مهم جدا في عجلة التنمية الاقتصادية المستدامة، لكن زيادة التبعة الاقتصادية للموارد الطبيعية تبدو كعائق أمام النمو والتنمية في الاقتصادات ضعيفة ومتوسطة الدخل حول العالم، فالتجارب والممارسات الأخيرة تكشف عن علاقة سلبية بين النمو الاقتصادي بالنسبة لرأس المال وبعض معايير أو صفات رأس المال الطبيعي، والتي وُصفت على أنها "لعنة" وفرة الموارد الطبيعية.

المطلب الأول: وفرة الموارد الطبيعية "تعمة" أم "تقمة"

لمناقشة أثر الموارد الطبيعية على التنمية الاقتصادية، من المفيد التمييز بين¹:

- وفرة الموارد: مقدار مُخزن من ثروة الموارد؛
- ريع الموارد: المكاسب غير المتوقعة الناتجة عن إيرادات الموارد الطبيعية في نقطة زمنية معينة؛
- التبعة للموارد: إلى أي درجة يمتلك الاقتصاد منفذاً إلى مصادر بديلة للدخل خارج استخراج الموارد.

يمكن لهذه المفاهيم أن تتداخل فيما بينها، لأنه يمكن لاقتصادات ذات وفرة في الموارد الطبيعية أن تحصل على مداخيل مرتفعة من الاستخراج ثم تخصص في تصدير الموارد الأولية لتصبح بذلك معتمدة على تجارة الموارد. مع ذلك، هناك دول غنية بالموارد الطبيعية لا تعاني من التبعة الاقتصادية لها، ودول أخرى تفتقر نسبياً للموارد لكن اقتصاداتها معتمدة عليها، لهذا السبب يوجد لبس كبير حول مفهوم "وفرة الموارد". هذا اللفظ يمكن أن يستخدم بشكل متنوع في مختلف العلوم وحتى في العديد من مجالات الاقتصاد. على سبيل المثال، وفرة الموارد الطبيعية تعني عادة كمية الموارد الطبيعية الممكن استغلالها وذلك في العلوم الطبيعية واقتصاديات البيئة، لكن في دراسات النمو الاقتصادي، وفرة الموارد الطبيعية تعني كمية الموارد والاحتياجات التي تم استغلالها فعلاً (أو في طور الاستخدام). الحصة من الموارد

¹ - المرجع السابق، ص 06.

الممكنة التي تصبح مستغلة اقتصاديا في نهاية المطاف تتوقف على العديد من العوامل مثل الظروف الاقتصادية والسياسية، التطور التكنولوجي، وبالتالي تصبح هذه الحصة عاملا ضمنيا في النظام الاقتصادي.

خلال التسعينات، "النقمة" نُظر إليها على أنها تقريبا حقيقة تجريبية لا نقاش فيها، هذه الفكرة قامت على مؤشر مبني على أن الصادرات الأولية حصة من الناتج المحلي الإجمالي، لكن هذا معيار للتبعية للموارد الطبيعية أكثر منه لوفرتها. على ضوء ذلك، تركّز التحليل الخاص بالقنوات التي تربط كلا العمليتين (التبعية للموارد الطبيعية والنمو الاقتصادي) حول العوامل التقليدية المؤثرة على الأداء الاقتصادي، مثل تراكم عوامل الإنتاج والتطور التكنولوجي. مع ذلك، تقدمت الرؤية بانتظام نحو تضمين الترتيبات والاعتبارات المؤسسية للتحليل، معتبرة أن المؤسسات وبشكل متزايد أدخلت التيار الفكري الاقتصادي الحديث القائل بأن ملكية الموارد الطبيعية (سواء تعلق الأمر بالأصول نفسها أو بالعوائد الناتجة عن استغلالها) هي القضية الرئيسية التي تلعب فيها كل من جماعات المصالح والدولة دورا رئيسيا في تكوين وتسيير نظام الملكية. النتائج كانت متباينة، لكن كان هناك إجماع يتخلل النظرة العامة والتحليل التسعيني حول وجود "مشروطة" "conditionality" في القضية. الفكرة هي أن نوعية المؤسسات المشاركة هي التي تلعب دورا مركزيا في كون الموارد الطبيعية "نعمة" أم "نقمة".

في النهاية، آخر المساهمات في أدبيات التسعينات ردت على هذا الإجماع، عدد من الكتاب فرقوا بين التبعية للموارد الطبيعية وهبة الموارد الطبيعية أو وفرتها، وأخذوا في الحسبان مؤشرات بديلة مثل مخزون رأس المال الطبيعي أو إجمالي أصول رأس المال الطبيعي. الدراسات التجريبية ضمن هذا الخط التحليلي تتحدى الرأي التقليدي حيث تقلب وتعكس العلاقة، حيث وحسبها وفرة الموارد تؤثر إيجابا على النمو الاقتصادي ونوعية المؤسسات وعُرفت هذا التناقض الظاهر بـ: "ذر الرماد في العيون"¹.

في السنوات الأخيرة تحول النقاش إلى وضعيات ومواقف أقل تطرفا، حيث قُبلت تلك النتائج المتباينة، وأصبحت النواحي المؤسسية معتبرة فعلا. النقاش أيضا طور فكرة الأداء الاقتصادي لتشمل مفاهيم أخرى غير النمو الاقتصادي مثل: الفقر والعدالة ومختلف مؤشرات الرفاهية. ومع ذلك، تطور النقاش ليتركز وبشكل كبير على التحليل في النصف الثاني من القرن العشرين بتسليط ضوء جديد على هذا الحوار بتطبيق هذه المفاهيم على المدى الطويل وهذا من منظور تاريخي.

¹ - Christa N B et Erwin B, « The Resource Curse Revisited and Revised: A Tale Of Paradoxes and Red Herrings », Journal of Environmental Economics and Management, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, December 2006, P 05.

أولاً: وفرة الموارد الطبيعية باعتبارها "نعمة"

تسارع نمو العديد من الدول في الربع الأخير من القرن التاسع عشر إلى غاية بداية الحرب العالمية الأولى، هذا الازدهار الاقتصادي كان مصحوباً بتوسع صناعي تصديري في غرب أوروبا والوم أ، كما استفادت مناطق متوسطة أخرى في شمال وجنوب أمريكا، جنوب إفريقيا وأستراليا. احتاجت آنذاك الدول الأوروبية المصنعة إلى الموارد الطبيعية الرخيصة من "العالم الجديد" ما أدى باقتصادات الدول المستوطنة حديثاً لاستيراد رأس المال والعمل وذلك لتوسيع قدراتها على توفير صادرات الموارد. العامل المفتاح في هذا النمو العالمي كان "ثورة النقل" نهاية القرن التاسع عشر، ما مكن هذه المناطق من الانضمام للاقتصاد العالمي.

التجارة كانت هي القناة التي بفضلها تم نقل الموارد العاطلة أو الضائعة (خاصة الموارد الطبيعية) في الاقتصادات الجديدة إلى استخدام إنتاجي داعم للنمو الاقتصادي. حسب نظرية "staples theory" المتعلقة بصادرات الموارد (الأساسية) وأثرها على اقتصادات الدول، التنمية الاقتصادية في العديد من الدول بُنيت أساساً على توسيع دائرة قطاع الصادرات بشكل عام، وصادرات الموارد الطبيعية بشكل خاص¹. نظرية منفذ الفائض "the vent for surplus theory"، أصل مفهومها لـ "سميث"، تشير إلى أن التجارة كانت الوسيلة التي من خلالها بدأت الموارد غير المستغلة في إدراج الثروة ودعم النمو الاقتصادي².

كلا الاتجاهين اعتبرا أن وجود فائض في الموارد على شكل أرض وموارد طبيعية غير مستغلة بشكل كامل في اقتصاد مغلق، ووجود تجارة خارجية، كل ذلك سيسمح باستغلال هذه الموارد لزيادة الصادرات ودفع عجلة النمو.

في غضون ذلك، أكدت الكتابات الكثيرة حول التنمية في الوم أ على الأثر الإيجابي لهبة الموارد على مستويات الرفاهية في نهاية القرن 19م وبداية القرن 20م. حيث ربط الكثير من العلماء الدور الريادي للولايات المتحدة الأمريكية في التصنيع بالتطور التكنولوجي والمعرفة الكبيرة المكتسبة في قطاع التعدين الأمريكي (الصناعات الاستخراجية). هذه الاتجاهات اختبرت وبعث بعض التجارب الناجحة لدول أخرى، مثل بوتسوانا، أين أدت ملكية وإدارة الدولة للموارد الطبيعية المتاحة إلى الازدهار الاقتصادي.

¹ - Myint h, « The "Classical Theory" of International Trade and the Underdeveloped Countries », the economic journal, United Kingdom, juin 1956, P 68.

² - Heinz D K, « Adam Smith on Foreign Trade: A Note on the 'Vent-for-Surplus' Argument », Economica, [The London School of Economics and Political Science](http://www.lse.ac.uk/economics/papers/16/03/1992), 16/03/1992, P 476.

طرح في أواخر التسعينات عدد من الباحثين نماذج تبين كيف يؤدي الانفتاح أمام التجارة الحرة للموارد (التخصيصية) لاقتصاد منطقة ما كان مغلقا إلى التنمية الاقتصادية. البعض منهم وظف مفهوم "النمو الذاتي" أو "تحريك الحدود" والبعض الآخر وسعوا إطار نظرية الموارد الأساسية (التخصيصية) ليشمل طبيعة الصادرات من هذه الموارد، الخصائص الإقليمية وبنية المؤسسات. قدمت أيضا هذه النماذج تفسيراً لسبب كون التنمية القائمة على الموارد ناجحة في البداية لكنها غير مستدامة على المدى الطويل. في نهاية القرن 19م وبداية القرن 20م، سمح الطلب الفعال على الموارد الأولية في فترتها الذهبية (1870-1913) للاقتصادات القائمة على تصدير الموارد الأولية في مواصلة النمو وذلك مع امتلاكها لقطاع تصنيعي ضعيف (وهو النشاط الذي لم يتسع أصلاً في هذا النوع من الاقتصادات). لكنها، رغم ذلك، بقيت غير حصينة أمام انخفاض الأسعار العالمية للمواد المرتبطة بأسعار السلع التصنيعية. بمجرد أن تتخصص دولة ما في تصدير الموارد الأولية، يصبح من الصعب عليها الخروج من هذا التخصص والسير في طريق التصنيع الحديث، فالتنمية داخل الحدود أو "المغلقة" هي نتاج وجود اقتصاد واسع الاستغلال للموارد المدرة لقيمة اقتصادية مضافة متواضعة، هذا الربح المحصل لا يُعاد استثماره في قطاعات إنتاجية أخرى أكثر نشاطاً¹. شكل الحياة الاقتصادية هذا كان نموذجاً للاقتصادات "الجديدة" وكان قادراً على توفير مستويات معيشية مرتفعة لكن يبقى دائماً مرتبطاً بديمومة العرض الداخلي من الموارد ونشاط الطلب العالمي عليها. الانخفاض في الطلب أو الارتفاع في العرض لهما عواقب شديدة على السياسة الاقتصادية الداخلية لأي دولة، هذا يجعلها ضعيفة في وضعية رد الفعل لمواجهة تحدي إيجاد منتجات أساسية للتجارة، فهذه الاقتصادات تواجه خطر "فخ الموارد" حيث تخلق الأسواق المحلية الصغيرة وعامل النسبية (وفرة الأرض نسبة للعمل ورأس المال) ميزة نسبية في صادرات الموارد. في هذه الوضعية، يصبح خلق روابط طلب أمامية وخلفية على صادرات موارد (تخصيصية) بعينها هو العامل المحدد لنجاح أو فشل الأداء الاقتصادي للدولة على المدى الطويل².

ثانياً: منهج الهيكل الإنتاجي: اللعنة والتخصص الأولي (تصدير الموارد الأولية)

يمكننا التمييز بين وجهتي نظر بالنسبة لهذه المقاربة:

- **مقام أول: توزيع (تخصيص) الموارد على القطاعات الإنتاجية ومختلف آثاره الجانبية على النمو الإجمالي** يؤكد على دور التخصص في التنمية الاقتصادية: الاقتصادات التي تقوم فيها العملية الإنتاجية على وفرة الموارد الطبيعية، ويشكل فيها قطاعي الصناعة والخدمات حصة متواضعة ضمن الهيكل الإنتاجي، نموها يتسم عموماً بالبطء. الصناعة والخدمات قطاعان يؤديان إلى تقسيم أكثر تعقيداً للعمل

¹ - Vicente P et Marc B M, « Natural Resources and Economic Development. Some lessons from History », P 08, working paper disponible sur : www.researchgate.net. (consulté le: 29/03/2017).

² - Vicente P et Marc B M, Op cit, P 08.

ويمتلكان إمكانات أكبر لإدخال المعرفة للعملية الإنتاجية وبالتالي تطوير مسار أكثر استدامة وسرعة في النمو.

- **مقام ثاني:** ما يسمى بالمرض الهولندي: وهو مفهوم مهم جدا في أدبيات فرضية نقمة الموارد الطبيعية. عندما يسود نمط واحد من صادرات الموارد الطبيعية، كالوقود الأحفوري مثلا، فإن الاقتصاد المحلي يعتمد على الدخل المتأتي من صادرات هذا المورد، ويرتفع الدخل الوطني بسببه. لكن بقية القطاعات الاقتصادية تصاب بما يقترب من الشلل لأن ارتفاع أسعار عوامل الإنتاج يعطل الاستثمار فيها. وتعاني الدول التي تعتمد على الدخل من صادرات مورد واحد من عدم تمكنها من تنويع القاعدة الإنتاجية، وتصاب بانتكاسات بين الفينة والأخرى¹.

وجهتا النظر كلاهما تهتم بالعملية الإنتاجية، لكنهما تؤكدان على جوانب مختلفة عند تشخيص جذور وتطور نقمة الموارد. الأولى تسلط الضوء على هيمنة الأنشطة الأولية في بادئ الأمر (تصدير الموارد الأولية) كعملية طويلة المدى مصحوبة بتغييرات تصاعدية، والثانية تقدم تفسيراً لنوع من التغيير المفاجئ والذي تكون فيه تغييرات الأسعار النسبية هي محور العملية.

المطلب الثاني: أثر التخصص الأولي (الموارد الأولية) والقيود على التغيير الهيكلي

في نظرية التنمية المطروحة خلال الخمسينات، ارتبطت بشكل وثيق الأفكار المتعلقة بكل من النمو الاقتصادي والتغيير الهيكلي. السبب في ذلك أن مفهوم التنمية آنذاك تضمن إعادة توزيع (تخصيص) عوامل الإنتاج من قطاعات منخفضة الإنتاجية إلى قطاعات عالية الإنتاجية تتميز بارتفاع عوائدها وتكاملها. بما أن القطاع الصناعي هو النشاط الرئيسي الذي يمكن أن يحقق أعلى مستويات الإنتاجية، فالعملية يجب أن تشمل تغييرات في البنية الهيكلية للاقتصاد، وأن تكون حصة القطاع الصناعي في الناتج المحلي الإجمالي والتشغيل أكبر، فالتصنيع يحقق فوائض في الإنتاج، روابط أمامية وخلفية، آثار خارجية اقتصادية وتكنولوجية تديم ارتفاع العوائد في المدى الطويل. من هنا يتبين أن النمو الاقتصادي يتباطأ في الدول التي يركز هيكلها الاقتصادي على حصة أكبر من النشاط الأولي، في هذا السياق وفرة الموارد الطبيعية هي نقمة تعيق التنمية الاقتصادية.

المحور النظري والتجريبي للاهتمام تغير في ستينات القرن الماضي، وانتقل التركيز إلى وضع نماذج نمو اقتصادي مبنية على الوظيفة الإنتاجية الكلية، ضمن هذه المقاربة الجديدة لعبت النشاطات الإنتاجية والتغيير الهيكلي دورا ثانويا، بينما فُسرَ التقدم التكنولوجي خارج القطاع بقلة الاهتمام بشؤونه وقضاياها.

¹ - عبد الرزاق بني هاني ومحمد الروابدة، "اقتصاديات الموارد والبيئة"، دار وائل للنشر، الطبعة الأولى، عمان، 2015، ص 52.

عاد بعد ذلك الموضوع ليكون محط البحث في نظريات التنمية الاقتصادية التي سادت الثمانينات وهذا من خلال النظرية الجديدة للنمو الاقتصادي (NTEG)¹ والتطور التكنولوجي الذاتي. هذه النماذج لها قطاعين أو ثلاثة²:

✓ هناك عوائد متزايدة للبحث الكثيف والتنمية (R+D)؛

✓ وهناك تنويع كبير للإنتاج للحصول على معدلات نمو إيجابية على المدى الطويل.

النظريات الجديدة في مجال:

✓ التجارة الخارجية والموقع الجغرافي للنشاطات الإنتاجية (Krugman 1991, Grossman 1994, Helpman 1994)؛

✓ النظرية الجديدة للنمو (Aghion and Howitt 1992)؛

✓ النظرية الجديدة للتنمية (Ray 2000, Ros 2000)؛

تعتبر من آخر الإسهامات النظرية والتجريبية في موضوع التنمية والنمو الاقتصاديين وكذلك التخصص الأولي والتغيير الهيكلي.

بالنظر لكون الأنشطة الأولية لا تشكل نواتا ذاتية للتطور التكنولوجي والابتكار، فاعتماد الاقتصاد على الموارد الطبيعية يجعل معدل نمو الناتج منخفضا.

هناك موقفان بديلان لأدبيات هذا التيار السائد يعرفان التخصص الأولي بالديناميكية الاقتصادية المنخفضة. أحدهما مستوحى من الماركسية والتقاليد الهيكلية، والآخر يطرح إطارا مستمدا من تحليل شومبيتر (Schumpeter) للنمو الاقتصادي والابتكار.

أولا: المرض الهولندي وتقلبات أسعار الموارد الطبيعية

الارتفاع غير المتوقع لأسعار الموارد الطبيعية قد يؤدي إلى توسع كبير في قطاع الصادرات، لكن أثر ذلك على الاقتصاد ككل غير مؤكد. يلاحظ الانتعاش في باقي قطاعات الاقتصاد في حالة إنفاق جزء من هذه المداخل غير المتوقعة داخل الدولة (بصفة مباشرة أو غير مباشرة عن طريق الحكومة). إضافة إلى ذلك، ارتفاع إنتاجية العمل في قطاع تصديري مزدهر تسحب القوى العاملة وتجذب الموارد الاقتصادية على حساب القطاعات الاقتصادية الأخرى. كل هذا يؤدي إلى عملية إضعاف القطاع الصناعي ويعزز من الانتعاش المؤدي لفائض في الطلب يعجز السوق المحلي عن تلبيته. كنتيجة لذلك،

¹ - the New Theory of Economic Growth.

² - Vicente P et Marc B M, Op cit, P 10.

سيتمتع الاقتصاد على المدى الطويل إلى التخصص في الإنتاج والتصدير القائمين على الموارد الطبيعية وسيكون النمو متباطئاً ومتقطعاً.

في نفس الوقت، مصدر المنتجات الأولية المستفيدون من ميزة نسبية في منتج أو اثنين يُعرضون أنفسهم لخطر الأسعار بشكل أكبر من أولئك الذين يملكون قاعدة متنوعة من منتجات التصدير.

المرض الهولندي إذن ينزع إما إلى خفض مستوى إجمالي الصادرات، أو الميل بتركيزها بعيداً عن نماذج قطاعات التصنيع والخدمات عالية التقنية وعالية القيمة المضافة والتي من شأنها أن تكون مفيدة للنمو الاقتصادي¹.

ثانياً: المزاحمة (رأس المال الطبيعي يزيح أشكال رأس المال الأخرى)

في بنية النماذج الأخيرة، وفرة الموارد الطبيعية أو الاعتماد الكبير عليها يؤثر على متغير (X) الذي يعيق النمو الاقتصادي. إذن مهمة الباحثين والمنظرين كانت تحديد الآليات والميكانيزمات التي تربط بين الظاهرتين أو العمليتين. هذه القنوات يمكن رؤيتها من خلال المزاحمة: وفرة رأس المال الطبيعي تعمل على إزاحة رؤوس الأموال الأخرى وتمنع توسيع الإنتاج. سنركز على الأنشطة الربعية (النزعة الربعية)، تأثير المؤسسات "السيئة"، الأثر على تكوين رأس المال البشري، أساليب الإنفاق والادخار المصحوبة بوفرة الموارد الطبيعية.

1- النزعة الربعية، المؤسسات الضعيفة وقابلية التلاؤم

في كثير من الدول النامية، العوائد الكبيرة للموارد الطبيعية، الأسواق الناقصة (أو انعدامها)، تساهل الجهات القانونية، يدفع بالمنتجين إلى الدخول في نزعة ربعية خارجة عن السيطرة. هذا ما يحول دون وصول عوائد الموارد الطبيعية إلى أنشطة اقتصادية مثمرة اجتماعياً ويعيق مسيرة التنمية الاقتصادية. الربيع الكبير للموارد يمكن أن يؤدي إلى تركّز السلطة السياسية والاقتصادية في يد النخبة التي تستعمل ثرواتها، بمجرد السيطرة، في توجيه المداخل والريع لصالحها وهكذا تؤمن وتحظر لمرحلة الاستيلاء على السلطة. من نتائج ذلك، المستويات العالية من عدم المساواة، ديمقراطية ضعيفة وعدم الاستقرار السياسي، وكل ذلك يبطئ النمو الاقتصادي. يمكن أن تميل الحكومات إلى إفساد الأسواق من خلال²:

¹ - Warner M C, « Boom Sector and Dutch Disease Economics: Survey and Consolidation », oxford economics papers, Oxford, UK, February 1984, P 361.

- رأس المال الاجتماعي هو: المؤسسات، العلاقات، الاتجاهات والقيم التي تحكم التفاعلات بين الناس، وتساهم في التنمية الاقتصادية والاجتماعية.
² - Christiaan G et Thierry V B, « Understanding and measuring social capital », the international bank for reconstruction and development, Washington, 2002, P 02.

✓ إعطاء امتيازات للشركات والأفراد للوصول إلى الموارد الطبيعية ذات الملكية العامة؛

✓ توفير حماية جمركية وامتيازات أخرى للمنتجين على الحساب العام؛

✓ خلق منافسة بطرؤف تفضيلية من بين أصحاب النزعة الريعية.

النزعة الريعية المفرطة يمكن أن تنتج الفساد في قطاع الأعمال والحكومة، تخل بعدالة توزيع الموارد، تضر بالاستثمار، تؤدي إلى زيادة في الإنفاق العام، تقلل من الكفاءة الاقتصادية وتعمل ضد العدالة الاجتماعية. علاوة على ذلك، وفرة الموارد الطبيعية يمكن أن ترسي شعورا بعدم الثقة بين الشعوب والحكومات، وتحرم الدولة من فرص فرض إدارة ناجحة للاقتصاد وإنشاء مؤسسات عالية الكفاءة. بعبارة أخرى، وفرة الموارد الطبيعية يمكن أن تتراحم رأس المال الاجتماعي، وتكبح النمو الاقتصادي.

الفساد، عدم المساواة وغياب الحريات السياسية يمكن اعتبارها إذن القنوات الرئيسية التي من خلالها يفسد أصحاب النزعة الريعية رأس المال الاجتماعي. زيادة على ذلك، تمنع هذه العوامل الثلاثة النمو الاقتصادي وتديم الفقر وهذا التأثير ليس بمعزل عن النظام السياسي. في حقيقة الأمر، كل الدلائل تشير إلى أن علاج نقمة الموارد أرجح أن يكون ضمن نظام رئاسي منه في نظام برلماني.

يرى بعض المنظرين أنه من الممكن أن تكون لوفرة الموارد الطبيعية آثار مختلفة على الأداء الاقتصادي، حيث يرجعون ذلك إلى مختلف أنواعها. يرون من المهم هنا التمييز بين الموارد "ضيقة المصدر" "point resource" (مثل الموارد الطاقوية والمعدنية) وأخرى "واسعة المصدر" "diffuse resource" (مثل الأراضي الزراعية والثروة الحيوانية)¹. الأولى تهيب فرص أكبر للنزعة الريعية والفساد من الثانية ونتائجها السلبية أكثر خطورة على النمو الاقتصادي. تركيز الصادرات على الموارد "point resource" يصاحبه وبشكل كبير ضعف المؤسسات العامة والتي بدورها تُسأل عن تباطؤ النمو الاقتصادي. في واقع الأمر، الاقتصادات وفيرة الموارد الطبيعية ومختلف أنواع الموارد تخلق ضغوطا متنوعة على هياكل المجتمع، أهلية المؤسسات والعلاقات بين الدولة والشعب. من شأن النمو الاقتصادي أن يتقوض إذا كانت الموارد الطبيعية وعوائدها سهلة المنال والسيطرة من طرف نخبة محددة وضيقة. هذا ما طرحه باحثون في دراسات أخرى لكن مع إعادة تقييم النقمة من حيث مؤشرات رفاهية الإنسان، ميبين أن الدول كثيفة الموارد تمتلك معدلات أقل للتنمية البشرية. هذا يدل على أن ظاهرة نقمة الموارد لا تؤثر

- الموارد "ضيقة المصدر" هي موارد تتركز في منطقة معينة وتُستغل عموما في الصناعات الاستخراجية، الموارد "واسعة المصدر" هي موارد منتشرة على نطاق واسع، تُستخدم أكثر في الصناعات الإنتاجية في منطقة واسعة.

¹- Philippe L B, « The political ecology of war: natural resources and armed conflicts », Elsevier science, Oxford, 2001, P 570.

على النمو الاقتصادي فحسب، بل إن أثرها أوسع، وأن أداء الدول المعتمدة على موارد النقطة " point resources" أكثر سوءاً¹.

2- رأس المال البشري وكثافة المهارة

العامل الأساسي في النمو الاقتصادي ليس الاستثمارات في العناصر المادية، بل هو الاستثمار في العنصر البشري، سواء كعامل أو موظف في المؤسسات، أو كمسير ومنظم للإنتاج باعتبار هذا الأخير (الإنتاج) يحتاج في تسييره تنظيم مختلف مجالات نشاط المؤسسة العامة بخبرات ومؤهلات يفترض أن يكتسبها الإداريون سواء في مجالات متابعة العمل الإنتاجي والوظائف الأخرى، أو من ناحية توفير الظروف الملائمة للعمال².

رأس المال البشري يعتبر أحد مكونات رأس المال الفكري، وهو يتصف بخاصية هامة، وهي أن المنظمة تحصل على مساهماته في العمل دون أن تملكه بشكل مباشر. يقصد برأس المال البشري المعرفة والمهارات بالإضافة إلى القدرات الذاتية لتحديد وإيجاد مصادر المعرفة والمهارات التي لا يمتلكها الأفراد حالياً، وهو ما يطلق عليه المبادأة أو الابتكار أو قدرات المنظمة.

يمكن أن تقلل وفرة الموارد الطبيعية من حافز القطاعين العام والخاص على تنمية رأس المال البشري، ويعود هذا للمستويات المرتفعة لعوائد غير الأجراء (مثل: الحصص، الإنفاق الاجتماعي، الضرائب المنخفضة)، وأيضاً إلى التوجه السائد في الاقتصادات وفيرة الموارد الذي يقلل من أهمية القيمة بعيدة المدى للتعليم. بعبارة أخرى، وفرة رأس المال الطبيعي تترجم رأس المال البشري. من حيث مقارنة الهيكل الإنتاجي، الأنشطة القائمة على الموارد الطبيعية مثل: الزراعة، صيد الأسماك والغابات هي أنشطة منخفضة التقنية كثيفة العمل ومن المحتمل أيضاً أن تكون منخفضة النوعية كثيفة رأس المال مقارنة مع الصناعات الأخرى لذلك مداخلها تكون أقل نسبياً منها، وهي عموماً لا تسمح بـ: التعلم عبر التطبيق، الابتكار، التقدم التكنولوجي والنمو الاقتصادي بصفة عامة³.

3- أنماط الإنفاق: حوافز الادخار والاستثمار

يمكن أن تحول وفرة الموارد الطبيعية دون تحفيز القطاعين العام والخاص على ترقية الادخار والاستثمار، فكلما تكدست عوائد الموارد عند ملاكها أكثر أدى ذلك إلى انخفاض أسعار الفائدة الحقيقية وتباطأ النمو⁴.

¹ - المرجع السابق، ص 571.

² - رواء زكي الطويل، "محاضرات في الاقتصاد السياسي"، دار زهران للنشر والتوزيع، الأردن، 2013، ص 140.

³ - أحمد يوسف دودين، "منظمات الأعمال المعاصرة: الوظائف والإدارة"، الأكاديميون للنشر والتوزيع، الأردن، 2014، ص 172.

⁴ - Gylfason T et Zoega G, « Natural Resources and Economic Growth: The Role of Investment », the world economy, volume 29, University of Copenhagen, Denmark, august 2006, P 1092.

يتميز التصنيع عادة بعوائد عالية وآثار جانبية مرتفعة. الانخفاض في حجم التصنيع يؤثر سلباً على الإنتاجية وربحية رأس المال المادي ويجعل انخفاض الاستثمار، بمعنى أن وفرة رأس المال الطبيعي تترافق أيضاً مع رأس المال المادي. ثروة الموارد الطبيعية تقلل من الحاجة للادخار والاستثمار لأن وفرة هذه الموارد تخلق شعوراً مستمراً بتحقيق عوائد مستقبلية كبيرة، والرفاهية تبدو أقل ارتباطاً بتحويل رأس المال البشري (صنع بشري) إلى فترات مستقبلية. هذه العملية يمكن أن تكون عاملاً مساهماً في تأخر تنمية المؤسسات المالية، حالة من التدابير غير المشجعة على الادخار والاستثمار والنمو الاقتصادي. في المقابل ليس المهم فقط حجم الاستثمار ولكن نوعية النفقات، فكلما القطاعين العام والخاص تستثمر العوائد الريعية في مشاريع غير منتجة.

في الاقتصادات التي يكون الجزء الأكبر من ثروتها في شكل أرض، إجمالي الادخار يمكن أن يستخدم إما لتراكم رأس المال وارتفاع الطلب السوقي، أو استثماره في الأرض. عندما تتوفر الأرض نسبياً، الغرض من الاستثمار فيها هو جني الأرباح المتأتمية من ارتفاع أسعارها في المستقبل. عندما ترتفع أسعار الأرض يستثمر الرأسماليون الجزء الأكبر من ثروتهم فيها، وهذا يبطئ كثيراً تراكم رأس المال. في المقابل، وعندما لا تتوفر الأرض، ارتفاع عوائدها ينقص الأرباح ويدفع بإنفاق الرأسماليين ليصل إلى نقطة يتوقف عندها تراكم رأس المال فعلياً. في كلتا الحالتين لم تعد الموارد بديلاً عن تراكم رأس المال. بما أن الاستثمار هو المصدر الرئيسي للنمو والتغيير الهيكلي، فإن الاقتصادات ذات العوائد الكبيرة للأراضي وكثيرة فرص المضاربة عليها ستكون بطيئة النمو¹.

ثالثاً: عامل الهبة وفرضية التغيير المؤسسي

آخر مقارنة احتوتها البحوث الاقتصادية الأخيرة حول أسباب نجاح التنمية في بعض الاقتصادات المعتمدة على الموارد الطبيعية بطريقة أفضل من اقتصادات أخرى، وهي عامل جد مؤثر تمثلت في طرح مفاده أن التفسير الأساسي للتنمية الاقتصادية يوجد ضمن التفاعل بين عوامل خارجية حاسمة مثل: الجغرافيا، المناخ والتراث المؤسسي. هذه العوامل تفسر لماذا بعض الدول المستوطنة حديثاً في المناطق المعتدلة مثل: أستراليا، كندا، نيوزلندا وأمريكا استهلكت القرن العشرين وهي بلدان "أكثر نمواً" من الاقتصادات الريفية الاستوائية، الزراعية، الريفية لإفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية².

مختلف الاستراتيجيات الاستعمارية الأوروبية خلقت تشكيلات مختلفة من المؤسسات. الدول الأوروبية الجديدة أنشئت حيث حاول المستوطنون الاستعماريون إعادة المؤسسات الأوروبية، فكان التركيز على الملكية الخاصة والضوابط الرقابية ضد السلطة الحكومية. لكن وفي الجهة المقابلة، كانت هناك

¹ - المرجع السابق.

² - Barbier E B, « Natural Resource-Based Economic Development in History », World economics, vol 06, No 3, Cup, UK, septembre 2005, P129.

كذلك دول استخراجية لم يؤخذ فيها هذين الجانبين بعين الاعتبار. إستراتيجيتا الاستعمار والاستيطان تأثرتا بالجغرافيا، المناخ، الأمراض والعوامل البيئية. الأماكن الأقل ملائمة للاستيطان، أين أدت الملاريا والحمى الصفراء إلى أعلى معدلات الوفيات بين المستوطنين، كانت الأكثر احتمالا أن تقوم فيها دول استخراجية. من ناحية أخرى، لو أن المستعمرين الأوروبيين أمكنهم الاستيطان بأمان في منطقة ما لأقاموا فيها مؤسسات عالية الكفاءة. بعد مدة، وبعد استقلال المستعمرات الأوروبية، بقي الإرث الاستعماري المتمثل في المنظومة المؤسسية مستمرا، وكان عاملا مفتاحا في تحديد ما إذا كان مصير الأداء الاقتصادي جيدا أم سيئا (اعتماد المسار) "path-dependence".

الثروات التي شكلت عاملا مفتاحا لم تكن فقط وفرة الأرض والموارد الطبيعية المرتبطة بالعمل في العالم الجديد، بل أيضا التربة، المناخ، حجم وكثافة السكان الأصليين. تجدر الإشارة هنا إلى الأهمية الجوهرية للاختلافات العميقة التي كانت شائعة في مجتمعات العالم الجديد، أين سادت مظاهر عدم المساواة في توزيع الثروة، رأس المال البشري والتأثير السياسي المرتبط أساسا بعامل الثروة ودامت هذه المظاهر منذ الأيام الأولى للاستعمار. العلاقة السببية كانت بين عامل الثروة، عدم المساواة الاجتماعية والاقتصادية والقيام بالترتيبات المؤسسية التي تخلق الظروف المناسبة للتنمية الاقتصادية¹.

المطلب الثالث: الدروس المستفادة من التاريخ

تطور تاريخ الأفكار الاقتصادية حول العلاقة بين الموارد الطبيعية والتنمية حيث انتقل من الثقة الكبيرة في الثروة الطبيعية كمحرك للنمو، والتي استمرت إلى منتصف القرن العشرين، إلى قناعة متزايدة باستحالة خلق ظروف دائمة للتنمية المبنية على الموارد الطبيعية. هذه القناعة اتخذت شكل صعوبات مرتبطة بالتخصص الأولي وذلك حتى سنوات التسعينات، إذ ظهرت معتقدات جديدة للنقاش. منذ سنة 2001، بحثت مئات الدراسات الأكاديمية "نقمة الموارد" حول طرح مفاده أن أثر عوائد الموارد الطبيعية هو تقريبا أثر ضار وسيئ على النمو الاقتصادي، العدالة والرفاهية. وقد كانت النتائج متباينة، لكن هناك إجماع عام حول فكرة أن بعض أشكال "المشروطة" قد تخللت الموضوع بأسره. الفكرة هي أن نوعية المؤسسات تلعب دورا محوريا في تحديد ما إذا كانت الموارد الطبيعية "نعمة" أم "نقمة"، وأن أداء الاقتصاد يمكن أن يكون جيدا حتى في حال وفرة الموارد الطبيعية شريطة أن تكون المؤسسات القائمة على هذا الاقتصاد عالية الكفاءة².

يرى بعض الباحثين أن الموارد الطبيعية يمكن أن يكون لها آثار إيجابية وسلبية على حد سواء على النمو الاقتصادي. فقد بينت التجربة الاسبانية أن الموارد المعدنية كان لها أثر إيجابي على سياسة التصنيع التي ميزت الاقتصاد الاسباني بحلول عام 1920. كما يظهر جليا الدور المهم الذي لعبته

¹ - المرجع السابق.

² - Vicente P et Marc B M, Op cit, P 16.

الموارد الطبيعية في تنمية اقتصاد الو م أ. واستعمل البعض الآخر مؤشرات أكثر تناسبا مع وفرة الموارد الطبيعية على شكل رأس مال طبيعي طبقا لمعايير البنك الدولي وذلك بدلا من حصة الموارد الطبيعية في الناتج المحلي الإجمالي متمثلة في صادرات الموارد الأولية الأساسية، هذا الأسلوب يظهر أن آثار الموارد الطبيعية على النمو الاقتصادي تختفي تحت هذه الظروف.

المبحث الثاني: الاستدامة والعدالة بين الأجيال

توجد طريقتان مختلفتان تساعدان على فهم أعمق لاقتصاديات الموارد الطبيعية، الاقتصاد الوضعي (الايجابي) ويستخدم لوصف تصرفات الأشخاص وتأثيرهم على الأصول الطبيعية، والاقتصاد القيمي (المعياري) لتقديم توصيات حول ما يجب أن تكون عليه توزيعات (استخدامات) الموارد للحصول على أفضل النتائج¹.

يستخدم الاقتصاد المعيارى التحليل تكلفة-عائد من أجل مساعدة متخذي القرار على توزيع الموارد بطريقة ذات كفاءة اجتماعية (مسألة معيارية)². عندما يسمح توزيع الموارد المعينة بتحقيق أعلى ربح صافي ممكن مرة واحدة (الوقت ليس عاملاً مفتاحاً لمشكل التوزيع) خلال كل الاستخدامات الممكنة المتوقعة فالحديث يتعلق بـ "الكفاءة الثابتة"، أما إذا كان الوقت عاملاً مهماً يجب أخذه بعين الاعتبار لتحديد التوزيع فالمعيار في هذه الحال هو معيار "الكفاءة الديناميكية".

الكفاءة التوزيعية هي حالة تسود السوق بواسطتها يتم توزيع الموارد بطريقة تعظم الأرباح الصافية الناتجة عن استغلال هذه الموارد، وبالتالي الكفاءة التوزيعية تحصل عندما لا تكون هناك موارد مهددة³. يمكن القول أن قيمة وأهمية البيئة والموارد الطبيعية ومعنى تقاسم ما هو مهم بالنسبة للمجتمع أمر معروف، لكن مشكل العدل والمساواة يبقى مطروحاً ومصحوباً بالتقديرات المتعلقة بالكفاءة.

المطلب الأول: نموذج توزيع مورد غير متجدد على فترتين

إن الكفاءة الديناميكية توازن بين الاستغلال الراهن والمستقبلي لمورد غير متجدد وذلك بتعظيم صافي القيمة الحالية للفوائد الناجمة عن استغلال هذا المورد، هذا يوجب توزيع خاص لهذه الموارد على مر الزمن، هناك مثال رقمي بسيط سيساعدنا في تحديد أولويات هذا التوزيع ومدى تأثير المتغيرات الرئيسية على غرار معدل الخصم.

¹ - Malivaud E, « Cadre conceptuel de la Théorie Microéconomique », université HEC Montréal, P 03.

² - Meunier V, et Eric M, « Les cahiers de la sécurité industrielle », ICSI, Toulouse, France, 06/2009, P 01.

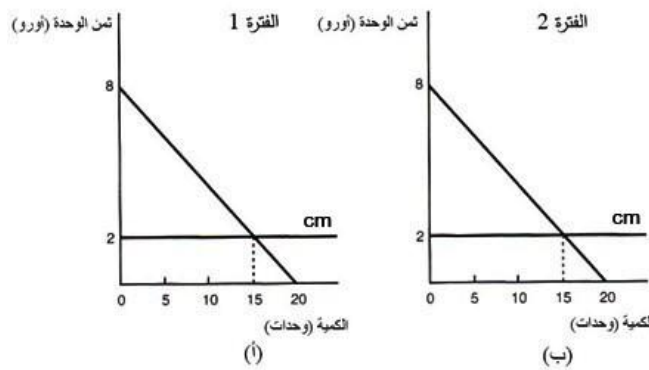
³ - « Economic Concepts of Efficiency », article disponible sur : www.ieso.ca/.../MP_WG-20061206-Paper-Economic-Concepts, (consulté le: 08/02/2017)

البدء هنا يكون بالنموذج الأبسط " نموذج الفترتين " حيث يتم حساب توزيع الكفاءة الديناميكية على فترتين، وفيما يلي من الفصول ستدرس طريقة تطبيق هذه الاستنتاجات على فترات أطول وفي وضعيات أكثر تعقيداً.

إذا توفر قدر معين من مورد غير متجدد موجّه للتوزيع على فترتين، وبافتراض أن الطلب ثابت على مر الزمن، فالقيمة الهامشية (cap) الموافق على تسديدها مبيّنة في هذه القاعدة:

$$P = 8 - 0,4Q \quad , \text{ والتكلفة الهامشية ثابتة عند القيمة } 2 \text{ أورو/ للوحدة (أنظر الشكل).}$$

الشكل رقم (I - 1): توزيع مورد غير متجدد متواجد بكمية كبيرة



Source : Tom Tietenberg et Lynne Lewis, traduction de : Philippe N, Jérôme G et autres, « Economie de l'environnement et développement durable », 6^e édition, Publication de Pearson France, 2013, P 102.

إذا كانت الكمية الإجمالية على الأقل 30 - التذكير هنا بأنه لا يؤخذ بعين الاعتبار إلا هاتين الفترتين - فإن إنتاج 15 وحدة خلال كل فترة سيكون توزيعاً كفواً مهماً كان معدل الخصم، أما العرض فهو كافٍ لتغطية الطلب خلال الفترتين، أيضاً فإن إنتاج المرحلة الأولى لم يخفّض إنتاج المرحلة 2. في هذه الحالة المبينة في الشكل أعلاه، معيار الكفاءة الثابتة كان كافياً لأن التوزيعين في المرحلتين لم يكونا مرتبطين.

أما إذا كانت الكمية المتواجدة أقل من 30، وبافتراض أنها تساوي 20، وحسب معيار الكفاءة الديناميكية، فالتوزيع الكفء هو من سيسمح بتحقيق أعلى صافي قيمة حالية للفوائد. بالنسبة للفترتين، فإن هذه الأخيرة تشكل مجموع صافي القيمة الحالية لكل سنة، مثلاً في توزيع نوعي عند امتلاك 15 وحدة للمرحلة الأولى و 5 للمرحلة الثانية، في هذه الحالة يُحسب صافي القيمة الحالية لهذا التوزيع كالاتي:

إن صافي القيمة الحالية المثبتة خلال الفترة الأولى موضحة في الجزء الواقع تحت منحنى الطلب (P = -0,4Q) وفوق منحنى العرض (cm = 2) في الشكل السابق، أي أنها تعادل 45 أورو، أما صافي القيمة الحالية للفترة الثانية فإنها مبينة في جزء المنطقة الواقعة تحت منحنى الطلب وفوق منحنى

العرض من البداية حتى 5 وحدات، ثم ضُربت في $(1+r)/1$. إذا كان $r=0.10$ ، فإن صافي القيمة الحالية المتحصل عليها خلال المرحلة الثانية تعادل 22.73 أورو وصافي القيمة الحالية بالنسبة للسنتين تعادل 67.73 أورو¹.

الآن أصبح في الإمكان إيجاد صافي القيمة الحالية لأي توزيع كان، لكن للتمكن من معرفة التوزيع الذي يحقق أعلى صافي قيمة حالية تُحسب كل التركيبات الممكنة بين Q_1 و Q_2 التي تؤول إلى 20 باستعمال الحاسوب، إذ يجب اختيار التركيبة التي تسمح بالحصول على أعلى صافي قيمة حالية، ولبلوغ الكفاءة الديناميكية لابد لتوزيع هذا المورد أن يلبي شرطا واحدا هو:

أن يكون صافي القيمة الحالية لآخر وحدة منتجة للفترة 1 معادلا لصافي القيمة الحالية للفترة 2، وهذا المبدأ سهل الفهم حيث أنه يمكن ملاحظته عن طريق رسم بياني بسيط يوضح المشكل الذي يطرحه توزيع مورد على مرحلتين.

الشكل (I - 2) يبين صافي القيمة الحالية لكل من المرحلتين، حيث يقرأ منحنى صافي القيمة للمرحلة 1 من اليسار إلى اليمين، ويقطع المحور العمودي عند 6 أورو، كذلك الطلب منعدم عند 8 أورو، كما أن التكلفة الهامشية تساوي 2 أورو، قيمة الفارق (هامش الربح) تعادل إذن 2 أورو، هامش الربح للفترة الأولى يتراوح من 0 إلى 15 وحدة لأنه من أجل هذه الكمية تصبح القيمة الهامشية (cap) مساوية للتكلفة.

الممكن الوحيد للصعوبة في هذا الشكل البياني هو رسم منحنى صافي القيمة الحالية للفترة 2، لا بد هنا من الإشارة إلى شيئين مهمين:

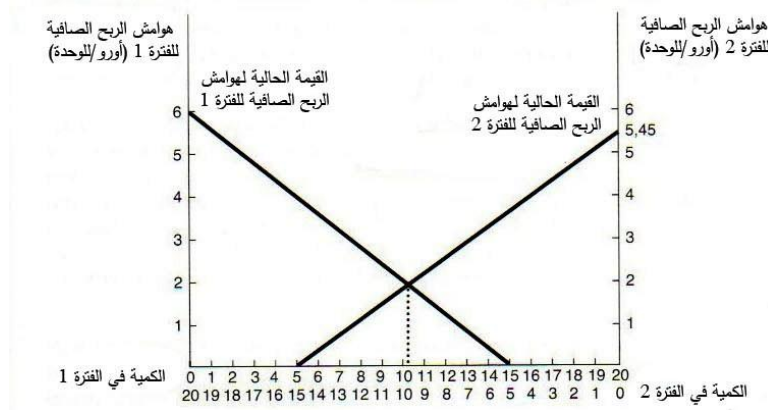
1) أن المحور العمودي الذي تظهر فيه الفوائد الصافية للفترة 2 يقع على اليمين وليس على اليسار، أما الزيادات الملحوظة خلال الفترة 2 فهي مبنية إذن من اليمين إلى اليسار، كذلك، مجموع النقاط الواقعة على طول المحور الأفقي تمثل مجموع 20 وحدة موزعة خلال الفترتين. وأي نقطة واقعة في هذا المحور تعود لتوزيع واحد بين الفترتين.

1- لتوضيح الحساب السابق نوضح ما يلي:

أ- ارتفاع المثلث: $E = 6 = (2-8)$ والقاعدة تساوي 15 وحدة، مساحته إذن تعادل $2/1 \times (6) \times (15) = 45$ ؛
ب- علاقة السعر السقف تعطينا $P=6$ من أجل $Q=5$. القيمة الصافية تساوي: $25 = (5 \times (6-8)) / 2 + (5 \times (2-6))$. القيمة الصافية الحالية تعادل إذن: $22.73 = 1.1/25$ أورو؛

ج- مجموع التوزيعين الممثلين في الشكل (I - 2) هو دائما 20. على المحور الأيسر، جملة الموارد موزعة على طول الفترة 2، بينما على المحور الأيمن، جملة الموارد موزعة على طول الفترة 1.

الشكل رقم (I - 2) : توزيع كفاء من زاوية ديناميكية.



Source : Tom Tietenberg et Lynne Lewis, traduction de : Philippe N, Jérôme G et autres, « Economie de l'environnement et développement durable », 6^e édition, Publication de Pearson France, 2013, P 102.

(2) أن منحنيات صافي القيمة الحالية للفترتين 1 و 2 لا تقطعان المحور العمودي في نفس النقطة.

فيما يخص الفترة 2، فإن نقطة التقاطع تقع في موضع أدنى لأن هوامش الربح للفترة الثانية ليست مخصصة، لهذا السبب ومع تطبيق معدل خصم 10% كانت الفائدة الصافية الهامشية 6 أورو والقيمة الحالية قدرت بـ : 6 أورو / 1,10 = 5.45 أورو.

وإذا كان معدل الخصم أكثر ارتفاعاً، فإن منحنى هامش الربح للفترة 2 ينتقل من نقطة تعطي هامش ربح معدوم ($Q_1=5$ ، $Q_2=15$) نحو المحور الأيمن. إذن التوزيع الكفاء يقع في نقطة التقاطع بين المنحنيين المعبرين عن القيمة الحالية للفوائد الهامشية، تُحدد هذه النقطة بإعطاء قيمة حالية مطابقة للأرباح الهامشية المتحصل عليها خلال الفترة 1 و 2 مع محاولة إيجاد القيم الخاصة بكل من Q_1 ، Q_2 والتي يعادل مجموعها 20:

$$VABNM_1 = VABNM_2$$

$$(8 - 0.4 Q_2 - 2) / 1.1 = 8 - 0.4 Q_1$$

$$Q_1 + Q_2 = 20 \text{ , و :}$$

إذا تم حل هذه المعادلات بأخذ ثلاث أرقام بعد الفاصلة يُتوصل على:

$$Q_1 = 10.238 \text{ , } Q_2 = 9.762$$

القيمة الحالية لإجمالي الأرباح الصافية تعود إذن للمنطقة الواقعة تحت منحنى الفائدة الصافية الهامشية إلى غاية التوزيع الكفاء بالنسبة للفترة 1، ضف لها المنطقة الواقعة تحت منحنى القيمة الحالية

للفائدة الصافية الهامشية الخاصة بالفترة 2 والتي تمتد ابتداء من المحور الأيمن حتى التوزيع الكفاء، وبما أن التوزيع كفاء فمجموع هاتين المنطقتين مرتفع إلى أقصى حد.

وبما أنه تم تحديد معايير كفاءة مستقلة تماماً عن السياق المؤسسي (النظامي)، فإن هذه المعايير جد ملائمة لتقييم توزيع الموارد المقررة من طرف الأسواق، الحكومات أو من أي طرف آخر، فكل طريقة موجهة لتحديد التوزيع الكفاء لا بد أن تأخذ بعين الاعتبار ندرة الموارد¹.

إن كل ندرة عبر الزمن تفرض تكلفة للفرصة البديلة، ما سيُصطلح على تسميته: " التكلفة الهامشية للاستعمال " من الآن فصاعداً. في حال ندرة الموارد، ارتفاع نسبة الاستعمال الحالي تخفض فرص الاستغلال في المستقبل، فالتكلفة الهامشية للاستعمال تمثل القيمة الحالية لهذه الفرص الضائعة. وبتفصيل أكثر، فإن استعمال هذه الموارد لا يعد إشكالا إذا لم تكن ندرة شرط ألا يستمر هذا الاستعمال لأي مورد في حال لوحظ بدء ندرته. ففي المناطق التي لا تواجه خطر نضوب الماء مثلاً، استعماله لصيانة الأراضي المعشوشبة وبكميات كبيرة يبدو دون أثر سلبي، ولكن ذلك سيكون مثيراً للنزاع في حال تسبب في حرمان الأجيال القادمة من الماء. كما أن عدم أخذ القيمة المتصاعدة لندرة الماء بعين الاعتبار في الوقت الراهن قد ينتج عنه لا كفاءة وتكلفة إضافية بالنسبة للمجتمع في المستقبل، وهذه هي القيمة الهامشية الإضافية الملازمة للندرة والتي سميت سابقاً التكلفة الهامشية للاستعمال.

ولتوضيح هذا المفهوم أكثر سيتم استعمال المثال الرقمي الذي استعمل من قبل. بامتلاك 30 وحدة على الأقل من مورد ما، يمكن توزيع 15 وحدة في كل فترة وهكذا يُتفادى النقص. وبهذه الكمية، تكون التكلفة الهامشية للاستعمال معدومة.

في المقابل، بامتلاك 20 وحدة فإن النقص سيستمر، لأنه من غير الممكن توزيع 15 وحدة في كل فترة، وكمية المورد الموزع في كل مرحلة ستكون أقل مما يمكن أن تكون عليه في حال انعدام النقص. في هذه الحالة التكلفة الهامشية للاستعمال لن تكون منعدمة. كما يمكن رؤية ذلك في الشكل (I - 2)، حيث أن القيمة الحالية للتكلفة الهامشية للاستعمال (القيمة الإضافية بفعل الندرة) موضحة بطريقة بيانية في البعد العمودي بين محور الكميات ونقطة تقاطع منحنى القيمة الحالية. كما نلاحظ أنها مماثلة تماماً للقيمة الحالية للفوائد الصافية الهامشية لكل فترة. لتوضيح هذه القيمة أكثر، يمكن استعمال المعادلة السابقة التي أشير إليها سابقاً بـ: VABMN على سبيل المثال:

$$= 8 - 0.4 Q - 2_1 VABMN$$

إذا كان $Q_1 = 10.238$ يُتوصل على:

¹ - Tom Tietenberg et Lynne Lewis, traduction de : Philippe N, Jérôme G et autres, « Economie de l'environnement et développement durable », 6^e édition, Publication de Pearson, France, 2013, P 104.

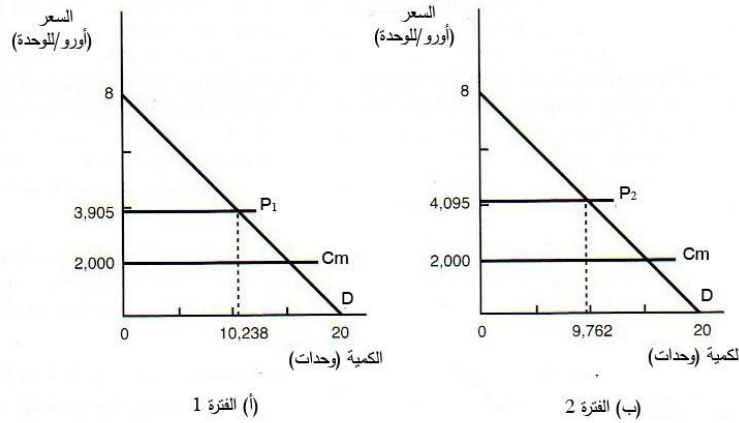
$$= 8 - 0.4 (10.238) - 2 = 6 - 4.095 = 1.905 \text{ VABMN}$$

إذا فالقيمة الحالية للتكلفة الهامشية للاستعمال في هذا المثال تساوي 1.905 .

ولجعل هذا المفهوم أكثر واقعية يمكن تصور كيفية تداوله في السوق، فسوق كفاء لا يجب أن يأخذ التكلفة الهامشية للاستخراج لهذا المورد فقط، وإنما أيضا التكلفة الهامشية للاستعمال. في انعدام النقص، الثمن سيكون معادلا للتكلفة الهامشية للاستخراج. وفي حال وجود نقص، فإن الثمن سيكون معادلا لمجموع التكلفة الهامشية للاستخراج والتكلفة الهامشية للاستعمال.

لفهم هذه الظاهرة، تجدر معرفة السعر الذي سيطبق في سوق كفاء حيث ستواجه السوق نقصا في نهاية فترة ما. إذا أدخلت كميات كفوة (لتكن 10.238 و 9.76) في دالة القيمة الهامشية (cap) الموافق على دفعها، فإننا سنحصل على: $P_1=3.905$ و $P_2= 4.095$ ، الشكل البياني الذي يمثل العرض والطلب المتعلقين بهذه السوق موضح في الشكل (3- I).

الشكل رقم (3- I) : توزيع كفاء لمورد غير متجدد في السوق



Source : Tom Tietenberg et Lynne Lewis, traduction de : Philippe N, Jérôme G et autres, « Economie de l'environnement et développement durable », 6^e édition, Publication de Pearson France, 2013, P 102.

إن التكلفة الهامشية للاستعمال لكل فترة في سوق كفاء متعلقة بالفرق بين السعر والتكلفة الهامشية للاستخراج. هذه القيمة ترتفع إلى 1.905 € في الفترة الأولى وترتفع إلى 2.095 € في الفترة الثانية. في كلتا الحالتين، القيمة الحالية للتكلفة الهامشية للاستعمال تعادل 1.905 €. بالنسبة للسنة الثانية، التكلفة الهامشية للاستعمال تعادل $(r+1) \times 1.905$ وبما أنه في هذا المثال $r=0.10$ فالتكلفة الهامشية للاستعمال بالنسبة للفترة 2 تعادل 2.095 €. أيضا إذا كانت القيمة الحالية للتكلفة الهامشية للاستعمال نفسها بالنسبة للفترتين، فإن التكلفة الهامشية للاستعمال ترتفع هي كذلك مع الوقت.

توزيع المورد بين كلتا الفترتين وكذا التكلفة الهامشية للاستعمال تتأثر بمعدل الخصم. كما يلاحظ الخصم في الشكل (I - 3)، فإن الكمية الكفوة للموارد الموزعة في الفترة 1 أكبر بقليل عن تلك في الفترة الثانية. يمكننا تطبيق معدل خصم أكبر من 0.10 في هذا الرسم البياني بقلب منحنى الفترة الثانية نحو اليسار مع الحفاظ على نقطة تقاطعه مع المحور الأفقي.

إن معدل الخصم عندما يكون مرتفعاً يسبب دوراناً أكبر في الشكل (I - 2)، معدل خصم أكبر من 0.10 سيسمح بتحريك نقطة التقاطع بين المنحنيين VABMN نحو اليمين. بعبارة أخرى، وبمعدل خصم أكبر، لا بد للكمية الموزعة خلال الفترة الثانية أن تكون أقل. في الختام يمكن القول إنه ومن خلال النماذج المدروسة، فإن معدل خصم مرتفع يشجع استخراج المورد في الفترة 1، وهذا لأن المستقبل أقل تأثيراً في حساب القيمة المشتركة المتعلقة بالاستعمال الحالي والمستقبلي للموارد¹.

المطلب الثاني: مفهوم العدالة الزمنية (l'équité intergénérationnelle)

لا يوجد معيار معروف ومحدد عالمياً لما يعرف بالعدالة الزمنية فكل يصطلح عليه ويعرفه بطريقة تختلف عن الآخر، من بين هذه المعايير أو التعريفات هو ما ذكره تقرير "Brundtland" وهو "أننا نفترض رأس مال طبيعي من الأجيال المستقبلية مع علمنا الوثيق بعدم قدرتنا على تسديده²، فالأجيال المستقبلية لا يمكنها التعبير عن إرادتها ولا حتى أن تتفاوض مع الأجيال الحالية.

إن مؤلف الفيلسوف John Rawls (1971) المعنون بـ "نظرية العدالة" يتمحور حول مبدئين للعدالة: الأول يتعلق بمجال الحريات، والثاني يهتم بتحديد المواقع الاجتماعية وتوزيع الموارد الاقتصادية، هذا المبدأ الثاني (اجتماعي-اقتصادي) ينص على أن التوزيعات الاقتصادية للموارد تكون عادلة إذا خدمت وبشكل كبير مصالح الفئات المحرومة والمتمثلة بشكل كبير في الأجيال القادمة أو المستقبلية³.

معيار الاستدامة يبرز أساساً مقدرة الأجيال الأولى على استهلاك الموارد التي ستحرم منها الأجيال المستقبلية إذا كان مستوى رفاهية هذه الأخيرة معادلاً لمستوى رفاهية الأجيال السابقة، في المقابل فإن حرمان الأجيال المستقبلية من بعض الموارد سيكون ضدّ معيار الاستدامة إذا كان مستوى رفاهيتها أقل من مستوى رفاهية الأجيال السابقة.

¹- Tom Tietenberg et Lynne Lewis, Op cit, P 109.

²- Le rapport « BRUNDTLAND », disponible sur : www.diplomatie.gouv.fr/fr/sites/odyssee-developpement (consulté le: 03/02/2017).

³- Simon Wuhl, « LA THEORIE DE LA JUSTICE DE RAWLS », article disponible sur : <http://www.simonwuhl.org/7.html> (consulté le: 03/02/2017).

فهذا التعريف للاستدامة يعني أنها تحترم الموارد الطبيعية والنظم البيئية وتدعم الحياة على الأرض والبحث عن العدالة، أي أنه من الممكن استعمال الموارد (حتى الموارد غير المتجددة) بما أننا نحافظ على حظوظ الأجيال القادمة¹.

أولاً: عدالة التوزيع الكفاء

لم يكن التوزيع الكفاء مطابقاً لمعيار الاستدامة في المثال الرقمي الذي تم استعماله، فالكثير من الموارد وزعت في الفترة الأولى عدا الفترة الثانية. لهذا السبب كانت الفوائد الصافية أقل ارتفاعاً في المرحلة الثانية، كما أن الاستدامة لا تسمح للأجيال الأولى بالحصول على امتيازات على حساب الأجيال التالية إذن فهذا المثال لا يحترم إطلاقاً معيار الاستدامة.

ما يهم في الوقت الراهن هو معرفة المستفيد الأول من هذه الموارد وليس معرفة زمان استغلالها، فاستغلال مورد معين لا يمنع جيل الفترة الأولى من ترك جزء من المنافع لجيل الفترة الثانية. فإذا كان التوزيع مطابقاً لمعيار الكفاءة الديناميكية فإنها نظرياً تبقى قادرة على تخصيص جزء كافٍ من الفوائد الصافية المتراكمة من الفترة الأولى لحساب الفترة الثانية، إن الجيل التالي يبقى على الأقل مستفيداً إلا إذا كان اللجوء إلى نمط آخر للاستغلال.

لإيضاح هذه النقطة نستعمل مثلاً رقمياً آخر يسمح بمقارنة الكفاءة الديناميكية لتوزيع ما مع قسمة عادلة للموارد بين الأجيال. لنفرض على سبيل المثال أن وضع نصف (10 وحدات) الموارد المتواجدة لكل فترة على جانب سيكون أرخص أي أكثر فائدة مقارنة مع توزيع مطابق لمعيار الكفاءة الديناميكية. في هذه الحال سنلاحظ ارتفاع الفوائد الصافية المتحصل عليها في كل فترة إلى 40 €. لنقارن الآن توزيع الفوائد الصافية الممكن الحصول عليها إذا كان توزيع الموارد مطابقاً لمعيار الكفاءة الديناميكية. في هذه الحال، إذا كان التوزيع مطابقاً لمعيار الاستدامة فإنه يتوجب علينا إيضاح أن الإنتاج سيتيح لكل جيل استفادة أفضل من تلك لو كان التوزيع متساوياً (عادل) للموارد. لكن هل من الممكن إيضاح ذلك؟

مع توزيع كفاء ديناميكي للموارد، الفوائد الصافية المتحصل عليها خلال الفترة الأولى قدّرت بـ 40.466 € في مقابل 39.512 € بالنسبة للفترة الثانية. من الواضح أنه في حال وجود خطأ في القسمة والتوزيع بين الفترتين فإنّ هذا المثال لن يكون مطابقاً لمعيار الاستدامة، بالتالي الجيل الثاني عوض أن يكون مستفيداً في حال القسمة العادلة للموارد سيجد نفسه أقل استفادة.

¹ - سليمان مهنا، ريدة ديب، "التخطيط من أجل التنمية المستدامة"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية العدد الأول، سوريا، 2009، ص 489.

الآن وبافتراض أن الفوائد قسمت بين الفترتين، إذا حافظ الجيل الأول على فوائده الصافية المقدرة بـ 40 € (هذا يسمح له بأن يكون أكثر استفادة من أن تستخرج كمية متساوية من الموارد خلال الفترتين)، وإذا استثمر في 0.466 € المتبقية (40.466 € من الفوائد الصافية المتحصل عليها من خلال المرحلة الأولى بفضل الكفاءة الديناميكية للتوزيع ناقص 40 € المدخرة) مع معدل فائدة مقدّر بـ 10 % لصالح الجيل التالي، فإنّ هذا الاستثمار سيوفر 0.513 € حتى الولوج في الفترة الثانية (0.46 (1.10))، يجب إضافة الفوائد الصافية المتحصل عليها مباشرة بفضل الكفاءة الديناميكية للتوزيع والمقدرة بـ (39.512 €) إلى الحاصل السابق، كذلك الجيل الموالي سيتحصل على 40.025 €. إذن سيكون هذا الجيل أكثر استفادة بقبول التشارك في توزيع مطابق لمعيار الكفاءة الديناميكية بدلا من أن توزع الموارد بطريقة عادلة بين الفترتين¹.

هذا المثال يوضح أنه حتى وإن كانت الكفاءة الديناميكية للتوزيع غير مطابقة تلقائيا لمعيار الاستدامة فهذا لا يعني بالضرورة أنها متناقضة وجوبا مع هذا المعيار، وهذا حتى في اقتصاد يعتمد بشكل كبير على الموارد غير المتجددة، كما أنه من غير المؤكّد أن يستفيد الجيل الموالي لأن هذا يتطلب مستوى معيّن من التقسيم (التوزيع)، كما هو موضح في المثال الأول، فالتوزيع يحصل في بعض الحالات.

ثانيا: نموذج الصندوق الدائم لآلاسكا

تقدم آلاسكا مثالا لنظام الاقتسام بين الأجيال مطابقا لنموذج الاستدامة. يعود استخراج البترول في هذه الدولة بمداخل هامة إلا أنه يبقى موردا ناضبا ناهيك عن أنه يهدد البيئة، بعد الانتهاء من تركيب خط أنابيب البترول سنة 1976، انتخب السكان لصالح تعديل في الدستور يهدف لحماية مصالح الأجيال المستقبلية وذلك من خلال الترخيص بوضع صندوق خاص أطلق عليه تسمية "The Alaska permanent fund". تم تأسيس هذا الصندوق من أجل اقتسام جزء من مداخل البترول مع الأجيال المستقبلية، وذلك بشروط هي:

"تخصيص 25 % من مجموع المداخل، الضرائب، والمدفوعات الفدرالية بالإضافة للامتيازات التي تتحصل عليها الولاية من استغلال المناجم لصالح صندوق دائم موجه للاستثمارات المدرة للمدخل.

وعلى الرغم من أنّ هذا الصندوق قد سمح بتخصيص جزء من المداخل للأجيال المستقبلية، فلا بدّ من أخذ نقطتين بعين الاعتبار الأولى: أن رصيد الصندوق يمكن استخدامه لتمويل النفقات الحالية

¹- Tom Tietenberg et Lynne Lewis, Op cit, P 110.

إذا تمت الموافقة عليه بالأغلبية من طرف المنتخبين، هذا ما لم يحصل وطرح مشكلا. الثانية أن 25 % فقط من مداخل البترول تشكل مادة هذا الصندوق، ولتكون الاستدامة حقيقية يجب أن توضع نسبة 100 % من المداخل في هذا الصندوق. وما نلاحظه هنا هو أن الجيل الحالي يستفيد مما نسبته 75 % من مداخل البترول، و يستفيد كذلك من جزء من مداخل الصندوق الدائم¹.

المطلب الثالث: تطبيق معيار الاستدامة

هذه النسخة من معيار الاستدامة نجدها أكثر تعقيدا في تطبيقاتها، ولهذا فإنه من الصعب تقييم عدل التوزيع عبر الزمن (بين الأجيال)، ولمعرفة ما إذا كانت رفاهية الأجيال المستقبلية أقل مستوى من رفاهية الأجيال السابقة فإنه لا تجب فقط معرفة توزيع الموارد على المدى الطويل ولكن كذلك معرفة خيارات الأجيال المستقبلية (وهذا للتمكن من تحديد القيمة التي تعطيها لتدفق الموارد) وهذه المهمة صعبة (لكيلا نقول إنها مستحيلة).

هل من الممكن وضع نسخة تطبيقية تكون أكثر ملائمة لمعيار الاستدامة؟ هذا ما أظهره « Hartwick » (1977): بتطبيق قاعدة بسيطة - استثمار إجمالي عوائد الموارد في أصول أخرى - نحصل على تنمية مستدامة بموارد ناضبة.

الشق الثاني في تطبيق قاعدة « Hartwick » يحرص على أن العوائد الناتجة عن استغلال الموارد الطبيعية يجب أن تستغل بطريقة كفوءة².

حسب قاعدة « Hartwick » فإن الجيل الحالي قد حاز على إرث وهذا الإرث مكون من الموارد البيئية والطبيعية (رأس مال طبيعي) وكذلك رأس مال مادي (تجهيزات، مدارس، طرقات)، ولكي نتمكن من الاستفادة من هذا الإرث بشكل دائم يجب أن نحافظ على رأس المال (قيمة الإرث أو رأس المال الإجمالي) بأن لا نستهلك إلا عائد الخدمات للعيش. بعبارة أخرى يجب أن نتجنب قطع كل الأشجار واستنزاف البترول لكيلا نترك الأجيال المستقبلية لمصيرها. وعوض هذا يجب أن نتأكد أن قيمة إجمالي رأس المال محفوظة ولا تتناقص. وهذا السؤال يطرح مشكل العلاقة بين النمو والتنمية المستدامة.

أولا: النمو والتنمية المستدامة

تمثلت انشغالات نادي روما في سؤال يتمحور حول حدود النمو أو النمو المتناهي بفعل الاستغلال المفرط للموارد الطبيعية، النمو الديموغرافي، تكدس النفايات وكذا النقص الممكن وروده للطاقة.

¹ - Julien Damon, « Revenu universel : le cas d'Alaska », Revue de droit sanitaire et social n° 04/2011, Paris, P 660.

² - Kirk Hamilton, La viabilité de la politique budgétaire dans les pays tributaires des exportations de minéraux, Séminaire « finances et développement : enjeux d'hier et d'aujourd'hui » Organisé par la Banque centrale d'Algérie et l'Institut du FMI à Alger les 4 et 5 novembre 2010, P 07.

تعرض موقف نادي روما للعديد من الانتقادات الموجهة من بعض الاقتصاديين نخص بالذكر Solow Robert (1974) الذي يرى أن المعرفة والأفكار تأتي في مقام واحد مع الموارد الطبيعية¹، فـنموذج Solow للنمو يضع محددات النمو الرئيسية في شقين²: أولاً: النمو السكاني (بمعدل n)، ثانياً: التقدم التقني وزيادة كفاءة العمل (بمعدل g)، بالضرورة مجموع كل من المعدلين n و g يعطينا معدل النمو المحتمل للاقتصاد. وبطريقة أوسع فإنّ المقاربة المسماة "Solow – Hartwick – Page – Hicks" تقدم فكرة النمو على أنها عدم الانخفاض في الاستهلاك (السلع، الموارد الطبيعية) فهي لا تعتبر تراجع الاستهلاك ككارثة³، نفس الشيء بالنسبة لاقتصاد يعتمد على الموارد غير المتجددة (مثل النفط)، كما أنه يمكن الحفاظ على مستوى الاستهلاك إذا أعيد استثمار عوائد الندرة (أو عوائد Hotelling) التي تنص على أن السعر الودودي لمورد طبيعي غير متجدد مطروحاً منه كلفة استخراجها يجب أن يزيد بمعدل مساوٍ للعائد الذي ينتج إذا استثمر في أصول بديلة، وهذا لخلق رأس مال قابل لتعويض الموارد الطبيعية الناضبة⁴.

ثانياً: نظام البصمة البيئية

يشتمل نظام البصمة البيئية على ثلاث أنواع من البصمات كالتالي⁵:

- البصمة البيئية الناتجة عن استهلاك الموارد المتجددة.
- البصمة البيئية الناتجة عن استهلاك الموارد الناضبة.
- البصمة البيئية الناتجة عن إدخال المساحات إلى العمران.

طور مؤخراً رجلاً الاقتصاد REES و Wackernagel نظام "محاسبة بيئي" يطلق عليه "البصمة البيئية" ويعبر عنه بالهكتار الشامل (HAG)⁶، وهو هكتار من مساحة منتجة بيولوجياً إنتاجية من الكتلة الحيوية المستعملة في سنة معينة تكافئ المعدل العالمي المسجل لنفس السنة، وهذا النظام يسمح بمقارنة الموارد المتجددة الموجودة وتلك الضرورية لإرضاء الحاجات الإنسانية. يتمحور هذا النظام على فكرتين الأولى: القدرة البيولوجية: هذه الأخيرة تحاول تقدير الموارد المتجددة الموجودة وقدرتها على

¹ - Sam Vaknin, cyclopedia of philosophy, Narcissus publications imprint, Skopje, Macedonia, 2009, P 175.

² - L'Association pour le Développement de l'Enseignement Libre, «Les sources et les limites de la croissance », article disponible sur : <http://libertariens.chez-alice.fr/sorces.htm> (consulté le: 12/01/2016).

³ - Tolba M K, «Our Fragile World», Eolss publishers Co ltd oxford UK, 2001, P 1532.

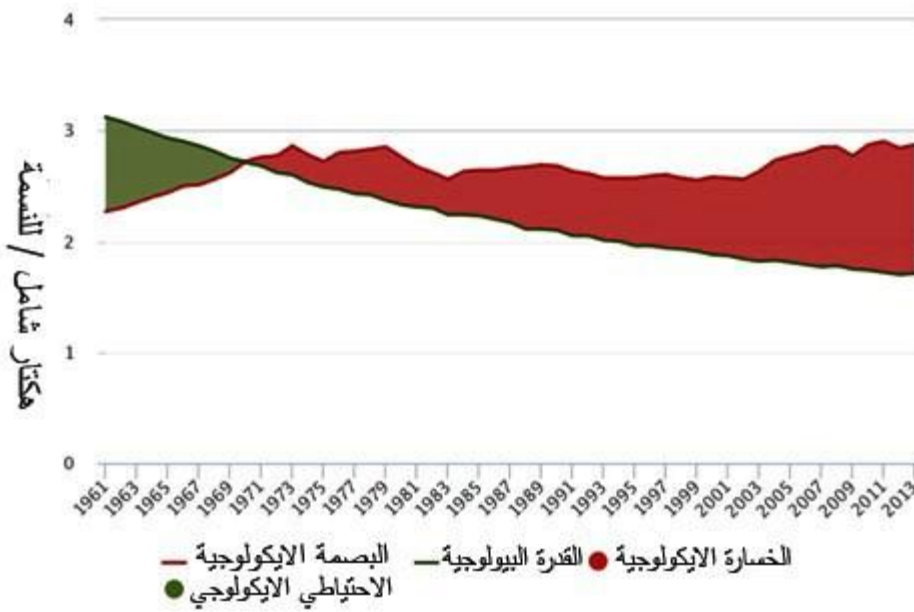
⁴ - Kanouni Hassani, «Impact de l'incertitude sur la gestion de l'environnement et des ressources naturelles : une analyse en temps continu par la programmation dynamique et les options réelles» Doctorat en s/économique Université Laval 2006, P 120.

⁵ - Natacha Gondran, Aurélien Boutaud, « Empreinte écologique : comparer la demande et l'offre de ressources régénératives de la biosphère », l'encyclopédie du développement durable n° 105, Paris, Décembre 2009, P 02.

⁶ - L'hectare global.

التجدد. وحسب منظمة GFN¹ التي يترأسها Wackernagel فإن القدرة البيولوجية تحسب بإدخال خمس عناصر إنتاجية بيولوجية وهي: المراعي، الأراضي الزراعية، مساحات الصيد، العقارات المبنية والغابات، واستنادا على قياس معين، فإن القدرة البيولوجية تمثل عرض الموارد الطبيعية المتجددة المتوفرة للإنسان. وبالتالي فإن هذا العرض يغطي طلبا إنسانيا ذو طابع إيكولوجي "بيئي"، وهذا الأخير مكون من نفس العناصر الإنتاجية البيولوجية مع إضافة سمة الكربون².

الشكل رقم (I - 4): البصمة الإيكولوجية مقابل القدرة البيولوجية هكتار شامل/نسمة



المصدر: بيانات الشبكة العالمية للبصمة البيئية، على الموقع: data.footprintnetwork.org.

هذا ما يوجب التفكير بحتمية تماشي النمو مع الموارد الطبيعية، وهذا لأجل الحفاظ على مستقبل الأجيال وكذا ضمان الوفرة الحالية لاقتصاداتنا، بالتالي فإن الاستغلال المفرط للموارد الطبيعية يؤدي إلى تقلبات سلبية في السوق على غرار ما هو الحال في مجال الأراضي النادرة. وهذا محض فكرة "رأس المال الطبيعي" المطورة من طرف Lovins وزملائه بين 1999 و 2000. تتمحور هذه الفكرة حول أربع نقاط³:

- تطوير تكنولوجيات جديدة تسمح أساسا برفع إنتاجية الموارد الطبيعية،
- تطبيق المبادئ الطبيعية للاستهلاك، الإنتاج والرسكلة في النمط الإنتاجي،
- تطوير شيئا فشيئا لمفهوم "لا مادية" الاقتصاد، أين تحل عقود تقديم الخدمات محل التصنيع وبيع المنتج،

¹ - Global Footprint Network.

² - المرجع السابق، ص 03.

³ - Bénédicte Delloye, « Intégration de l'environnement dans l'entreprise », Revue « sécurité et environnement », Belgique, mars 2011, P 66.

- تجديد وإعادة الاستثمار في رأس المال الطبيعي والتنمية المستدامة للنظام البيئي.

من خلال دراسة معيار الاستدامة تم التوصل إلى إمكانية تقييم طابع الاستدامة لتوزيع ما من خلال مراقبة انخفاض إجمالي رأس المال، يمكن إجراء هذا الاختبار كل عام حتى لو لم نعلم ماهية توزيع الموارد ولم نعلم اختيارات الأجيال المستقبلية. بعدها أوضح هذا التحليل المستوى الخاص للتوزيع اللازم للحصول على نتيجة مستدامة وهو أنه يجب استثمار إجمالي عائد الندرة.

ثالثاً: الاستدامة بالغة الضعف

كل توزيع كفاء ليس بمستدام وكل توزيع مستدام ليس بكفاء، وهذا لوجود توزيعات مستدامة غير كفؤة وتوزيعات كفؤة غير مستدامة، ضف إلى ذلك أن تخصيصات (توزيعات) السوق يمكن أن تكون كفؤة أو لا، ويمكن أن تكون مستدامة أو لا.

هذه الاختلافات لها انعكاسات على السياسات المنتهجة، إذ أنها تؤدي إلى انتهاج استراتيجيات خاصة عند إعداد السياسات. من بين الاستعمالات المختلفة والممكنة للموارد والتي تكون مطابقة لمعيار الاستدامة يتم اختيار تلك التي تسمح برفع الكفاءة الديناميكية أو الثابتة للحد الأقصى وذلك من أجل الوصول للنتائج المرجوة، هذا يعني أن معيار الاستدامة يعد التحدي الأكبر الذي يجب أخذه بعين الاعتبار فيما يخص الاستجابة لانشغالات المجتمع، لكن يبدو أن هذا المعيار غير كاف لأنه لا يعطي إجابة واضحة عن التوزيع الواجب اختياره من بين العدد اللامتناهي للخيارات المستدامة الموجودة، وفي هذا الوقت بالذات يبرز دور الكفاءة، حيث أن هذه الأخيرة تعطي وسيلة لرفع مستوى الثروات الناتجة عن مختلف التوزيعات المستدامة الممكنة للحد الأقصى.

إنّ المزوجة بين الكفاءة والاستدامة تظهر نجاعتها جلياً عند إعداد السياسات، فعدد التوزيعات غير المستدامة كانت نتاج تصرف غير كفاء، ومعالجة وتصحيح اللاكفاءة يمكن أن يعيد طابع الاستدامة للاقتصاد أو يمشي به قدماً في هذا الاتجاه، ضف إلى ذلك أنه من المهم القول أنّ معالجة اللاكفاءة تجعلنا في وضعية الربح مطلقاً (gagnant-gagnant)، وعند حدوث هذا فإن الأطراف المعنية بهذه التغيرات تصبح في وضعية المستفيد، وهذا مخالف تماماً للتغيرات التي تحدث بحصول المستفيد على أرباح مصدرها خسارة الأطراف الخاسرة.

فوضعية "gagnant -gagnant" جد ممكنة لأنه بالقضاء على مشكل اللاكفاءة ترتفع نسبة الفوائد الصافية، هذا الارتفاع في نسبة الفوائد الصافية يعطي فرصة لتعويض الأشخاص المتضررين من التغيرات، فبمجرد تعويض الأطراف الخاسرة سيخفف هذا من المعارضة تجاه التغيرات، ممّا سيسهلها فيما بعد.

المبحث الثالث: اقتصاد الموارد الطبيعية غير المتجددة والمتجددة: نظرة شاملة

قد تجد المجتمعات نفسها مجبرة عند وصول مستوى مخزونها من الموارد غير المتجددة لدرجة النضوب على الانتظار إلى أن تقوم ميكانيزمات الحد الذاتي: «les mécanismes d'autolimitation» (وهي تعبير مادي عن "تضحية" الأجيال الحالية بتقليل الاستهلاك وهذا بدافع مبدأ أخلاقي من أجل ضمان حد أدنى لرفاهية الأجيال المستقبلية¹) بتسهيل عملية نقلها إلى مستوى استدامة مستقر، فمن المنطقي التفكير في أن ميكانيزمات التعزيز الذاتي² «l'autorenforcement» ستجر السياسات العامة لاستنفاد مخزون الموارد الموجودة وأنها ستساهم في زوال المجتمع³.

المطلب الأول: تصنيف (تاكسونوميا) الموارد

هناك ثلاثة مفاهيم متميزة تستعمل لتصنيف مخازن الموارد غير المتجددة⁴:

1. الاحتياطيات الحالية.

2. الاحتياطيات الممكنة.

3. الموارد الوقفية (هبة الطبيعة).

في الولايات المتحدة وبالضبط على مستوى مركز المسح الجيولوجي للولايات المتحدة الأمريكية (USGS)⁵ تتم عملية الكشف والتدوين لموارد البلد وهي من المسؤوليات الرسمية المكلف بها هذا المركز.

ومن أجل هذا الغرض وضع هذا المركز نظام الترتيب الموضح في الشكل الموالي:

الشكل رقم (I - 5): تصنيف الموارد.

مجموع الموارد

¹ - Ferrari S, «Éthique environnementale et développement durable : Réflexions sur le Principe Responsabilité de Hans Jonas », dossier Lectures hétérodoxes du développement durable vol : 01, n°3, France, 2010, P31.

² - هي حالة تكون فيها السياسات الحالية مسئلة من تلك السابقة لها.

³ - Christine E et Bruno P, «l'apport de Douglass North à l'explication des trajectoires nationales », Revue : Economies et sociétés, série Socio-économie du travail, France, 2005, P 03.

⁴ - Tom Tietenberg et Lynne Lewis, Op cit, P 122.

⁵ - United States Geological Survey.

			المكتشفة (المعروفة)		غير المكتشفة			
			مثبتة		مقطعة	افتراضية	تخمينية	
			مقيمة	مقدرة				
الاقتصادية			الاحتياطات					
شبه اقتصادية	شبه هامشية	هامشية						
	هامشية							

Source : william h et Langer h, « Geologic characterization of natural aggregate », rapport de l' USGS 1995, disponible sur : <https://pubs.er.usgs.gov/publication/ofr95582>. (consulté le: 28/04/2016)

يوجد بعدان تم أخذهما بعين الاعتبار أحدهما اقتصادي والآخر جيولوجي، كما تظهر حركة نازلة بين الموارد التي يكون استخراجها أقل تكلفة وتلك التي يكون استخراجها أكثر تكلفة، أيضاً الحركة المتجهة من اليسار نحو اليمين تبين حالة عدم اليقين الجيولوجية الخاصة بحجم الموارد المتوفرة.

أولاً: تعريف المصطلحات

يعتبر التمييز بين مختلف أصناف الموارد عاملاً حاسماً في تحديد سياسات استخدامها، معدلات استخراجها، وكذلك مجالات توظيفها. ويمكن تعريف هذه الأنواع كالتالي¹:

- الموارد المحددة (ressources identifiées): هي مواد معدنية خاصة معلومة النوعية والكمية والموقع وهذا بفضل بعض العناصر الجيولوجية المدعومة ببعض الدراسات العلمية.
- الموارد المقيمة (ressources mesurées) : هي مواد كميتها ونوعيتها مقدرة بهامش خطأ أقل من 20%، وهذا على مستوى مواقع جيولوجية معروفة.

¹ - المرجع السابق، ص 123.

- الموارد المقدرة (ressources estimées) : هي مواد كميتها ونوعيتها محددة انطلاقاً من تحليل العينات والتحليل الجيولوجي الواقعي.
- الموارد المحتملة (ressources déduite) : هي مواد يحتمل وجودها بعد تقديرات جيولوجية.
- الموارد غير المكتشفة (ressources non découverte) : هي مواد معدنية غير نوعية يفترض وجودها من خلال معلومات ونظريات جيولوجية.
- الموارد الافتراضية (ressources hypothétique) : هي مواد غير مكتشفة يمكن افتراض وجودها عقلياً في منطقة منجمية إذا توفرت الظروف الجيولوجية في هذه المنطقة.
- الموارد التكهنية (التخمينية) (ressources spéculatives) : هي مواد غير مكتشفة يمكن أن تأخذ شكل رواسب، في مواقع جيولوجية مناسبة لم يجر فيها أي اكتشاف من قبل، أو رواسب غير معروفة وغير مصنفة.

إن المخزون الحالي (الموضح في المنطقة البيضاء من الشكل (I-5)) هو تلك الموارد المعروفة التي يدر استغلالها مالياً بالأسعار الحالية، ويمكن أن يعبر عن الحجم الكلي لهذا المخزون بلغة الأرقام، أما بالنسبة للمخزون الممكن فمن الأحسن التعبير عنه بدالة عوض رقم، إن كمية المخزون الممكن توفره مقيدة بالثمن الذي يدفعه الناس _ أو على الأقل هم مستعدون لدفعه _ من أجل هذه الموارد، فكلما كان السعر مرتفعاً زادت معه أهمية المخزون الممكن. هناك عدة دراسات تم القيام بها حول كمية البترول الإضافي الذي يمكن استرجاعه من خلال تطوير وتحديث تقنيات الاستخراج (حقن المحلول أو البخار في الآبار من أجل تخفيض كثافة البترول على سبيل المثال تسمح باسترجاع من 30% إلى 60% من البترول المتبقي¹) كما كشفت هذه الدراسات أنه كلما ارتفع سعر برميل البترول ارتفعت كمية البترول الممكن استرجاعها هي كذلك .

إن الموارد الوقفية (هبة الطبيعة) تعني الوجود الطبيعي للموارد في القشرة الأرضية (على عمق 1 كلم)، كما أن حجم الموارد الوقفية لا يمت بأي صلة للأسعار وهذه نظرة جيولوجية أكثر منها اقتصادية لكنها مهمة بالنظر لكونها بينت محدودية الموارد الأرضية الموجودة².

¹ - Gérard S, Pierre-André H et autres, « Systèmes énergétiques : Offre et demande d'énergie », Presses polytechniques et universitaires romandes, France, 2003, P185.

² - عبد الرزاق بني هاني ومحمد الروابدة، مرجع سابق، ص 125.

ثانيا: تخزين الموارد الطبيعية

بعض الطاقات المتجددة تتميز بطريقة تخزين ذاتية¹:

- طاقة المد والجزر: الماء المحتجز في السد يخزن الطاقة قبل تحريكه؛
- الطاقة الحرارية للبحار: التخزين يتم على مستوى المصدر الحراري الأولي؛
- الكتلة الحيوية: تسمح بتخزين المنتجات الطاقوية إلى غاية الاستعمال النهائي؛
- إنتاج المياه العذبة: يمكن تخزينها منذ تحضيرها إلى غاية استعمالها؛

التخزين إذن لا يمثل إشكالا إلا في حالة الطاقة الكهربائية.

عموما، التخزين يقدم خدمة لنظام التزويد بالطاقة المتجددة (خاصة في حالة الطاقة المتناوبة (intermittente)) لكن التخزين ذو تكاليف معتبرة.

إن تسيير الموارد المتجددة يطرح مشاكل مختلفة عن تلك التي تطرحها الموارد غير المتجددة ولو أنها ذات أهمية في كلتا الحالتين، فيما يخص الموارد غير المتجددة، فالصعوبة تكمن في توزيع المخزون بين الأجيال والذي يتناقض بالانتقال نحو الموارد المتجددة، التسيير الناجح للموارد المتجددة يحصل عكس ذلك من خلال المحافظة على تدفق (تجدد) كفاء ومستدام.

المطلب الثاني: كفاءة التوزيعات الزمنية (عبر الزمن)

لكي يتم الحكم على مدى ملائمة توزيعات (تخصيصات) السوق، يتوجب في البداية تحديد مفهوم الكفاءة ضمن سياق تسيير الموارد غير المتجددة والمتجددة، ولكون توزيع الموارد على المدى الطويل هو المشكل الرئيسي فإن مفهوم الكفاءة الديناميكية هو المفتاح الواجب الأخذ به. وكما تم التنويه من قبل، فإن معيار الكفاءة الديناميكية يبني فرضية هي: أن يكون هدف المجتمع بلوغ الحد الأقصى لصافي القيمة الحالية للفوائد المتأتية من استخدام مورد على مر الزمن، ولبلوغ الحد الأقصى للموارد غير المتجددة وغير المدورة، يجب الموازنة بين الاستعمال الحالي والمستقبلي. وسيتم تناول نموذج الفترتين، وهو النموذج الأبسط الذي يتيح فهم كيفية تحديد معيار الكفاءة الديناميكية لهذا التوازن.

¹ - Michel P et autres, « Energie renouvelables marines : Etude prospective à l'horizon 2030 », Editions Quae, France, 2009, P 192.

أولاً: عودة إلى النموذج ذو الفترتين

تم فيما سبق تحديد مفهوم توزيع (تخصيص) كمية منتهية من مورد يمكن استخراجه بتكلفة هامشية ثابتة، وبمنحنى طلب مستقر، فالتوزيع الكفاء يعني توزيع (تخصيص) أكثر من نصف المورد خلال المرحلة الأولى وأقل من النصف في المرحلة الثانية، هذا التوزيع يتكون من التكلفة الهامشية للاستخراج والتكلفة الهامشية للاستعمال، وبما أن كمية الموارد غير المتجددة ثابتة ومنتهية فإن الإنتاج الحالي لوحدة يستبعد إنتاج هذه الوحدة في المستقبل، وبالتالي فإن القرارات المتخذة بخصوص الإنتاج في الوقت الراهن يجب أن تأخذ بعين الاعتبار الفوائد الصافية التي ستفقد في المستقبل. إن التكلفة الهامشية للاستعمال هي مقياس تكلفة الفرصة الذي يسمح بخلق التوازن بين الفترتين.

التكلفة الهامشية للاستخراج يفترض أن تكون ثابتة، لكن القيمة الجارية للتكلفة الهامشية للاستعمال ترتفع بمرور الوقت، إن معدل نمو القيمة الحالية للتكلفة الهامشية للاستعمال معادل r وهو معدل الخصم، لهذا فإن التكلفة الهامشية للاستعمال خلال الفترة 2 كانت أكبر بـ $r+1$ مرة منها في الفترة 1. إذا كان توزيع ما كفواً فإن التكلفة الهامشية للاستعمال ارتفعت إلى المعدل r ، وهذا من أجل الحفاظ على توازن الإنتاج الحالي والإنتاج المستقبلي.

إن نموذج الفترتين بين أن كفاءة التوزيع لمورد منته ذو تكلفة استخراج ثابتة يرتكز على شرطين: ارتفاع التكلفة الهامشية للاستعمال وانخفاض الكمية المستهلكة. وإذا تطلب الأمر إجراء بحث في فترات أكثر طولاً عوض الاختصار على فترتين فقط، ستكون التكلفة الهامشية الكفوة للاستعمال مرتفعة بشكل مستمر (وكذلك هو الحال في المثال المقتصر على مرحلتين)، إن ارتفاع التكلفة الهامشية الكفوة للاستعمال يعكس الندرة المتزايدة للموارد وكذا ارتفاع تكلفة الفرصة للاستهلاك الحالي الناتج عن تناقص الموارد المستهلكة، وتبعاً لارتفاع تكلفة الاستخراج مع سريان الوقت فإن كمية المورد المستهلك ستتناقص مع مرور الوقت، وهذا يبقى إلى أن ينضب المخزون، في هذا الوقت، التكلفة الهامشية الإجمالية تكون مساوية لأعلى سعر يكون المستهلك مستعداً لدفعه، مما يعني أن العرض والطلب سيصلان مباشرة إلى الصفر. كذلك نفس الشيء في حالة معقدة (أين لا نلاحظ ارتفاع التكلفة الهامشية للاستخراج)، فإن توزيعاً كفواً يسمح بانتقال سلس حتى نضوب المورد، هذا الأخير لا ينضب فجأة حتى وإن كان محكوماً عليه بالنضوب في نهاية المطاف¹.

¹ - Tom Tietenberg et Lynne Lewis, Op cit, P 136.

ثانياً: الانتقال نحو بدائل متجددة

لحد الوقت الراهن نوقش توزيع الموارد غير المتجددة التي لا يعوضها شيء، فبفرض البحث في توزيع كفو لمورد له بديل (مورد بديل) موجود بتكلفة هامشية ثابتة، وباعتبار أن هذا المورد متوفر بشكل كاف لأجل أن تكون تكلفته الهامشية الإجمالية معادلة للتكلفة الهامشية للاستخراج، يعني هذا أن التكلفة الهامشية لاستعمال البديل تساوي صفر، هذا السيناريو يوضح جيداً التوزيع الكفو للبترول أو الغاز الطبيعي في وجود الطاقة الشمسية كبديل، كما يوضح لنا التوزيع الكفو للمياه الباطنية غير المتجددة في وجود المياه السطحية كبديل.

أ- تحديد مفهوم التوزيع الكفو في حالة وجود بديل

نظراً للشبه بين هذا الشكل والمثال الذي نوقش سابقاً، سيتم توظيفه لتحديد هذا المفهوم. كما هو الحال في الحالة السابقة فإن المورد غير المتجدد سينتهي إلى النضوب، في هذه الحالة سيكون الضرر أقل بما أنه سيكفي تفعيل الانتقال إلى المورد المتجدد في الوقت المناسب.

لا يجدر بالتكلفة الهامشية الإجمالية للمورد غير المتجدد أن تفوق التكلفة الهامشية لبديله، بما أن المجتمع يمكنه دائماً الرجوع لمورد متجدد لتعويضه في حين يكون ذلك بسعر أقل. أيضاً، حتى إذا كان السعر الأقصى الذي يستعد المستهلك لدفعه (prix de réservation أو choke Price، سعر يلغى فيه الطلب) محدداً للتكلفة الهامشية الإجمالية إذا لم يكن هناك بديل، كذلك فإن التكلفة الهامشية لاستخراج البديل تسمح بتحديد الحد الأقصى عندما يكون هناك مورد متجدد متوفر بتكلفة هامشية أقل من ذلك الذي يكون بالسعر الأقصى (prix de réservation).

مع هذا التوزيع الكفو، الانتقال نحو بديل موجود بكمية وفيرة سيحدث كذلك بسلاسة، إن الكمية المستخرجة تنخفض شيئاً فشيئاً لارتفاع التكلفة الهامشية للاستعمال إلى حين الانتقال إلى البديل. وبوجود بديل متجدد، فإنه سيتم استخراج كمية كبيرة من المورد المتجدد في البداية (لأن التكلفة الهامشية للاستعمال ستكون أقل)، أما المورد غير المتجدد فسينضب بسرعة وهذا ما كان ليحدث لو لم نملك بديلاً متجدداً. يسمى هذا الانتقال بنقطة الاستبدال "Switch point" لأنه يعلن بداية استهلاك المورد المتجدد، قبل هذا يستهلك المورد غير المتجدد لوحده في حين يتم استهلاك المورد المتجدد فيما بعد. فتتسلسل هذه المراحل المختلفة يركز على تطور التكاليف. قبل نقطة الاستبدال كان المورد غير المتجدد الأقل تكلفة بعدها مباشرة ترتفع تكلفته الهامشية (خاصة التكلفة الهامشية للاستعمال) لتقترب بذلك من التكلفة الهامشية للبديل، وفي هذا الوقت بالذات يحدث الانتقال¹.

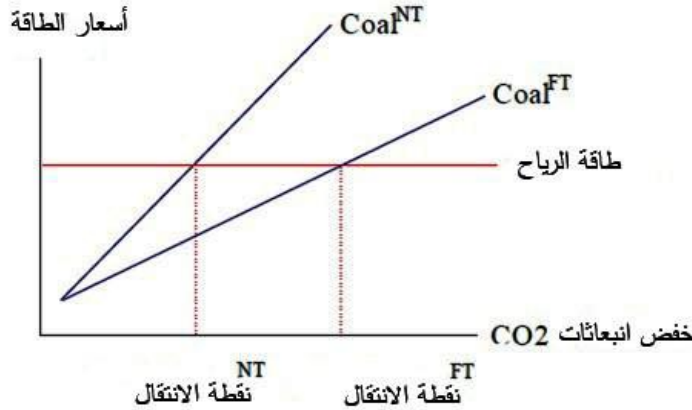
¹ - Tom T et Lynne L, « Environmental and natural resource economics », Routledge, New York, USA, 2016, P 129.

ب- نقطة الانتقال "Switch point"

الانتقال من الطاقة الناضبة غير المتجددة إلى مصادر متجددة يحدث في النهاية بسبب أن مخزون الطاقة غير المتجددة يسير ببطء نحو النضوب. على سبيل المثال وفي فترة زمنية ما، منتجو الفحم هم أمام الحاجة إلى حفر مناجم أعمق أو استعمال أقل للفحم الكفء. لذلك، التكاليف الهامشية لإنتاج الطاقة (من مصادر ناضبة) ترتفع بمرور الزمن. في المقابل، احتياطي الطاقة المتجددة لا ينضب في غضون المستقبل القريب. وبالتالي يمكننا الافتراض في هذه الفترة ثبات التكاليف الهامشية لإنتاج طاقة الرياح مثلاً. في نقطة زمنية معينة يصبح من المجدي اقتصادياً التحول والانتقال إلى مصدر متجدد مثل الانتقال من الفحم نحو طاقة الرياح في محطات توليد الكهرباء. تدخل الدولة عندئذ يمكن أن يسرع من هذه العملية إذا كانت التكاليف البيئية مضافة إلى سعر الطاقة الناضبة (عن طريق فرض ضرائب على الطاقة الناضبة مثلاً). علاوة على ذلك، البديل الطاقوي المتجدد، مثل طاقة الرياح، يمكن أن يدعم. بالتالي نقطة الانتقال الجديدة ستحدث في زمن مبكر¹.

مقارنة نقطة الانتقال يمكن أن تخضع لرؤى أخرى قيمة ضمن كيفية تأثير اختيار السياسات في توقيت نقطة الانتقال. لتوضيح هذا المفهوم، الشكل (I -6) يبين حالة أين توجد إكمانيتين فقط لإنتاج الطاقة، الفحم المحروق والرياح.

الشكل رقم (I -6): التغير في الأسعار النسبية نتيجة سياسات التخفيض (للانبعاثات) المختلفة



Source : Brandt US et Svendsen GT, « Switch Point and First-Mover Advantage: The Case of the Wind Turbine Industry », Aarhus BSS Business and Social Sciences 2004, P 06

المفاضلة هنا تكون بين خيارين للسياسات: في حالة مرنة تماماً أين لا توجد قيود على التجارة الخارجية في تصاريح الخروج، وفي حالة ما أن الاستخدامات منخفضة الانبعاث الغازية (CO₂) فقط هي

¹ - Brandt US et Svendsen GT, « Switch Point and First-Mover Advantage: The Case of the Wind Turbine Industry », Aarhus BSS Business and Social Sciences, Denmark, 2004, P 06.

المسموح بها. $Coal^{NT}$ تمثل سعر الطاقة الناتجة عن الفحم في حالة تجارة مقيدة، بينما $coal^{FT}$ هي تمثل سعر الطاقة الناتجة عن الفحم في حالة تجارة حرة. من الواضح أن إنتاج طاقة الرياح تصبح تنافسية مقارنة مع تلك الناتجة عن الفحم عند انخفاض الانبعاثات إلى أدنى مستوى في حالة تجارة مقيدة.

ثالثا: الاستكشاف والتقدم التكنولوجي

العمليات الجيولوجية تؤدي عادة إلى توزيع غير منتظم للموارد في القشرة الأرضية. موقع وحجم الاحتياطيات القابلة للاستخراج من الناحية الاقتصادية غير مؤكدين، فالاستكشاف هو استثمار مكلف ومحفوف بالمخاطر.

تكلفة البحث عن الموارد الجديدة جد مرتفعة، وابتداء من الوقت الذي بدأت فيه الموارد سهلة الاكتشاف في النضوب، وجب الاتساع في رقعة البحث عن موارد جديدة للتموين في بيئات يصعب الوصول لها مثل أعماق المحيطات أو الآبار العميقة. هذا يعني أن التكلفة الهامشية للاستكشاف (الذي يمثل التكلفة الهامشية مصحوبة بالبحث عن وحدات جديدة لمورد ما) سترتفع مع الوقت مثلها مثل التكلفة الهامشية للاستخراج¹.

المطلب الثالث: توزيع السوق

تم في الأبواب السابقة تحديد مفهوم التوزيع الكفء للموارد غير المتجددة مع وجود بدائل وموارد متجددة وذلك في سياقات شتى وعلى المدى الطويل، أما الآن فتتوجب معرفة ما إذا كان هناك حق في أسواق كفؤة تنتج توزيع كفء، ومعرفة قدرة القطاع الخاص (سوق يجمع الملايين من المستهلكين والمنتجين كل يتصرف حسب ما تمليه رغباته) على إعطاء توزيع مطابق لمعيار الكفاءة الديناميكية، وتقييم مطابقة رفع الإيرادات للحد الأقصى للكفاءة الديناميكية.

أولا: البنيات الملائمة لحقوق الملكية

قانون الطاقة والموارد الطبيعية دائما ما كان تركيزه القوي على الملكية كأحد مكوناته. قانون الملكية له أثر كبير في تطوير نواة المبادئ القانونية لإدارة الموارد الطبيعية². تتمثل هذه المبادئ في حزمة من القوانين تعطي مجموعة من الحقوق تتمثل إيجازا في³:

✓ الحق في الاستخدام؛

¹ - Jon M C, « Resource Economics », Cambridge university press 1999, P 91.

² - Aileen M, Barry B et autres, « Property and the law in energy and natural resources », Oxford university press 2010, P 01.

³ - Safia A et Kent E, « The role of property rights in natural resource management, good governance and empowerment of the rural poor », USAID, Burlington, USA, 2006, P 04.

✓ الحق في الإدارة؛

✓ الحق في التحويل؛

✓ الحق في "التملك"؛

يعتقد البعض أنه من المستحيل تحقيق توزيع كفاء حتى ولو كانت السوق مثالية، تولدت هذه الفكرة من اعتقاد خاطئ أدى بالمنتجين إلى استغلال وبيع الموارد بأسرع ما يمكن لأنها أفضل طريقة للحصول على أكبر قدر ممكن من القيمة. ويعتقد الناس بسبب هذه الفكرة الخاطئة أن الأسواق لا ترى القادم ولا تتشغل بالمستقبل.

وبما أن حقوق الملكية المحيطة بالموارد الطبيعية تتميز بالخصوصية، العالمية، قابلية النقل (التحويل) والتطبيق، فإن السوق التي يتم فيها تبادل هذه الموارد ليست بالضرورة "قصيرة البصر"¹ وقت الاختيار، وفي الواقع كنتيجة لذلك، الإيرادات ستعرف تراجعاً، فالمنتج سيتصرف بطريقة كفوءة عندما يتوجب عليه دفع التكلفة الهامشية للاستعمال، فمورد ما في الأرض يقدم لمالكه نوعين من القيم الممكنة:

- قيمة الاستعمال: عندما يبيع المورد (وهي القيمة الوحيدة المقدرة من طرف أولئك اللذين يهتمون السوق بقصر البصر)؛
- قيمة الأصول: عندما تبقى في الأرض، (فأي مالك يرغب في رفع الحد الأقصى من إيراداته عليه أخذ هذه القيمة بعين الاعتبار).

إذا استمر سعر مورد ما في الارتفاع مع الوقت، فإن قيمة المورد الموجود بالأرض ترتفع، لكن مالك هذا المورد لا يمكنه ضمان هذه القيمة الإضافية إلا بحفظ المورد، فالمنتج الذي يتعجل ببيع مجموع موارده يضيع فرصة اغتنام ارتفاع الأسعار في المستقبل ويضيع الإيرادات الإضافية التي كان بإمكانه الاستفادة منها.

المنتج الطامح لرفع إيراداته للحد الأقصى سيحاول الموازنة بين الإنتاج الحالي والمستقبلي من أجل تعظيم قيمة المورد للحد الأقصى وبالتالي القيمة الحالية لإيراداته، فبمجرد ارتفاع الأسعار في المستقبل فإن هذا سيشجع على تخزين المورد، والمنتج الذي يجهل هذه الأفضلية لن يعظم قيمة المورد، إذن سننتظر الشخص الذي يرغب بتخزين هذا المورد ولديه استعداد لتعظيم قيمته ليشترى هذا المورد.

¹ - كان "ريموند بار" أول من روج لمفهوم "قصر بصر السوق" القائم على فكرة بسيطة مفادها: السوق تسمح في وقت معين بتوازن الطلب والعرض لمنتج ما، بحيث يتيح ذلك إتمام عقد بين البائع والمشتري على السعر والكمية من هذا المنتج، وهنا ينتهي دوره. أما فيما يخص المستقبل وما يجب إنتاجه واستهلاكه فهذا ما لا يتيح السوق ويستوجب تدخل الدولة.

- Jacques G, « La myopie du marché », article disponible sur : <http://www.libres.org/connaissance-du-liberalisme/2732-la-myopie-du-marche.html> (consulté le: 28/02/2017).

وبما أن معدلات الخصم للقطاعات الخاصة والعمومية متزامنة ومتقاطعة مع كون حقوق الملكية محددة بشكل جيد وأنه من الممكن الحصول على معلومات موثوقة حول الأسعار المستقبلية، فإن منتجاً يبحث بأناية على تعظيم إيراداته يعطي نفس الفرصة للمجتمع للحصول على أعظم قيمة لفوائده الصافية.

إن هذا التحليل يوجب التنبؤ بمستقبل الأسواق التنافسية أين تسمح حقوق الملكية المحددة بدقة بجعل سعر المورد معادلاً للتكلفة الهامشية الإجمالية وبالتالي تحقيق نتيجة كفاءة¹.

ثانياً: التكاليف البيئية

تتضمن التكاليف البيئية التكاليف الناتجة عن كل ضرر يلحق بالبيئة وتكاليف حمايتها، لهذا كان هذا المفهوم وليد الرأي العام وليس الملوث أو القائم على النشاط الاقتصادي².

تنقسم التكاليف البيئية إلى³:

- تكاليف الوقاية: كل تكاليف متكبدة داخل موقع الإنتاج بهدف منع وتجنب الآثار السلبية على البيئة؛

- تكاليف المراقبة: تكاليف متكبدة من أجل متابعة ورصد عمل نظام الإدارة البيئي (EMS)⁴؛

- تكاليف الفشل (أو تكاليف اللابئيئية): وتنقسم بدورها إلى تكاليف فشل داخلية وخارجية:

- تكاليف فشل داخلية: كل تكاليف ترتبط بشكل وثيق بالآثار البيئي للعملية الإنتاجية داخل الموقع، سواء كانت ناتجة عن استخدام غير كفء للموارد الطبيعية أو تلوث ناتج عن انعدام الوقاية أو غير ذلك؛

- تكاليف فشل خارجية: تكاليف ناتجة عن الآثار البيئي خارج الموقع الإنتاجي، وهي مرئية أكثر بالنسبة للناس.

في حقيقة الأمر، لا تستوفي كل الأسواق شروطها، فمن بين الحالات التي لا تحدد فيها حقوق الملكية بدقة هناك حالة أين يكلف فيها استخراج المورد الطبيعي تكلفة بيئية للمجتمع (إضافة إلى التكلفة الأساسية للاستخراج) وأن هذه التكلفة لا يتحملها المنتجون.

¹ - Tom T et Lynne L, Op cit, P 223.

² - Christine J, « Environmental and material flow cost accounting », Springer science, Pays-Bas, 2009, P 10.

³ - Pall M, Martin b et autres, « Implementing environment management accounting : status and challenges », Springer, Allemagne, 2005, P 210.

⁴ - Environmental Monitoring Systems.

إن التكلفة الجمالية للمناجم المفتوحة على الهواء، المخاطر المتأتية من بقايا اليورانيوم، التدفقات المؤكسدة المطروحة في المجاري المائية بسبب استغلال المناجم أمثلة حية عن التكلفة البيئية لهذه النشاطات، وجود هذه التكلفة جد مهم ليس فقط من المنظور التجريبي وإنما كذلك من الناحية الفكرية. تشكل هذه التكلفة جسراً رابطاً بين ميدانين تقليديين متميزين: اقتصاد البيئة واقتصاد الموارد الطبيعية.

يمكن على سبيل الافتراض ألا تعكس التكلفة المفوترة (المسجلة) في الشركات المسؤولة بدقة التدهور البيئي الناتج عن استخراج الموارد غير المتجددة، هذا يمثل أثراً خارجياً (أو جانبياً)، إن تكلفة الاستخراج، المعالجة والتوزيع يتحملها مالك هذا المورد وتؤخذ بعين الاعتبار في تحديد كمية المورد قبل أن يستخرج، وفي المقابل يبقى المالك غير مكلف بالأضرار البيئية وإذا لم تحاول الأطراف الخارجية إدخال تكلفة الضرر فإنها أي هذه التكلفة لن تؤثر في اتخاذ القرارات المتعلقة باستخراج الموارد. وهنا مكمن الاختلاف بين توزيع السوق التي تعتمد التكلفة الأولى فقط والتوزيع الكفاء الذي يعتمد على كلا التكاليفتين. إن إدخال التكلفة البيئية يؤدي إلى رفع السعر وبالتالي يؤدي إلى تراجع الطلب، ويتراجع معدل استهلاك المورد بدوره، ما يسمح باستدامته أكثر¹.

الذي يمكن استنباطه حول توزيع مورد غير متجدد على المدى الطويل عندما لا تتحمل الآثار الجانبية على البيئة من طرف الأطراف المحددين لمعدل الاستخراج، هو كون سعر الموارد غير المتجددة أكثر انخفاضاً ما يمنعه أن يكون كفوفاً، وسيتم استغلال المورد بوتيرة أسرع. هذا يوضح مرة أخرى أن القرارات المختلفة التي يتوجب اتخاذها بشأن المستقبل مترابطة فيما بينها، وأن الخيارات المتعلقة بالبيئة والموارد الطبيعية ذات صلة وثيقة لا تنفصم.

المبحث الرابع: الآفاق والتحديات العالمية للطاقة

إن اتفاق باريس بشأن التغير المناخي، الذي بدأ تنفيذه في شهر نوفمبر 2016، هو في جوهره اتفاق حول الطاقة. فالتغيير التحويلي في قطاع الطاقة (القطاع مصدر ما لا يقل عن ثلثي انبعاث الغازات الدفيئة)، جد مهم لتحقيق أهداف الاتفاق. التغييرات الجارية حالياً في قطاع الطاقة تبدو واعدة وممكنة بالنسبة للطاقة منخفضة الانبعاث، وهذا بدوره يعطي مصداقية للعمل الهادف بشأن التغير المناخي. فتراجع الاستثمارات الجديدة في الطاقة النظيفة في جميع أنحاء العالم إلى 287.5 مليار دولار في عام 2016، بانخفاض نسبته 18% عن المستوى القياسي المحقق سنة 2015 البالغ 348.5 مليار دولار (وفقاً لدراسة جديدة صادرة عن مؤسسة بلومبرج لتمويل الطاقة الجديدة "BNEF"²)، ليس سيئاً بجميع

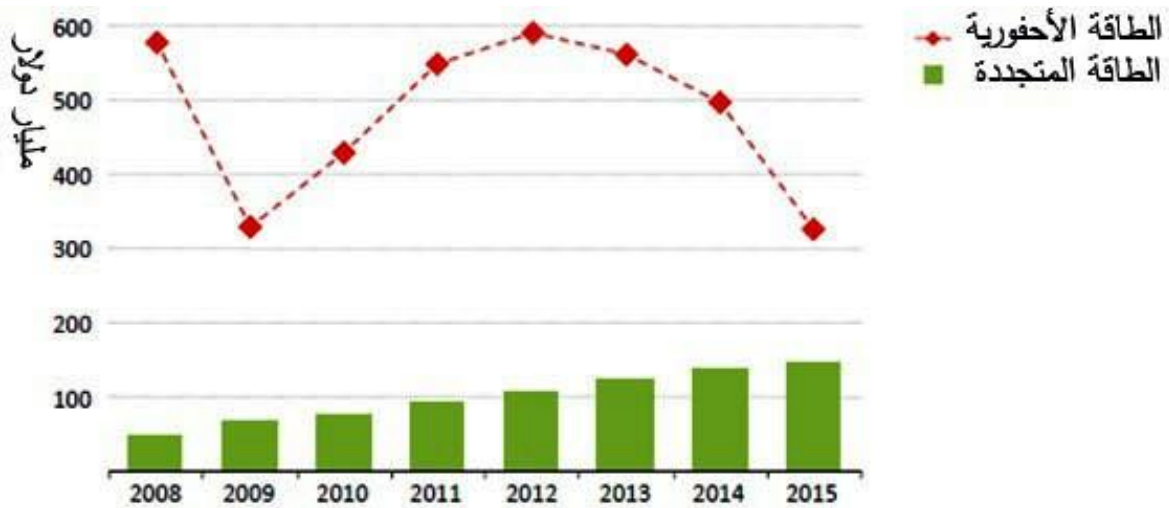
¹ - المرجع السابق، ص 211.

² - Bloomberg New Energy Finance.

مكوناته، حيث يرى خبراء المؤسسة أن الأفضل دائما هو رؤية الأرقام في ارتفاع دائم، لكن الانخفاض ليس سيئا كله.

كان السبب الرئيسي لانخفاض الاستثمار في الطاقة النظيفة هو التباطؤ الاقتصادي في الصين واليابان. في الصين، بلغ إجمالي الاستثمار في الطاقة النظيفة 87.8 مليار دولار في عام 2016، أي بانخفاض نسبته 26 % عن أعلى مستوى له على الإطلاق وهو 119.1 مليار دولار في عام 2015. وفي اليابان، بلغ الاستثمار في الطاقة النظيفة 22.6 مليار دولار، بانخفاض نسبته 43% عن العام السابق¹.

الشكل رقم (I - 7): تقديرات دعم استهلاك الوقود الأحفوري ودعم الطاقة المتجددة في العالم



Source : « world energy outlook 2016 », OECD/IEA, 2016
International Energy Agency, P 99.

وقدر صندوق النقد الدولي أن شركات الوقود الأحفوري قد تلقت في العام 2015 دعما ماليا بلغ حوالي 5.3 تريليون دولار أمريكي في جميع أنحاء العالم، على الرغم من أن وكالة الطاقة الدولية قد قدرت هذا الرقم أكثر تواضعا من ذلك، حيث بلغت تقديراتها 350 مليار دولار أمريكي، مقارنة مع 500 مليار في 2014، وكان ذلك انعكاسا لانخفاض أسعار الوقود الأحفوري بل وأيضا عملية الإلغاء التدريجي للدعم التي أثارت زخما في العديد من البلدان².

¹ - Julia Pyper, « Global Clean Energy Investment Fell 18% in 2016 With Slowdown in China », article publié le : 12/01/2017, sur: www.greentechmedia.com. (consulté le: 14/10/2017).

² - Stephen Letts, « Global renewable energy capacity surges despite tumbling fossil fuel prices », article publié le : 03/06/2016, sur : <http://www.abc.net.au>. Consulté le: 14/10/2017).

المطلب الأول: الاتجاهات العالمية للطاقة

تلعب التوقعات الاقتصادية دورا بالغ الأهمية في تحديد آفاق استهلاك الطاقة، ليس فقط المعدل الرئيسي لنمو الناتج المحلي الإجمالي، ولكن أيضا الطريقة التي قد تختلف بها معدلات النمو عبر مختلف القطاعات الاقتصادية. يقدم بعض الباحثين¹ أربع فرضيات حول اتجاه السببية بين استهلاك الطاقة والناتج المحلي الإجمالي. بالنسبة للعالم ككل، نمو الناتج المحلي الإجمالي يدفع استهلاك الطاقة إلى أعلى، غير أن هذه العلاقة تباينت كثيرا بين البلدان خلال السنوات الأخيرة. الأولى هي فرضية الحياد، التي تؤكد أنه لا توجد سببية (في أي من الاتجاهين) بين هذين المتغيرين. والثاني هو فرضية الحفاظ على الطاقة، التي تشير إلى وجود دليل على وجود علاقة سببية أحادية الاتجاه من نمو الناتج المحلي الإجمالي إلى استهلاك الطاقة. في إطار الفرضية الثالثة، التي تعرف باسم فرضية النمو، يدفع استهلاك الطاقة نمو الناتج المحلي الإجمالي. الفرضية الرابعة هي فرضية "feedback"، التي تشير إلى وجود علاقة سببية ثنائية الاتجاه بين استهلاك الطاقة ونمو الناتج المحلي الإجمالي².

هناك اثنان من المراجع التي تصدر سنويا وتعتبر رائدة في توقعات الطاقة، هما :

1- الآفاق العالمية للطاقة (WEO)³ الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة (IEA)⁴ التابعة لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD)⁵؛

2- الآفاق الدولية للطاقة (IEO)⁶ الصادرة عن إدارة معلومات الطاقة التابعة لوزارة الطاقة الأمريكية؛

وتعد سيناريوهات إدارة معلومات الطاقة المذكورة جديرة بالثقة من الناحية المنطقية وهي بطريقة ما مترابطة منطقيا مع سيناريوهات الفريق الحكومي الدولي بشأن تغير المناخ⁷ IPCC، وتقرير "ستيرن" حول الآثار المترتبة على التغيرات المناخية. ومن الضروري التأكيد على أن التوقعات بعيدة المدى هي عرضة لتقلبات هائلة كنتيجة لتغير صغير في الافتراضات الأساسية. وقد تم إعداد عدة سيناريوهات للتنبؤ بتركيبة العديد من مصادر الطاقة التي ستكون لها حاجة في العقود القادمة، نذكرها فيما يلي:

¹- Ozturk (2010), Squalli (2007) et Magazzino (2011).

²- JACOBO CAMPO and VIVIANA SARMIENTO, «THE RELATIONSHIP BETWEEN ENERGY CONSUMPTION AND GDP: EVIDENCE FROM A PANEL OF 10 LATIN AMERICAN COUNTRIES », Lat. Am. J. Econ. Vol. 50 no. 2, Santiago, nov. 2013, P 02.

³- World Energy Outlook.

⁴- International Energy Agency.

⁵- Organisation for Economic Co-operation and Development.

⁶- International Energy Outlook.

⁷- The Intergovernmental Panel on Climate Change.

أولاً: تحديد السيناريوهات المستخدمة لدى الوكالة الدولية للطاقة

لطالما كانت وكالة الطاقة الدولية "IEA" مصدراً رئيسياً لأبحاث سوق الطاقة لأكثر من 40 عاماً. تأسست الوكالة في عام 1974، في أعقاب أزمة النفط عام 1973، أنشأتها 23 دولة في منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية لتقديم وتبادل المعلومات حول اتجاهات الطاقة في المستقبل. وتقدم الوكالة الدولية للطاقة، في تقريرها السنوي "آفاق الطاقة العالمية WEO"، ثلاثة سيناريوهات أساسية تدرس الآثار المترتبة عن قطاع الطاقة كما يلي¹:

✓ سياسات الطاقة القائمة حالياً (سيناريو السياسات الحالية)؛

✓ السياسات الحالية ونوايا السياسات المعلنة (سيناريو السياسات المعلنة)؛

✓ التخفيضات الكبيرة للانبعاثات عبر قطاع الطاقة على أساس احتمال بنسبة 50 % لتقليل الاحترار ب 2 درجة مئوية (سيناريو 450، المبني على أساس الحد من ثاني أكسيد الكربون إلى 450 جزءاً من المليون في الغلاف الجوي).

وعلى الرغم من التحذيرات المتكررة من قبل وكالة الطاقة الدولية بأنها لا تقدم "تنبؤات"، غالباً ما يتم عرض سيناريو السياسات الجديدة على أنه المستقبل الأكثر احتمالاً للطاقة. هذا على الرغم من أنه لا يفترض أي تغييرات في السياسات على مدى السنوات ال 25 المقبلة.

ثانياً: منهجيات تحليل الاتجاهات

توقعات الطاقة هي أدوات هامة لصنع السياسات وتحليل السوق. فهي تعمل جنباً إلى جنب مع احتمالات ما يمكن أن يحدث (التوجهات، بدلاً من النتائج المحددة للعالم الواقعي)، وذلك بالنظر إلى افتراضات محددة ومنهجيات مستخدمة. ويتوجب أن تكون الافتراضات الأساسية النموذجية محايدة قدر الإمكان سياسياً وغير متحيزة وتوفر موثوقية في نتائجها النهائية، ومثل تلك النماذج هي عبارة عن أفكار تجريدية حول نشاطات إنتاج الطاقة واستهلاكها، والأنشطة التنظيمية، وسلوك المنتج والمستهلك.

وتفرض التوجهات الإحصائية المبنية على بيانات قديمة مخاطر بأن تصبح غاية في التبسيط. فالتوقعات تعتمد بدرجة كبيرة على البيانات والمنهجيات التحليلية والهياكل النموذجية والافتراضات المحددة التي تُستغل في تطويرها. ومن البيانات المساهمة، هناك اثنتين هما الأهم، تعداد السكان والنواتج المحلي الإجمالي. وكذلك المؤشرات التي تستخدم لربط هذه المدخلات باستخدام الطاقة وانبعاثات الكربون.

¹ - « Why International Energy Agency scenarios should not be misinterpreted as forecasts », The Climate Institute factsheet, February 2017, P 01. (disponible sur: <http://www.climateinstitute.org.au>).

وحتى مع وجود البيانات ذات النوعية الجيدة والاتجاهات المفهومة جيدا، فإنه سيكون هناك دائما شكوك، وبخاصة على المدى الطويل. والأمثلة على ذلك تتجسد في إزالة أو استحداث الدعم وإدخال التحسينات على التكنولوجيا. فالكثير من الأحداث التي تصوغ أسواق الطاقة تكون عشوائية ولا يمكن التكهّن بها، كما أن الافتراضات المتعلقة بخصائص التكنولوجيا المستقبلية والتركيبة السكانية وتوافر المورد هي غير مؤكدة بالضرورة. ولهذا السبب فإن الآفاق المرتقبة يجب ألا تأخذ إطارا زمنيا طويلا (أقل من 30 سنة على نحو مثالي)، بل كافيا لحدوث إجراءات تنحو منحى النموذج. وهي عادة ما تتمثل في إنشاء السيناريوهات ودراسة النمو الاقتصادي المرتفع أو المتدني والاستهلاك والانبعاثات أو القيود البيئية وتلك المتعلقة بالموارد¹.

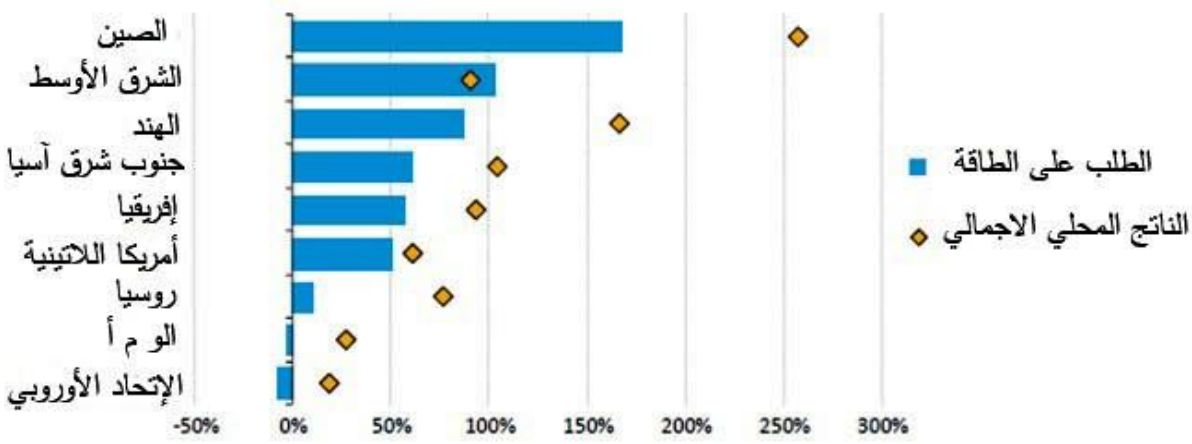
ثالثا: الآفاق الاقتصادية

يؤثر النمو الاقتصادي، إلى جانب التغيرات الهيكلية المصاحبة له، تأثيرا قويا على استهلاك الطاقة في العالم. ومع تطور البلدان ومستويات المعيشة فيها، ينمو الطلب على الطاقة بسرعة. فعلى سبيل المثال، في الدول التي تشهد نموا اقتصاديا سريعا، حصة السكان الذين يطالبون بتحسين المساكن - التي تتطلب المزيد من الطاقة للبناء والصيانة - غالبا ما تزداد. كما أن زيادة الطلب على الأجهزة ومعدات النقل، وزيادة القدرة على إنتاج السلع والخدمات للأسواق المحلية والأجنبية، يؤدي أيضا إلى زيادة استهلاك الطاقة. وعلى مدى السنوات الثلاثين الماضية، النمو الاقتصادي العالمي قادته البلدان غير الأعضاء في منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية "OECD"، مصحوبا بنمو قوي في الطلب على الطاقة في المنطقة. في الفترة من 1990 إلى 2012، نما الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي بنسبة 4.9% في السنة في البلدان غير الأعضاء في منظمة "OECD"، مقارنة بـ 2.1% في السنة في بلدان منظمة "OECD". حسب تقرير الإدارة الأمريكية لمعلومات الطاقة "IEO2016"، ينمو متوسط الناتج المحلي الإجمالي في منطقة الدول غير الأعضاء في منظمة "OECD" بنسبة 4.2% في السنة من عام 2012 إلى عام 2040، مقارنة بنسبة 2% في السنة في منظمة "OECD"².

¹ - "الطاقة والبيئة والتنمية"، تأليف: Golgemberg J et Lucon O، ترجمة: محمد طالب و طلال نواف، دار الكتاب الجامعي، العين- دولة الإمارات العربية المتحدة، 2013، ص 530.

² - Paul Holtberg, Jim Diefenderfer et autres, « International Energy Outlook 2016, With Projections to 2040 », U.S. Energy Information Administration Office of Energy Analysis U.S. Department of Energy, May 2016, P 13.

الشكل رقم (I - 8): التغيرات في الناتج المحلي الإجمالي والطلب على الطاقة في بعض بلدان ومناطق العالم في الفترة 2000-2014



Source : « world energy outlook 2016 », OECD/IEA, 2016
International Energy Agency, P 41.

في كل من السيناريوهات الواردة في توقعات الطاقة للوكالة الدولية، من المنتظر أن ينمو الاقتصاد العالمي بمعدل سنوي مركب متوسط قدره 3.4% خلال الفترة 2014-2040. ويمثل هذا انخفاضا طفيفا في النمو المتوقع مقارنة بمعدل 3.5% المفترض في توقعات 2015. الاختلافات الهامة تحدث خلال الفترة الممتدة إلى غاية 2020، حيث تعكس افتراضات النمو الجديدة التوقعات الاقتصادية الضعيفة التي وضعها صندوق النقد الدولي وهو المصدر الرئيسي لتوقعات الوكالة للناتج المحلي الإجمالي على المدى المتوسط.

رابعاً: الاتجاهات الديموغرافية

يُعتبر السكان والعوامل الديموغرافية من المحددات الأساسية والهامة لاستخدام الطاقة. ووفقاً لنتائج "التوقعات السكانية العالمية تعديل عام 2017"، الصادر عن قسم الشؤون الاقتصادية والاجتماعية للأمم المتحدة، بلغ عدد سكان العالم حوالي 7.6 مليار نسمة في منتصف عام 2017، مما يعني أن العالم قد زاد بما يقرب من مليار نسمة على مدى السنوات الإثنتي عشرة الماضية. ويعيش 60 % من سكان العالم في آسيا (4.5 مليار نسمة)، و 17 % في أفريقيا (1.3 مليار نسمة)، و 10 % في أوروبا (742 مليوناً)، و 9 % في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي (646 مليوناً) و 6 % المتبقية في أمريكا الشمالية (361 مليوناً) وأوقيانوسيا (41 مليوناً). ولا تزال الصين (1.4 مليار) والهند (1.3 مليار)

نسمة) هما أكثر بلدان العالم اكتظاظا بالسكان، حيث تشكلان 19 و 18 % من المجموع العالمي، على التوالي¹. (الملحق رقم 1 يبين أهم الاتجاهات السكانية حول العام)

خامسا: الاحتياجات العالمية من الطاقة

حسب السيناريو الأساسي المعتمد من طرف المنظمة العالمية للطاقة، سيشهد الطلب العالمي على الطاقة ارتفاعا بنسبة 30% حتى سنة 2040 يعني ارتفاعا في استهلاك جميع أنواع الوقود الحديثة، لكن التكتلات الدولية تخفي العديد من الاتجاهات والانتقالات الكبيرة بين أنواع الوقود. في المقابل تتوقع شركة "إيكسون موبيل" أن يرتفع الطلب العالمي على الطاقة بنحو 25% بحلول عام 2040، وأن يرتفع إلى حد كبير - أقرب إلى زيادة بنسبة 100%- ولكن بتحقيق مكاسب متوقعة في كفاءة واقتصاد الطاقة. وسيأتي هذا النمو في الطلب أساسا من الدول غير الأعضاء في منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية، لا سيما الاقتصادات الآخذة في الاتساع في منطقة آسيا والمحيط الهادئ.

سيؤدي النمو في الطلب العالمي على الطاقة إلى زيادة "كهربة" الاقتصاد العالمي، فحوالي 55% من نمو الطلب على الطاقة في العالم على مدى ربع القرن المقبل سوف يكون مرتبطا بتوليد الطاقة لدعم الحياة الرقمية المتزايدة والمتواصلة. ومن نتائج هذا الاتجاه الزيادة الكبيرة في الطلب على العديد من أنواع الطاقة المستخدمة لتوليد الكهرباء، لا سيما مصادر أقل انبعاثا الكربون مثل الغاز الطبيعي والطاقة النووية والطاقة الشمسية وطاقة الرياح².

وحسب تقرير إدارة معلومات الطاقة التابعة لوزارة الطاقة الأمريكية IEA 2016، ستحدث زيادة عالمية كبيرة في الطلب على الطاقة لدى الدول النامية غير الأعضاء في منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية، حيث يؤدي النمو الاقتصادي القوي والتوسع السكاني إلى زيادة استخدام الطاقة في العالم. ويرتفع الطلب على الطاقة في الدول خارج منظمة OECD بنسبة 71% في الفترة من 2012 إلى 2040. وعلى العكس من ذلك، في الاقتصادات الأكثر نضجا في استهلاك الطاقة والأبطأ نموا في منظمة OECD، يرتفع إجمالي استخدام الطاقة بنسبة 18% فقط من 2012 إلى 2040³.

المطلب الثاني: آفاق الأسواق العالمية للطاقة

بلغ إجمالي الاستثمار في الطاقة عالميا حوالي 1.7 تريليون دولار أمريكي في عام 2016، أي أقل بنسبة 12% عن عام 2015 بالقيمة الحقيقية، وهو ما يمثل 2.2% من الناتج المحلي الإجمالي

¹ - « World Population Prospects The 2017 Revision », United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Working Paper No. ESA/P/WP/248, United Nations, New York, 2017, P 01.

² - « 2017 Outlook for Energy: A View to 2040 », Exxon Mobil Corporation, 2016, P 02. (disponible sur: <http://cdn.exxonmobil.com>).

³ - Paul Holtberg et autres, Op cit, P 08.

العالمي. الزيادة في الإنفاق على كفاءة استخدام الطاقة بنسبة 9% وزيادة شبكات الكهرباء بنسبة 6%، قابلها انخفاض مستمر في الاستثمار في منابع النفط والغاز، والذي تراجع بأكثر من ربع، وتراجع إنتاج الكهرباء بنسبة 5%. وقد كان انخفاض التكاليف الرأسمالية للوحدة، خاصة في مجال منابع النفط والغاز، والطاقة الشمسية الفوتوفلطائية (PV)، أحد الأسباب الرئيسية لانخفاض الاستثمار¹.

أولاً: تقسيم جديد لرأس المال

السيناريو الأساسي للمنظمة العالمية للطاقة يحتاج إلى تراكم استثمار قدره 44 تريليون دولار لضمان الإمداد العالمي من الطاقة، تذهب 60% منه إلى الاستخراج والإمداد من النفط، الغاز والفحم، وكذلك محطات توليد الطاقة التي تستخدم هذه الأنواع من الوقود، وقرابة 20% إلى الطاقة المتجددة. هناك حاجة أيضاً إلى 23 تريليون إضافية لتحسين كفاءة استخدام الطاقة. مقارنة مع الفترة الممتدة من 2000 إلى 2015، أين كان ما يقرب من 60% من إجمالي الاستثمار لدعم الإمداد يذهب إلى الوقود الأحفوري، وهذا يمثل إعادة توزيع معتبرة لرأس المال، خاصة بالنظر إلى استمرار انخفاض تكاليف التكنولوجيات الرئيسية للطاقة المتجددة. ويتمثل الحافز الرئيسي للاستثمار في منابع النفط والغاز في انخفاض إنتاج الحقول القائمة².

ثانياً: الوقود الأحفوري ومخاطر الانتقال إلى مصادر منخفضة الانبعاث

في الوقت الراهن، الإشارة الجماعية التي ترسلها الحكومات من خلال تعهداتها المناخية (وهذا ما يعكسه السيناريو الأساسي للمنظمة العالمية للطاقة) هي أن الوقود الأحفوري، خاصة النفط والغاز الطبيعي، سيظل الحجر الأساس لنظام الطاقة العالمي لعدة عقود قادمة، لكن صناعة الوقود الأحفوري ليست بمنأى عن مخاطر الانتقال الخادع.

بينما تشهد كل أنواع الوقود الأحفوري نمواً حسب السيناريو الأساسي للمنظمة، بحلول سنة 2040 سترجع مستويات الطلب على النفط إلى تلك المسجلة أواخر التسعينات، وهذا حسب السيناريو 450، إلى أقل من 75 م ب/ي، وتراجع استخدام الفحم، إلى مستويات عرفتها أواسط الثمانينات، إلى أقل من 3000 مليون طن من الفحم المكافئ في السنة. فقط الغاز عرف ارتفاعاً نسبياً لمعدلات الاستهلاك الحالية. سيؤدي إتباع سياسة متكاملة لخفض الانبعاث الكربوني ضمن نظام الطاقة العالمي إلى نتائج هامة بالنسبة لإيرادات الشركات والدول المصدرة للوقود الأحفوري. ويتسم الاستثمار الرأسمالي

¹ - « World Energy Investment 20 17 », OECD/IEA, France, 2017, P 02.

² - « world energy outlook 2016 », OECD/IEA, France, 2016, P 22.

في صناعة التعدين بنفقات أولية كبيرة، وتواصل النفقات لفترات طويلة قبل بدء تحصيل الإيرادات، وارتفاع المخاطر الفنية والاقتصادية والمالية¹.

الجدول رقم (I - 1): الطلب العالمي على الطاقة الأولية حسب الوقود في سيناريو السياسات الجديدة
(الوحدة: مليون طن مكافئ نفط)

2040	2025	2014	2000	
4 140	3 955	3 926	2 316	الفحم
4 775	4 577	4 266	3 669	النفط
4 313	3 390	2 893	2 071	الغاز
1 181	888	662	676	الطاقة النووية
536	420	335	225	الطاقة المائية
1 883	1 633	1 421	1 026	الطاقة الحيوية
1 037	478	181	60	طاقات متجددة أخرى
17 866	15 340	13 684	10 042	المجموع
74%	78%	81%	80%	نسبة الوقود الأحفوري
36.3	33.6	32.2	23.0	انبعاثات CO ₂ (جيجا طن)

Source : « world energy outlook 2016 », OECD/IEA, 2016
International Energy Agency, P 64.

بينما يرى تقرير IEO2016 أنه على الرغم من أن استهلاك الوقود غير الأحفوري من المتوقع أن ينمو بوتيرة أسرع من استهلاك الوقود الأحفوري، فإن الوقود الأحفوري لا يزال يمثل 78% من استخدام الطاقة في عام 2040. والغاز الطبيعي هو الوقود الأحفوري الأسرع نمواً في المستقبل بنسبة نمو استهلاك عالمي قدرها 1.9% سنوياً. وتساهم موارد الغاز الطبيعي الوفيرة والإنتاج القوي - بما في ذلك الإمدادات المتزايدة من الغاز الحبيس والغاز الصخري والميثان - في وضع تنافسي قوي للغاز الطبيعي. وعلى الرغم من أن الوقود السائل، ومعظمه يعتمد على النفط، يظل أكبر مصدر لاستهلاك الطاقة في العالم، فإن حصة السوائل من استهلاك الطاقة في الأسواق العالمية تتخفّض من 33% في 2012 إلى 30% في عام 2040. ويسهم هذا الانخفاض في ارتفاع أسعار النفط على المدى الطويل،

¹ - « Capital Investment », Information Bulletin, government of Canada, 2016, publié en : Aout/2017, sur : <http://www.nrcan.gc.ca/home>. (consulté le: 29/11/2017).

الأمر الذي يدفع العديد من مستخدمي الطاقة إلى اعتماد تكنولوجيات أكثر كفاءة في استخدام الطاقة والابتعاد عن الوقود السائل عندما يكون ذلك ممكناً. فالفحم، وهو أبسط مصدر للطاقة نمواً في العالم، يرتفع بنسبة 0.6 % في السنة وسيتجاوز الغاز الطبيعي بحلول عام 2030¹. (الملحق رقم 2 يبين اتجاهات المزيج الطاقوي في العالم حسب كل من المنطقة ونوع الوقود)

ثالثاً: الاستنتاجات المستخلصة من التوقعات المرتقبة

يمكن استخلاص عدة استنتاجات من تقرير "WEO 2016" الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة وتقرير "IEO 2016" الصادر عن إدارة معلومات الطاقة التابعة لوزارة الطاقة الأمريكية. وكلا التقريرين يمتلكان بيانات متشابهة جداً في خط الأساس، مما يسهل عملية المقارنة بينهما.

فبالنسبة للعام 2040، يفقد السيناريو المرجعي للوكالة الدولية للطاقة IEA إلى مستويات أخفض من استهلاك الطاقة مما هي عليه في حالة مرجع IEA-DoE. ويمكن أن يعزى هذا إلى حقيقة أن التوقعات العالمية للطاقة WEO تنظر في تأثير السياسات المعمول بها، في حين تركز التوقعات الدولية للطاقة IEO أكثر على التكهّنات الاقتصادية.

وتمتلك السيناريوهات البديلة مستويات عالية من استهلاك الطاقة وانبعاثات الكربون. كما أن المرجع ومسارات النمو الاقتصادي المرتفع غير مستدامة بيئياً، ولذلك فإنه من الضروري القيام بوفورات عاجلة وطموحة للطاقة واتخاذ الإجراءات الكفيلة بالحد من الغازات الدفيئة. وفي كلتا الحالتين، فإن التهديدات الرئيسية المرتبطة بالطاقة هي الأسعار المناسبة وتأمين الإمدادات والضرر البيئي الناجم عن الاستهلاك الزائد.

ولا يزال مسار التنمية في الدول غير المنتمية لمنظمة OECD يتبع منحى كوزنيت. فاستهلاك الطاقة بدلاً من المكاسب المفاجئة والسريعة التي حققتها دول تلك المنظمة مسبقاً. فاستهلاك الطاقة في الدول غير المنتمية للمنظمة المذكورة تجاوز استهلاك الدول الأعضاء فيها عام 2016 والنسبة ستكون 71% بحلول العام 2040.

وعلى الصعيد العالمي، سيبقى الوقود الأحفوري المصدر المسيطر بالنسبة للطاقة لفترة طويلة. والنفط تحديداً هو مصدر الطاقة الحيوي عالمياً وسيبقى كذلك لسنوات عديدة قادمة، رغم الافتراضات الجد متفائلة حول وتيرة تطوير ونشر التكنولوجيا البديلة له. وستزداد أسعاره - لتستقر عند 80 دولاراً في العشرية القادمة - التي تعتبر عاملاً هاماً في الرخاء الاقتصادي العالمي، بصورة منهجية. كما ستزداد قلة المرونة في الطلب عليه من ناحية الأسعار.

¹ - Paul Holtberg, et autres, Op cit, P 15.

يرتفع الطلب العالمي الأولي على النفط (باستثناء الوقود الحيوي) بنسبة 0.5% سنوياً في المتوسط، أما الطلب على الغاز الطبيعي (لتوليد الطاقة غالباً) فإنه ينمو بشكل أسرع، بنسبة 1.5% سنوياً، ويتأخرهما الفحم بنسبة 0.2% سنوياً بالمتوسط، وينحدر الطلب على الطاقة النووية في الطاقة الأولية إلى 5 بالمائة بحلول العام 2040.

وفي السيناريوهات المرجعية، ستزداد انبعاثات CO2 الناتجة عن قطاع الطاقة بمعدل 1.2% سنوياً لغاية 2040 حسب "WEO 2016"، مقابل 1% في الفترة 2012-2040 من خلال معطيات (EIA-DoE)، وستسهم الدول النامية بالجزء الأكبر من هذه الزيادة.

خلاصة الفصل الأول:

إنّ الكفاءة وكذا الاعتبارات الأخلاقية تسمح بتحديد إلى أي مدى تكون الخيارات العمومية والخاصة المتعلقة بالموارد الطبيعية والبيئة مرغوباً فيها، فالكفاءة تسعى لتفادي تبذير الموارد، في حين تعنى الاعتبارات الأخلاقية بالمعاملة العادلة لمختلف الأطراف.

تم تخصيص مباحث هذا الفصل لمعاري الكفاءة الثابتة والديناميكية، كما أنّها تناولت قضية التزامات الأجيال الحالية تجاه الأجيال القادمة وما تقتضيه هذه الالتزامات من السياسات المطبقة، فالمستجد هنا هو التنمية المستدامة وكون الأجيال الأولى مسرحاً في السعي لتطوير نمط عيشها إذا كان هذا لا يضر الأجيال الموالية.

الفصل الثاني
الطاقات المتجددة وفقا
لمفاهيم الاستدامة والانتقال
الطاقوي

الفصل الثاني: الطاقات المتجددة وفقا لمفاهيم الاستدامة والانتقال الطاقوي

تمهيد

سيتم توضيح الدور المنوط بالطاقات المتجددة ضمن المزيج الطاقوي في الفصل الحالي من خلال تناول ثلاثة مباحث: الأول عُرضت فيه أهم مصادر تغطية الاستهلاك العالمي للطاقة ومناقشة المتغيرات الجيوسياسية للأسعار. المبحث الثاني يطرح موضوع الانتقال الطاقوي نحو البدائل المتجددة من خلال طرق تحليل الخيارات الطاقوية وطرح مفاهيم الطاقات المتجددة ضمن إطار مستدام. أما المبحث الثالث يتناول أنواع الطاقات المتجددة من جوانب متعددة شملت التعاريف، التكلفة واتجاهاتها، الاستخدامات وضروبها، الآثار الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، وكل ما يسمح بإعطاء صورة متكاملة إلى حد ما عن هذه الطاقات الضرورية لأي بلد كموّن فاعل ضمن المزيج الطاقوي.

المبحث الأول: السياق الطاقوي العالمي

في الوقت الحالي تعتمد معظم البلدان المصنعة على البترول والغاز لتأمين حاجاتها من الطاقة، وعلى المستوى العالمي تمثل هذه الموارد 56.7% من مجموع الطاقة المستهلكة¹. هذان المصدران هما مصدران غير متجددان وغير قابلان للتدوير. لقد بلغ مخزون البترول أوجه في سنوات 1970 مثله مثل الغاز الطبيعي في سنوات 1980 بالولايات المتحدة وأوروبا، ومنذ ذلك الحين فاقت الكمية المستهلكة المخزون الموجود. وبحسب دراسات قام بها خبراء (Kenneth Deffeyes سنة 2001، Campbell et Laherrere سنة 1998)، فقد بلغ الإنتاج العالمي للبترول حدّه الأقصى في العشرية الأولى للقرن العشرين. وكما سنرى في مثال ذروة "هابرت"، فالتنبؤات الخاصة بالوقت الذي بلغ فيه الإنتاج أوجه تختلف بحسب المنهجية المستعملة².

المطلب الأول: ذروة هابرت (le pic de Hubbert)

متى يتوجب على المجتمع مواجهة نقص وبداية نضوب البترول، سؤال واضح لكن جوابه صعب. سنة 1956، أظهر الجيوفيزيائي King Hubbert أن الإنتاج السنوي لأي مورد أولي يتحرك دائما وفق منحنى "الجرس". كل إنتاج ينطلق من مستوى الصفر ثم يتزايد، لا بد أن يصل بعد وقت معين إلى قمة لا يمكنه تجاوزها، ثم يأخذ في التناقص بعد ذلك ليعود لمستواه الأول "الصفر"³. أعلن Hubbert الذي

¹ - « BP Statistical Review of World Energy, June 2016 », rapport de british petroleum, disponible sur: www.bp.com. (consulté le: 02/04/2017)

² - Pirages D C et Degeest T M, « Ecological Security, An Evolution Perspective on Globalization », Rowman and Littlefield publishers, USA, 2004, P 81.

³ - Guilbaud J, « la nécessaire révolution du monde de vie occidentale, subie ou choisie ? », Editions Racine, Bruxelles, 2007, P 36.

كان يعمل في مركز shell للأبحاث بهيوستن أن إنتاج أمريكا للبتترول سيبلغ ذروته في بداية السبعينات، فظريّة الذروة "théorie du pic" الخاصة بهابرت لم يتم فيها إشراك خبراء قطاع البترول ولا الباحثين، لكن هذه التنبؤات أثبتت دقتها في بداية السبعينات، فمنهجية Hubbert لا تزال قيد الاستعمال مع تغيير طفيف وهذا من أجل التنبؤ بالوقت الذي يتراجع فيه الإنتاج السنوي العالمي للبتترول ومن أجل معرفة التاريخ الذي يمكن فيه للمخزون أن ينضب.

هذه التنبؤات وكذا المناهج المستعملة للحصول عليها متخالفة لأنها لم تأخذ بعين الاعتبار بعض العوامل الاقتصادية الممكنة على غرار الأسعار، ففي نموذج hubbert: يتم افتراض أن المعدل السنوي للإنتاج يتبع منحنى في شكل جرس مهما تكن الوضعية على مستوى سوق البترول. إنّ أثر أسعار البترول غير مأخوذ بعين الاعتبار، كان يمكن الافتراض أنّه مثلما تؤثر الأسعار على البحث عن مصادر جديدة للبتترول وكيفية استغلالها، فإنّها تمارس تأثيرا آخر على شكل منحنى الإنتاج.

وهذا ما قام به Pesaran و Samiei حيث أثبتا أن الفجوة بين الإنتاج الفعلي والمنحنى المنطقي تعود إلى سعر النفط الحقيقي أو القيود التي تفرضها الحكومة على القدرة الإنتاجية¹، من هذا المنطلق وجب إدخال بعض المتغيرات الاقتصادية على نظرية الذروة لهابرت.

لقد استقر إنتاج 48 دولة مدرجة في قائمة الدول الأقل إنتاجا للبتترول في نهاية السبعينات وبداية الثمانينات: هذا ما يعارض التراجع المتواصل المعلن حسب نموذج هابرت. لكن النتائج المحصل عليها تؤكد أن هابرت تمكن من التنبؤ بتوقيت بلوغ الإنتاج الأمريكي للحد الأقصى لأن السعر الحقيقي المتوسط للبتترول، التكلفة الحقيقية للإنتاج و(القرارات المتخذة من طرف الحكومة) قد تطورت بطريقة مماثلة، ما سمح بخط منحنى تناظري في شكل جرس من أجل تمثيل الإنتاج على مر الزمن، ولو أن هذه المتغيرات المختلفة قد انتهجت تطورا مختلفا، فإن منحنى الإنتاج المتحصل عليه لا يمكن تمثيله بمنحنى في شكل جرس، وكان ممكنا ألا يبلغ الإنتاج حده الأقصى سنة 1970².

إن الصدفة التي وقعت لهابرت لا تعني أن مخزون البترول ليس آيلا للنضوب، لكن ذلك يوجب إدراج كل المتغيرات الاقتصادية لتحديد وقت الذروة بأكبر دقة ممكنة.

¹ - Reynès F, Okullo S et autres, « How does economic theory explain the Hubbert peak oil model? », USAEE working papers N° 10-052, VU University Amsterdam, The Netherlands, P 02.

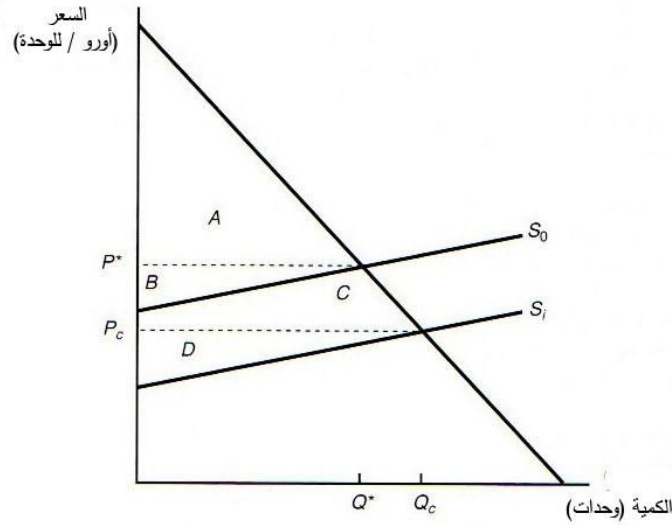
² - Tom T et Lynne L, Op cit, P 132.

المطلب الثاني: الغاز الطبيعي ومراقبة الأسعار

يمنع التسقيف الأسعار من بلوغ مستوى التوازن، وكما أن ارتفاع الأسعار يحفز عموما على المحافظة على الموارد، فإن انخفاض الأسعار يؤدي إلى استعمال مفرط للموارد خلال السنوات الأولى قبل أن يتم فرض الرقابة على الأسعار.

يمكن لمراقبة الأسعار أن تشكل مصدرا لمشاكل أخرى، ولكون الرقابة على الأسعار ليست دائمة على إطلاقها: فإنه يمكن أن تتطور حسب الخيارات السياسية وهذا بطريقة غير توقعية. إن إمكانية أن ترتفع الأسعار فجأة بمجرد إلغاء السقف تمثل فائدة قابلة للنقاش، إذا انتظر المنتجون ارتفاع الأسعار بشكل لافت خلال المستقبل القريب فإنه سيكون من المفيد لهم توقيف الإنتاج لحد ارتفاع الأسعار وهذا مجدي غير أن هذه الوضعية ستشكل مشاكل جدية بالنسبة للمستهلكين.

الشكل رقم (II-1): آثار مراقبة الأسعار.



Source : Tom Tietenberg et Lynne Lewis, traduction de : Philippe N, Jérôme G et autres, « Economie de l'environnement et développement durable », 6^e édition, Publication de Pearson France, 2013, P 132.

من الشكل السابق، يتم الحصول في توزيع كفاء للسوق على كمية Q موردة بسعر P ، فالفوائد الصافية التي تحصل عليها البلاد ممثلة في مجموع المنطقة المعرفة بـ A و B . من بين هذه الفوائد الصافية، تمثل المنطقة A الفائض المحصل من طرف المستهلكين وتمثل المنطقة B الفائض الذي يحصل عليه المنتجون، بفرض أنه تم تسقيف الأسعار، حسب الطرح السابق، التسقيف سيؤدي إلى خفض التكلفة الهامشية للاستعمال، لأنه من المستحيل تصور ارتفاع الأسعار في المستقبل. يمكن أن

يُترجم الشكل (II-1) بانخفاض منحنى عرض المنتجين الحاليين بفعل انخفاض التكلفة الهامشية للاستعمال. هذا التغير في منحنى العرض يمكن أن ينجم عنه ارتفاع في الإنتاج الحالي إلى كمية Q_C مما سينجر عنه انخفاض للأسعار إلى P_C . سيستفيد المستهلكون الحاليون بشكل أفضل لأن فائض المستهلك يتموضع في المناطق $A+B+C$ عوض المنطقة A فقط، وبالتالي سيحصلون على فائدة صافية تساوي $A+B$.

إنّ التكلفة الهامشية للاستعمال معادلة لـ $VABMN$ ، (الفرق بين P أي الدخل الهامشي للمنتج وتكلفته الهامشية). بكمية منتجة متساوية، إذا كان سعر الفترة 1 مساويا لسعر الفترة 2، القيمة الحالية للدخل الهامشي المتحصل عليه خلال الفترة 2 يكون أقل من الدخل الهامشي للفترة 1 (بما أنه تمّ تصحيحه من خلال معدل الخصم). بمستوى تكلفة هامشية متماثلة ينخفض $VABMN$ وهذا يرتبط بانخفاض التكلفة الهامشية للاستعمال.

يمكن الاعتقاد بأن المنتجين قادرين على تحقيق امتياز أكبر إذا كان $D < B$ ولكن هذا غير دقيق. بسبب فائض الإنتاج يتوجب على المنتجين الاستغناء عن مداخل الندرة التي تحصلوا عليها في حال عدم مراقبة الأسعار. لا تمثل المنطقة D إلا الفوائد الحالية دون إدراج مداخل الندرة. إذا أولي الاهتمام لهذه الأخيرة فإنه لن يتبقى هناك شك أن المنتجين سيخسرون فوائد صافية.

يبدو جليا أن المستهلكين المستقبليين سيتضررون كذلك، في الشكل السابق الذي يمثل التوزيع خلال سنة معينة يتوجب على منحنى العرض الانتقال نحو الأعلى، سنة بعد سنة، وبفعل النضوب التدريجي للمورد، هذا يعكس كذلك ارتفاع التكلفة الهامشية للاستخراج المصحوبة باستغلال الكمية المتبقية من المورد. عندما تبلغ التكلفة الهامشية للاستخراج في النهاية مستوى سعر السقف فإن الكمية المضافة للمورد ستتهوي إلى الصفر. إن استهلاك موارد إضافية ما لا معنى له بالنسبة للمنتجين بما أن التكلفة ستكون أعلى من السعر المفروض، وطالما أن الطلب عند هذا السعر لن يكون معدوما فإن النقص يصبح متوقعا. وبالرغم من وجود مستهلكين مستعدين لدفع سعر عالي ومنتجين راضين بعرض أكبر كمية للمورد بهذا السعر (إذا لم تمنع سياسة المراقبة حدوث ذلك) فإن الموارد لن تستغل بسبب التسقيف¹.

المطلب الثالث: البترول

إذا كان السوق النفطي الدولي يشترك في التعريف مع مفهوم السوق بشكل عام، الذي هو عبارة عن التقاء منتجين من جهة ومستهلكين من جهة أخرى، إلا أنه هناك اختلافات وفروقات جوهرية بينهما،

¹ - Tom Tietenberg et Lynne Lewis, Op cit, P 140.

منها تعدد وتنوع الأطراف الفاعلة والجهات المعنية بهذه السوق، ومنها كذلك أنه سوق يشتمل على كل ما يتم تبادله بين الأقطار والبلدان المختلفة من منتجات الطاقة عامة والنفط خاصة، أي أنه السوق الذي يتم

من خلاله تبادل الصادرات والواردات العالمية من الطاقة والبتروول سواء في صورها الأولية، الوسيطة أو النهائية¹.

أولاً: مشكل التكتلات (Les Cartels).

إن عملية التكتل cartellisation جدّ فعالة بالنسبة لمنتجي البترول (Smith 2005) فهل هي عملية مكسبة فقط إذا تعلقت بالبتروول أم هل تشكيل هذه التكتلات يمكن أن يكون إشارة إنذار على موجة من تكتلات الموارد الطبيعية؟ للإجابة على هذه الأسئلة يجب علينا أن ندرس بمعزل العوامل التي يمكن أن تؤدي إلى وجود تكتلات، هذه العوامل متعددة لكن أهمها النقاط الأربع التاريخية التالية²:

1. مرونة الطلب السعرية على البترول المنتج من طرف OPEC على المدى الطويل والقصير.
2. مرونة الطلب الداخلية على البترول.
3. تنشيط عرض منتجي البترول غير الأعضاء في الـ OPEC.
4. الفوائد المشتركة بين أعضاء الـ OPEC.

ثانياً: مرونة الطلب السعرية على البترول

مرونة الطلب السعرية على البترول تبدو ضعيفة نسبياً، على الأقل في المدى القصير، بمعنى أن استهلاك البترول عموماً، يتغير بمعدل منخفض تبعاً لسعره.

عندما تتراوح مرونة الطلب بين 0 و 1 (أي عندما يكون تغير الكمية المطلوبة بالنسبة المئوية أقل من تغير السعر بالنسبة المئوية)، فإن ارتفاع الأسعار سيؤدي إلى ارتفاع مداخيل الشركات وقيمة هذا الارتفاع تتعلق هي الأخرى بقيمة مرونة الطلب السعرية. وبصفة عامة كلما كانت القيمة المطلقة لمرونة الطلب السعرية منخفضة (أي كلما اقتربت من الصفر) ازدادت قيمة الفائدة المتحصل عليها إذا كان هناك انضمام لتكتل اقتصادي.

ترتبط مرونة الطلب السعرية للبتروول بإمكانية الحفاظ على هذا المورد وكذا البدائل الموجودة، فعلى سبيل المثال يسمح الزجاج المزدوج بمقاومة تضييع الحرارة والحفاظ على حرارة جيدة باستخدام أقل

¹ - محمد ماضي، كمال ديب، " اقتصاديات الطاقة الناضبة والمتجددة"، النشر الجامعي الجديد، تلمسان، الجزائر، 2017، ص 123.

² - Smith J L, « Inscrutable OPEC? Behavioral Tests of the Cartel Hypothesis », center for Energy and Environmental Policy Research, Department of Finance Southern Methodist University Dallas, USA, 2003, P 74.

كمية من البترول، وتسمح السيارات الصغيرة وكذا المهجنة المستهلكة لأقل كمية من الوقود بتخفيض كمية البنزين اللازم والضروري لقطع مسافة ما. كلما تعددت هذه الإمكانيات وقلت كلفتها كلما ازدادت مرونة الطلب السعرية، وهذا يشير إلى أن الطلب سيصبح أكثر مرونة بالنسبة للسعر على المدى الطويل (عندما يكون الوقت المستغرق كافيا حتى تصبح التعديلات ممكنة) أفضل منه على المدى القصير.

لا بد من وجود بدائل ممكنة للحد من ارتفاع الأسعار التي يمكن أن يفرضها تكتل المنتجين، إذا كان هناك وجود لبديل ممكن بكمية كبيرة وبسعر لا يتجاوز بكثير سعر البترول فإن هذا يمكنه وضع حد للأسعار التي يمكن أن يفرضها التكتل، وكل محاولة لرفع الأسعار فوق هذا الحد ستدفع بالبلدان المستهلكة للانتقال إلى موارد بديلة، وهذا إن لم تمارس OPEC رقابة على هذه الأخيرة (وهذا ليس هو الحال) وعندئذ لن تكون الأسعار المطبقة من طرف OPEC في السوق في المتناول¹.

ثالثا: مرونة الطلب الداخلية على البترول

تبدو مرونة الطلب الداخلية على البترول أعلى بكثير من السعرية (بالقيمة المطلقة طبعاً)، هذا من شأنه أن يكون صحيحاً لاسيما في البلدان الناشئة. فهي أحد أهم المعطيات لأنها تشير إلى درجة استجابة الطلب على البترول لنمو الاقتصاد العالمي، فهي تعبر عن معدل تغير النسبة المئوية للكميات المطلوبة على تغير نسبة الدخل، وبسعر ثابت لا بد أن يرتفع الطلب على البترول مع ارتفاع الدخل، إن هذا الارتفاع المتواصل للطلب يعزز إمكانية رفع OPEC لأسعارها، عندما ترتفع مرونة الطلب الداخلية فإن هذا سيشجع على تكوين التكتلات البترولية، نفس الشيء كلما ارتفعت مرونة الطلب الداخلية كلما توجب ارتفاع السعر لمنع كل تغير للطلب (في غياب مورد بديل) أو توجب التسوية بسعر المورد البديل (إذا وجد).

إن مرونة الطلب الداخلية جد مهمة لأنها توضح مدى استجابة الطلب للدورة الاقتصادية، كلما ارتفعت مرونة الطلب الداخلية كلما تأثر الطلب بمراحل النمو الاقتصادي المتسارع أو بالركود. شكلت هذه الاستجابة المصدر الرئيسي لضعف الكارتل البترولي عام 1983، وهبوط أسعار البترول في الأزمة المالية عام 2008، سبب الركود الاقتصادي انخفاضاً حاداً في الطلب على البترول، هذا الطلب كان سيلبي من طرف الكارتل، وفي المقابل لا يمكن لفوائد التكتل أن تتناسب عندما يكون الاقتصاد العالمي بأحسن حال².

¹ - Cédric L, Paillard C et autres, « Géopolitique du pétrole, un nouveau marché, de nouveaux risques, des nouveaux mondes », Editions technique, Paris, 2005, P 34.

² - Hansen J P et Percebois J, « Energie économie et politiques », De Boeck Sup s a, Belgique, 2015, P 205.

رابعاً: المنتجون غير الأعضاء في OPEC

عامل آخر مهم يجب أخذه بعين الاعتبار هو: أن قدرة البلدان المنتجة على مراقبة السوق الخاصة بهذا المورد الطبيعي تتركز على قدرتها على منع المنتجين الجدد (البلدان غير الأعضاء في الكارتل) من الدخول إلى السوق وخفض الأسعار.

استطاعت OPEC جني فوائد عدم قابلية النفط للاستبدال في اقتصادات الدول الصناعية، فقد شهدت الأسعار ارتفاعاً قدره 473.7% بين 1973 و¹1978. وعلى الرغم من هذا الارتفاع الشديد في الأسعار، تمكنت المنظمة من مواصلة السيطرة على السوق فقط حتى عام 1985، وذلك عندما أدت المنافسة من المنتجين خارج الأوبك، إلى جانب جهود البلدان الصناعية إلى الحد من قوة أوبك الاقتصادية².

توضح الأحداث التي وقعت عام 1985 و 1986 أثر هذه العصابة المنافسة على OPEC، ففي عام 1973 أنتجت OPEC أعلى نسبة لها بحوالي 53.9% من البترول العالمي، تراجع هذا الرقم إلى 30.1% عام 1985 وهي أقل نسبة سجلتها³.

في الوقت الراهن (2013، 2014، 2015) تنتج دول OPEC حوالي 43.4% من الطلب العالمي⁴، وقد قدر هذا سنة 2015 بـ 32.06 م ب/ي من طرف وكالة الطاقة الدولية⁵، وبـ 32.32 م ب/ي من جانب OPEC. من جانبها قامت OPEC بضبط سقف الإنتاج عام 2012 بـ 30 م ب/ي. أدت هذه الوضعية بـ OPEC إلى إعادة النظر في سقف إنتاجها (المحدد بـ 30 م ب/ي) عام 2013 خلال ندوة 12 ديسمبر 2012. ضعفت وضعية هذه المنظمة، بالإضافة إلى الخلافات الداخلية (خاصة عندما ارتفع الإنتاج العراقي بنسبة 20% في 2012) ارتفع الإنتاج العالمي بشكل رهيب، ويفسر هذا خاصة باستغلال البترول غير التقليدي (البترول الصخري) الذي بلغ 900000 م ب/ي عام 2012 في الولايات المتحدة، نفس الشيء بالنسبة لبلد مثل النرويج الطامح لبلوغ وتحقيق أهدافه من الإنتاج (1.6 م ب/ي متوقعة بإنتاج ما بين 1.2 و 1.4 م ب/ي لعام 2012). في هذه الوضعية من المحتمل ألا يحترم

¹ - <https://www.statista.com/statistics/262858/change-in-opec-crude-oil-prices-since-1960/>, (consulté le : 18/04/2017).

² - Le Claire M S, « International commodity markets and the role of cartels », M E sharpe, London, 2000, P 17.

³ - Millerd F W, « The new global oil market : understanding energy issues in the world economy », Praeger Publishers, London 1995, P 19.

⁴ - <https://www.statista.com/statistics/292590/global-crude-oil-production-opec-share/>, (consulté le : 18/04/2017).

⁵ - <https://www.iea.org/oilmarketreport/omrpublic/>, (consulté le 18/04/2017).

سقف الإنتاج المحدد من OPEC من طرف الدول الأعضاء، خاصة تلك التي لها مصالح، في خضم تباطؤ مستدام للطلب، لتعظيم أرباحها¹.

خامسا: التوافق بين مصالح الأعضاء

آخر العوامل الواجب أخذها بعين الاعتبار لتحديد إمكانيات (قدرة) تكتلات الموارد الطبيعية هو التماسك الداخلي للكارتل. خلال العقدين قبل الأزمة النفطية الأولى، وعلى الرغم من المنافسة محدودة بين الشركات الكبرى، انخفضت أسعار البترول، نظرا لوفرة الموارد. وغالبا ما يفسر ارتفاع الأسعار عام 1973 والتطورات في أسعار النفط كنتيجة لسلوك الكارتل، حيث أحكمت الدول المنتجة السيطرة على قطاع النفط من المنبع.

تنظيم في هيئة كارتل يتضح بشكل كبير من خلال منظمة أوبك. في الواقع، وقبل الفصل بين دول أوبك وخارج أوبك، من المناسب أن نميز مجموعتين مختلفتين من المنتجين ضمن أوبك نفسها. الدول العربية قليلة السكان داخل أوبك (المملكة العربية السعودية، الكويت، الإمارات العربية المتحدة) مع احتياجات قوية وتكاليف إنتاج منخفضة، واحتياجات مالية أقل إلحاحا تحد من حاجة هذه الدول إلى تطوير قدراتها وإنتاجها من أجل الحفاظ على أسعار مرتفعة. دول أوبك ذات الاحتياجات المالية العالية، وكذلك معظم الدول المنتجة خارج أوبك (منذ عام 1981) تميل إلى الإنتاج بمعدلات قصوى، ما ينتج عنه منافسة بين الدول الأعضاء، حيث يشكلون قلة منافسة، في حين تمثل الفئة السابقة احتكار القلة المهيمنة².

المبحث الثاني: الانتقال نحو الموارد المتجددة

في نهاية الأمر، لابد أن تستجيب الموارد المتجددة لحاجات المجتمعات من الطاقة لأن الموارد غير المتجددة ستتضب ولأن التكلفة البيئية المتعلقة بها جد مرتفعة بالمقارنة مع الموارد المتجددة التي ستكون أكثر ربحية. إن مجموع العناصر التي تثبت أن المناخ العالمي مهدد بفعل طرق الاستهلاك الطاقوي الحالية والمستقبلية هو إحدى الذرائع القوية لصالح الانتقال. بيد أنه إذا اتبعت البلدان النامية سريعا على غرار الهند والصين نفس طرق الاستهلاك العالي للطاقة الأحفورية التي استعملتها الدول الصناعية المتقدمة أثناء نموها، فإن انبعاثات CO₂ في الجو لن يكون لها مثيل. إن الانتقال من الطاقة الأحفورية نحو الأشكال الأخرى للطاقة في البلدان المصنعة أو النامية يعد أحد العناصر الأساسية لكل إستراتيجية تهدف لخفض انبعاثات CO₂.

¹ - « OPEC Annual Statistical Bulletin 2016 », Organization of the Petroleum Exporting Countries, Vienna, Austria, 2016, P 06.

² - Babusiaux D, Barreau S et autres, « Recherche et production du pétrole et du gaz : réserves, couts, contrats », Editions technip, Paris, 2002, P 48.

المطلب الأول: خيارات الطاقة في مواجهة تحليل "دورة الحياة"

المفهوم الأوسع لتحليل دورة الحياة يتمثل في تقييم الأثر البيئي لنظام ما فيما يتعلق بوظيفة معينة، وهذا منذ استخراج المواد الأولية اللازمة لوضعه إلى إزالته في نهاية حياته. النظام الذي يتم تحليله يمكن أن يكون منتجا، عملية أو خدمة¹.

أولا: تحليل "دورة الحياة" كوسيلة أساسية

يعتبر تحليل دورة الحياة أداة لتقييم التأثيرات البيئية والموارد المستخدمة في دورة حياة المنتج، ويتعلق التحليل بجميع المظاهر والجوانب البيئية، الصحة البشرية، ومصادر الموارد، ويمكن تعريفه أيضا بأنه طريقة لتحليل وتقييم التأثيرات البيئية لمادة ما أو منتج أو خدمة خلال دورة حياتها كاملة².

الشكل رقم (II - 2): مفهوم تحليل "دورة الحياة"



Source : Annick Fourmeaux, « Méthodes d'analyse environnementale », Cahier technique n°15, édition mai 2013, P 06.

تحليل دورة الحياة يفرض نفسه كأداة ضرورية من أجل متابعة آثار منتج ما من المهد إلى اللحد. يكمن الهدف وراء ذلك في قياس عواقب عديد الخيارات وبالتالي إمكانية مقارنتها.

ثانيا: مقارنة آثار البدائل المماثلة

عدم اعتبار الخيارات التي تقدم خدمة مماثلة هو أحد المخاطر الرئيسية التي تواجه المقارنة بين أحد المشاريع والخيارات المحتملة. ففي إنتاج الكهرباء، خدمة مماثلة لا تُقيم فقط بالنسبة للقدرة المثبتة، ولكن تُقيم بالنسبة لقدرتها على توفير الخدمات التالية¹:

¹- Annick F, « Méthodes d'analyse environnementale », Cahier technique n°15, Wallonie, Belgique, édition mai 2013, P 06.

²- Anoop S et autres, « Life Cycle Assessment of Renewable Energy Sources », Springer-Verlag, London, 2013, P 03.

✓ الطاقة المنتجة فعليا (Twh)؛

✓ الفترة التي تكون فيها هذه الطاقة متاحة؛

✓ إمكانيات تخزين الطاقة (وذلك للتعويض بالنسبة لأنواع التي تعاني التقطع والتناوب، وكذلك لاغتمام فترات هبوط الأسعار)؛

✓ نجاعتها في مختلف أطوار الشبكة (تغير الساعات، تذبذب التيار الكهربائي، إعادة تشغيل سريع وأقل كلفة، العطل والفقد).

أخيرا، يجب إضافة مصدر طاقة مكمل لضمان كفاءة الخدمة، خاصة في حالة الطاقة الهوائية.

ثالثا: مقارنة الآثار البيئية للخيارات الطاقوية

الوكالة الدولية للطاقة جمعت نتائج الكثير من الأبحاث لمقارنة العديد من الضوابط البيئية المرتبطة بمختلف قنوات إنتاج الكهرباء حسب تحليل دورة الحياة (ACV). (أنظر الملحق رقم 03)

إذا أخذنا معدل تقديرات الوكالة، نجد أن إنتاج الطاقة الكهرومائية بخزانات تطرح كمية CO_2 أقل 40 مرة من الطاقة المنتجة من الفحم و 18 مرة أقل من تلك المنتجة من خلال تربيينات الغاز ذات الدورة المركبة. بينما الأرباح فهي أكثر أهمية بالنسبة لغيرها من الملوثات، الحصيلة المتعلقة بالطاقة الكهرومائية تتحسن أيضا عندما تكون هناك توليفة من محطات ذات خزان وأخرى للمياه الساقطة².

رابعا: العائد على الاستثمار الطاقوي

العائد على الاستثمار الطاقوي (Energy Payback)، ويشار إليه أيضا بـ: نسبة الربح الطاقوي (ratio de la rente énergétique)، يمثل على الأرجح أحد أهم مؤشرات تحليل دورة الحياة الخاص بقضايا الطاقة. فهو مؤشر على المدة التي يحتاجها النظام الطاقوي لإنتاج الطاقة المستثمرة في بنائه. بعد هذه المدة، تبدأ المحطة في إنتاج "الفائض"، وإذا استمر النظام في العمل لفترة أطول من تلك اللازمة لاسترجاع العائد على الاستثمار الطاقوي الأولي، هنا يصبح العائد الطاقوي موجبا³.

كذلك، وخلال فترة حياتها، المحطة الكهرومائية تنتج ما بين 48 و 260 مرة الطاقة اللازمة لبنائها (حسب معطيات الوكالة الدولية للطاقة). هذه النسبة تقدر ما بين 5 و 39 مرة بالنسبة للطاقة

¹- Lefebre JF et autres, « Energies renouvelables : Mythes et obstacles, de la réhabilitation de l'hydroélectricité au développement énergétique durable », Editions MultiMondes, Quebec, Canada, 2010, P 61.

²- المرجع السابق، ص 62.

³- Seifried D, « Renewable Energy – The Facts », Taylor and Francis, USA, 2010, P 160.

الهوائية، وبين 1 إلى 14 للطاقة الشمسية الكهروضوئية، بالنسبة للفحم تراوحت بين 7 و 20 مرة وحوالي 14 مرة بالنسبة لتربينات الغاز الطبيعي. في ما يتعلق بالكتلة الحيوية، التقديرات هي 5 مرات إذا كانت الكتلة الحيوية منقولة لمسافة 20 كلم و 3 مرات إذا ناهزت المسافة 100 كلم.

القيم المتدنية للعائد على الاستثمار في الطاقة الكهرومائية تُفسّر بأخذ المشاريع المشتتة على ترسبات طمي كبيرة في الخزانات في الاعتبار. معدل العائد على الاستثمار في الطاقة الكهرومائية يفوق كثيرا كل أنواع المصادر الأخرى، تليها الطاقة الهوائية بنسبة 18 (offshore) إلى 34 (onshore)، متبوعة بالطاقة النووية (14 إلى 16). الطاقة الشمسية الكهروضوئية تمتلك عائدا على الاستثمار يقدر ما بين 3 و 6. أما تربينات الغاز ذات الدورة المركبة الواقعة قرب مصادر الإنتاج (بكفاءة 55%) فعائدها يقدر بـ: 5، لكنه ينزل للنصف إلى 2.5 إذا توجب نقل الغاز لمسافة تصل إلى 4000 كلم.

الصورة مشابهة في حالة محطة الفحم التقليدي (بكفاءة 35%): يكون العائد 5.1 إذا نُقل الفحم لمسافة 500 كلم و 2.5 إذا نُقل لمسافة 2000 كلم. نفس المحطة التي تحتجز وتحبس انبعاث الكربون تعرف انخفاضا في عائدها إلى 3.3 (مسافة 500 كلم) وإلى 1.6 (مسافة 2000 كلم). يتوجب إذن زيادة استهلاك البترول لاستخراج وتحويل ونقل الفحم "النظيف".

نسبة العائد الطاقوي يثبت أيضا أنه مؤشر جيد لتوضيح حالة استغلال احتياطات النفط سهلة المنال أولا. أيضا بالنسبة للآبار التقليدية، يجب حرق برميل نفط تقريبا من أجل استخراج مائة من الأرض.

هناك ملاحظتين يمكن الخروج بهما من هذا التحليل¹:

✓ الانخفاض التدريجي للعائد على الاستثمار الطاقوي في مصادر الإمداد يمثل على الأرجح أحد المؤشرات الأكثر بلاغة على نضوب الموارد الطبيعية؛

✓ تنمية الطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح تبدو كأولوية لا مناص منها، وذلك هو الحال بالنسبة للطاقة النووية في بعض الدول.

خامسا: انبعاث الغازات الدفيئة من مختلف محطات إنتاج الكهرباء

يشتمل تحليل دورة الحياة في تقديره لانبعاث الغازات الدفيئة على أربع خطوات²:

¹ - Lefebvre JF, Moreau N et autres, Op cit, P 62.

² - Zhihua Z, «Multivariate Time Series Analysis in Climate and Environmental Research », Springer International Publishing, Switzerland, 2018, P 265.

- ✓ تحديد الأهداف والنطاق: غاية تحليل دورة الحياة هي تقدير إجمالي الغازات الدفيئة الناتجة عن منتج ما (البصمة الكربونية للمنتج)، أما النطاق فهو دورة حياة المنتج؛
- ✓ "جرد" دورة الحياة: تحديد كمية الطاقة، المواد الأولية المستهلكة، وانبعاثات الكربون المتعلقة بكل مرحلة من مراحل الانتاج؛
- ✓ تحليل الآثار: تقييم آثار انبعاثات الكربون المتعلقة بالطاقة والمواد الأولية المستهلكة؛
- ✓ تحليل تحسين الأداء: تقييم فرص تخفيض استهلاك الطاقة وانبعاثات الكربون في كل مرحلة من دورة حياة المنتج؛

تحليل دورة الحياة يقدم أدوات تسمح بإجراء مقارنة متينة وبقواعد رشيدة بين مختلف الخيارات الطاقوية، فهو يُبرز المزايا البيئية للطاقة المتجددة، ويبين العديد من الآثار السلبية للطاقة الأحفورية.

المطلب الثاني: الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة

منذ الثورة الصناعية، التي بدأت في إنجلترا نهاية القرن 18م، تواصل الدول المتقدمة سياستها التصنيعية المتدرجة تصاعديا متبينة نظام رأسمالي مبني على اقتصاد السوق. الإنتاج الاقتصادي لأي بلد يُقاس بنتاجه المحلي الإجمالي (PIB) ومعدل النمو يعادل نسبة التغير في هذا الناتج، إذا افترضنا معدل نمو سنوي على الأقل 2.5% لاقتصاد ما يكون ضروريا للحفاظ على معدل التشغيل، فإن تعميم ذلك على الكوكب بأسره ينجر عنه مضاعفة إنتاج الطاقة بحلول 2040.

فيما يخص إنتاج الكهرباء، وحدها موارد الطاقة الأحفورية من تتفد. في الواقع، بحكم التعريف، الطاقة المتجددة دائمة ومستمرة والطاقة النووية -على خلاف الأفكار المتداولة- دائمة أيضا، بشرط القبول المجتمعي. (فيما يخص إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة والناضبة والآثار البيئية لذلك أنظر الملحق رقم 4)

عصر التصنيع هذا، خاصة بانبعاث الكربون الناتج عن حرق الوقود الأحفوري، أدى إلى تلوث جوي مضر بالحياة على الأرض. الأثر المشهود كان ارتفاعا غير طبيعي للمتوسط الحراري على سطح الأرض بفعل الاحتباس الحراري الناتج عن النشاط البشري¹.

أولا: التنمية المستدامة

ذكر "تقرير مستقبلنا المشترك"، الذي صدر عن اللجنة العالمية للبيئة والتنمية (WCED)² في عام 1987 برئاسة جرو هارلم برونتلاند، أن التنمية "تكون مستدامة فقط إذا لبت احتياجات الجيل

¹ - Wiesenfeld B, « Promesse et réalités des énergies renouvelables », Edition Sciences, France, 2013, P 135.

² - World Commission on Environment and Development.

الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتهم ". أطلق مؤتمر WCED مفهوم التنمية المستدامة باعتباره "الهدف العالمي" لتوجيه السياسات الهادفة لتحقيق التوازن بين "النظم الاقتصادية والاجتماعية والظروف الإيكولوجية". وغالبًا ما يتم التعبير عنه بالأبعاد الثلاثة: الاقتصاد والبيئة والمجتمع¹:

✓ **البعد الاقتصادي:** يجب أن تشجع التنمية المستدامة التقدم الاقتصادي، من خلال تحفيز الإبداع والمبادرة.

✓ **البعد الاجتماعي:** يوازي ويؤازر التطور الاقتصادي من أجل إشباع أفضل لحاجات الجميع (صحة، سكن، تعليم،...)، وبشكل أخص، أولئك الأكثر فقرًا الذين يستوجبون الاهتمام الأكبر.

✓ **البعد البيئي:** نظرا للنمو الديموغرافي والصناعي، تجب حماية البيئة والمحافظة عليها حتى تستطيع تلبية حاجات الحاضر والمستقبل.

مفهوم التنمية المستدامة هذا شرّعه مؤتمر ريو دي جانيرو سنة 1992. سنوات بعد ذلك، دعمت قمة جوهانسبرغ (2002) التحليل المقدم في ريو وأوصت بتغيير عميق في أساليب الإنتاج والاستهلاك بالاستناد إلى تحليل دورة حياة المنتج وإسقاطها على الأبعاد الثلاثة السابقة.

ثانيا: معيار التنمية المستدامة في قطاع الطاقة

احترام البيئة تضمنه مفهوم التنمية المستدامة، هذا يتطلب حتما مكافحة الاحتباس الحراري، سيتم التطرق فيما يلي لمفهوم الاحتباس الحراري والتغير المناخي وسبا مواجهتهما.

1- الاحتباس الحراري

من المعلوم وبشكل مؤكد أنه بفعل النشاط البشري، خاصة حرق الوقود الأحفوري، الفحم، النفط والغاز، والتوسع على حساب الغابات، ينبعث غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو بمعدلات مرتفعة على مدى 200 سنة الماضية، وبصفة أكثر كثافة في 50 سنة الأخيرة.

حاليا تزيد هذه الانبعاث للكربون المتواجد في الهواء 8000 طن/سنوات، من المحتمل أن يبقى الكثير منها لمدة 100 سنة أو أكثر. ولكون ثاني أكسيد الكربون ممتص جيد لحرارة الإشعاعات القادمة من سطح الأرض، فزيادة معدلات وجوده في الهواء تجعله يعمل كغطاء (بطانية) فوق الأرض، ويحتفظ بحرارتها مرتفعة بشكل غير مألوف. هذا الارتفاع في درجة الحرارة ينتج عنه زيادة في كمية المياه المتبخرة

¹- Lucas S, « The Five Dimensions of Sustainability », Article in Environmental Politics, England, July 2009, P 540.

في الجو، موفرة غطاء آخر يجعل درجة الحرارة أكثر ارتفاعا. وينتج عن مختلف الأنشطة البشرية غاز الميثان أيضا، على سبيل المثال: استغلال المناجم والزراعة، ما يفاقم المشكلة أكثر¹.

2- التغير المناخي

مستقبل التغير المناخي يعد واحدا من التحديات المهمة في القرن الواحد والعشرين، إلى جانب محاربة الفقر، التدهور البيئي، والأمن العالمي. مكن الإشكال هو في أن التغير المناخي ليس بقضية علمية فقط، بل تشمل المجالات الاقتصادية، الاجتماعية، الجيوسياسية، السياسات المحلية والوطنية، القوانين، الصحة، وغيرها².

ثالثا: البحث عن إنتاج طاقي يتماشى مع مفهوم التنمية المستدامة

لتعزيز التنمية المستدامة، ومن خلا ما سبق، هناك معيارين تم توضيحهما³:

✓ محاربة انبعاث الغازات الدفيئة،

✓ مواجهة نضوب مصادر الطاقة؛

الطاقة المتجددة تطابق هذين المعيارين، لأنها لا تبعث غازات دفيئة (في إنتاج الكهرباء) وهي بالتأكيد غير ناضبة. بالتالي تتميتها يجب أن تكون مدعومة من خلال توجهات كل دول العالم.

الإشارة تكون هنا أيضا إلى أن مواجهة نضوب مصادر الطاقة هي مواجهة كذلك لانبعاث الغازات الدفيئة، وبالتالي الحد من التغير المناخي، لأن الطاقة غير الناضبة هي طاقة خالية من الكربون، لذلك يجب:

✓ تشجيع الطاقة الخالية من الكربون، بالتعويض التدريجي للوقود الأحفوري ذو المحتوى الهائل من الكربون، بوقود أقل أو منعدم المحتوى. بعد ذلك، يتطلب الأمر توزيع استخدامها على سلة طاوية مناسبة؛

✓ إضافة لذلك، الاهتمام بالسيطرة على دورة الكربون، بتطوير تقنيات امتصاص الكربون (استرجاع الكربون لدى انبعاثه من مصانع الإنتاج ثم دفنه في طبقات المياه الجوفية)؛

✓ أخيرا، تحسين كفاءة الطاقة، أي ترشيد الاستهلاك؛

¹- Houghton J, « Global Warming: The Complete Briefing », Cambridge University Press, New York, 2009, P 13.

²- Maslin M, « Climate Change: A Very Short Introduction », Oxford University Press, United Kingdom, 2014, P 01.

³- Wiesenfeld B, Op cit, P 137.

الحل في مواجهة التحدي العالمي يتمثل في إنتاج طاقتنا تماشيا مع مبادئ التنمية المستدامة،
بالتالي الارتكاز على الدعائم الثلاث التالية¹:

✓ اختيار المزيج الطاقوي الأمثل؛

✓ تسيير دورة الكربون؛

✓ ترشيد استهلاك الطاقة؛

ظاهريا، يبدو هذا سهل وبسيط التطبيق، لكن وبالتحليل، الصعوبة الرئيسية تكمن في أن تلك
التدابير يجب أن تُتخذ كلها ومن طرف كل دول العالم أيّا كان مستوى تقدمها وطبيعتها مصالحها الخاصة،
وهذا في الواقع ضرب من المحال.

المبحث الثالث: الطاقات المتجددة وتكنولوجياتها وأسواقها

استخدام الطاقات المتجددة ليس وليد اليوم، منذ زمن بعيد، كان يُعتمد عليها في أشكال متعددة:
حرارة الشمس، حرق الخشب والمخلفات، استعمال حرارة الأرض في المناطق البركانية، تدوير الطاحونة
الهوائية أو الطاحونة المائية، استعمال قوة المد والجزر. من المؤكد أنه هناك طرق استخدام جديدة ظهرت
في العصر الحديث، كالوقود الحيوي ذو المصدر النباتي، أو إنتاج الكهرباء مباشرة من أشعة الشمس،
وذلك بعد اكتشاف الأثر "الفوتوفولطائي"². (الملحق رقم 05 يعطي رسما توضيحيا لإنتاج الطاقة انطلاقا
من المصادر المتجددة والناضبة وصولا إلى قطاع استهلاكها)

المطلب الأول: الطاقة الحيوية

الطاقة الحيوية هي الطاقة المستمدة من المواد العضوية (الكتلة الحيوية)، أي جميع المواد ذات
الأصل البيولوجي التي ليست جزءا من التشكيلات الجيولوجية (متحجرة). يمكن استخدام الكتلة الحيوية
في شكلها الأصلي كوقود، أو يتم تكريرها لأنواع مختلفة من الوقود الحيوي الصلب أو الغازي أو السائل.
ويمكن استخدام هذه الأنواع من الوقود في جميع قطاعات المجتمع، في إنتاج الكهرباء، النقل، التدفئة
والتبريد، والعمليات الصناعية³.

¹ - المرجع السابق، ص 137.

² - Vernier J, « Les Energies Renouvelables », Presse universitaire de France, Jouve, Paris, 2014, P 03.

³ - « World Energy Resources Bioenergy , 2016 », WORLD ENERGY COUNCIL, London, P 03.

الطاقة الحيوية متأصلة في الطرق المعقدة لنظم الكتلة الحيوية العالمية لإنتاج الأغذية والعلف والألياف والمنتجات الغابية وكذلك في معالجة النفايات والمخلفات. والأهم من ذلك، أن الطاقة الحيوية تلعب دورا خاصا وحاسما في سبل العيش اليومية لمليارات الناس في البلدان النامية. الشكل الموالي يُظهر أنزاع الكتلة الحيوية المستخدمة من أجل الطاقة الحيوية في الدول النامية والمتقدمة.

مخلفات حرجية 1 %
 كحول أسود 1 %
 مخلفات صناعات خشبية 5 %
 أخشاب مستردة 6 %
 منتجات ثانوية حيوانية 3 %
 منتجات ثانوية زراعية 4 %
 محاصيل الطاقة 3 %
 المخلفات الصلبة للعواصم وغاز مدافن القمامة 3 %

الحطب 67 %
 الزراعة 10 %
 منتجات ثانوية 7 %
 مخلفات حيوانية 1 %
 مخلفات صناعية 1 %

إن التوسع في إنتاج الطاقة الحيوية يتطلب إلى حد كبير¹:

✓ زيادة إنتاجية المواد الأولية على مستوى العالم لكل من الأغذية، العلف، الألياف، منتجات الغابة والطاقة؛

✓ توضيح مفاهيم التفاعلات الاجتماعية والطاقوية والبيئية المرتبطة بإنتاج الطاقة الحيوية واستخدامها؛

64

في 2008، قدمت الكتلة الحيوية نحو 10% (50.3 إكسغل/السنة) من العرض العالمي للطاقة الأولية، وتنقسم الاستخدامات الرئيسية للكتلة الحيوية إلى قسمين عريضين كآلاتي¹:

✓ تستخدم الكتلة الحيوية التقليدية ذات الكفاءة المنخفضة مثل: الخشب والقش والروث وباقي أنواع السماد لأغراض الطهي والإضاءة والتدفئة، ويستخدمها عموما السكان الأكثر فقرا في البلدان النامية. غالبا ما يتم حرق هذه الكتلة الحيوية، ما ينتج عنه آثار سلبية خطيرة على الصحة والظروف المعيشية. وعلى نحو متزايد، أصبح الفحم هو حامل الطاقة الثانوية الأهم في المناطق الريفية مع فرص إقامة سلاسل إنتاج.

✓ تستخدم الطاقة الحيوية الحديثة عالية الكفاءة مواد صلبة وسوائل وغازات أكثر ملائمة كحاملات طاقة ثانوية لتوليد الحرارة والكهرباء والتوليد المشترك للحرارة والطاقة ووقود النقل لمختلف القطاعات. يشمل الوقود الحيوي السائل الإيثانول والديزل الحيوي للنقل البري وبعض الاستخدامات الصناعية. تُستخدم الغازات المشتقة من الكتلة الحيوية (وفي مقام أول: الميثان، الهضم اللاهوائي للمخلفات الزراعية، النفايات الصلبة) لتوليد الكهرباء والحرارة أو كليهما. خدمات الطاقة هذه، تعود المساهمة الأكبر فيها للمواد الصلبة مثل: الرقائق والحبيبات والخشب المسترجع المستخدم سابقا وغير ذلك. التدفئة تشمل الفضاء (الفراغ) وتدفئة المياه الساخنة كما هو الحال في أنظمة تدفئة الأحياء. يبلغ إجمالي إمدادات الكتلة الحيوية الأولية المقدرة للطاقة الحيوية الحديثة 11.3 إكسغل/السنة، وتصل الطاقة الثانوية المقدمة للمستهلكين النهائيين لنحو 6.6 إكسغل/السنة.

إضافة لذلك، يستهلك قطاع الصناعة (مثل صناعة اللباب، الورق والغذاء) ما يقرب من 7.7 إكسغل/السنة من الكتلة الحيوية، في مقام أول كمصدر لدفع العملية الإنتاجية.

ثانيا: إمكانات موارد الطاقة الحيوية

إن التعقيد المتأصل في موارد الكتلة الحيوية يجعل تقييم إمكاناتها التقنية مجتمعة مثيرا للجدل ويصعب وصفه. تتأخر التقديرات في الأدبيات المتاحة من صفر إمكانات تقنية (انعدام الكتلة الحيوية لإنتاج الطاقة) إلى أقصى حد ممكن نظريا حوالي 1500 إكسغل/سنويا وذلك من مجهودات النمذجة العالمية.

لوضع الإمكانيات التقنية للكتلة الحيوية الموجهة للطاقة في الصورة، تبلغ الكتلة الحيوية العالمية المستخدمة في الطاقة حاليا حوالي 50 إكسغل/السنة، وجميع الكتلة الحيوية المجتناة المستخدمة في

¹ - المرجع السابق، ص 47.

الأغذية والأعلاف والألياف، عندما يعبر عنها بمكافئ حراري، تحتوي على حوالي 219 إكسل/السنة (حسب بيانات 2000)، بالتالي، ما يقرب من كامل الكتلة الحيوية الحالية المجتأة عالميا ستكون مطلوبة لتحقيق مستوى 150 إكسل/السنة من الطاقة الحيوية بحلول عام 2050.

وقد توصل تقييم تقني يستند إلى تحليل للأدبيات المتاحة في عام 2007 ودراسات نمذجة إضافية، إلى استنتاج مفاده أن الحد الأعلى للإمكانات التقنية في عام 2050 يمكن أن يصل إلى حوالي 500 إكسل/السنة، حيث تفترض الدراسة أطر السياسة العامة التي تكفل حسن إدارة استخدام الأراضي، تحسينات رئيسية في التسيير الزراعي وتأخذ في الاعتبار ترشيد استهلاك المياه، وحماية التنوع البيولوجي، وتدهور التربة. وتقدر المخلفات الناتجة عن الحراثة والزراعة والنفايات العضوية (بما في ذلك الجزء العضوي من النفايات الصلبة للعمران والروث ومخلفات العمليات الصناعية وما إلى ذلك) بما يتراوح ما بين 40 و 170 إكسل/السنة، مع تقدير متوسط يبلغ حوالي 100 إكسل/السنة. هذا الجزء من الإمكانات التقنية مؤكد نسبيا، ولكن مجالات الاستخدام المتنافسة قد تدفع صافي الجزء الموجه للطاقة إلى المستوى الأدنى في المجموعة¹.

ثالثا: التكنولوجيا والتطبيقات

يمثل الوقود الحيوي النسبة الرئيسية من إنتاج الطاقة الحيوية في جميع أنحاء العالم، حيث يتم استخلاص معظم أنواع الوقود من خلال العملية الكيميائية الحيوية. ولهذا السبب، سنركز في المقام الأول على الأساليب الحالية المستخدمة في إنتاج الأنواع الرئيسية من الوقود الحيوي. المنتجون الرئيسيون للإيثانول الحيوي هم البرازيل والولايات المتحدة، فكلهما يمثل حوالي 89% من الإنتاج العالمي، في حين أن الاتحاد الأوروبي هو أكبر منتجي الديزل الحيوي في العالم. وكانت الولايات المتحدة أكبر منتج لوقود الإيثانول في العالم منذ عام 2005 وأكبر مصدر في العالم منذ عام 2010. في 2011، أنتجت الولايات المتحدة 52.6 مليار لتر (13.9 مليار غالون أمريكي سائل) من الإيثانول، بينما أنتجت البرازيل 21.1 مليار لتر (5.57 مليار غالون أمريكي سائل)، ما يمثل 24% من الإيثانول المستخدم كوقود في العالم².

إنتاج وقود الإيثانول يبقى أكثر تواضعا في الاتحاد الأوروبي، حيث فرنسا، ألمانيا وإسبانيا هي أكبر منتجي الإيثانول الحيوي بإنتاج قدره 950، 581 و 346 مليون لتر على التوالي، وذلك في عام 2008. كما شجع انخفاض سعر الوقود الحيوي المستهلك على استخدامه، ويجري حاليا وضع حوافز حكومية لاستبدال البنزين بالوقود الحيوي في بلدان متعددة في جميع أنحاء العالم، بدافع الزيادات المتتابة

¹ - Ottmar E, Ramon PM et autres, Op cit, P 46.

² - Vijai K, Kubicek C et autres, « Bioenergy research : Advances and applications », Elsevier B.V, New York, 2014, P 27.

لأسعار النفط، واستنفاد موارد الوقود الأحفوري، وأهداف تحجيم انبعاثات الغازات الدفيئة والحاجة إلى تنويع أكبر لدعم التنمية الزراعية والريفية.

الجدول رقم (II - 1): المحاصيل الرئيسية المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي

المحصول	البلدان
الكاسافا	نيجيريا/البرازيل/تايلند/إندونيسيا
حطب الذرة	الو م أ/ أمريكا اللاتينية
القنب	إرلندا/المملكة المتحدة/الو م أ/بلدان أوروبية أخرى/الصين
الجatroفا	الهند/الصين/بلدان آسيوية أخرى/إفريقيا
الذرة	الو م أ/الصين/البرازيل/المكسيك
الميسكانتوس	إرلندا/المملكة المتحدة/بلدان أوروبية أخرى
زيت النخيل	ماليزيا/إندونيسيا/نيجيريا/تايلند
بذور اللفت	الصين/كندا/الهند/ألمانيا
فول الصويا	الو م أ/البرازيل/الأرجنتين/الصين
الشمندر السكري	فرنسا/الو م أ/ألمانيا/روسيا
قصب السكر	البرازيل/الهند/الصين/تايلند
التبن	إرلندا/المملكة المتحدة/الو م أ/بلدان أوروبية أخرى/الصين
الصفصاف	إرلندا/المملكة المتحدة/بلدان أوروبية أخرى

Source : Vijai K, Kubicek C et autres, « Bioenergy research : Advances and applications », Elsevier B.V, New York, 2014, P 26.

خلص مجموعة من الباحثين (Shapouri سنة 1995، و Shapouri et al سنة 2002) إلى أن محتوى الايثانول الحيوي من الطاقة كان أعلى من تلك اللازمة لإنتاجه، بينما يعارض آخرون من حيث الجدوى الاقتصادية للايثانول الحيوي في حالة عدم وجود معامل تكرير حيوية مصاحبة للعملية كلها.

لكن ونظرا لكون طاقة الكتلة الحيوية مستمدة من موارد متجددة، فإن إنتاجها يمكن أن يظل مفيدا إذا ما استُخدمت تكنولوجيات الإدارة السليمة في حصاد الكتلة الحيوية والمعالجة المسبقة والتجهيز، وأيضا إذا ما تم إنتاج الكتلة الحيوية على نحو مستدام.

زرع الكتلة الحيوية لإنتاج الطاقة والمواد الكيميائية يمكن أن يكون اقتصاديا فقط في حالة تحويل جميع مكونات الكتلة الحيوية إلى وقود أو مواد كيميائية أو مواد أخرى ذات قيمة مضافة عالية وفق عملية تكرير حيوية حقيقية¹.

رابعا: تكنولوجيات الوقود الحيوي الرئيسية

الوقود الحيوي، الغاز الحيوي والغاز الصناعي هي حوامل الطاقة التي تخزن الطاقة المستمدة من الكتلة الحيوية. هناك مجموعة كبيرة من موارد الكتلة الحيوية يمكن استخدامها لإنتاج الطاقة الحيوية .

إن مخلفات الأغذية والألياف والأخشاب من القطاع الصناعي، محاصيل الدورة القصيرة والنفايات الزراعية من قطاع الزراعة، وبقايا قطاع الغابات (الحراثة) تُستخدم في إنتاج الوقود الحيوي، توليد الكهرباء، التسخين، الطاقة والتدفئة المشتركة، وأشكال أخرى من الطاقة الحيوية.

الوقود الحيوي السائل المنتج من المحاصيل الزراعية (مثل: الحبوب، الذرة، قصب السكر، الشمندر السكري، الذرة الحلوة) ومن الزيت النباتي (مثل الغاز الحيوي)، يُشار إليها بالوقود الحيوي من "الجيل الأول"، في حين تلك التي تُنتج من السيليلوز الخشبي والمحاصيل غير الغذائية تُعرف بالوقود الحيوي من "الجيل الثاني"، ويطلق على الوقود الحيوي المنتج من الطحالب الوقود الحيوي من "الجيل الثالث".

المصادر المتعددة للكتلة الحيوية كثيرا ما تنتشر في مناطق جغرافية واسعة ومتنوعة. إلى اليوم، معظم الطاقة المستمدة من الكتلة الحيوية تنشأ عن النواتج العرضية (المنتجات الثانوية) لإنتاج الأغذية والأعلاف والألياف، فعلى سبيل المثال، تُستخدم المنتجات الثانوية الرئيسية للصناعة الغابية (الحراثة) لإنتاج خشب الوقود والفحم النباتي، كما يُعتبر السائل الأسود (أحد المنتجات الثانوية لمطاحن اللباب) مصدرا رئيسيا لوقود توليد الكهرباء في بلدان مثل: البرازيل، كندا، فنلندا، السويد والولايات المتحدة. يتم استخلاص كمية كبيرة من الحرارة والطاقة من الكتلة الحيوية الخشبية المستعادة و/أو المعاد تدويرها، ويجري استخلاص كميات معتبرة من الطاقة من الكتلة الحيوية المستمدة من الأراضي الزراعية (سيقان القش والقطن) والأراضي الحرجية (رقائق الخشب والحبيبات)².

خامسا: الوضع العالمي لأسواق الطاقة الحيوية

إن الاتجاه طويل الأجل لإجمالي العرض من الطاقة الحيوية مدفوع إلى حد كبير بالكتلة الحيوية الصلبة الأولية، كما أن عرض الغاز الحيوي والوقود الحيوي المسال (الايثانول الحيوي والديزل الحيوي)

¹ - Pratima B, « Advances in Bioethanol », Springer, India, 2013, P 47. .

² - Vijai K, Kubicek C et autres, Op cit, P 27.

في تصاعد ملحوظ أيضا. على المستوى العالمي في عام 2010، شكلت الكتلة الحيوية الصلبة الأولية 95% من العرض العالمي من الطاقة الأولية الحيوية. في المقابل ، كان الغاز الحيوي والبيوإيثانول يشكلان حوالي 2% لكل منهما، وشكل وقود الديزل الحيوي 1% فقط. على المستوى الإقليمي ، يمثل الغاز الحيوي والوقود الحيوي السائل 15% من العرض الاجمالي من الطاقة الأولية في أمريكا الشمالية، و 10% في الاتحاد الأوروبي، و 5% في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي، وهي تمثل نسبة ضئيلة مقارنة بباقي مناطق العالم¹.

سادسا: الآثار الاجتماعية والبيئية للطاقة الحيوية

إنتاج الطاقة الحيوية تصاحبه تفاعلات معقدة مع النظم الاجتماعية والبيئية الأخرى. وتتفاوت المخاوف (من الصحة والفقر إلى التنوع البيولوجي وندرة المياه ونوعيتها) تبعا لعوامل عديدة.

1- البيئية

وتشمل تأثيرات الطاقة الحيوية التأثيرات على النظم الإيكولوجية والأنواع الموجودة فيها (بما في ذلك البشر) ، والتي تسمى التأثيرات الإيكولوجية، والتأثيرات على النظم الجيوفيزيائية مثل المياه والمناخ، وتسمى التأثيرات البيئية. قد تكون الآثار مباشرة، مثل انبعاثات العوادم الناتجة عن حرق الوقود الحيوي، أو غير مباشرة ، مثل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج الكتلة الحيوية. يمكن أن تكون للطاقة الحيوية تأثيرات إيكولوجية وبيئية إيجابية وسلبية، ويمكن أن يكون التأثير الإجمالي الصافي إيجابياً أو سلبياً.

تتعلق العديد من الآثار البيئية والإيكولوجية للطاقة الحيوية باستخدام الأراضي وتغيير استخدام الأراضي نحو إنتاج الكتلة الحيوية. وتؤثر قرارات استخدام الأراضي المرتبطة بالطاقة الحيوية على الأنظمة البيئية والإيكولوجية المحلية والإقليمية والعالمية، ومما يثير الاهتمام في هذه الآثار بشكل خاص انبعاثات الغازات الدفيئة وتغيير الموائل والتنوع البيولوجي وجودة التربة وكمية ونوعية المياه².

2- الاجتماعية-الاقتصادية

أقرب مثال على الآثار الاجتماعية للطاقة الحيوية يتعلق بالعلاقة بين الإيثانول الموجود في الذرة وارتفاع أسعار النفط. ففي وقت أن الذرة محصول كثيف الاستخدام للطاقة ويتطلب استخدام الوقود الأحفوري، فإن زيادة تكلفة برميل النفط تزيد أيضا من تكاليف الإنتاج المتعلقة بإنتاج الذرة. وفي الوقت

¹ - Cushion E, « Bioenergy Development ISSUES AND IMPACTS FOR POVERTY AND NATURAL RESOURCE MANAGEMENT », The International Bank for Reconstruction and Development, Washington, 2010, P 12.

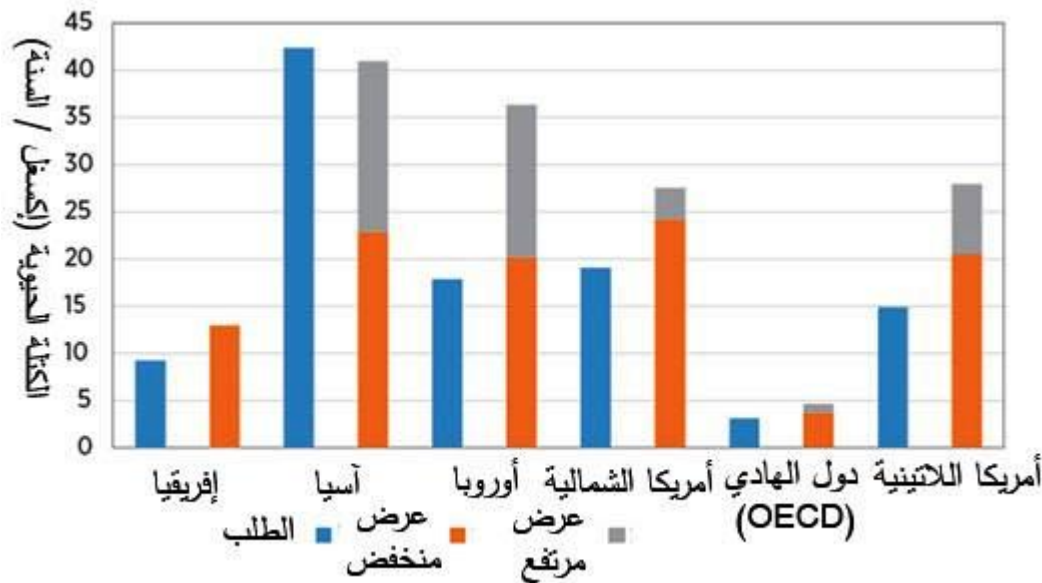
² - « Ecological and Environmental Impacts of Bioenergy », article disponible sur: www.wgbn.wisc.edu. (consulté le: 26/09/2017)

نفسه، تزيد هذه الزيادة في أسعار النفط من الأرباح التي يمكن أن يحققها المزارع من إنتاج الإيثانول المستخرج من الذرة. في ظل ظروف السوق التنافسية، تحد الزيادة في أسعار النفط من توجيه المواد الأولية من المحاصيل لإنتاج الذرة وتفضل تحويلها إلى إنتاج الإيثانول. هذه العواقب تحد من المعروض من الذرة للاستهلاك الحيواني والبشري ويمكن أن تؤثر على الأسعار العالمية للذرة ، مما يجعلها منتجاً أقل تكلفة¹.

سابعاً: الاتجاهات العالمية للطاقة الحيوية

إذا تم تنفيذ جميع خيارات تقرير الوكالة الدولية للطاقة « REmap 2030 »، يمكن أن يصل الطلب العالمي على الكتلة الحيوية إلى 108 إكسغل/السنة، قريبة جداً من مجال إجمالي إمكانيات العرض بنحو 97-147 إكسغل/السنة².

الشكل رقم (II -4): مقارنة آفاق الطلب العالمي على الكتلة الحيوية مع إجمالي إمكانيات العرض في مناطق العالم الست لعام 2030



Source: «Global Bioenergy supply and demand projections », A working paper for REmap 2030, IRENA 2014, P 35.

¹ - « Socioeconomic and environmental impact of bioenergy », Department of Bioresource Engineering, article publié sur: www.mcgill.ca. (consulté le: 13/07/2017)

² - « Global Bioenergy supply and demand projections », A working paper for REmap 2030, IRENA, Abu Dhabi, 2014, P 35.

ويبين الشكل السابق مقارنة للطلب العالمي على الكتلة الحيوية مع إجمالي إمكانيات العرض في مناطق العالم الست. فباستثناء آسيا (التي تمثل 40% من الطلب العالمي)، يمكن لجميع المناطق تلبية الطلب اعتمادا على مصادر الكتلة الحيوية المحلية. وبالمقارنة مع الوضع الحالي الذي يستخدم فيه قطاع البناء معظم مصادر الكتلة الحيوية محليا، فإن الطلب العالمي المتزايد يظهر أن هناك حاجة إلى كميات كبيرة من الكتلة الحيوية وأن يتم بناء بنية تحتية كبيرة لاستخراج ونقل وتوزيع المواد الخام¹.

المطلب الثاني: الطاقة الشمسية المباشرة

هناك مجموعة كبيرة من تكنولوجيات تحويل الطاقة الشمسية، بعضها بسيط وبعضها معقد تقنيا، وهي تتنافس مع الطاقة الأحفورية والنووية القائمة، وتتنافس مع بعضها البعض. الباحثون في جميع المجالات يشيرون بتكنولوجيات أفضل وأرخص. وكانت بعض أشكال تحويل الطاقة الشمسية تقليديا أكثر تكلفة بكثير من استخدام الوقود الأحفوري، ما دامت الآثار الاقتصادية الخارجية مستبعدة، ولكن هذا على الأقل بالنسبة للكهرباء غير المركزة، فالأمر يتغير الآن². يركز هذا المبحث على أربعة أنواع رئيسية³:

✓ الطاقة الشمسية الحرارية، والتي تشمل التدفئة النشطة والسلبية للمباني، تدفئة المياه المنزلية والتجارية، تدفئة مياه حمامات السباحة والتدفئة ضمن العمليات الصناعية؛

✓ توليد الكهرباء الضوئية عن طريق التحويل المباشر لأشعة الشمس إلى كهرباء من خلال الخلايا الضوئية؛

✓ توليد الكهرباء بواسطة التركيز البصري للطاقة الشمسية للحصول على سوائل أو مواد ذات درجة حرارة عالية لدفع المحركات الحرارية والمولدات الكهربائية؛

✓ طرق إنتاج الوقود "الشمسي"، والتي تستخدم الطاقة الشمسية لإنتاج الوقود القابل للاستخدام.

يشير مصطلح الطاقة الشمسية "المباشرة" إلى قاعدة الطاقة لتكنولوجيات الطاقة المتجددة التي تعتمد على طاقة الشمس مباشرة. تستخدم بعض التكنولوجيات المتجددة، مثل طاقة الرياح وحرارة المحيطات، الطاقة الشمسية بعد أن تم امتصاصها فوق سطح الأرض وتحويلها إلى أشكال أخرى. (فيما تبقى من المبحث، غالبا ما يتم حذف صفة "مباشرة" المعطاة للطاقة الشمسية لكونها مفهومة). (الملحق رقم 06 يبين مبدأ عمل مختلف استخدامات الطاقة الشمسية المباشرة)

¹ - Ottmar E et autres, Op cit, P 48.

² - Crawley M G, « Solar Energy », World scientific Publishing, Singapore, 2016, P 07.

³ - Luisa F, « Direct Solar Energy », P 341, article disponible sur : www.researchgate.net. (consulté le : 22/04/2017)

أولاً: إمكانات موارد الطاقة الشمسية

تشكل الطاقة الشمسية الإشعاع الحراري المنبعث من الطبقة الخارجية للشمس. خارج الغلاف الجوي للأرض مباشرة، هذا الإشعاع (الإشعاع الشمسي) يبلغ متوسطه 1367 واط/م² لسطح يعامد أشعة الشمس. على مستوى سطح الأرض، يضعف هذا الإشعاع عند اختراق الغلاف الجوي إلى حوالي 1000 واط/م² في حالة سماء صافية خلال ساعات قليلة بعد الظهر (وهي حالة تسمى "الشمس الكاملة"). خارج الغلاف الجوي، يتم نقل طاقة الشمس في موجات كهرومغناطيسية مع أطوال موجية تتراوح من 0.25 إلى 3 µm (مايكرو متر). جزء من الإشعاع الشمسي تساهم فيه أشعة تصل مباشرة من الشمس دون أن تتأثر بالغلاف الجوي، هذا الشعاع القابل للتركيز من خلال المرايا والعدسات، هو الأكثر توفراً في المناطق منخفضة الغطاء السحابي، ويطلق على الإشعاعات المتبقية الأشعة المنتشرة، بينما يُعرف مجموعهما بالإشعاع الشمسي الكلي¹.

ثانياً: التكنولوجيا والتطبيقات

1- الطاقة الشمسية الحرارية: عند استخدام الطاقة الشمسية لتوليد الحرارة، فالأمر يتعلق أساساً بالإشعاع المباشر، ما يدأب العوام على تسميته بـ: "الأشعة الشمسية"، والتي يتم التقاطها، وليس الأشعة المتناثرة. الوضع المثالي لذلك هو تثبيت صندوق مغلق يمكن للإشعاع أن يخترقه لكن لا يمكنه الخروج منه².

تتضمن أنظمة الطاقة الشمسية الحرارية تلك الأنظمة التي تعتمد على مجمعات ذات درجة حرارة منخفضة. هذه النظم تستمد الحرارة من الشمس وتقدمها للاستهلاك النهائي للحرارة. ويتكون نظام التكنولوجيا هذا من مجموعتين من مجمعات الطاقة الشمسية المسطحة ومجمعات الطاقة الشمسية منخفضة التركيز.

بالنسبة للتدفئة الشمسية السلبية، فإن المبنى نفسه - خاصة نوافذه - يعمل كمجمع شمسي، وتستخدم الطرق الطبيعية لتوزيع الحرارة وتخزينها. العناصر الأساسية للبناء الحراري السلبي هي نوافذ مواجهة لخط الاستواء تكون عالية الفاعلية وكتلة حرارية داخلية ضخمة. كذلك يجب أن يكون المبنى معزولاً تماماً ويدمج وسائل مثل أدوات الظل لمنع من التدفئة الزائدة. وهناك سمة أخرى للتسخين الشمسي السلبي وهي "ضوء النهار"، الذي يدمج استراتيجيات خاصة لتعظيم استخدام الضوء (الشمسي) الطبيعي في المباني.

¹ - IPCC assessment report, disponible sur : www.ipcc.ch. (consulté le : 25/10/2017)

² - Acket C et Vaillant J, « Les énergies renouvelables : état des lieux et perspectives », Editions TECHNIP, Paris 2011, P 99.

أظهرت الدراسات أنه بفضل التكنولوجيا الحالية، وباستخدام هذه الاستراتيجيات في المباني الجديدة في شمال أوروبا أو أمريكا الشمالية، يمكن تقليل احتياجات المبنى من الحرارة بنسبة تبلغ 40%. وبالنسبة للمباني القائمة، وغير المباني الجديدة، التي يتم إدخال مفاهيم التدفئة السلبية إليها يصل تقليل الاحتياجات إلى 20%¹.

2- توليد الكهرباء الفوتوفلطائي

الخلايا الضوئية، وتسمى أيضا الخلايا الشمسية، هي الأجهزة الإلكترونية التي تحول أشعة الشمس مباشرة إلى كهرباء. تم اختراع الشكل الحديث للخلية الشمسية في عام 1954 في مختبرات بيل الهاتفية. واليوم، تعد الكهروضوئية واحدة من أسرع تكنولوجيات الطاقة المتجددة نمواً، ومن المتوقع أن تلعب دوراً رئيسياً في مزيج توليد الكهرباء العالمي في المستقبل. وتعتبر أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية من أكثر التكنولوجيات المتجددة "ديمقراطية"، حيث أن حجمها المعياري يعني أنها في متناول الأفراد والشركات التعاونية والشركات الصغيرة التي ترغب في الوصول إلى جيلها الخاص وثبتت أسعار الكهرباء².

3- توليد الكهرباء من تركيز الطاقة الشمسية

الطاقة الشمسية المركزة (CSP)، التي يشار إليها أيضاً باسم الطاقة الحرارية الشمسية، تولد الكهرباء باستخدام أشعة الشمس لتسخين السوائل. ثم يتم استخدام السائل الساخن لخلق البخار الذي يشغل مجموعة مولد التوربينات. وبما أن أنظمة (CSP) تسخن السوائل قبل توليد الكهرباء، يمكن دمج تخزين الطاقة الحرارية بسهولة في تصميم محطات (CSP)، مما يجعلها مصدراً محتملاً للطاقة المتجددة. وعلاوة على ذلك، ونظراً لأن وحدة توليد الطاقة في نظام سب تتشابه مع أنظمة الطاقة الحرارية الحالية للوقود الأحفوري (أي دورة البخار والتوربينات البخارية والمولدات)، فإن تكنولوجيا الطاقة الشمسية المركزة مناسبة تماماً للاستخدام في التكوينات الهجينة مع محطات الوقود الأحفوري³.

4- إنتاج وقود شمسي

أشعة الشمس هي إلى حد بعيد أكثر الموارد منخفضة الكربون وفرة على الأرض. ومع ذلك، فإن الطاقة الشمسية متقطعة ولا تتطابق بالضرورة مع التغيرات في الطلب. وإذا أُريد لها أن تصبح مساهماً

¹- Aghaei P T, « Solar Electric and Solar Thermal Energy: A Summary of Current Technologies », working paper, GENI Editions, California, 2014, P 09.

²- « RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES: COST ANALYSIS SERIES », IRENA working paper, Volume 1: Power Sector Issue 4/5, Germany, 2012, P 04.

³- SCHMALENSEE R et autres, « The future of solar energy », Massachusetts Institute of Technology report, USA, 2015, P 47.

رئيسياً في إمدادات الطاقة، فمن الضروري وجود شكل من أشكال التخزين. تحويل الطاقة الشمسية إلى وقود كيميائي هو طريقة جذابة لتخزين الطاقة الشمسية.

ويمكن استخدام الوقود الشمسي، مثل الهيدروجين، لرفع مستوى الوقود الأحفوري، وحرقة لتوليد الحرارة، ومواصلة معالجته في الأعمال الكهربائية أو الميكانيكية عن طريق التوربينات والمولدات أو محركات الاحتراق الداخلي، أو استخدامها مباشرة لتوليد الكهرباء في خلايا الوقود والبطاريات لتلبية الطلب على الطاقة، كلما وحيثما كان ذلك مطلوباً من قبل العملاء. ويتمثل التحدي في إنتاج كميات كبيرة من الوقود الكيميائي مباشرة من أشعة الشمس بطرق قوية وفعالة من حيث التكلفة مع التقليل إلى أدنى حد من الآثار السلبية على البيئة¹.

ثالثاً: اتجاهات التكلفة

على الرغم من أن تكلفة الطاقة الشمسية تتباين تبايناً واسعاً حسب التكنولوجيات والتطبيقات والموقع وغير ذلك من العوامل، فقد جرى الحد بدرجة كبيرة من هذه التكاليف في الأعوام الثلاثين المنصرمة، وما برحت التطورات الفنية والسياسات العامة الداعمة تتواصل لتتيح الإمكانيات المطلوبة لإجراء تخفيضات إضافية في التكاليف. وسيكون للدرجة التي يصل إليها الابتكار والتطوير أثر كبير في مستوى انتشار الطاقة الشمسية.

1- الطاقة الشمسية الحرارية

سبق أن شهدت تكاليف الطاقة الشمسية الحرارية تراجعاً، لكن يمكن إنجاز المزيد. العامل الأولي المؤثر على التكاليف هو حجم السوق. فكما يجري لأي تكنولوجيا طاقة أخرى، تتراجع الأسعار استجابة لبرنامج نشر ثابت يطبق لوجود إرادة سياسية بذلك. وهذه الإرادة السياسية تولّد مناخ استثمار إيجابياً يؤدي إلى شروط تمويل تفضيلية و/أو حوافز ضريبية واستثمارية. بالتالي تتجمع الشروط المطلوبة لتضمين السوق حلولاً مبتكرة تعزز بدورها تراجع الاسعار وزيادة الفرص أمام الأعمال لتتجاوز قطاع الكهرباء في الدول التي تقرّر تطبيق برامج مماثلة².

يُدرج الجدول الموالي التكاليف الحالية والمتوقعة للنظم الرئيسية لمحطة طاقة شمسية حرارية نموذجية:

¹ - Meier A et sattler C, « Solar Fuels from Concentrated Sunlight », Solar Paces report, Germany, 2009, P 04.

² - Teske S et autres, « SOLAR THERMAL ELECTRICITY GLOBAL OUTLOOK 2016 », European Solar Thermal Electricity Association (ESTELA), Greenpeace International and Solar PACES report, Germany, 2016, P 36.

الجدول رقم (II - 2): اتجاهات التكاليف للنظم الرئيسية لمحطة طاقة شمسية حرارية نموذجية.

2025	اليوم	
100-160	160-250	Solar field incl. HTF (€/m ²)
18-21	26-30	Thermal storage (€/kwhth)
700-790	720-765	PowerBlock (€/kwe)
18%-20%	15%-17%	System Efficiency

source : teske s, leung j et autres, « *solar thermal electricity global outlook 2016* », european report, 2016, solar thermal electricity association (estela), greenpeace international and solarpaces p 36.

وقد أظهرت محطات الطاقة الشمسية الحرارية تخفيضات كبيرة في التكاليف في السنوات الأخيرة، على الرغم من أن مستوى الانتشار حوالي 5 جيجاواط في جميع أنحاء العالم. وهذا يعني أن هناك مجالا ضخما لمزيد من خفض التكاليف على أساس الحجم والتحسينات التكنولوجية على السواء. فعلى سبيل المثال، تبين الخبرة التجارية من أول تسعة مصانع في كاليفورنيا، بنيت بين عامي 1986 و 1992 وتعمل بشكل مستمر منذ ذلك الحين، أن تكاليف توليد الطاقة في عام 2004 انخفضت بنحو الثلثين.

وقد ساهمت الوحدة الأولى التي تبلغ 14 ميغاواط في توفير الطاقة بواقع 44 سنتا/كيلوواط ساعي لتصل إلى 17 سنتا/كيلوواط ساعي لوحدة 80 ميغاواط الأخيرة. مع التحسينات التكنولوجية وتوسيع نطاق قدرة المصنع الفردية وزيادة معدلات النشر والضغط التنافسية والتخزين الحراري ونقل الحرارة الجديدة والسوائل، وتحسين التشغيل والصيانة، فقد انخفضت تكلفة الكهرباء المولدة عن طريق تكنولوجيا المعلومات والاتصالات أكثر من ذلك منذ ذلك الحين¹.

2- توليد الكهرباء الفوتوفلطائي

أدى الانتشار السريع للطاقة الشمسية الكهروضوئية، التي تعمل تزامنا مع معدلات التعلم المرتفعة، إلى انخفاض كبير في التكاليف في السنوات العشر الأخيرة. انخفضت أسعار الوحدات الكهروضوئية للسليكون البلوري (C-Si) بأكثر من 65% على مدى العامين الماضيين فقط. وهذا يؤدي إلى تخفيض التكاليف المثبتة. ويمكن أن تكون لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق الآن تكاليف أقل من تكاليف الرياح في بعض الأسواق ولها تكاليف أقل من مثيلاتها في محطات الطاقة التي تعمل بالفحم في جميع بلدان OECD تقريبا.

¹ - Luisa F, Op Cit, P 378.

تمتلك الطاقة الكهروضوئية الشمسية إمكانيات عالية لخفض التكاليف، لا سيما عندما تؤخذ الاختلافات في أسعار الصرف بين الأسواق في الاعتبار. وقد انخفض إجمالي التكاليف المثبتة بسرعة في أكثر الأسواق تنافسية، مدفوعا بانخفاض أسعار الوحدات النمطية والضغط التنافسي للحد من تكاليف الخدمة المصرفية. وقد بلغ إجمالي التكاليف المثبتة للأنظمة الكهروضوئية السكنية في الربع الثاني من عام 2012 ما مقداره 1 600 دولار أمريكي / كيلواط لأرخص النظم (ألمانيا)، ولكن يمكن للأسواق الأقل قدرة على المنافسة أن تصل إلى 8 000 دولار أمريكي / كيلواط¹.

3- توليد الكهرباء بتركيز الطاقة الشمسية

يختلف أداء وتكلفة محطات الطاقة الشمسية المركزة حسب التكنولوجيا، والتكوين، والموارد الشمسية، وآليات التمويل. المنهجية النموذجية المستخدمة في تقييم التصميم والتكنولوجيات المختلفة لمحطات توليد الكهرباء بتركيز الطاقة الشمسية في إطار فهرس واحد هي استخلاص "التكلفة المستوية للكهرباء" "LCOE"². تأخذ LCOE في الحسبان الموارد الشمسية المتاحة، الاستثمار الرأسمالي المسبق، عامل قدرة المحطة، تكاليف التشغيل والصيانة وآليات التمويل. يُعبّر عموما عن LCOE بـ: سنت لكل كيلواط ساعي.

ومن وجهة نظر تكنولوجية، يمكن خفض معامل LCOE لمحطة الطاقة الشمسية المركزة بطريقتين³:

✓ بتخفيض تكاليف رأس المال أو تكاليف التشغيل والصيانة؛

✓ من خلال زيادة الأداء السنوي؛

تبلغ تكلفة بناء محطة الطاقة الشمسية المركزة عادة حوالي 2.50 دولار أمريكي إلى 4 دولار أمريكي / واط. وبالتالي فإن محطة الطاقة الشمسية المركزة 250 ميغاواط ستكلف 600-1000 مليون دولار. إذن، قد تكون محطات الطاقة الشمسية المركزة الجديدة قادرة على المنافسة اقتصاديا إذا استخدمت الوقود الأحفوري⁴.

¹- « solar photovoltaics », article disponible sur : <http://costing.irena.org/technology-costs/power-generation/solar-photovoltaics.aspx>, (consulté le: 23/05/2017).

²- Levelized Cost of Energy.

³- Mehos M et autres, « On the Path to SunShot: Advancing Concentrating Solar Power Technology, Performance, and Dispatchability », NREL report, USA, 2016, P 24.

⁴-« Financing Concentrating Solar Power », article disponible sur : https://energypedia.info/wiki/Financing_Concentrating_Solar_Power#cite_ref-3, (consulté le: 23/05/2017).

رابعاً: القدرة المركبة والطاقة المولدة

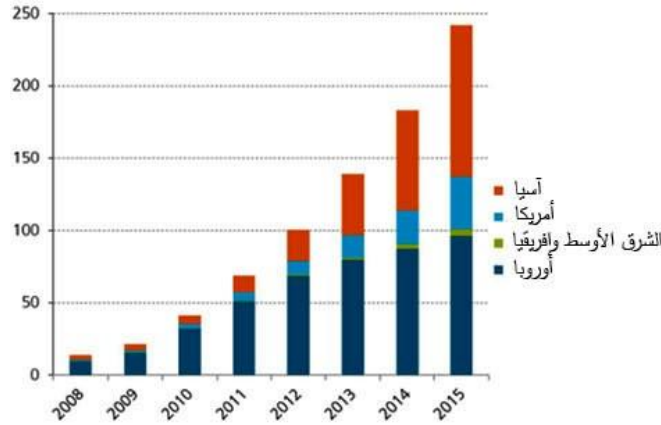
1- الطاقة الحرارية الشمسية

في عام 2014، تم استخدام 94% من الطاقة التي توفرها الأنظمة الحرارية الشمسية في جميع أنحاء العالم لتدفئة المياه الساخنة المحلية، وذلك أساساً من خلال أنظمة صغيرة الحجم في المنازل الفردية (68%)، وتطبيقات أكبر مرتبطة بالبيوت الجماعية والفنادق والمدارس... الخ (27%). وبلغت حصة تدفئة أحواض السباحة نسبة 4% في المساهمة في إمدادات الطاقة وخفض ثاني أكسيد الكربون، بينما استوفيت نسبة 2% المتبقية من أنظمة الطاقة الشمسية المركبة¹.

2- توليد الكهرباء الفوتوفلطائي

الطاقة الكهروضوئية هي سوق سريع النمو، حيث بلغ معدل النمو السنوي المركب للمعدات الكهروضوئية 42% بين 2000 و 2015. وفيما يتعلق بإنتاج الوحدات الكهروضوئية في عام 2015، تحتفظ الصين وتايوان بالصدارة بنسبة 67%، تليها بقية آسيا والمحيط الهادئ وآسيا الوسطى بنسبة 14%. ساهمت أوروبا بنسبة 5% (كانت 6% في عام 2014). الولايات المتحدة الأمريكية ساهمت بنسبة 3%².

الشكل رقم (II - 5): القدرة القائمة التراكمية للطاقة الشمسية الفوتوفلطائية في العالم



source: « photovoltaics report », fraunhofer institute for solar energy systems, ise with support of pse ag, 2016, report, p04. (disponible sur: www.ise.fraunhofer.de).

¹ - Mauthner F, Weiss W et autres, « Solar Heat Worldwide Markets and Contribution to the Energy Supply 2014 », IEA Solar Heating & Cooling Programme report, 2016, Austria, P 06.

² - « PHOTOVOLTAICS REPORT », Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems report, Germany, P04. (disponible sur: www.ise.fraunhofer.de).

يمكن أن يصبح 2017 عام التحدي مع ما لا يقل عن 65 جيغاواط تثبت في سيناريو متشائم (انخفاض السوق بـ: 13%). ومن المتوقع أن يتم التوصل إلى مستوى مماثل من المنشآت كما في عام 2016 إذا حافظت الأسواق القائمة على مستوى معقول من التنمية. ومن المرجح أن يؤدي تراجع السوق أو استقراره إلى استمرار الضغط على أسعار الوحدات النمطية مع زيادة قدرات الإنتاج الجديدة على الخط، مما يزيد من الفجوة بين العرض والطلب¹.

3- مراكز الطاقة الشمسية

يوجد حاليا 679 ميغاواط من الطاقة الشمسية المركزة مثبتة على مستوى العالم وأكثر من 2000 ميغاواط قيد الإنشاء. الولايات المتحدة الأمريكية هي الرائدة في السوق من حيث القدرة المركبة بنسبة 63% من حصة السوق، تليها إسبانيا بـ 32% من القدرة التشغيلية.

سيظل هذان السوقان حاسمين لتطوير هذه الصناعة في العقد المقبل، حيث تستأثر إسبانيا بأكثر حصة من المشاريع قيد الإنشاء بما يقرب من 89%. ومن حيث التكنولوجيا المستخدمة، تهيمن على السوق تكنولوجيا الحوض الصغير، التي تمثل 88% من محطات التشغيل و 97.5% من المشاريع قيد الإنشاء².

4- إنتاج وقود الطاقة الشمسية

ستتاح للوقود الشمسي فرصة في الأسواق العالمية لمنافسة سلع أساسية مثل الأمونيا والميثانول وأثير الميثيل والوقود الهيدروجيني والوقود الاصطناعي النفطي. ومع ذلك، فإن الاستثمار في مرافق إنتاج الوقود الشمسي سيتأثر بأسعار النفط. إن ارتفاع أسعار النفط يجعل من الصعب على أنواع الوقود البديل استقبال أموال الاستثمارات، حتى عندما يتوقع أن تكون لمنتجاتها تكاليف إنتاج أقل³.

في الوقت الحالي، يعتبر إنتاج وقود الطاقة الشمسية في المرحلة التجريبية. وقد بُنيت محطات تجريبية في نطاق قدرة تتراوح بين 300 و 500 كيلو واط من أجل الحد من الفحم الحراري لأكسيد الزنك، وإصلاح بخار الميثان، وتغويز بخار ال "بتكوك". وهناك مفاعل بقدرة 250 كيلو واط في أستراليا يعمل بطريقة إصلاح البخار.

¹ - « PV Market Alliance announces the 2016 PV market at 75 GW and a stable market in 2017 », article disponible sur: www.eqmagpro.com (consulté le: 23/05/2017).

² - « The Global Concentrated Solar Power industry Report 2010-2011 », rapport disponible sur: <http://www.csptoday.com/globalreport/>. (consulté le: 24/05/2017).

³ - Hinkley J et autres, « Concentrating Solar Fuels Roadmap: Final Report », Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, 2016, Australia, P 09.

خامسا: الآثار البيئية والاجتماعية

1- الآثار البيئية

توفر الشمس موردا هائلا لتوليد الكهرباء النظيفة والمستدامة دون تلوث سام أو انبعاثات الاحتباس الحراري. ويمكن أن تتفاوت التأثيرات البيئية المحتملة المرتبطة بالطاقة الشمسية تفاوتاً كبيراً تبعاً للتكنولوجيات المتبعة كما رأيناها آنفاً، وتتمثل أهم التأثيرات فيما يلي¹:

✓ **استخدام الأرض:** نظراً لموقعها، يمكن للمحطات الشمسية كبيرة المرافق أن تثير المخاوف بشأن تدهور الأراضي وفقدان الموائل. وتختلف الاحتياجات الإجمالية من مساحة الأرض تبعاً للتكنولوجيا، طبيعة الموقع، كثافة الموارد الشمسية. وتتراوح تقديرات نظم الطاقة الكهروضوئية على نطاق المرافق بين 3.5 و 10 فدان لكل ميغاوات، في حين أن تقديرات مرافق الطاقة الشمسية المركزة تتراوح بين 4 و 16.5 فدان لكل ميغاوات. وخلافاً لمحطات الرياح، هناك فرصة أقل لمشاريع الطاقة الشمسية لتقاسم الأراضي ذات الاستخدامات الزراعية.

✓ **استخدام الماء:** الخلايا الشمسية الكهروضوئية لا تستخدم المياه لتوليد الكهرباء. ومع ذلك، كما هو الحال في جميع عمليات التصنيع، يتم استخدام بعض الكميات من المياه لتصنيع مكونات الطاقة الشمسية الكهروضوئية. إن محطات الطاقة الشمسية المركزة، مثل جميع محطات الطاقة الحرارية، تتطلب مياه للتبريد، فاستخدام المياه يعتمد على تصميم المحطة، موقع المحطة، ونوع نظام التبريد.

✓ **الأجهزة الخطيرة:** وتشمل عملية تصنيع الخلايا الكهروضوئية عدداً من المواد الخطرة، ومعظمها يستخدم لتنظيف وتنقية سطح الموصلات. وتشمل هذه المواد الكيميائية، المماثلة لتلك المستخدمة في صناعة الموصلات العامة، حمض الهيدروكلوريك وحمض الكبريتيك وحمض النيتريك وفلوريد الهيدروجين و تريكلورثان والأسيتون. كمية ونوع المواد الكيميائية المستخدمة تتماشى ونوع الخلايا، ودرجة التنظيف المطلوبة، وحجم رقاقة السيليكون.

✓ **انبعاثات دورة الحياة والاحتباس الحراري:** فيما يتعلق بإنتاج الطاقة الشمسية والتأثير المحتمل في الاحتباس الحراري (تغير المناخ)، نلاحظ أنه لا توجد انبعاثات عالمية لتغير المناخ سببها توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية. ومع ذلك، هناك انبعاثات مرتبطة بمراحل أخرى من دورة حياة المحطة الشمسية، بما في ذلك التصنيع ونقل المواد والتركيب والصيانة وإيقاف التشغيل والتفكيك.

¹ - « Environmental Impacts of Solar Power », article disponible sur: <http://www.ucsusa.org>. (consulté le: 24/05/2017).

إن معظم تقديرات انبعاثات دورة الحياة للنظم الكهروضوئية تتراوح بين 0.07 و 0.18 رطل من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل كيلوواط / ساعة¹.

2- الآثار الاجتماعية

أظهرت صناعة الطاقة الشمسية توسعا في خلق فرص العمل، على الرغم من انخفاض الاستثمار الكلي للطاقة الشمسية. في عام 2014، كان قطاع الطاقة الشمسية يُشغل حوالي 3.3 مليون شخص في جميع أنحاء العالم (بشكل مباشر وغير مباشر)، حيث يُشغل قطاع الطاقة الشمسية الكهروضوئية 2.5 مليون وظيفة. الغالبية العظمى من الوظائف في آسيا، خاصة وأن تصنيع معدات الطاقة الشمسية ومراكز الطلب الرئيسية للطاقة الشمسية يتحرك شرقا. ومن ناحية أخرى، انخفض استخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية في أوروبا. وقد كان نمو الوظائف قويا بشكل خاص في قطاع التشغيل والصيانة، الذي يحتاج إلى دعم سوق الطاقة الشمسية الكهروضوئية الثانوية المزدهر. واستخدم قطاع التدفئة والتبريد بالطاقة الشمسية أكثر من ثلاثة أرباع مليون شخص على مستوى العالم في عام 2014، نظرا للأسواق الكبيرة في الصين والهند والبرازيل².

سادسا: الاتجاهات العالمية للطاقة الشمسية: انتشار الاستخدام طويل الأمد للطاقة الشمسية

في إطار تخفيف انبعاثات الكربون

يعد الحد من التكلفة قضية رئيسية لجعل الطاقة الشمسية المباشرة أكثر أهمية اقتصادياً، ولوضعها في مكانة ملائمة لحصد حصة أكبر من سوق الطاقة العالمية. ولا يمكن تحقيق هذا إلا إذا جرى الحد من تكاليف تكنولوجيات الطاقة الشمسية إبان تحركها عبر منحنيات التعلم الخاصة بها، وهو ما يعتمد في المقام الأول على حجم السوق .

تعتمد إمكانيات نشر استخدامها على الموارد الفعلية وإتاحة التكنولوجيا المحددة الخاصة بها. ومع ذلك، فإن وضع إطار عمل تنظيمي وقانوني في موضعه الصحيح يمكن أن يعزز أو يعرقل تطبيقات الطاقة الشمسية المباشرة. ووضع معايير دنيا للبناء فيما يتعلق بالتهئية والعزل يمكن أن يحد من الطلب على الطاقة للمباني بصورة كبيرة، ويمكن كذلك أن يزيد حصة الإمداد بالطاقة المتجددة دون زيادة الطلب الكلي. ويمكن باتباع تدابير شفافة ومبسطة لتكوين وتوصيل مصادر للطاقة الشمسية بالبنية الأساسية للشبكة الحالية أن تخفض بدرجة أكبر التكاليف المرتبطة بالطاقة الشمسية المباشرة.

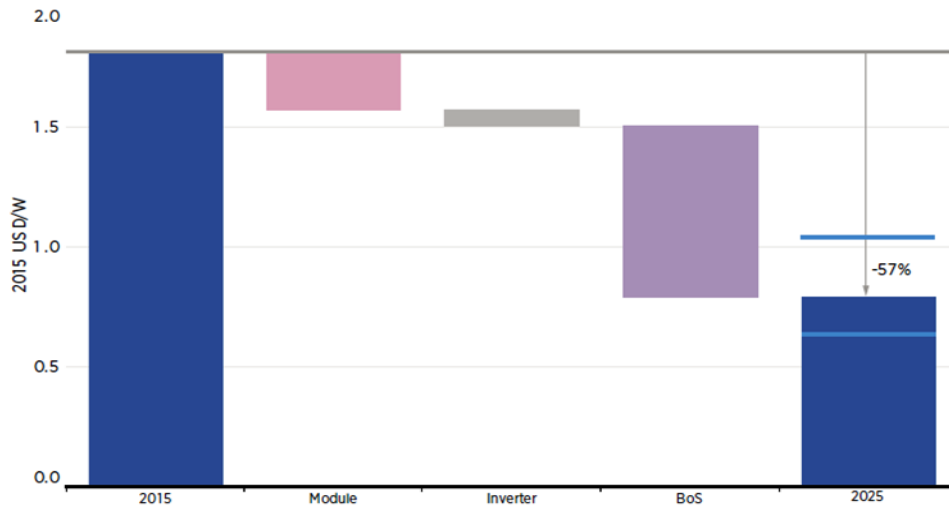
¹ - Spellman F R, « Environmental Impacts Of Renewable Energy », Taylor et Francis Group, Florida, 2015, P 91.

² - «World Energy Resources Solar | 2016 », world energy council report, London, 2016. P 46.

في تاريخها كله تقريبا، كانت تخفيضات التكلفة في سوق الطاقة الكهروضوئية مدفوعا بانخفاض تكلفة الوحدة "module"، نظرا لمعدلات التعلم التي تتراوح بين 18 و 22%، وتخفيضات تكلفة "BoS"¹. مع أسعار الوحدة الحالية في حدود 0.5 دولار أمريكي / واط و 0.7 دولار أمريكي / واط، تخفيضات تكاليف الوحدات في المستقبل ستساهم بأقل مما كانت عليه في الماضي في إجمالي إمكانات خفض تكاليف الطاقة المثبتة، حتى مع النمو السريع جدا في نشر الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

على الصعيد العالمي، سيأتي الجزء الأكبر من المتوسط العالمي لفرص خفض تكاليف النظم الكهروضوئية في العقد القادم من التخفيضات المستمرة في تكاليف "BoS". ويمكن أن تؤدي إيقاعات خفض التكاليف المختلفة (ومعظمها تخفيضات في تكاليف "BoS") إلى أن يتراوح المتوسط العالمي بين 0.63 دولار أمريكي / واط و 1.04 دولار أمريكي / واط. وهذا ما يتراوح بين 20% أقل و 32% أعلى من التقدير المركزي. ويشار إلى هذا النطاق للتكاليف لعام 2025 بواسطة الخططين أعلى وأسفل التقدير المركزي للتكلفة في عام 2025 في الشكل الموالي².

الشكل رقم (II - 6): المتوسط المرجح العالمي لتكاليف الأنظمة الفوتوفلطائية المثبتة للاستفادة واسعة النطاق وانخفاض التكاليف حسب المصدر 2015-2025



Source : « the power to change: solar and wind cost reduction potential to 2025 », IRENA 2016, P 39.

وعلى الرغم من التخفيضات الكبيرة في التكاليف في السنوات الأخيرة، ستستمر تكاليف الوحدات النمطية في الانخفاض. قد تتخفض أسعار الوحدات الكهروضوئية بنسبة الثلث أو أكثر من المستويات الحالية خلال العقد المقبل، وذلك حسب النشر. وبحلول عام 2025، ستتراوح تكاليف الوحدات الكهروضوئية البلورية بين 0.28 دولار أمريكي و 0.46 دولار أمريكي / واط بافتراض سيناريو 2030 REmap الذي وضعته الوكالة الدولية للطاقة المتجددة والذي يتوقع أن تكون الطاقة الكهروضوئية

¹ - balance-of -system.

² - « THE POWER TO CHANGE: SOLAR AND WIND COST REDUCTION POTENTIAL TO 2025 », IRENA Report, Germany, 2016, P 39.

المركبة التراكمية لعام 2030 واقعة ضمن نطاق يتراوح بين 750 و 500 جيجاوات، وفقاً لمعدلات التعلم من 18-22%¹.

المطلب الثالث: الطاقة الحرارية الأرضية

تُستخدم نظم الطاقة الحرارية الأرضية التي تستغل الخزانات الساخنة في الأرض (مثل الينابيع الحرارية، السخانات الطبيعية، والأرض التي تسخنها الماغما الساخنة) أساساً لتوليد الكهرباء وتوفير التدفئة. وهذه النظم شائعة في بلدان مثل أيسلندا وتركيا وغيرها. وتبلغ القدرة التشغيلية العالمية لتوليد الطاقة الحرارية الأرضية من هذه الموارد الحرارية الأرضية حوالي 12.8 جيجاواط اعتباراً من جانفي/2015، موزعة على 24 بلداً، ومن المتوقع أن تصل إلى 14.5 جيجاواط و 17.6 جيجاواط بحلول عام 2020 (جمعية الطاقة الحرارية الأرضية 2015)².

هناك نوع آخر من نظم الطاقة الحرارية الأرضية يوفر التدفئة والتبريد باستخدام الأرض. هي أنظمة الطاقة الحرارية الأرضية التي تستفيد من الطاقة الموجودة في الأرض في حالتها الطبيعية، حتى عندما لا تكون في درجات حرارة مرتفعة. ترتبط هذه الطاقة بدرجة حرارة باطن الأرض وتشمل الأرض والمياه الجوفية. (الملحق رقم 07 يبين موارد مختلف النظم الأرضية)

أولاً: إمكانات الموارد

تندرج الطاقة الحرارية في مجموعة واسعة من البيئات الحرارية الأرضية، وتصنف هذه البيئات عادة حسب درجة الحرارة وكمية المياه السائلة و / أو كمية البخار المتاحة لنقل الطاقة إلى سطح الأرض. بيئة الماغما هي النوع الأعلى حرارة والأفقر نسبياً للمياه في هذا التصنيف. وتتراوح درجة حرارة الماغما بين 650 إلى 1300 درجة مئوية، حسب التركيب الكيميائي، وللمقارنة، يذوب الحديد الصلب العادي عند حوالي 1500 درجة مئوية³.

يقدر أن الحرارة المخزونة التي يمكن الحصول عليها من الصخور الجافة الساخنة في الأرض تتراوح من 110 إلى 403×10^6 إكسغل نزولاً إلى 10 كم في العمق، ومن 56 إلى 140×10^6 إكسغل إلى 5 كم في العمق، ونحو 34×10^6 إكسغل نزولاً إلى 3 كم في العمق. وباستخدام تقديرات سابقة للموارد الحرارية المائية وحسابات للنظم الحرارية الأرضية المعززة (أو المصممة هندسياً) مستمدة من تقديرات الحرارة المخزونة في الأعماق، تتراوح الإمكانيات الفنية للطاقة الحرارية الأرضية التي يمكن

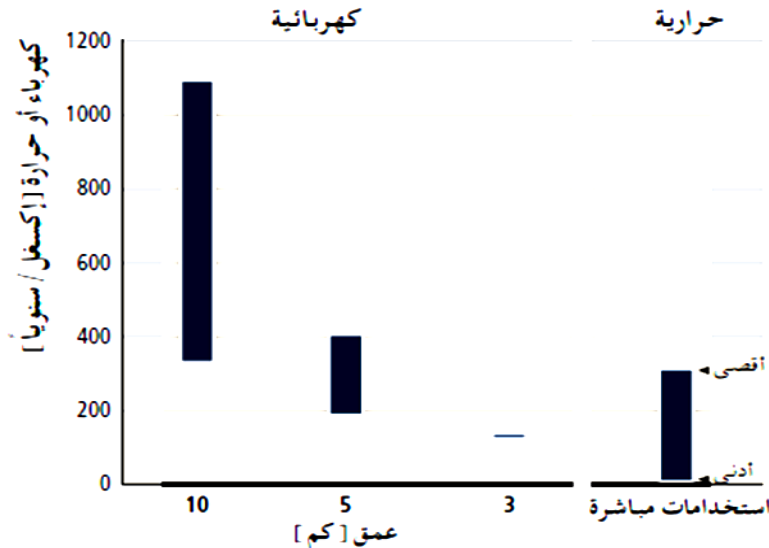
¹ - المرجع السابق، ص 40.

² - Rosen M A et Seama K F, « Geothermal Energy : sustainable heating and cooling using the ground », John wiley and sons, USA, 2017, P 01.

³ - Duffield W A et Sass J H, « Geothermal Energy : Clean Power From the Earth's Heat », US Geological Survey, Reston, Virginia, 2003, P 10.

استخدامها في توليد الكهرباء من 118 إلى 146 إكسل/سنوياً (على عمق 3 كم) ومن 318 إلى 1109 إكسل/سنوياً (على عمق 10 كم) وتتراوح بالنسبة للاستخدام المباشر من 10 إلى 312 إكسل/سنوياً¹.

الشكل رقم (II - 7): الإمكانيات الفنية للطاقة الحرارية الأرضية من أجل إنتاج الكهرباء والاستخدامات المباشرة



المصدر: "مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من آثار تغير المناخ"، التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2011، ص 73.

الفصل بين الإمكانيات الكهربائية والحرارية (الاستخدامات المباشرة) هو فصل تعسفي نوعاً ما حيث إن معظم موارد الحرارة الأعلى يمكن استخدامها لأي منهج، أو لكلاهما، في تطبيقات توليد الحرارة والطاقة المشترك حسب ظروف السوق المحلية.

الجدول رقم (II - 3): الإمكانيات الفنية الحرارية الأرضية على القارات لأقاليم وكالة الطاقة الدولية

الإمكانات الفنية للاستخدامات المباشرة (إكسفل/سنة)		الإمكانات الفنية الكهربائية (إكسفل/سنة) على عمق:						الإقليم
		10 كم		5 كم		3 كم		
أعلى	أدنى	أعلى	أدنى	أعلى	أدنى	أعلى	أدنى	
68.1	2.1	241.9	69.3	91.9	38.0	31.8	25.6	منظمة OECD، أمريكا الشمالية
41.3	1.3	146.5	42.0	55.7	23.0	19.3	15.5	أمريكا اللاتينية

¹ - Ruggero B, « Geothermal Energy », P 408, article disponible sur: www.coursehero.com. (consulté le : 13/07/2017)

16.0	0.5	56.8	16.3	21.6	8.9	7.5	6.0	منظمة OECD، أوروبا
44.5	1.4	158.0	45.3	60.0	24.8	20.8	16.8	إفريقيا
51.9	1.6	184.4	52.8	70.0	29.0	24.3	19.5	الاقتصادات التي تمر بمرحلة انتقالية
9.9	0.3	35.2	10.1	13.4	5.5	4.6	3.7	الشرق الأوسط
61.0	1.8	216.9	62.1	82.4	34.2	28.5	22.9	آسيا النامية
19.4	0.6	68.9	19.7	26.2	10.8	9.1	7.3	منظمة OECD، المحيط الهادئ
312.2	9.5	1108.6	317.5	421.0	174.3	145.9	117.5	الإجمالي

المصدر: "مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من آثار تغير المناخ"، التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2011، ص 73.

والحرارة المستخرجة لتحقيق الإمكانيات الفنية يمكن أن تجدد بصورة كاملة أو جزئية في المدى الطويل بتدفق الحرارة الأرضية القارية التي تبلغ 315 إكسل/سنوياً بمتوسط دفع قدره 65 مللي واط للمتر المربع¹.

ثانياً: التكنولوجيا والتطبيقات

تستخدم محطات الطاقة الحرارية الأرضية موارد الطاقة الحرارية الأرضية من الجزء الداخلي من الأرض لإنتاج البخار لتوليد الطاقة والمياه الساخنة لتطبيقات الاستخدام المباشر. وخلافاً لمحطات الطاقة التقليدية التي تقوم عملياتها على الوقود الأحفوري مثل الفحم، النفط، والغاز الطبيعي وغيرها، تستخدم محطات الطاقة الحرارية الأرضية موارد طاقة متجددة. هذه الحرارة الطبيعية من الماغما المنصهرة تسخن المياه المتراكمة في خزان الطاقة الحرارية الأرضية حتى يصبح سائل شديد الحرارة. يتم حفر آبار الإنتاج لجلب السوائل الساخنة إلى سطح الأرض حيث سيتم استخدامها لعدد من التطبيقات. يمكن استخدام البخار لتدوير شفرات التوربينات لتوليد الطاقة. بعد استخدام البخار لتوليد الطاقة، يمر من خلال المكثف الذي يحوله مرة أخرى إلى سائل. يتم استخلاص المعادن من السائل قبل أن يتم حقنه مرة أخرى في خزان الطاقة الحرارية الأرضية حيث يتم إعادة تسخينه وإرساله مرة أخرى إلى سطح الأرض من خلال بئر إنتاج.

¹ - المرجع السابق، ص 409.

تتراوح كفاءة تكنولوجيا الطاقة الحرارية الأرضية لتوليد الطاقة بين 10 و 17% وهي أقل من كفاءة محطات الطاقة التقليدية. يعود تدني قيم كفاءة محطات الطاقة الحرارية الأرضية عند مقارنتها بمحطات الطاقة التقليدية إلى انخفاض درجة حرارة البخار (200 درجة مئوية).

تؤدي الطاقة الحرارية الأرضية دورا هاما في البلدان التي تستخدم فيها هذه الموارد الطبيعية استخداما كاملا. على سبيل المثال، أكثر من 15% من الكهرباء تأتي من محطات الطاقة الحرارية الأرضية في السلفادور، 50% في آيسلندا، 21% في الفلبين، 6% في كينيا، 6% في كوستاريكا و 15% في نيكاراغوا.

هذا ينطبق أيضا على الاستخدام المباشر للطاقة الحرارية الأرضية حيث تنصدر: الصين (6100 ميغاواط)، تركيا (2800 ميغاواط)، اليابان (2100 ميغاواط)، آيسلندا (2000 ميغاواط)، الهند (1000 ميغاواط)، هونغاري (900 ميغاواط)، إيطاليا (800 ميغاواط)، والولايات المتحدة (600 ميغاواط) العالم كله بـ 80% من القدرة العالمية¹.

ثالثا: حالة الأسواق والتنمية الصناعية عالمياً وإقليمياً

في عام 2015، وُفّرت صناعة الطاقة الحرارية الأرضية العالمية حوالي 313 ميغاواط من القدرات، وهو أقل مما كانت عليه في السنوات السابقة. مع ذلك، نفس العدد نسبيا من محطات التوليد للسنوات السابقة دخلت خط الإنتاج عام 2015. المحطات التي أصبحت تعمل في الغالب هي مرافق صغيرة Binary/ORC في بلدان مثل: تركيا، كينيا، المكسيك، اليابان، ألمانيا والولايات المتحدة².

يمكن أن يعزى الانخفاض الطفيف في القدرة الجديدة المركبة إلى حالات التأخير الناجمة عن الكوارث الطبيعية، والمشاكل التنظيمية في العديد من البلدان النامية، والوقود الأحفوري الرخيص الذي جعل تمويل بعض المشاريع أكثر صعوبة وخلق حالة عدم ثقة لدى المستثمرين بشأن الاستثمار في مشاريع الطاقة المتجددة.

إجمالا، وصل السوق العالمي إلى ما يزيد عن 13.3 جيغاواط من الطاقة الحرارية الأرضية العاملة في 24 بلدا. وبحلول نهاية عام 2015، كان هناك 12.5 جيغاواط من إضافات القدرات الممكنة في 82 بلدا موزعة على 700 إلى 750 مشروعا يمكن تحديدها. ومن المتوقع أن تجلب أربعة عشر بلدا من هذه البلدان البالغ عددها 82 بلدا 2 جيغاواط من الطاقة خلال السنوات الثلاث أو الأربع القادمة استنادا إلى القائمة الحالية للمشاريع قيد الإنشاء مع اتفاقات شراء الطاقة والمعدات التي تم طلبها و الآبار

¹ - Bansal R, « Handbook of Distributed Generation: Electric power technologies, economics and environmental impact », Springer International Publishing, Switzerland, 2017, P 55.

² - «Annual U.S. & Global Geothermal Power Production Report », geothermal energy association report, USA, 2017, P 08.

التي يتم حفرها. عند النظر إلى هذه المشاريع، من المتوقع أن تستمر صناعة الطاقة الحرارية الأرضية في النمو بوتيرة ثابتة على الصعيد العالمي، حيث أن هذه المشاريع البالغة 2 جيجاوات قد أدت إلى إزالة معظم العوائق المالية والتمويلية. ويعزى هذا النمو المطرد إلى الأطر الزمنية التنموية الأطول لمشاريع الطاقة الحرارية الأرضية التي تخلق صناعة أقل تقلبا مقارنة بازدهار وكساد قطاعات الطاقة الأخرى¹.

رابعاً: الآثار البيئية والاجتماعية

1- البيئية

التأثير البيئي لتوليد الطاقة الحرارية الأرضية قد يكون مقبولا إذا ما قورن بالمصادر الأخرى لتوليد الطاقة، ومع ذلك فإنه ليس بالهين ويمكن أن يسبب آثار بيئية وإنسانية كبيرة الضرر.

يمكن تحليل الآثار البيئية لإنتاج الطاقة الحرارية الأرضية من زوايا مختلفة تشمل²:

✓ أولاً، التلوث البيئي: مثل نوعية الهواء ونوعية المياه والتلوث تحت الأرض والتلوث الكيميائي أو الحراري؛

✓ ثانياً: التغييرات في التضاريس المجاورة مثل هبوط الأراضي؛

✓ ثالثاً: الآثار الاجتماعية مثل النزاعات مع التقاليد الثقافية والمواقع الأثرية والاختلالات الاجتماعية والاقتصادية؛

✓ أخيراً: عواقب النشاط الصناعي على نطاق واسع مثل مستويات الضوضاء العالية، والحوادث الصناعية وتوليد النفايات الصناعية.

2- الاجتماعية

قد زادت المجتمعات المحلية والحكومات والمنظمات المحلية من الوعي بأثر النشاط الصناعي الواسع النطاق في بيئاتها. ويُتوقع أن يكون هناك إفصاح كامل عن التأثير المحتمل للنشاط الصناعي. ونظراً للعدد الكبير من المتغيرات التي تتطوي عليها عملية مثل استخراج الطاقة الحرارية الأرضية، قد لا يكون من الممكن النظر في جميع العواقب المحتملة للنشاط مما قد يؤدي إلى معارضة المجتمع لمشاريع الطاقة الحرارية الأرضية. بالإضافة إلى ذلك، هناك تضارب متزايد في المصالح بين نمو صناعة السياحة

¹ - Ruggero B, OP Cit, P 416.

² - Berrizbeitia L D, « ENVIRONMENTAL IMPACTS OF GEOTHERMAL ENERGY GENERATION AND UTILIZATION », working paper, Germany, June 16, 2014, P 09.

والنمو السكاني والتنمية المجتمعية للمنتجات مع مطالبها العالية على المياه واحتياجات محطات الطاقة الحرارية الأرضية¹.

خامسا: اتجاهات التكلفة

محطات الطاقة الحرارية الأرضية هي مشاريع كثيفة رأس المال، ولكن لديها تكاليف تشغيل منخفضة جدا ويمكن التنبؤ بها. وقد زادت تكاليف التطوير على مر الزمن حيث ارتفعت تكاليف الهندسة والمشتريات والبناء وأسعار السلع وتكاليف الحفر (وهو ما يتماشى مع الاتجاهات في قطاعي النفط والغاز). ويتألف مجموع تكاليف محطات توليد الطاقة الحرارية الأرضية المثبتة مما يلي²:

✓ تكاليف الاستكشاف وتقييم الموارد؛

✓ حفر آبار الإنتاج وإعادة حقنها؛ وهذا يتطلب خطط عاجلة، حيث أن نسبة النجاح من 60% إلى 90% هي معيار الإنتاج؛

✓ البنية التحتية الميدانية، نظام جمع السوائل الحرارية الأرضية والتخلص منها، والمنشآت السطحية الأخرى؛

✓ محطة الطاقة والتكاليف المرتبطة بها؛

✓ تطوير المشاريع وتكاليف الاتصال بالشبكة؛

توفر الطاقة الحرارية الأرضية، مثل كهرباء الكتلة الحيوية والطاقة الكهرومائية، كمية من الكهرباء أقل تكلفة من أي مصدر متواجد بين موارد جيدة، حيث تبلغ التكاليف أقل من 0.04 دولار أمريكي / كيلوواط ساعي في أكثر المشروعات تنافسية.

بين عامي 2007 و 2014، تراوحت تكلفة "LCOE" للطاقة الحرارية الأرضية من منخفضة بـ 0.04 دولار أمريكي/كيلوواط ساعي لتطوير المرحلة الثانية للحقل إلى مرتفعة بـ 0.14 دولار أمريكي / كيلوواط ساعة للتطويرات الجديدة.

توليد الطاقة الحرارية الأرضية عملية ناضجة، تكنولوجيا التوليد الأساسية التي تستخدم البخار أو الماء الساخن من المناطق النشطة حراريا توفر كهرباء تنافسية للغاية حيثما توافرت موارد عالية الجودة. ويمكن أن تؤدي تقنيات الطاقة الحرارية الأرضية المعززة أيضا إلى جعل الطاقة الحرارية الأرضية صالحة

¹ - ODUOR J A, « Environmental and Social Considerations in Geothermal Development », working paper, FIG Congress 2010 Facing the Challenges – Building the Capacity Sydney, Australia, 11-16 April 2010, P 10.

² - « RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2014 », IRENA, Germany, 2015, P 138.

في المناطق التي لا تتوفر فيها موارد جيدة. وقد ارتفعت تكلفة تطوير مشاريع الكهرباء الحرارية الأرضية بما يتماشى مع تكاليف الهندسة المدنية، ولا سيما بسبب زيادة تكاليف شراء منصات الحفر.

في عام 2009 مجموع التكاليف المثبتة لمحطة توليد الطاقة الحرارية الأرضية ارتفعت بنسبة 60% إلى 70% مما كانت عليه في عام 2000¹.

سادسا: إمكانيات النشر

تقدر الطاقة الكهربائية الأرضية الحرارية العالمية المقدرة بحلول عام 2050 بـ 200 جيغاواط، منها 100 جيغاواط من الطاقة الكهربائية الحرارية و 100 جيغاواط من أنظمة الطاقة الحرارية الأرضية المعززة "EGS"². ويفترض السيناريو المرجعي أن تكنولوجيا الصخور الساخنة ستصبح معمرة تجاريا بعد عام 2030 مباشرة. ومن المتوقع أن يتجنب إنتاج الطاقة هذا حوالي 760 ميغا طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون سنويا في جميع أنحاء العالم. من المتوقع أن تحدث معظم هذه الزيادة في منطقة المحيط الهادئ في آسيا، لا سيما إندونيسيا، و "وادي الصدع" في شرق أفريقيا، أمريكا الوسطى والجنوبية، وكذلك في الولايات المتحدة واليابان ونيوزيلندا وأيسلندا.

تتأخر التقديرات العالمية لاستخدام الطاقة الحرارية الأرضية السنوية بحلول عام 2050 ما مقداره 5.8 إكسل (حوالي 1600 تيراوات ساعي من الطاقة الحرارية). في ظل الحالة المفترضة، فإن استخدام الحرارة من التشكيلات الصخرية العميقة ينبغي أن يصبح ممكنا نظريا حيثما تكون درجات حرارة الصخور وخصائص باطن الأرض تسمح ببيع الطاقة اقتصاديا. ويمكن العثور على أكبر إمكانيات للطاقة الحرارية الأرضية في المناطق ذات الطلب العالي على الحرارة: أوروبا والصين وأمريكا الشمالية³.

المطلب الرابع: الطاقة المائية

تعتمد الطاقة الكهرومائية على تحريك المياه للتربينات. يتم توفير الطاقة الأولية عن طريق الجاذبية وهبوط الماء المرتفع على التربينات. الطاقة المحتملة للمياه المخزنة هي نتاج كتلة الماء، والجاذبية ($g = 9.81$) والرأس يعرف على أنه الفرق بين مستوى السد ومستوى مياه الذيل. يمكن أن تعتمد الطاقة الكهرومائية على تدفقات الأنهار غير المنظمة أو السدود ذات السعة التخزينية المحدودة فوق التدفق الطبيعي، وعلى المياه المسحوبة من الخزانات التي قد تحتوي على تدفقات تصل إلى عدة سنوات.

¹ - « Geothermal », article disponible sur : <http://costing.irena.org/technology-costs/power-generation/geothermal.aspx>. (consulté le: 29/05/2017).

² - Enhanced Geothermal System.

³ - Manzella A, «Geothermal energy », working paper, Institute of Geosciences and Earth Resources - Pisa, EDP Sciences - SIF, Italy, 2015, P 22.

ترتبط إمكانات الكهرباء لوحدة واحدة من المياه (متر مكعب) بالارتفاع من مستوى السد إلى مستوى التربينات. ويتغير مستوى الخزان إلى حد ما عندما يتم تحرير المياه وبالتالي يؤثر على إنتاج الكهرباء. ويتأثر إنتاج الكهرباء أيضا بكيفية نقل مياه الذيل بعيدا عن التربينات، مما يسمح بدخول المياه الجديدة¹.

المسألة الاقتصادية الرئيسية في إنتاج الطاقة الكهرومائية هي النمط الزمني لاستخدام المياه في الخزان بالنظر إلى القدرة الإنتاجية لكل فترة زمنية. فمع سعة تخزين كافية يمكن إعادة استعمال المياه المستخدمة اليوم بدلا من إعادة استخدامها غدا.

أولا: إمكانات الموارد

تختلف طرق تقييم الطاقة الكهرومائية عن تلك المستخدمة في مصادر الطاقة المتجددة الأخرى. بالنسبة للمصادر المتجددة مثل الرياح أو الطاقة الشمسية، يتم تقييم الإمكانات من خلال البدء بتقدير نظري، يتم بعد ذلك تخفيضه، من خلال تطبيق القيود، لتحديد الإمكانات التقنية، التي يتم تخفيضها إلى إمكانات اقتصادية إضافية.

غير أن إمكانات الطاقة الكهرومائية تُقَيَّمُ عموما عن طريق زيادة إمكانات المواقع الفردية المعروفة، كما يتم حذف العديد من المواقع الأخرى المحتملة لأسباب مختلفة. ونتيجة لذلك، يُقلل من تقدير الإمكانات النظرية، حيث يلعب الطابع الذاتي دورا هاما في تحديد ملائمة الموقع وفي عمليات التقييم.

حوالي 1 260 000 إكسغل (TW 40 000) من إجمالي تدفق الطاقة الشمسية البالغ 2 800 000 إكسغل/سنة (TW 89 000) الواصل إلى سطح الأرض، يستخدم في الواقع لتبخير المياه ودفع دورة المياه. وعلى النقيض من العديد من المصادر المتجددة، مثل الرياح أو الطاقة الشمسية، التي تتميز بتدفقات الطاقة المنتشرة، تستفيد الطاقة الكهرومائية من حقيقة أن دورة المياه تركز بالفعل الطاقة في شكل تدفق مياه عالي الكثافة. بالتالي يتم حساب الطاقة النظرية المحتملة في دورة المياه بنسبة 40% من الطاقة الشمسية المستخدمة لتبخير المياه. إذن الإمكانات النظرية للطاقة في دورة المياه هي 504 000 إكسغل/سنة.

تستند الإمكانات التقنية القصوى إلى مجموعتين من البيانات. يقيم عدد قليل من البلدان إجمالي إمكانات أنهارها الرئيسية، بينما تضيف بلدان أخرى إمكانات جميع المواقع، على افتراض أنه يمكن تسخير جميع الطاقة تقريبا في الموقع. على الرغم من حقيقة أن بعض المواقع قد لا تكون مدرجة في هذه

¹-Forsund F R, « Hydropower Economics », Springer Science+Business Media, New York, 2015, P 14.

البيانات، فالتقدير العالمي من 140-145 إكسغل لا يزال كبيرا. ومع ذلك، فإنه يمثل مزيجا من الإمكانيات التقنية والنظرية¹.

ثانيا: التكنولوجيا والتطبيقات

تتكون محطات الطاقة الكهرومائية من مكونين أساسيين: السدود ذات الخزانات ومحطات مجرى النهر، بدون خزانات. ويمكن تقسيم مخطط السدود إلى سدود صغيرة مع تنظيم ليلي ونهاري وسدود كبيرة مع تخزين موسمي ومحطات قابلة للتضخيم (من أجل الضخ والتوليد) لتخزين الطاقة والتنظيم الليلي، وفقا لتذبذب الطلب على الكهرباء.

عادة ما تصمم محطات الطاقة الكهرومائية صغيرة الحجم لتشغيلها في الأنهار. هذا خيار صديق للبيئة لأنه لا يتداخل بشكل كبير مع التدفق الطبيعي للنهر. وكثيرا ما تستخدم المحطة المائية الصغيرة النطاق لتطبيقات التوليد الموزعة (على غرار مولدات الديزل أو غيرها من محطات الطاقة الصغيرة) لتوفير الكهرباء لسكان الريف².

الجدول رقم (II - 4): الإمكانيات الفنية للطاقة المائية الإقليمية لسنة 2009

متوسط معامل القدرة الإقليمي (%)	إمكانيات غير مستغلة (%)	2009 القدرات المركبة (جيجاواط)	2009 إجمالي توليد الطاقة تيرواواط ساعي/سنويا (إكسغل/سنويا)	الإمكانات الفنية، القدرات المركبة (جيجاواط)	الإمكانات الفنية، التوليد السنوي تيرواواط ساعي/سنويا (إكسغل/سنويا)	الإقليم في العالم
47	61	153	628 (2.261)	388	1659 (5.971)	أمريكا الشمالية
54	74	156	732 (2.635)	608	2856 (10.283)	أمريكا اللاتينية
35	47	179	542 (1.951)	338	1021 (3.675)	أوروبا
47	92	23	98 (0.351)	283	1174 (4.226)	إفريقيا
43	80	402	1514 (5.451)	2037	7681 (27.651)	آسيا
32	80	13	37 (0.134)	67	185 (0.666)	أستراليا/أوقيانوسيا
44	75	926	3551 (12.783)	3721	14576 (52.470)	العالم

المصدر: "مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من آثار تغير المناخ"، التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2011، ص 81.

¹ - Johanson T B et autres, « Global Energy Assessment : Toward a sustainable future », International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria. 2012, P 476.

² - « Hydropower Technology Brief », IEA-ETSAP and IRENA, Germany, 2015, P 08.

يمكن تصنيف خيارات نمو الطاقة الكهرومائية الحالية إلى ثلاثة أنواع: محطات الطاقة الكهرومائية الكبيرة (< 10 ميغاواط)، محطات الطاقة المائية الصغيرة (≥ 10 ميغاواط) ومحطات مائية مصغرة (100 كيلو واط إلى 1 ميغاواط) كقوة فرعية، لتحسين القدرات في محطات توليد الطاقة الكهرومائية والسدود القائمة.

ثالثاً: حالة الأسواق والتنمية الصناعية عالمياً وإقليمياً

تم تشغيل ما يقدر بنحو 28 جيغاواط من الطاقة الكهرومائية الجديدة في عام 2015، حيث بلغ إجمالي القدرة العالمية حوالي 1 064 جيغاواط¹. وظلت أهم البلدان في مجال الطاقة الكهرومائية هي: الصين، البرازيل، الولايات المتحدة، كندا، روسيا، الهند والنرويج، والتي شكلت مجتمعة نحو 63% من القدرة العالمية القائمة في نهاية عام 2015. وقد قدر توليد الطاقة الكهرومائية العالمية، الذي يتغير كل عام بتغير الظروف الهيدرولوجية، في عام 2015 بـ 3 940 TWh. وقدرت السعة التخزينية العالمية المضخّة (التي تحسب بشكل منفصل) بـ 145 جيغاواط في نهاية العام، مع إضافة حوالي 2.5 جيغاواط في 2015.

اشتملت مصادر الطاقة المتجددة المتغيرة على زيادة التركيز على التخزين المضخ وتوليد الطاقة الكهرومائية مع محطات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح من أجل تحقيق أقصى قدر من الكفاءة في استخدام الموارد المتغيرة والحفاظ على موارد المياه².

رابعاً: الآثار البيئية والاجتماعية

تتمثل المزايا الاقتصادية الرئيسية للطاقة الكهرومائية في: انخفاض تكاليف التشغيل، أثر ضئيل على الغلاف الجوي، الاستجابة السريعة للتغيرات المفاجئة في الطلب على الكهرباء، وحياة طويلة للمحطات - عادة 40 سنة أو أكثر قبل التجديد الشامل. ومع ذلك، فإن التكلفة الرأسمالية لبناء السدود مرتفعة، وفترة الاسترداد طويلة جداً. هناك أيضاً قضايا اجتماعية وبيئية خطيرة ينبغي أخذها في الاعتبار عند اتخاذ قرار بشأن مشروع جديد للطاقة الكهرومائية، بما في ذلك تهجير السكان، الترسيب، التغيرات في نوعية المياه، الأثر على الأسماك، والفيضانات.

الميزة المؤيدة للطاقة الكهرومائية هي أنها لا تنتج الغازات الدفيئة والغازات المسببة للأمطار الحمضية، باستثناء مراحل البناء. ومع ذلك، قد تتأثر نوعية المياه على مستوى المنبع والمصب على حد

¹ - statistiques disponibles sur: www.hydropower.org. (consulté le : 30/05/2017).

² - « RENEWABLES 2016 GLOBAL STATUS REPORT », rapport de : Renewable Energy Policy Network For 21st Century, Paris, 2016, P 53.

سواء من السد نتيجة للزيادات في تركيز الغازات الذائبة والمعادن الثقيلة. يمكن تخفيف هذه التأثيرات عن طريق إحداث مزيج على مستويات مختلفة وتكسير الماء عن طريق التربينات التلقائية.

ويمكن أيضا أن يكون لإنشاء محطة للطاقة الكهرومائية أثر كبير على الأسماك بسبب: التغيرات في الموئل، درجة حرارة المياه، نظام التدفق، والموت حول التربينات.

من المهم تحقيق التوازن بين توليد الطاقة، والآثار الاجتماعية والبيئية، ومطالب المياه المختلفة في تخطيط أي منشأة جديدة للطاقة الكهرومائية لضمان مخطط مستدام¹.

خامسا: اتجاهات التكلفة

الطاقة الكهرومائية هي تقنية كثيفة رأس المال، تتميز بفترة إنجاز وترقية طويلة نظرا للتخطيط والتصميم والأعمال الهندسية المدنية المطلوبة. هناك مكونان رئيسيان لتكاليف مشاريع الطاقة الكهرومائية²:

✓ أعمال الهندسة المدنية لبناء محطات الطاقة الكهرومائية، بما في ذلك أي تطوير للبنية التحتية المطلوبة للوصول إلى الموقع وتكاليف ترقية المشروع؛

✓ التكلفة المتعلقة بالمعدات الكهربائية والميكانيكية؛

يتراوح مجموع التكاليف المثبتة لمشاريع الطاقة الكهرومائية الكبيرة عادة بين 1000 دولار أمريكي/كيلوواط وحوالي 3500 دولار / كيلوواط. ومع ذلك، فإنه من الممكن العثور على مشاريع ذات تكاليف خارج هذا النطاق. على سبيل المثال، قد يكون لترتيب محطة طاقة كهرومائية في سد قائم تم إنشاؤه لأغراض أخرى (السيطرة على الفيضانات، توفير المياه، وما إلى ذلك) تكاليف منخفضة تصل إلى 500 دولار أمريكي/كيلوواط. ومن ناحية أخرى، يمكن للمشاريع في المواقع النائية، دون وجود بنية تحتية محلية كافية وتقع بعيدا عن شبكات النقل القائمة، أن تكلف أكثر بكثير من 3500 دولار أمريكي/كيلوواط.

المطلب الخامس: الطاقة البحرية

الطاقة في موجات المحيط هي شكل من أشكال الطاقة الشمسية المركزة التي يتم نقلها من خلال تفاعلات موجات الرياح المعقدة. إن آثار تغير درجة حرارة الأرض بسبب التسخين الشمسي، بالإضافة

¹ - Andrews J et Jelley N, « Energy Science : principles, technologies and impacts », Oxford University Press, UK, 2017, P 200.

² - «RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES: COST ANALYSIS SERIES June 2012, Hydropower Volume 1: Power Sector Issue 3/5 », rapport de IRENA, Germany, 2012, P 21.

إلى العديد من الظواهر الجوية، تولد تيارات الرياح على نطاق عالمي، ويرتبط توليد موجات المحيطات وانتشارها واتجاهها ارتباطا مباشرا بتيارات الرياح هذه. من ناحية أخرى، المد والجزر هو اختلافات دورية في ارتفاع مياه البحر وسرعة التدفق كنتيجة مباشرة لحركة الأرض فيما يتعلق بالقمر والشمس وتفاعل قوى الجاذبية. وتظهر ظروف المد أكثر وضوحا في المناطق الساحلية حيث تزيد القنوات المقيدة من تدفق المياه وكثافة الطاقة¹.

يمكن تصنيف أشكال المصادر المتجددة للمحيطات على نطاق واسع إلى: - طاقة الأمواج - نطاق المد (ارتفاع المد وهبوطه) - تيارات المد والجزر - تيارات المحيط - تحويل الطاقة الحرارية للبحار - تدرجات الملوحة (الطاقة التناضحية)². (الملحق رقم 08 يبين مختلف مصادر الطاقة البحرية)

أولا: الموارد الممكنة

توفر الطاقة البحرية إمكانية خفض انبعاثات الكربون على المدى الطويل، لكن من غير المحتمل أن تقدم مساهمة كبيرة على المدى القصير قبل عام 2020، حيث أنها لا تزال في مرحلة وليدة من التطور. وتتجاوز الإمكانيات النظرية الكامنة في المحيطات التي تبلغ 7400 إكسغل/سنة بسهولة الاحتياجات البشرية الحالية من الطاقة³.

1- طاقة الأمواج

تحول محولات طاقة الموجات (WECS)⁴ الطاقة من إمكانيات الطاقة الحركية لموجات سطح المحيط إلى شكل آخر من أشكال الطاقة (مثل الكهرباء). ويمكن لهذه الموجات، التي تنتج أساسا عن طريق الرياح التي تهب عبر سطح المحيط (التموجات)، أن تنتشر في المياه العميقة مع الحد الأدنى من فقدان الطاقة.

يبلغ إجمالي مورد طاقة الأمواج النظرية 32000 تيراواط ساعة/سنة (115 إكسغل/سنة)، لكن من المرجح أن تكون الإمكانيات الفنية أقل من ذلك بكثير، وسوف تعتمد على تطوير تكنولوجيات طاقة الأمواج⁵.

¹ - Jahangir K et Bhuyan G S, « OCEAN ENERGY: GLOBAL TECHNOLOGY DEVELOPMENT STATUS », IEA et OES report, 2009, Canada, P 07.

² - « Review and Analysis of Ocean Energy Systems, Development and Supporting Policies », rapport de IEA-OES, Ireland, 2009, P 51.

³ - Huckerby J, « Ocean Energy », P 503, article disponible sur : fr.scribd.com. (consulté le : 05/04/2017)

⁴ - wave energy converters.

⁵ - المرجع السابق، ص 504.

2- نطاق المد (ارتفاع المد وهبوطه)

تولد قوى الجاذبية الشمسية والقمرية، جنباً إلى جنب مع دوران الأرض، تغييرات دورية في مستوى سطح البحر تعرف باسم المد والجزر. ويمكن زيادة هذا الارتفاع والهبوط في مستوى مياه المحيطات عن طريق أحواض الارتداد وقياس الأعماق الساحلية من أجل إحداث تغييرات كبيرة في ارتفاع سطح الأرض في مواقع جغرافية محددة¹.

تتراوح الإمكانيات النظرية لتوليد الطاقة من المد والجزر في العالم في نطاق 1 إلى 3 تيراواط، وتقع في المياه الضحلة نسبياً. ومن المرجح، مرة أخرى، أن تكون الإمكانيات الفنية أقل بكثير من الإمكانيات النظرية.

3- تيارات المد والجزر

تستخدم أنظمة تيار المد والجزر الطاقة الحركية من المياه المتحركة إلى التوربينات الكهربائية بنفس الطريقة التي تقوم بها توربينات الرياح بجمع الطاقة من الهواء المتحرك².

تشمل التقديرات الإقليمية الراهنة للإمكانيات الفنية الحالية للمد والجزر 48 تيراواط ساعة/سنة (0.17 إكسغل) لأوروبا و 30 تيراواط ساعة/سنة (0.11 إكسغل/سنة) بالنسبة للصين. كما تم تحديد مواقع جذابة تجارياً في جمهورية كوريا وكندا واليابان والفلبين ونيوزيلندا وأميركا الجنوبية³.

4- تيارات المحيط

تعد التيارات البحرية مصدراً آخر جذاباً للطاقة بسبب موثوقيتها المتأصلة واستمرارها واستدامتها. تيارات المحيط تتبع من الدوران الكلي للمحيطات العالمية، وتميل إلى أن تكون أكثر استقراراً مع عدد أقل من الاختلافات. وتشمل القوى الدافعة لتيارات المحيطات على نطاق واسع دوران الأرض، الجاذبية، ضغوط الرياح، واختلافات الكثافة⁴.

¹ - Mofor L, Goldsmith J et autres, « OCEAN ENERGY: TECHNOLOGY READINESS, PATENTS, DEPLOYMENT STATUS AND OUTLOOK », rapport IRENA, Germany, 2014, P 02.

² - Boronowski S et autres, « The Economics of Tidal Stream Power », working paper, 12th Congress of the European Association of Agricultural Economists – EAAE 2008, Ghent, Belgique, P 02.

³ - Huckerby J, Op Cit, P 504.

⁴ - Xiufeng Y, « OCEAN CURRENT ENERGY RESOURCE ASSESSMENT FOR THE UNITED STATES », A Dissertation Presented to The Academic Faculty In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy in the School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology December 2013, P 09.

5- تحويل الطاقة الحرارية للبحار

تحويل الطاقة الحرارية للمحيط (OTEC)¹ هو استخدام درجة الحرارة العالية لسطح المياه مع انخفاض درجة حرارة الماء على عمق معين وبالتالي خلق محرك الحرارة².

على الرغم من أن كثافة الطاقة الخاصة بتحويل طاقة المحيط الحرارية منخفضة نسبياً، فإن إمكانية المورد عموماً هي أكبر بكثير من أشكال الطاقة البحرية الأخرى. وقد أشارت تقديرات إحدى الدراسات أجريت عام 2007 أنه بالإمكان الحصول على 44000 تيراواط ساعة/سنة، 159 إكسل/سنة من الطاقة المنتظمة³.

6- تدرجات الملوحة (الطاقة التناضحية)

طاقة تدرج الملوحة هي طاقة متجددة تماماً ومستدامة. تعد طاقة تدرج الملوحة الطاقة الأعلى تركيزاً من بين جميع مصادر الطاقة البحرية المتجددة، وهي مورد طاقة كثيف جداً⁴. وتقدر الإمكانات النظرية لتدرجات الملوحة بـ 1650 تيراواط ساعي/سنة (6 إكسل/سنة).

ثانياً: التكنولوجيا والتطبيقات

في نهاية عام 2013، كانت القدرة العالمية القائمة لتكنولوجيات طاقة المحيطات تزيد قليلاً عن 530 ميغاواط، ومعظم هذه القدرة تعزى إلى محطات مدى المد والجزر في كل من فرنسا وكوريا الجنوبية. وتندرج جميع التكنولوجيات التي نوقشت سابقاً تحت التصنيف الأوسع لتكنولوجيا طاقة المحيطات، ومع ذلك، يُنظر إلى طاقة الأمواج والمد والجزر إلى حد كبير أن لديها أعلى إمكانات لتطبيقات تجارية كبيرة على الصعيد العالمي في المدى القريب إلى المتوسط. ويتجلى ذلك في الاهتمام العالمي وعدد عمليات نشر النماذج الأولية والتجارب البحرية التي حدثت مؤخراً على نطاق كبير (بطاقة اسمية 100 كيلوواط أو أكبر) لهذين النوعين من تكنولوجيات المحيطات بالمقارنة مع التكنولوجيات الأخرى⁵.

¹ - Ocean thermal energy conversion.

² - Engels W et Zabihian F, « Principle and Preliminary Calculation of Ocean Thermal Energy Conversion », working paper, ASEE 2014 Zone I Conference, April 3-5, 2014, University of Bridgeport, Bridgeport, CT, USA, P 01.

³ - Huckerby J, Op Cit, P 505.

⁴ - Jones A T et Finley W, « Recent Developments in Salinity Gradient Power », working paper, [IEEE Xplore](#) Conference: OCEANS 2003, USA, P 2284.

⁵ - Mofor L et autres, Op cit, P 09.

ثالثا: حالة الأسواق عالمياً وإقليمياً وتطور الصناعة

تكنولوجيات استغلال طاقة نطاق المد والجزر هي اليوم الوحيدة التي وصلت إلى مراحل التسويق في مجموعة طاقة المحيطات على الرغم من أنها تتطوي أيضا على تكاليف استثمارية عالية وآثار بيئية كبيرة. ولا توجد في العالم سوى أربع محطات لتوليد الطاقة المدية: مصنعان رئيسيان، أحدهما في كوريا الجنوبية (254 ميغاواط) والآخر في فرنسا (240 ميغاواط)، ومحطتان صغيرتان، واحدة في كندا (20 ميغاواط) وواحدة في الصين (3.9 ميغاواط). ويمكن لهذه التكنولوجيا أيضا أن تعرف تطورات أخرى لأن العديد من المشاريع قيد التطوير في المملكة المتحدة (Severn Tidal) وخاصة في كوريا الجنوبية.

وقد تسارع في السنوات الخمس الماضية تطوير أشكال أخرى من طاقة المحيطات (تيار المد والجزر والموجات الحرارية والتدرج الملحي وتكنولوجيا تيار المحيط)، وقد يصل بعضها إلى مرحلة النضج التجاري بحلول عام 2020. يجري حاليا عرض أجهزة الطاقة الموجية، بينما تقترب تربيينات المد تحت الماء التي تقودها التيارات من التسويق.

تقدر منظمة الأنظمة الطاقوية للمحيطات "OES"¹ أن تصل الإمكانيات عالمية إلى 337 جيغاواط من طاقة الأمواج والمد والجزر بحلول عام 2050، وربما مساهمة مماثلة من تحويل الطاقة الحرارية للمحيطات. وتقدر الرابطة الأوروبية لطاقة المحيطات الإمكانيات الأوروبية بـ 188 جيغاواط بحلول عام 2050، من شأنها أن تلبي 15% من الطلب الأوروبي على الكهرباء، وفي بعض البلدان تصل إلى 20% من الطلب المحلي².

رابعا: الآثار البيئية والاجتماعية

يؤدي نشر تكنولوجيا طاقة المحيطات إلى تحقيق فوائد بيئية كبيرة تتمثل في تعويض أشكال توليد الطاقة كثيفة الكربون. ومع ذلك، كما هو الحال مع أي تكنولوجيا إنتاج طاقة أخرى، فهي تسبب أيضا مخاطر تحتاج إلى تحديد وتخفيف. هذه المخاطر هي مخاطر ذات طبيعة بيئية واجتماعية³:

✓ "الشريط الأزرق" يمكن أن يكون معقدا ويستغرق وقتا طويلا للملاحة؛

✓ متطلبات الرصد البيئي مرتفعة بشكل غير متناسب؛

✓ منافسة تكنولوجيا طاقة المحيطات مع مستخدمي البحر الآخرين؛

¹ - ocean energy systems.

² - « Rising tide Global trends in the emerging ocean energy market », rapport de: EYGM Limited, UK, 2013, P 05.

³ - Mofor L et autres, Op cit, P 09.

✓ خطر رد فعل المجتمع إزاء تكنولوجيا طاقة المحيطات؛

خامسا: اتجاهات التكلفة

لقد أحرز تطور تكنولوجيا الموجات والمد والجزر تقدما كبيرا في السنوات الأخيرة. وينتقل عدد من الشركات من تطوير النموذج الأولي إلى تركيب صفائف العرض الأول، وهي خطوة هامة نحو الانتشار التجاري.

التكلفة المتوقعة للطاقة من الصفائف الأولى مرتفعة نسبيا بالمقارنة مع غيرها من مصادر الطاقة المتجددة في مرحلة متقدمة من التطور (مثل الرياح البحرية)، ولكن الانخفاض السريع في التكاليف من النماذج الأولية واضح بالفعل، وهناك توقع لانخفاض كبير في تكلفة الطاقة مع استمرار زيادة النشر. قد تم تحديد مسارات موثوقة للحد من تكاليف رأس المال والتشغيل وزيادة الغلة.

إن فرص خفض التكاليف المحددة هي على مستويات مختلفة من الجاهزية التجارية. وسيطلب البعض أنشطة دعم الابتكار بينما يتابع البعض الآخر بشكل طبيعي من الخبرة المكتسبة مع زيادة مستويات النشر¹.

بسبب هذه المرحلة المبكرة من التطور التكنولوجي، ينبغي النظر في تقديرات التكاليف المستقبلية للطاقة البحرية على أنها تكهنية. ومع ذلك، من المتوقع أن تنخفض تكلفة الطاقة البحرية بمرور الوقت وذلك مع المضي قدماً في البحوث والتطوير وإثبات الجدوى والنشر.

المطلب السادس: طاقة الرياح

لقد استغل البشر طاقة الرياح منذ فجر الحضارة القديمة. قبل آلاف السنين، اخترع المصريون أولى المراكب الشراعية في العالم، تقريبا 1000 سنة قبل الميلاد².

طاقة الرياح هي مصدر للطاقة المتجددة، تطورت بسرعة منذ نهاية السبعينات. وقد تحقق ذلك من خلال سياسة الطاقة التي أوجدت سوقا للطاقة المتجددة بواسطة البحث والتطوير التقني. في هذه العقود القليلة، تطورت طاقة الرياح من مصدر طاقة بديل إلى صناعة جديدة سريعة النمو لم تعد تحتاج إلى دعم وتصنيع تربينات هوائية تنتج الطاقة بتكاليف تنافسية.

تربينات الرياح تلتقط الطاقة الحركية عند مهب الريح وتحويلها إلى أشكال أخرى من الطاقة: العمل الميكانيكي في مضخات المياه وطواحين الهواء أو الطاقة الكهربائية في تربينات الرياح الحديثة.

¹ - «Ocean Energy: Cost of Energy and Cost Reduction Opportunities M May 2013 », rapport de: Ocean Energy Europe, Belgium, 2013, P 28.

²-Busby R L, « Wind Power : The Industry Grows Up », Penn Well Corporation, USA, 2012, P 02.

تُدفع الرياح إلى الحركة من خلال الاختلافات في درجة الحرارة وضغط الهواء التي تنشأ أشعة الشمس على سطح الأرض. تنتج تربينات الرياح طاقة نظيفة، ولا تحتاج إلى أي نقل للوقود يمكن أن يكون خطرا على البيئة، ولا تخلق تلوثا للهواء ولا تترك أي نفايات خطرة وراءها¹.

محطات طاقة الرياح نوعين: محطات برية (Onshore) ومحطات بحرية (Offshore) مقسمة كالآتي²:

✓ محطات برية:

- **تربينات ذات محور عمودي:** تربينات الرياح ذات المحور الرأسي هي أقرب إلى الأرض ووضعيتها مثالية للاستفادة من الرياح منخفضة السرعة في المناطق السكنية والحضرية.

- **تربينات ذات محور أفقي:** خلافا للتربينات الهوائية ذات المحور الرأسي، فإن معظم تربينات الرياح ذات المحور الأفقي ليست مناسبة للاستخدامات السكنية.

✓ **محطات بحرية:** تربينات الرياح البحرية هي نفس تربينات الرياح ذات المحور الأفقي المستخدمة على البر، إلا أن الدورات هي أكبر من ذلك بكثير.

أولا: إمكانيات الموارد

هناك جانبان لتقييم موارد الرياح هما³:

✓ تحديد الطاقة العامة للرياح؛

✓ تحديد إمكانات طاقة الرياح وتوقع إنتاج الطاقة من المزارع الريحية؛

يتم تحديد الطاقة العامة للرياح أو منطقتها من بيانات سرعة الرياح المتاحة، ثم يتم تخطيط خرائط الرياح. وبصفة عامة، سرعة الرياح المتاحة تغطي ارتفاعات تتراوح بين 6 و 20 مترا، إلا أن بعض أجهزة قياس شدة الريح تكون على قمم المباني أو أبراج المراقبة في المطارات ما يؤثر على دقة البيانات. وفي أجزاء كثيرة من العالم، تقتصر بيانات سرعة الرياح على المتوسطات اليومية أو الشهرية.

على الرغم من التباين الكبير في قوة وسرعة الرياح، فإن إجمالي موارد طاقة الرياح في العالم كبير للغاية، وتشير بعض التقديرات إلى أن استخدام 1% فقط من مساحة اليابسة في طاقة الرياح سيكفي

¹-Wizelius T, « Developing Wind Power Projects », Taylor and Francis Editions, USA, 2007, P 03.

²- Crystal S, Meisen P, « Various Wind Turbine Technologies », Global Energy Network Institute, USA, 2012, P 20.

³- Vaughn N, « Wind Energy : Renewable Energy And The Environment », Taylor and Francis Group, USA, 2014, P 65.

تقريبا لمعادلة جميع قدرات توليد الطاقة في جميع أنحاء العالم اليوم (¹ WEC 2013). يوفر توليد طاقة الرياح البحرية (التربينات العائمة) إمكانات أكبر للموارد، فضلا عن تأثير بيئي أقل من الرياح البرية، ويقدر أن القدرة العالمية للرياح مجتمعة البرية والبحرية تتأهل على الأقل 95 تيراواط (² WWEA 2014)، في المناطق الريفية على وجه الخصوص، طاقة الرياح الصغيرة لديها إمكانات كبيرة للتنمية. يمكن للأنظمة الهجينة أن تكون فعالة في المناطق الصغيرة أو خارج الشبكة عن طريق الاستفادة من أنظمة توليد الديزل التقليدية، والحد من تكاليف الوقود والنقل، وتحسين استقرار العرض³.

ثانيا: التكنولوجيا والتطبيقات

كان الاتجاه العام في تصميم التربينات لزيادة ارتفاع البرج، وطول شفرات وقدره الطاقة. في المتوسط، ومع ذلك، نمت التربينات في الطول و على مستوى قطر الدوار بسرعة أكبر من قدراتها في مجال الطاقة. وقد أدى هذا الانخفاض في القدرة المحددة، أو نسبة القدرة على مدى منطقة المسح، إلى زيادة عوامل القدرة إلى حد كبير بنفس سرعات الرياح.

وقد أدى هذا الاتجاه أيضا إلى ظهور الدورات المصممة لسرعة الرياح المنخفضة، حتى بقوة محددة أصغر، مع الصواري العالية والشفرات الطويلة فيما يتعلق بحجم المولدات - وعوامل قدرة أعلى حتى. وهذا يسمح بتثبيت تربينات الرياح في المناطق ذات سرعة الرياح المنخفضة، والتي غالبا ما تكون أقرب إلى مراكز الاستهلاك⁴.

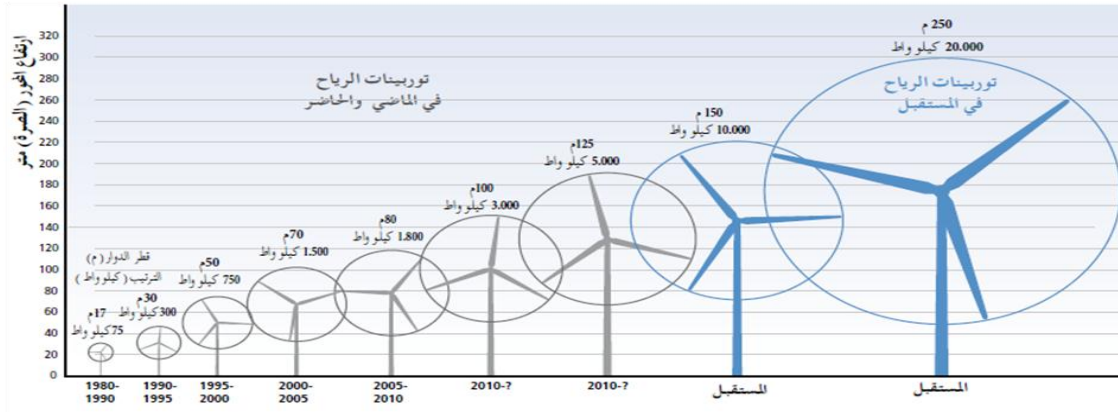
1- World Energy Council.

2- World Wind Energy Association.

3-« Wind Power Technology Brief », IEA-ETSAP and IRENA Technology Brief E07 – March 2016, rapport de IRENA, Germany, 2016, P 20.

4- Maria van der Hoeven , «Technology Roadmap: Wind energy, 2013 edition », rapport de: International Energy Agency OECD/IEA, France, 2013, P 12.

الشكل رقم (II - 8): النمو في حجم توربينات الرياح التجارية النموذجية.



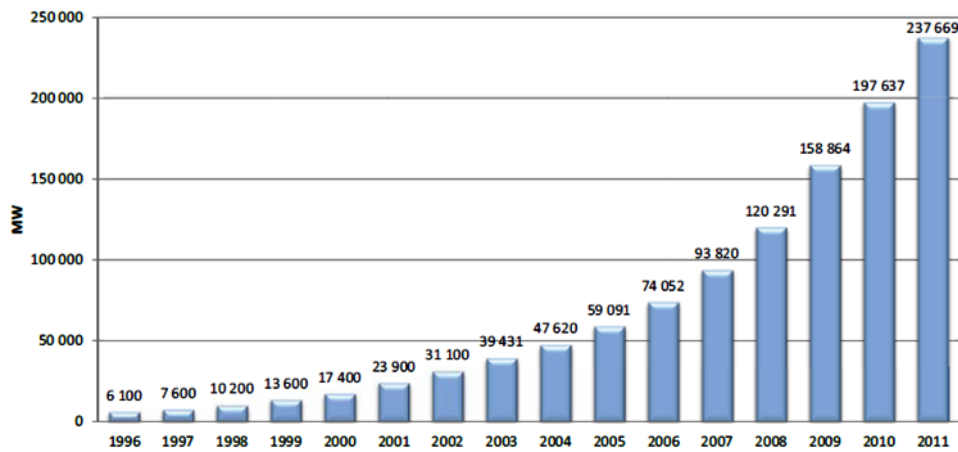
المصدر: "مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من آثار تغير المناخ"، التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2011، ص 96.

ثالثاً: حالة الأسواق عالمياً وإقليمياً والتطوير الصناعي

في عام 2011، ارتفع سوق طاقة الرياح العالمية بنسبة 6% مقارنة بعام 2010، حيث تمثل الزيادة المقدرة بـ 40.5 جيجاواط من طاقة الرياح الجديدة 70 مليار دولار من الاستثمارات.

وقد ارتفع إجمالي القدرة التراكمية بنسبة 20% في عام 2011 ليصل إلى 238 جيجاواط. أقل قليلاً من متوسط الزيادة في القدرة البالغ 28% على مدى السنوات الـ 10 الماضية.

الشكل رقم (II - 9): قدرة طاقة الرياح التراكمية المركبة عالمياً 1996-2011



Source : Shukla S et Sawyer S, «30 Years of Policies for Wind Energy Lessons from 12 Wind Energy Markets », rapport de: IRENA 2012, P 31.

كانت المحطات الآسيوية في الصين والهند هي المحرك الرئيسي للنمو في السوق العالمية. وتمثل الصين نحو 43% من السوق العالمية، وحققت الهند سنة أخرى من المنشآت القياسية. شكلت الدولتان

معا ما يزيد قليلا عن 50% من السوق العالمية في عام 2011. وبدأت البرازيل في التوسع، وستكون، إلى جانب المكسيك، أحد الأسواق الرئيسية للنمو في السنوات القادمة¹.

رابعا: الآثار البيئية والاجتماعية

تستخدم محطة طاقة الرياح تربينات الرياح لتحويل طاقة الرياح إلى كهرباء أو طاقة ميكانيكية. إنتاج التربينات من الطاقة هو وظيفة تفاعل كثافة الهواء، منطقة مسح شفرات التربينات، ومكعب سرعة الرياح. وتشمل القضايا البيئية الرئيسية المتصلة باستخدام تربينات الرياح: سلامة الحياة البرية، اضطراب النظام الحيوي، الضوضاء، تشويه المنظر، التداخل الكهرومغناطيسي، وتغير المناخ المحلي².

وتشمل الفوائد الاقتصادية والاجتماعية أيضا خلق فرص عمل محلية خلال مرحلة بناء وتشغيل المحطة، والتنمية الاقتصادية في المنطقة المضيفة وتدريب القوى العاملة المتخصصة³.

خامسا: اتجاهات التكلفة

من أجل تحقيق استخدام أوسع بكثير، يجب أن تكون طاقة الرياح أرخص. فلا تزال العديد من البلدان ترفض الاستخدام الواسع النطاق للطاقة المتجددة، لأن الطاقة عديمة ثاني أكسيد الكربون تمثل "عبئا" على الاقتصاد، وينظر إلى هذا الأمر على أنه مهم بالنسبة للأعمال التجارية والصناعات الثقيلة التي تمثل أكبر المستهلكين للكهرباء، حيث أن الفروق الصغيرة في الأسعار تؤدي إلى منافسة غير عادلة.

ومع ذلك، فإن التكاليف العامة تتناقص من حيث معدات التربينات الهوائية، بيد أن رسملة مواقع تربينات الرياح عامل جديد ينبغي النظر فيه بجدية. وحيث أن مواقع التركيب في بلدان كثيرة مقيدة من قبل سلطات التخطيط، فإن ذلك بالإضافة إلى أسعار مضمونة لطاقة الرياح يجعل من الممكن لأصحاب المواقع الحصول أحيانا على إيجار أو أثمان بيع باهظة للأرض⁴.

تبلغ تكاليف محطات الرياح البحرية في أوروبا حوالي 170 دولار / ميغاواط ساعة، وتنخفض إلى 100 دولار / ميغاواط ساعة في آسيا. وسجلت وكالة "IRENA"⁵ انخفاضا ملحوظا في تكاليف توليد

¹ - Shukla S et Sawyer S, «30 Years of Policies for Wind Energy Lessons from 12 Wind Energy Markets », IRENA report, Abu Dhabi, 2012, P 31.

² - Kaoshan D et autres, « Environmental issues associated with wind energy e A review », working paper, Renewable Energy Journal, Elsevier Ltd, 2014, New York, P 912.

³ - Bonfils S et autres, « L'énergie éolienne », Thématique: Les énergies nouvelles et renouvelables Fiche technique PRISME n° 2, Canada, 2005, P 06.

⁴ -Maegaard P, Krenz A et autres, « International Reviews And Developments: Wind Power For The World », Taylor and Francis Group, LLC, USA, 2013, P 10.

⁵ - The International Renewable Energy Agency.

المحطات البحرية بين عامي 2013 و 2014، وتقتصر كما تتوقع أنه قد يكون هناك انخفاض كبير في تكاليف توليد المحطات البحرية بحلول عام 2020، إلى حوالي 110 دولار/ميغاواط¹.

خلاصة الفصل الثاني

الكهرباء هي الطاقة الأكثر أهمية بالنسبة للنشاط البشري. في الواقع، يتم قياس درجة التنمية في بلد ما من خلال درجة مساهمة الكهرباء في احتياجاته من الطاقة، وعلاوة على ذلك، فإن استخدام الطاقة الكهربائية تدل على إرادة وتوجهات بلد ما للتصنيع.

لضمان إنتاج الطاقة، والكهربائية بالذات، التي تلبي احتياجات اليوم وغدا، دون خطر النقص، نظرا لمحدودية احتياطات الطاقة الأولية، مع الحد من انبعاثات الغازات الدفينة إلى معدلات مقبولة، يجب التحرك وفق ثلاثة اتجاهات:

✓ استخدام طاقات غير ناضبة وخالية من الكربون؛

✓ تفعيل تقنيات عزل الكربون؛

✓ تكثيف وفورات الطاقة.

من بين الطاقات الأولية: الأحفورية (الفحم ، الغاز والبترو)، والانشطارية (اليورانيوم، والثوريوم)، والمتجددة (طاقة الرياح، الطاقة الشمسية، الطاقة المائية، الطاقة الحرارية الأرضية والكتلة الحيوية)، فقط الطاقات الانشطارية والمتجددة هي التي لا تتضب. إلا أن الطاقة النووية تواجه مشكلة القبول الاجتماعي، التي برزت وتطورت منذ حادث فوكوشيما.

ونتيجة لذلك، يجب تطوير الطاقات المتجددة في كل مكان في العالم وحيث أمكن، مع الأخذ بعين الاعتبار الخصائص المحلية (إمكانات التعرض الشمسي للطاقة الشمسية، إمكانات سرعة الرياح لطاقة الرياح، ودرجات حرارة باطن الأرض للطاقة الحرارية الأرضية).

¹ - Milborrow D, « Wind Economics: Downward trend in wind prices continues », 2015, article publié sur: <http://www.windpowermonthly.com>. (consulté le: 02/06/2017).

الفصل الثالث

مفاهيم أساسية حول النظم
والتطبيقات النووية المستدامة

الفصل الثالث: مفاهيم النظم والتطبيقات النووية المستدامة

تمهيد

سيعرض هذا الفصل أبرز التطورات التكنولوجية النووية حول العالم، وأهم المميزات التي تتمتع بها المفاعلات، خاصة الاقتصادية منها، وذلك عبر تقديم أربعة مباحث، الأول يطرح المظاهر المختلفة للطاقة الذرية، كما يحدد مكانة هذه الأخيرة في موازنات الطاقة العالمية، المبحث الثاني يبين التطورات التي عرفت الطاقة النووية من جوانب عدة، بينما تطرق المبحث الثالث لهذه الصناعة الطاقوية ضمن مبادئ الاستدامة. واستوفى المبحث الرابع اقتصاديات الطاقة النووية، بتحليل التكاليف ودراسة الأداء. ثم أخيرا يتناول المبحث الخامس فرص وآفاق تطوير استخدام الطاقة النووية في الجزائر.

المبحث الأول : الطاقة النووية والأنظمة الطاقوية

تتأثر اقتصاديات المحطات النووية الجديدة بكثافتها الرأسمالية، التي تمثل 60% على الأقل من تكاليفها الكهربائية. تمثل رسوم الفائدة وفترة الإنشاء متغيرات هامة لتحديد التكلفة الإجمالية لرأس المال. وقد بلغ تصاعد تكاليف رأس المال النووي في بعض البلدان، وهو أكثر تعبيراً من الواقع الحقيقي نظراً لندرة بناء المفاعلات الجديدة في بلدان منظمة OECD، واستحداث تصاميم جديدة، ذروته حسب وكالة الطاقة الدولية. وفي البلدان التي تم فيها الإبقاء على برامج التطوير المستمر، تم احتواء التكاليف الرأسمالية، وفي بعض الحالات إنخفضت هذه التكاليف (حالة كوريا الجنوبية). وعلى مدى الخمسة عشر عاماً الماضية، انخفضت فترات البناء المتوسطة العالمية. وبمجرد إنشاء محطة نووية، تكون تكلفة إنتاج الكهرباء منخفضة ويمكن التنبؤ بها بشكل دائم¹.

المطلب الأول : المميزات الخاصة للطاقة الذرية

يرتكز تحليل المظاهر الاقتصادية للطاقة الكهرونووية على فكرة تشترك فيها كل المصادر الطاقوية المستعملة للحصول على الإلكترونين، لكن تؤثر بعض هذه الميزات الخاصة بشكل كبير على الأداء الاقتصادي للطاقة النووية وخاصة فيما يتعلق بالجانب التنافسي مقابل الوقود الحجري والطاقة المتجددة، سنحاول إعطاء نظرة عن هذه الميزات الخاصة بشكل مجمل دون الخوض في التفاصيل².

أولاً: المظاهر التكنولوجية والاقتصادية

مصادر الطاقة النووية هي الانشطار والاندماج والانحلال الإشعاعي. يحدث الانشطار النووي عندما تصبح أنواع معينة من الذرات الثقيلة غير مستقرة وتنقسم إلى جزأين متوسطي الكتلة، ويحدث

¹ - « Nuclear Power Economics and Project Structuring », World Nuclear Association, England, 2017, P 03.

² - Evelyn B et Gilbert N, « L'économie de l'énergie nucléaire », EDP Sciences, France, 2004, P 19.

الاندماج النووي عندما تُدمج بالقوة الذرات الخفيفة معا لصنع ذرات أثقل. يحدث الانحلال الإشعاعي عندما تبعث الذرات غير المستقرة الطاقة من أجل أن تصبح أكثر استقرارا. وتشمل العمليات الثلاث التفاعلات بين أكبر القوى والتغيرات التي تحول الكتلة إلى طاقة¹.

يرتكز استغلال الطاقة النووية على تكنولوجيا معقدة، فإذا كانت الطاقة الحرارية تستعمل للحصول على الكهرباء المتأتمية من وقود كيميائي بسيط في المراكز الحرارية الكلاسيكية، فإن الطاقة تتولد من خلال الانشطار النووي المحتواة في الوقود في المراكز النووية. لم يكن لهذه الظاهرة وجود إلا في القرن الماضي. يترجم التعقيد التكنولوجي اقتصاديا من خلال كلفة البناء والصيانة الجد مرتفعة مقارنة مع المصادر التي تتطلب تقنيات بسيطة. إضافة إلى أن التكنولوجيا العالية تتطلب يدا عاملة مؤهلة ذات مستوى عال يوافقها أجر شهري مرتفع.

وبحجة مدى وتعقيد دورة الوقود النووي، فإن تقييم كلفته تتطلب معطيات حول أسعار ومدى كل مرحلة ومنهجية مثالية لحساب الكلفة الحالية للكيلواط ساعي، في حين أن الوقود الأحفوري يتطلب توفر معطيات اقتصادية ضرورية بسيطة ألا وهي سعر البترول، الفحم أو الغاز الموجه للمفاعل.

إن التكلفة المرتفعة وطول المدة التي يتطلبها بناء مفاعل نووي والتي من غير الممكن تقاؤها ميدانيا مع التصور والتفكير في مفاعلات قصيرة ومتوسطة المدى بحجة التعقيد التكنولوجي، قد تؤدي إلى أخطار مالية تفوق تلك المدرجة في التكنولوجيا المنافسة لإنتاج الكهرباء، بالخصوص الحرارية الأحفورية، وعلى العكس من ذلك، تضمن الحصة المتوافرة للتكلفة المتغيرة المتعلقة بالتكلفة الشاملة للكهرباء المنتجة من الطاقة النووية الاستقرار على المدى المتوسط والطويل لهذه التكلفة التي تقلل نسبة خسارة حصة من السوق. إن استقرار تكلفة الإنتاج، والتي تعني استقرار السعر بالنسبة للمستهلك، يمثل امتياز لا يستهان به، ولو في سوق غير منتظمة هذا بالنسبة للمبيعات في إطار عقود طويلة المدى خاصة لربائين صناعيين يستهلكون بشكل كبير².

ثانيا: المظاهر البيئية

ينبغي النظر في التكاليف المستقبلية لكل ميغاواط من المنافسين الرئيسيين للطاقة النووية، وليس فقط التكاليف الحالية. وبالإضافة إلى التقدم التكنولوجي في العمليات والتغيرات المحتملة في أسعار الوقود التي يمكن أن تقلل من تكاليف حرق الفحم والغاز، فإن الاعتبارات البيئية يمكن أن ترفع من تكلفة هذه المصادر المنافسة نظرا لأهميتها كمصدر لتلوث الهواء³.

¹ - Ferguson C D, « Nuclear Energy : What everyone needs to know », Oxford University Press, 2011, P 07.

² - Evelyne B et Gilbert N, Op Cit, P 19.

³ - « THE ECONOMIC FUTURE OF NUCLEAR POWER », A Study Conducted at The University of Chicago August 2004, P 8-1, Etude disponible sur: www.eusustel.be.

وقد اقترحت الطاقة النووية كرد على الحاجة إلى مصدر للطاقة النظيفة بدلا من المحطات المنتجة لثاني أكسيد الكربون. لكن الطاقة النووية ليست بالضرورة مصدرا للطاقة النظيفة، وتثير آثار الطاقة النووية على البيئة شواغل خطيرة يجب النظر فيها، خاصة قبل اتخاذ قرار ببناء محطات طاقة نووية جديدة¹.

1- ثاني أكسيد الكربون

توصف الطاقة النووية كمصدر نظيف للطاقة لأن محطات الطاقة لا تنتج انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. هذا صحيح من وجه، فقد لا ينبعث ثاني أكسيد الكربون من محطات الطاقة النووية أثناء التوليد، لكن هناك كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون تنبعث خلال الأنشطة المتعلقة ببناء وتشغيل المحطات. تستخدم محطات الطاقة النووية اليورانيوم كوقود، حيث تطلق عملية تعدين اليورانيوم كميات عالية من ثاني أكسيد الكربون في الجو. وأخيرا، فإن نقل النفايات المشعة يسبب أيضا انبعاثات ثاني أكسيد الكربون².

2- المستويات المنخفضة للإشعاع

تتبعث مستويات منخفضة من الإشعاع باستمرار من محطات الطاقة النووية في الجو، وهناك اختلاف في الرأي بين العلماء حول الآثار الناجمة عن ذلك. أظهرت الدراسات العلمية المختلفة زيادة معدل الإصابة بالسرطان بين الأشخاص الذين يعيشون بالقرب من محطات الطاقة النووية، وتبين أن التعرض طويل الأمد للإشعاع المنخفض المستوى يضر بالحمض النووي. إن درجة الضرر التي تسببها هذه المستويات المنخفضة من الإشعاع في الحياة البرية والنباتات وطبقة الأوزون غير مفهومة تماما، فالمزيد من البحوث تجرى فعلا لتحديد حجم الآثار الناجمة عن هذه الإشعاعات.

3- النفايات المشعة

النفايات المشعة مصدر قلق كبير، ويمكن لنفايات محطات الطاقة النووية أن تظل نشطة لمئات الآلاف من السنين. يجري حاليا تخزين معظم النفايات المشعة من محطات الطاقة النووية في محطة توليد الكهرباء نفسها، وبسبب ضيق المساحة، ستحتاج النفايات المشعة إلى إعادة توطينها في نهاية المطاف.

هناك العديد من القضايا المصاحبة لعملية دفن النفايات المشعة. يتم نقل النفايات في شاحنات كبيرة، وفي حالة وقوع حادث، يمكن أن تتسرب النفايات المشعة. إن الكمية الحالية للنفايات المشعة التي

¹ - Rose Kivi, « How Does Nuclear Energy Affect the Environment? », avr 2017, article publié sur: <http://sciencing.com>. (consulté le: 12/06/2017).

² - Evelyne B et Gilbert N, Op Cit, P 21.

تتطلب تخزين طويل الأجل ستملاً المدافن، بالتالي يجب إيجاد مواقع جديدة لدفن النفايات المشعة في المستقبل. ولا يوجد حل حالي لمعالجة مسألة النفايات المشعة، فبعض العلماء يرى أن فكرة بناء المزيد من محطات الطاقة النووية تزامناً مع مشكلة التعامل مع النفايات قد تتطوي في وقت لاحق على نتائج خطيرة¹.

4- نظام تبريد المياه

تستخدم أنظمة التبريد للحفاظ على محطات الطاقة النووية من ارتفاع درجة الحرارة. هناك نوعان من المشاكل البيئية الرئيسية المرتبطة بنظم تبريد محطات الطاقة النووية²:

✓ أولاً: نظام التبريد يسحب المياه من المصدر المائي (المحيط أو البحر أو النهر) فيتم التقاط الأسماك عن غير قصد ضمن كمية نظام التبريد وتموت جراء ذلك.

✓ ثانياً: بعد استخدام المياه لتبريد محطة توليد الكهرباء، يتم إرجاعها إلى المحيط أو النهر بدرجة حرارة أكبر بحوالي 25°م ما يؤثر على بعض أنواع الأسماك والنباتات.

بالنظر إلى الآثار البيئية المحتملة الناجمة عن التخلص من النفايات المشعة وثنائي أكسيد الكربون في التشكيلات الجيولوجية، ستكون هناك اضطرابات أرضية فوق الأرض التي ستقع عليها البنى التحتية السطحية لمرفق التخلص، وسلاسل استخدامات الموارد والانبعاثات الناجمة عن تشييدها وتشغيلها. بالنسبة لكلا النوعين من النفايات المذكورة، يمكن قياس الأعباء على البيئة من هذه العمليات إلى حد كبير في عشرات السنين، ويمكن اتخاذ تدابير للحد منها أو الحد منها بطريقة رجعية ومستمرة. من ناحية أخرى، يجب أن يعتبر التخلص من هذه النفايات واحتوائها، عند تصميم المدفن، احتمالاً دائماً في حالة النفايات المشعة وفي حالة ثاني أكسيد الكربون. وهذا يعني، من الناحية العملية، أنه لا يمكن اتخاذ تدابير للسيطرة على الآثار البيئية أثناء عملية الانحلال أو عمليات التعدين، التي تستمر بعد فترة طويلة من الأنشطة الأرضية السطحية، مرة واحدة فقط، قبل طرح النفايات في التكوين الجيولوجي³.

ثالثاً: المظاهر الإستراتيجية والاجتماعية

إن ضمان التموين هدف مفتاح لسياسة طاقة وطنية للعديد من البلدان. إن البلدان التي لا تترخر بموارد طبيعية مالية أو تكنولوجية قدرتها على تغطية الطلب الطاقوي لسكانها موضع ضعف تجاه البلدان

¹ - المرجع السابق، ص 22.

² - Rose Kivi, op cit.

³ - «Techno-economic Comparison of Geological Disposal of Carbon Dioxide and Radioactive Waste », IAEA TECDOC SERIES, IAEA, 2014, P 67. Rapport disponible sur: <http://www-pub.iaea.org>.

المصدرة للطاقة. في هذا الموضوع وعلى غرار الطاقة النووية الشمسية أو الهوائية التي لا تخضع لاستيراد المواد الأولية فإنها تضمن التمويل مهما كان الوضع السياسي أو الاقتصادي للوقود الأحفوري في الأسواق الدولية.

إنه لمن الملائم التلويح إلى أن التكنولوجيا الكهرونووية تدعم استقرار أسعار الكهرباء وتضمن كذلك التمويل، وهذا من خلال تشكيل مخزونات استراتيجية للوقود بتكلفة منخفضة. وعليه، فإن الوقود النووي المصنع قد بلغ حجما كبيرا نوعا ما كما أن المخزونات الإستراتيجية التي ضمنت التمويل طيلة أعوام يمكن للمستهلك أن يبني مثلها دون التسبب في تكاليف مالية ثقيلة. وفي حال اضطراب الأسواق الدولية لليورانيوم، وهذا ممكن وروده وحصوله، فإن لمستقبلي المفاعلات النووية متسع من الوقت لإعادة توجيه استراتيجيات التمويل. اختلفت آراء الخبراء حول القيمة الاقتصادية المضمونة التي يتمتع بها الأمن الطاقوي للتمويل وهذا بسبب صعوبتها. تنتظر المجتمعات إلى الطاقة النووية طبقا للعديد من جوانب حياتهم والأشياء التي يقدّرونها، ويضعون تصوراتهم حول هذه الأبعاد بدلا من المعلومات العلمية أو التقنية¹.

تجيب الطاقة النووية على التطلعات الاجتماعية الحديثة. كل هذا يدخل في إطار الأهداف المتطورة العامة للتنمية المستدامة. سيكون من الجيد تطبيق القواعد والإجراءات المتخذة لتفادي الأخطار والخسائر الطاقوية على مجموع المصادر الطاقوية وهذا من أجل التحفيز على اقتصاد مريح للمجتمع².

المطلب الثاني: مكانة الأنظمة الطاقوية النووية في الموازنات الطاقوية العالمية

أصبحت الأنظمة الطاقوية الحديثة المتعلقة بالطاقة النووية أكثر تعقيدا مع التطور التكنولوجي الحاصل خاصة على المستوى الإنتاجي باعتمادنا على الإحصائيات و تحليل الأنظمة الطاقوية، يمكننا أن نميز بين ثلاث مستويات للطاقة: أولي ، ثانوي ، ونهائي.

يتشكّل المستوى الأول من الطاقة الأولية، وهي الطاقة الناتجة مباشرة عن استغلال الموارد المتاحة في الطبيعة: الخشب، الفحم، النفط، الغاز الطبيعي، الرياح، الإشعاع الشمسي، الطاقة المائية والطاقة الحرارية الأرضية. لكن هذه الطاقات لا يمكن دائما استخدامها مباشرة: يجب أولا تحويلها (مثل تكرير النفط للحصول على البنزين)³.

مورد الطاقة النووية، اليورانيوم في أغلب المحطات القائمة، مادة أولية معدنية تتواجد في حالتها الخام في الطبيعة حيث يعد هذا المعدن مصدر الطاقة النووية في معظم المفاعلات، لذلك تُقَيّد (تُسجّل)

¹ - Parkins J et Haluza-DeLay R, « Social and Ethical Considerations of Nuclear Power Development », working paper, University of Alberta, 2011, P 04. Etude disponible sur: <http://ageconsearch.umn.edu>.

² - Evelyne B et Gilbert N, Op Cit, P 22.

³ - Favennec J P, « The Geopolitics of Energy », Editions Technip, Paris 2011, P 07.

الطاقة النووية على مستوى الطاقة الأولية قبل أن يتم إنتاجها وتوزيعها في شكلها الثانوي ألا وهو الكهرباء عن طريق أنظمة كهربائية معينة.

المبحث الثاني : تطور الطاقة النووية

عرفت الطاقة النووية منذ سنوات الخمسينات مراحل مختلفة فيما يتعلق بمكانة الكهرباء النووية في السوق مقابل الطاقة المنافسة الأخرى. مع الأخذ بعين الاعتبار الانعكاسات الناجمة عن العوامل الاقتصادية والسياسية العالمية.

المطلب الأول : البرامج الكهرونووية في العالم

يعتبر قرار إدخال الطاقة النووية ضمن المزيج الطاقوي الوطني أحد أخطر الخيارات السياسية التي يمكن أن تتخذها أي حكومة، وهذا لكونه قرارا جد معقد. ويمثل برنامج الطاقة النووية التزاما لا يقل عن قرن من التخطيط للبناء والتشغيل وإدارة النفايات وفي نهاية المطاف الغلق.

أولا: التطور التاريخي من وجهة نظر اقتصادية

بدأت أول محطة للطاقة النووية لتوليد الكهرباء بإنتاج بلغ 5 ميجاواط ساعي، موجهة للاستخدام التجاري في العمل في أوبنيسك، روسيا في عام 1954، كان مفاعلها غرافيت خفيف ومبرد بالمياه الخفيفة. بعد عامين فقط، انطلقت مفاعلات الغرافيت المعتدل والغاز المبرد في العمل بإنتاج قدره 50 ميجاواط ساعي في "كالد هال" البريطانية. سنة بعد ذلك، بدأ أول مفاعل (PWR) في العمل بإنتاج 60 ميجاواط ساعي في "Shippingport" الو م أ¹. مرحلة البداية هذه تبعها نمو سريع لإنتاج الطاقة النووية في العديد من البلدان¹.

خلال هذه العشرية تم تحفيز التوجهات تجاه استغلال الطاقة النووية من خلال التطور العلمي السريع والتمدد الصناعي والتجاري لهذه الطاقة وكذا تعزيز مكانتها الاقتصادية في السوق. كذلك دفع التخوف من نضوب البترول صناع القرار إلى القيام بتطوير المصادر الأخرى للطاقة. بالتالي أصبح تنويع وضمان التموين الشغل الشاغل والهدف الكبير للسياسات الاقتصادية للبلدان. في هذا السياق، تمثل الطاقة النووية بديلا للخيارات على غرار الوقود الأحفوري وهذا لتجنب انقطاع التموين بالطاقة الأولية، فهي تبدو قادرة على خفض أسعار الكهرباء في الوقت الذي كانت فيه تكلفة الإنتاج منخفضة بالنسبة

¹ - Kessler G, « Sustainable and Safe Nuclear Fission Energy: Technology and Safety of Fast and Thermal Nuclear Reactors », Springer-Verlag, Berlin, 2012, P 01.

للمنتجين المنافسين. في بدايات الاستغلال تسارعت وتيرة بناء المفاعلات خلال البدايات الأولى من الستينيات كما أن استغلال المواقع الضخمة للبترول في الشرق الأوسط أدى إلى تراجع التخوفات من

نقص وفرة الوقود وخفض الفائدة من التطور الصناعي للطاقة النووية. إضافة إلى أن التكنولوجيا الفتية للطاقة النووية ينجر عنها اضطرابات على قرار أدائها المستقبلي وتكلفتها الحقيقية التي يمكن أن تتمخض عنها تهديدات مالية يتخوف منها المستثمرون في مجال الطاقة. بينما النصف الثاني من العشرية، عرف ازدهار التكنولوجيا الصناعية للمفاعلات المائية في الولايات المتحدة وتطورا مهما لقوة الطاقة الكهرونووية الموضوعة في العديد من البلدان المصنعة.

منذ توصيل أول مفاعل للطاقة النووية بشبكة الكهرباء السوفياتية في أوبنينسك في 27 يونيو 1954، كانت هناك موجتين رئيسيتين من الشركات الناشئة. بلغت الأولى ذروتها عام 1974، مع 26 اتصال بالشبكة في ذلك العام. وبحلول نهاية الثمانينيات، توقفت الزيادة الصافية غير المنقطعة للوحدات العاملة، وفي عام 1990 ولأول مرة تجاوز عدد حالات إغلاق المفاعلات عدد المحطات الناشئة. أظهر العقد 1991-2000 عدد محطات ناشئة أكبر بكثير من المغلقة (29/52)، في حين أنه في العقد 2001-2010، المحطات الناشئة بالكاد طابقت المغلقة (35/32). وفي الفترة ما بين 2011 و 2015، لم يعوض بدء تشغيل 29 مفاعلا، 18 مفاعلا منها أو ما يقرب من الثلثين في الصين، إغلاق 34 وحدة خلال نفس الفترة، وذلك نتيجة للأحداث التي وقعت في فوكوشيما.

في عام 2015، دخلت عشرة مفاعلات خط التشغيل، أكثر من أي عام منذ عام 1990. وهذا نتيجة "الأثر الصيني"، حيث ساهم هذا البلد بثمانية مفاعلات من أصل 10 بدأ تشغيلها¹.

أثبتت تكنولوجيا المفاعلات تدريجيا قدرتها على المنافسة وهذا بفضل تطور محركات الدفع في الغواصات وتطور القدرة الوحدوية للتجهيزات. انطلقت العديد من البرامج الكهرونووية المحفزة في أمريكا الشمالية (و.م.أ. كندا) وفي أوروبا (بلجيكا، إسبانيا، فرنسا، إيطاليا، ألمانيا، السويد) وفي آسيا (الهند، اليابان). إن العوامل والمحفزات التي دفعت البلدان للجوء إلى الطاقة النووية تختلف وتتنوع، وفي كل حال من الأحوال فقد اقتنع صناع القرار أن كلفة الكهرباء النووية أقل ثمنا مقارنة بأنواع الطاقة الأخرى، كما أنهم اقتنعوا بضمانها للتموين واستقرار التكلفة على المدى الطويل.

في البلدان التي تم فيها متابعة البرامج الكهرونووية في التسعينات، أدت المعارضة الشعبية فيها تجاه الخيارات السياسية والتكنولوجية إلى تكاليف إضافية على المشاريع الكهرونووية، مثل ما نجم عن صعوبات في إيجاد مواقع للمفاعلات وتخزين النفايات المشعة. إضافة إلى أن تطور الأنظمة والقوانين بما

¹ - Schneider M, Froggatt A et autres, « The World Nuclear Industry: Status Report 2016 », A Mycle Schneider Consulting Project, Paris, London, Tokyo, July 2016, P 22.

فيها تعزيز شروط الأمن يعد عاملا مريبا في حين أن تكاليف ومداخل المفاعلات النووية المستقبلية تولد تهديدات مالية سلبية لا يستهان بها على بعض المستثمرين.

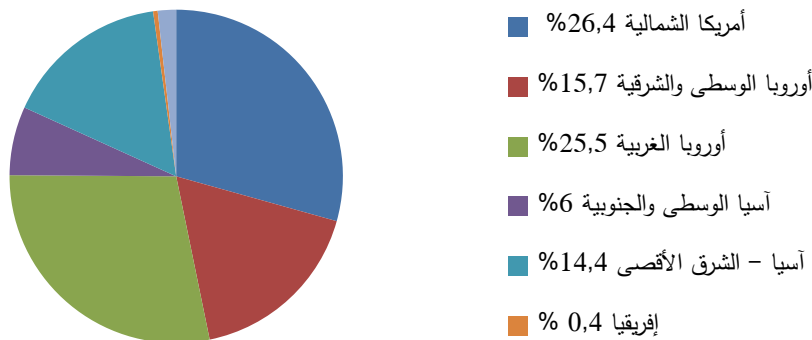
في مطلع القرن 21 تم إعادة بعث البرامج الكهرونووية حيث تلعب العوامل الاقتصادية دورا مهما في هذا الموضوع. إن أسعار الوقود الأحفوري خاصة الغاز ببقائه في سعره المنخفض، يعطي إشارات نضوب ما يهدد منتجي الكهرباء المستعملين للتربينات الغازية.

يشكل تطوير جيل جديد من المفاعلات المستتبطة من التطورات الحالية موضوع أبحاث مهمة في العديد من البلدان. إن النتائج المرجوة هي طرح مفاعلات أكثر جودة بحلول 2020 إلى 2060، حيث تكون هذه المفاعلات آمنة واقتصادية، قادرة على منافسة وغزو جزء من السوق فيما يتعلق بتوريد الكهرباء أكثر من توريد الحرارة، الماء أو حتى الهيدروجين¹.

ثانيا: القدرة المركبة الحالية

يوضح الشكل الموالي التوزيع الجغرافي لمفاعلات الطاقة النووية ال 447 التي تعمل في 30 بلدا حول العالم، ولا تزال البلدان الصناعية تمثل معظم الاستخدام التجاري للطاقة النووية. الوضع مختلف جدا بالنسبة للمحطات قيد الإنشاء، فمن بين المفاعلات ال 60 الجديدة قيد الإنشاء في جميع أنحاء العالم، 39 منها تتواجد في البلدان الآسيوية سريعة النمو. ومنذ عام 2000، استأثرت هذه المنطقة ب 85 من أصل 105 من مشاريع التشييد و 63 من 78 مفاعلا جديدا تم ربطها بالشبكة. وفي عامي 2015 و2016، تم ربط 20 مفاعلا جديدا بالشبكة في جميع أنحاء العالم، وهو أعلى رقم منذ الثمانينيات².

الشكل رقم (III-1) : المحطات القائمة: 447 (391,1 جيجا واط (كهربائي)



Source : « International Status and Prospects for Nuclear Power 2017 », IAEA report, P 04.

¹ - المرجع السابق، ص 22.

² - « International Status and Prospects for Nuclear Power 2017 », IAEA report, Vienna, Austria, 2017, P 04.

يوضح الهيكل التاريخي لأعمار المفاعلات المشتغلة (كما يظهرها الملحق رقم 09) مجموعتين مهمتين الأولى بين 19 و 21 سنة والثانية بين 32 و 33 سنة. في الحسابات الاقتصادية يتفق معظم المتعاملين على فرضيات حذرة فيما يخص مدة حياة التجهيزات حيث تُهتلك الاستثمارات ما بين 25 و 30 سنة.

إن العمر التقني للمفاعلات المشتغلة حالياً يمكن أن يصل إلى 60 سنة في معظم الحالات أو أكثر، من خلال استثمارات تجديد متواضعة نسبياً مثل تغيير المولدات البخارية. في مثل هذه الظروف لا يتوجب تجديد الحظائر القائمة حالياً قبل 20 سنة¹.

المطلب الثاني: تكنولوجيا المفاعلات النووية

هناك ثلاثة مدخلات هامة للموارد في مفاعل نووي: مخزون الوقود، المعدل، والمبرد. عادة ما يكون مخزون الوقود نوعاً من اليورانيوم (مثل اليورانيوم 235 واليورانيوم 238) والبلوتونيوم (مثل البلوتونيوم 239، البلوتونيوم 241)، أو الثوريوم. يعتمد نوع مخزون الوقود الذي يمكن استخدامه عملياً في مفاعل معين على نوع المعدل النووي المستخدم ونوع التكنولوجيا المستخدمة. في مفاعلات الطاقة النووية، المعدل هو وسيط يقلل من سرعة النيوترونات سريعة الحركة، ويحولها إلى نيوترونات حرارية، هذه العملية هي ما يسمح بتفاعل السلسلة النووية (الانشطار). المدخل الثالث للموارد (المبرد) هو وسيط (عادة ماء وأحياناً غاز أو معدن سائل أو ملح منصهر) يمتص الحرارة من جوهر المفاعل ثم يحمله بعيداً لتوليد البخار الذي يدفع التربينات التي بدورها تولد الكهرباء².

هناك عدد كبير من تشكيلات تكنولوجيا المفاعلات التي يمكنها تحقيق الانشطار وإدارته، وفي الجيل الأول من محطات الطاقة النووية كان هناك تباين كبير في تصميم المصانع. مستندة إلى التعلم من هذه التجربة المبكرة، استقرت محطات الطاقة النووية من الجيل الثاني (GII) على حفة "أنواع" من المفاعلات، التي دافعت عنها مختلف البلدان على الرغم من أنه لا يزال هناك تباين كبير في التصميم بين المحطات وغياب التوحيد في النماذج. وتشمل هذه الأنواع³:

✓ **مفاعل الماء المضغوط PWR:** تشكل المياه المضغوطة كلا من المعدل والمبرد. يتم الاحتفاظ بالماء الساخن السائل تحت الضغط ويتم ضخه من خلال الدائرة الأولية التي تحتوي على مولدات البخار. هذه المولدات تسخن الماء حتى التبخر، وهذا البخار يدفع التربينات قبل أن يتم تكثيفها وإعادة تدويرها إلى مولدات البخار.

¹ - المرجع السابق، ص 04.

² - Sovacool B K et Valentine S V, « The National Politics Of Nuclear Power: Economics, Security, and governance », Routledge Publications, New York, 2012, P 28.

³ - Emsley I et autres, « World Energy Resources Uranium & Nuclear, 2016 », world energy council, London, 2016, P 12.

✓ **مفاعل الماء المغلي BWR:** المياه على حد سواء معدّل وسائل تبريد. مع ذلك، في مفاعل الماء المغلي هناك دائرة واحدة فقط. يغلي الماء داخل وعاء ضغط المفاعل مباشرة وهذا البخار يدفع التربينات إلى توليد الكهرباء.

✓ **مفاعل الماء الثقيل المضغوط PHWR:** تستخدم هذه المفاعلات المياه العادية (الخفيفة) كمبرد ولكن تستخدم المياه الثقيلة كمعدّل. يتم الاحتفاظ بوسائل التبريد مضغوطة فتستفيد أيضا من مولدات البخار. هذه المفاعلات منتشرة في كندا والهند وكوريا الجنوبية والأرجنتين ورومانيا.

✓ **مفاعل التبريد بالغاز GCR:** لا تتواجد في الوقت الحالي إلا في بريطانيا (مع تصميمات AGR)، الآن فقط أن تكون موجودة في المملكة المتحدة (مع تصاميم أGR)، وهذه المفاعلات توظف غاز التبريد في الدائرة الابتدائية والمياه في الدائرة الثانوية، في حين تستخدم "الجرافيت" كمعدّل.

✓ **مفاعل الماء الخفيف (المبرد) والجرافيت (المعدّل) LWGR:** تستخدم هذه المفاعلات المياه العادية كمبرد والجرافيت كمعدّل ومولدات البخار. مفاعلات LWGR المتبقية متوفرة فقط في روسيا تحت اسم RBMKs.

المطلب الثالث: إنتاج الكهرباء ذات المصدر النووي

اعتبارا من منتصف عام 2016، كان 31 بلدا يشغل مفاعلات نووية لأغراض الطاقة، وأنتجت محطات توليد الطاقة النووية 2441 تيراواط ساعي من الكهرباء في 2015، أي بزيادة قدرها 1.3%، ولكنها لا تزال أقل من عام 2000 وأقل بـ 8.2% من الذروة التاريخية لتوليد الطاقة النووية في عام 2006. وبدون الصين - التي زادت من الناتج النووي بمقدار 37.4 تيراواط ساعي (أكثر بقليل من 30 في المائة)، فإن أكثر من الزيادة العالمية البالغة 31 تيراواط ساعي في توليد الطاقة النووية العالمية كانت ستخفض في عام 2015¹.

وظلت حصة الطاقة النووية من إجمالي توليد الكهرباء التجارية العالمي مستقرة على مدى السنوات الأربع الماضية، لكنها انخفضت من ذروة بلغت 17.6 في المائة في عام 1996 إلى 10.7 في المائة في عام 2015.

في العقدين الماضيين، فقدت الطاقة النووية جزءا صغيرا من حصتها في كل عام، باستثناء عامي 1999 و 2001، وربما في عام 2015 (+0.05 نقطة مئوية)، في حال تأكد هذا الرقم في

¹ - www.iaea.org/programmes/a2/index.html. (consulté le: 14/06/2017).

السنوات المقبلة. والسبب الرئيسي لذلك هو الركود في استهلاك الطاقة في العالم (+0.9 في المئة، أي أقل قليلاً من الزيادة المتواضعة في توليد الطاقة النووية بنسبة 1.3 في المئة)¹.

الشكل رقم (III - 2): تطور إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية في العالم (TWH)



Source: « World Energy Resources Uranium & Nuclear, 2016 », World energy council report, London, 2016, P 04.

وفي عام 2015، ارتفع توليد الطاقة النووية في 11 بلداً (بانخفاض عن 19 بلداً في عام 2014)، وانخفض في 15 بلداً (زيادة عن 9 بلدان في 2014)، وظل مستقراً في خمسة بلدان. وقد حققت خمسة بلدان (الصين وهنغاريا والهند وروسيا وكوريا الجنوبية) أكبر إنتاج نووي لها في عام 2015، من بينها، ربطت الصين وروسيا وكوريا الجنوبية مفاعلات جديدة بالشبكة².

المطلب الرابع: المؤشرات الوظيفية للمفاعلات النووية

تنقسم المؤشرات الوظيفية للمفاعلات النووية التي تسمح بمتابعة تطور الأداء إلى³ :

✓ مؤشرات الإنتاج أو معامل الإنتاج (K_p) أو عامل الشحن.

✓ مؤشر الأداء أو معامل الوجود (K_d)

✓ عدد التوقيفات الأتوماتيكية اللامبرمجة.

فالمؤشران الأولان يعتبران عنصرين ضروريين لتحديد الخيارات التكنولوجية والحسابات الاقتصادية التنبؤية. يتم توريد هذه المعاملات عن طريق بنك المعلومات الذي يقوم بتسجيل وحفظ مميزات ووظيفة المفاعلات النووية في العالم. من بين المعطيات الأكثر دقة وتحليلاً، تلك التي يتم توريدها من طرف AIEA، PRIS وغيرها:

¹ - Schneider M et autres, Op cit, P 19.

² - Emsley I et autres, Op Cit, P 04.

³ - Evelyne B et Gilbert N, op cit, P 56.

1- معامل الإنتاج K_p : هو نسبة الإنتاج الكهربائي الخام لمحطة نووية خلال فترة معينة إلى الإنتاج الخام المستمر بكامل القدرة المتاحة خلال نفس الفترة. غالبا ما يتم التعبير عنه بنسبة مئوية.

الإنتاج الخام هو ذلك الذي يتم حسابه وتقديره في حدود مولّد الوحدة، أما الإنتاج الصافي هو ذلك الذي يتم حسابه وتقديره عند الخروج من وحدة التحويل، والفرق هو تلك الطاقة التي تستهلك أثناء تشغيل التركيبات.

يتم تحديد القدرة من أجل درجة حرارة محددة جيدا للمورد البارد، على سبيل المثال متوسط درجة الحرارة على مدار السنة. تبعا لتحديد درجة الحرارة المرجعية، هناك عدم تجانس ممكن عند مقارنة معاملات مختلف المتعاملين (المشغلين). وعلاوة على ذلك، فإن بعض التطورات في القدرة الاسمية قد تؤخذ أو لا تؤخذ في الاعتبار نتيجة لتعديلات المنشآت، ولهذه الأسباب تكون المقارنات صعبة، فمن الممكن أن نجد لقيم K_p تتجاوز 100%.

2- معامل الوجود " الوفرة " K_d : هو نسبة صافي إنتاج الكهرباء التي كان يمكن أن تنتجها القدرة المتاحة لمحطة نووية خلال فترة معينة إلى صافي الإنتاج المستمر بكامل القدرة الممكن توفيرها خلال نفس الفترة.

يتم تطبيق هذا التعريف بصفة طبيعية من خلال القيمة الكلية مثلها مثل القيمة السنوية وهذا يعم جميع الحظيرة النووية.

وبالتالي فإن الفرق بين K_p و K_d يأتي من حقيقة أنه يمكن لوحدة متوفرة كليا أو جزئيا في فترة زمنية معينة أن لا تُشغل، إما لأن الطلب غير كاف أو لأن الشبكة غير متوفرة محليا. يظهر هذا الفرق عندما لا تشغل المفاعلات النووية أساسا¹.

المطلب الخامس : التطورات التكنولوجية والاقتصادية

عرفت الأبحاث الأولى التي أجريت حول تطبيقات الطاقة النووية للأغراض السلمية العديد من المخططات والنماذج الخاصة بالمفاعلات. وعليه، فإن الباحثين والمهندسين الذين أسندت إليهم مهمة وضع مفاعلات نووية للغرض التجاري لم تكن لهم فائدة في استبعاد وإقصاء أي نموذج من المفاعلات مهما كان نوعه. تم استغلال العديد من تشكيلات وتركيبات الوقود، المعدّلات والسوائل الناقلة. أما على مستوى التطور الصناعي، فقد أثرت اعتبارات في استعمال المواد الأولية، التكنولوجيات والوسائل الضرورية وكذا تخفيض التكلفة، على الخيارات الوطنية والصناعية وقادتها لعدد محدد من الخيارات. إن

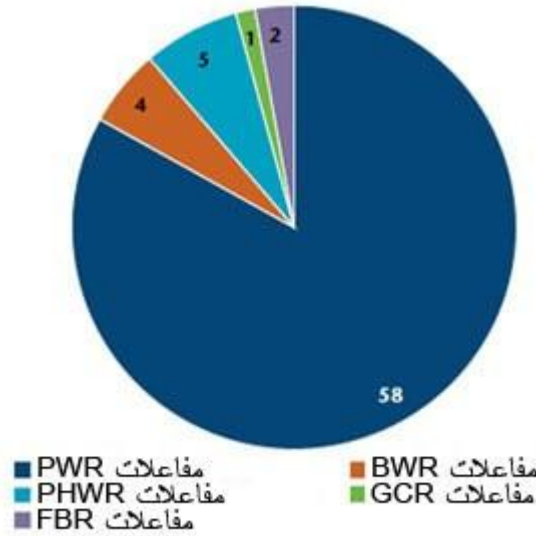
¹ - المرجع السابق، ص 57.

التركيز المتزايد للتصورات الصناعية والتجارية حول عدد محصور من الفروع أدى إلى توزيع حالي بين بعض أنواع المفاعلات التي تسيطر على الأسواق العالمية.

أولاً: تكنولوجيا المفاعلات

من خلال معطيات الشكل الموالي، الأكثر إثارة للاهتمام هي أنواع التكنولوجيا للمفاعلات الـ 70 قيد الإنشاء. حوالي 89% منها هي مفاعلات LWR، معظمها من نوع PWR، مع مفاعلات PHWR تمثل الخيار التكنولوجي الثاني بـ 7%، يتم بناؤها جميعاً في الهند بتكنولوجيا محلية.

الشكل رقم (III - 3): أنواع المفاعلات قيد البناء في العالم 2014



Source : « Technology Roadmap Nuclear Energy », IEA and NEA Publication, France, Germany, Edition 2015, P 26.

هناك اثنان من مفاعلات FBR قيد الإنشاء، واحد في روسيا (BN-800) والآخر في الهند (PFBR)، وكلاهما اتصل بالشبكة في 2015. وأخيراً، هناك غر واحد تحت الإنشاء، مفاعل درجة الحرارة العالية يجري. وأخيراً، هناك مفاعل GCR واحد تحت الإنشاء، وهو مفاعل درجة الحرارة العالية يجري بناؤه في الصين.

من هذه الاتجاهات، يمكن ملاحظة توطيد تكنولوجيا المفاعلات نحو شبكات الموارد المائية. ويوجد ما يقرب من نصف المفاعلات قيد الإنشاء هي من الجيل الثالث لمفاعلات LWR، التي عززت ميزات السلامة (أي نظم التخفيف من مخاطر الحوادث الشديدة) وحسنت الأداء الاقتصادي في استهلاك الوقود مقارنة بمفاعلات الجيل الثاني.

تشمل الاتجاهات التكنولوجية التي ستشكل مستقبل الأسطول النووي ما يلي¹:

¹ - « Technology Roadmap Nuclear Energy », IEA and NEA Publication, Edition 2015, France, Germany, P 26.

- ✓ إدارة الأسطول الحالي للسماح بعملية آمنة واقتصادية طويلة الأجل؛
- ✓ التطوير المستمر للتكنولوجيات المبردة بالمياه من الجيل الثالث مع التركيز على التبسيط والتوحيد القياسي وخفض التكاليف؛
- ✓ تطوير أكثر ابتكارا لتكنولوجيات المفاعلات بما في ذلك مفاعلات SMR، ومفاعلات الجيل الرابع والتطبيقات غير الكهربائية للطاقة النووية لتلبية الحاجة إلى عملية تدفئة منخفضة الكربون وضبط الأكتينيد والتدفئة في الأحياء و تحلية المياه.

ثانيا: معايير أخرى للاختيار: الأداء ، الترشيد والتكلفة

يفسر الاختلاف الملحوظ في انتشار ال PWR و ال BWR في العالم بمختلف الأغراض سواء كانت تقنية، صناعية وتجارية. إن الملاحظة التي استتبعت من التجربة الأمريكية بين أعوام 1970 و 1980 من خلال الفارق الواضح بين مؤشرات الإنتاج الذي رجحت فيه الكفة للإنتاج السنوي مقابل الإنتاج المجمع cumulé كان له أثر على قرارات التوصية. من بين الطرق المكتشفة خلال سنوات الخمسينات في معظم البلدان الكبرى المصنعة، لم يتجاوز البعض منها النموذج المعياري في حين بقي البعض منها مجرد حبر على ورق ولم تستطع إثبات جدارتها في مجال الصناعة. يجدر الذكر أن فرع ال HTR (من الجيل III+ مفاعل بدرجة حرارة عالية نواته تُبرّد بالغاز)¹، بقي مشروعا مستقبليا زيادة على أنه لم يبلغ مستوى التطلعات بالرغم من الإنجازات الأمريكية peach Botton 40 ميغاواط ساعي جانفي 1967 و Fort Saint Vrain 30. ميغاواط ساعي ديسمبر 1976 و الألمانية Julich 13 ميغاواط ساعي ديسمبر 1967 و 296 Ventop-300 ميغاواط ساعي نوفمبر 1985 و تم التخلي عنها الآن.

لم يقنع الأداء الاقتصادي لهذا الفرع بحجة الكثافة الضعيفة لقوة المفاعل زيادة على أن الحاجة إلى البخار العالي الحرارة لم يكن في مستوى التطلعات. يمكن للوضع أن يتغير.

شكل فرع ال FBR "مفاعل النترونات السريعة" تحد بالنسبة لمستقبل الطاقة النووية ولا يزال كذلك. تمكّن هذا الفرع من تجاوز مرحلة إثبات الجدارة الصناعية بعد بناء Superphénix بفرنسا 1200 ميغاواط ساعي و كذلك بعد تشغيل المفاعل الروسي BN600. 3-Bolycish 560 ميغاواط ساعي أبريل 1980 حيث بلغ ال k_p السنوي عام 2001 80 % و ال k_p الكلي camulé ، 69.5 % .

¹ - Furuya M, «Experimental and Analytical Modeling of Natural Circulation and Forced Circulation BWR », IOS press, Amsterdam, 2006, P 03.

يجب أن يكون لمفاعل FBR ميزات اقتصادية عالية تتنافس أساليب توليد الطاقة الأخرى مع ضمان السلامة كمنطلق رئيسي¹.

المبحث الثالث: الطاقة النووية ضمن سياق تنمية الطاقة المستدامة

الطاقة النووية لها مكان بين حلول أخرى وتحتاج إلى أن تكون في متناول البلدان المهمة بجعلها جزءاً من استراتيجياتها للطاقة المستدامة. فالطاقة النووية هي خيار يقع على عاتق البلدان ذات السيادة جنباً إلى جنب مع مسؤولية استخدامها بأمن وأمان².

المطلب الأول: نحو نظام طاقة مستدام

تعتبر الطاقة عنصراً أساسياً في كل التحديات والفرص التي يواجهها العالم اليوم، فهي متصلة بكل هدف من أهداف خطة الأمم المتحدة الجديدة للتنمية المستدامة لعام 2030. يُعدّ نظام الطاقة مستداماً إذا ما تم توفير خدمات الطاقة على نحو كافٍ وبتكلفة معقولة وبطريقة آمنة ومأمونة بيئياً وبما يتماشى مع احتياجات التنمية الاجتماعية والاقتصادية. إن التحول العميق لنظم الطاقة يمكن أن يلبي أهداف التنمية المستدامة، ويتناسب مع الاحتياجات المتزايدة من الطاقة ومعالجة فقر الطاقة. والقضايا المتعددة المطروحة، التي تتراوح بين عدم المساواة الاجتماعية والاستخدام المستدام للموارد، والأمن، والموثوقية، والقدرة على الصمود، والحد من التلوث، وحفظ النظم الإيكولوجية، وحماية المناخ كلها جزء من نهج متكامل ضروري لمواجهة هذه التحديات.

وللحكومات دور حيوي تؤديه في تحديد الحوافز واللوائح، وإعطاء إشارات سعرية مناسبة، وفي وضع شروط أخرى من شأنها أن تدفع الأسواق نحو تحقيق نتائج تتوافق مع إدارة أكثر استدامة لاستخدام الطاقة وما يصاحب ذلك من أهداف للصالح العام العالمي، مثل الأمن الطاقوي والتغير المناخي³.

أولاً: البعد الاقتصادي

1- كفاية الموارد

يشكل استنزاف الموارد المحدودة شاعلاً رئيسياً ضمن إطار التنمية المستدامة. ويعتبر توفير إمدادات كافية من الطاقة في الاقتصاد أمراً حيوياً لمعدلات النمو الاقتصادي السريعة والمستدامة.

توجد موارد كافية من اليورانيوم لدعم استمرار استخدام الطاقة النووية والنمو الكبير في القدرة النووية لتوليد الكهرباء والاستخدامات الأخرى على المدى الطويل. تبلغ الموارد المحددة، بما في ذلك

¹ - Yoshiaki O, « Nuclear Reactor Design », Springer + Science Media, London, 2010, P 265.

² - « Nuclear Power and Sustainable Development », International Atomic Energy Agency, Vienna, 2016, P 25.

³ - « Nuclear Power and Sustainable Development », Op Cit, P 25.

الموارد المؤكدة إلى حد معقول والموارد المستتبهة، أكثر من 135 عاما، بالنظر إلى متطلبات اليورانيوم بحوالي 56600 tU (اعتبارا من بيانات 1 كانون الثاني / يناير 2015). وإذا استخدمت تقديرات المعدلات الحالية لاستهلاك اليورانيوم في مفاعلات الطاقة، فستكون قاعدة الموارد المحددة كافية لأكثر من 160 سنة من إمدادات المفاعلات. وسيؤدي استغلال قاعدة الموارد التقليدية بأكملها إلى زيادة ذلك إلى ما يزيد على 240 عاما، على الرغم من أن استكشاف اليورانيوم وتنميته، بدافع الزيادة الكبيرة في الطلب وأسعار السوق، سيكون مطلوبا لنقل هذه الموارد إلى فئات أكثر تحديدا.

تعتبر قاعدة موارد اليورانيوم الموصوفة في بيانات OCDE لسنة 2017 أكثر من كافية لتلبية متطلبات النمو المتوقعة لعام 2035. وبالنظر إلى محدودية النضج والتغطية الجغرافية لاستكشاف اليورانيوم في جميع أنحاء العالم، هناك إمكانات كبيرة لاكتشاف موارد جديدة ذات أهمية اقتصادية. وكما تبين بوضوح في السنوات القليلة الماضية، مع مؤشرات سوق مناسبة، يمكن تحديد موارد اليورانيوم الجديدة بسهولة واستخراجه. كما أن نشر تكنولوجيات متقدمة للمفاعلات ودورات الوقود يمكن أن يمدد إلى حد كبير إمدادات الطاقة العالمية على المدى الطويل.

قد يؤدي الانتقال إلى مفاعلات التكنولوجيا المتقدمة وإعادة تدوير الوقود إلى زيادة توافر الطاقة النووية على المدى الطويل من مئات إلى آلاف السنين. بالإضافة إلى ذلك، الثوريوم، الذي هو أكثر وفرة من اليورانيوم في قشرة الأرض، هو أيضا مصدر محتمل للوقود النووي، إذا تم تطوير دورات الوقود البديلة وأدخلت بنجاح بطريقة فعالة من حيث التكلفة. وقد ظهرت المفاعلات التي تعمل بالثوريوم واستخدمت تجاريا في الماضي¹.

2- العائد على الاستثمار الطاقوي

العائد على الاستثمار الطاقوي "EROI"²، أو أحيانا عائد الطاقة على الاستثمار الطاقوي "EROEI"، هو نسبة الطاقة العائدة من نشاط تجميع الطاقة مقارنة بالطاقة المستثمرة في تلك العملية³. بمعنى آخر، هو نسبة مقدار الطاقة المكتسبة من عملية إنتاج الطاقة مقارنة بكمية الطاقة (أو ما يعادلها من بعض المصادر الأخرى) المطلوبة لاستخراج ونمو.... الخ، وحدة جديدة من الطاقة المعنية.

¹ - «Uranium 2016: Resources, Production and Demand », A Joint Report by the Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency, OECD, France, 2017, P 125.

² - Energy Returned On Energy Invested.

³ - Butler T, Lerch D et autres, « The Energy Reader », Foundation for Deep Ecology, Watershed Media and Post Carbon Institute, California, USA, 2012, P 01.

المثال النموذجي لتطبيق "EROI" هو نسبة الطاقة الواردة في كمية معينة من الوقود الحيوي بالنسبة إلى الطاقة اللازمة لزراعة هذه الكمية من الوقود وحصادها ومعالجتها¹.

يبرز تحليل "EROI" بعض مزايا القوة النووية ويعطي الدعم لدورها المحتمل في مزيج الطاقة المستدامة في المستقبل، وذلك لسببين على الأقل²:

✓ أن "EROI" الخاص بأنواع الوقود الأحفوري الرئيسية آخذ في التناقص مع مرور الوقت، مما يشير إلى أن التقدم التكنولوجي مقصّر في تعويض آثار النضوب؛

✓ أن معظم مصادر الطاقة المتجددة تظهر قيما منخفضة نسبيا لـ "EROI" تتعلق بعوامل القدرة المنخفضة وجوانب أخرى مثل توظيف النفط والغاز الطبيعي والفحم في إنتاج ونقل وتشديد تربيينات الرياح والألواح الكهروضوئية؛

ومع ذلك، فإن التقييم الكافي والشامل لاستدامة تكنولوجيات الطاقة سيؤثر أيضا في أنواع أخرى من العوامل الخارجية.

3- تكلفة التوليد

تعتبر طريقة LCOE أداة مفيدة لمقارنة تكاليف الوحدات في مختلف التكنولوجيات على مدى عمرها التشغيلي. ويتم خصم هذه التكاليف من التشغيل التجاري لمولد الكهرباء. تعكس منهجية LCOE مخاطر التكنولوجيا العامة، وليس مخاطر المشروع المحددة في أسواق محددة. وبالنظر إلى وجود مثل هذه المخاطر، هناك فجوة بين LCOE والتكاليف المالية للمالكين - المشغلين في أسواق الكهرباء الحقيقية التي تواجه شوكا نوعية. وللسبب نفسه، تقترب LCOE من التكلفة الحقيقية للاستثمار في إنتاج الكهرباء في أسواق الكهرباء الاحتكارية المنظمة مع الأسعار المنظمة بدلا من التكاليف الحقيقية للمولدات في الأسواق التنافسية ذات الأسعار المتغيرة (بسبب المحددات التقنية والهيكلية الكثيرة مثل عدم قابلية الكهرباء للتخزين، وتغير الطلب اليومي على الكهرباء أو التغيرات الموسمية في كل من العرض والطلب على الكهرباء، يمكن أن تكون أسعار الكهرباء، وخاصة الأسعار الفورية، متذبذبة عندما تكون هذه المحددات متقلبة). كما تم تطوير منهجية LCOE في فترة محددة ضمن الأسواق المنظمة. ونظرا لاختلاف أسواق الكهرباء من هذا المنطلق، ينبغي أن تكون LCOE مصحوبة بمقاييس أخرى عند الاختيار بين تكنولوجيات توليد الكهرباء³.

¹ - MURPHY D J, Hall C A S, « Year in review – EROI or energy return on (energy) invested », working paper, Ecological Economics Reviews Volume 1185, New York, P 102. Disponible sur: <http://onlinelibrary.wiley.com>.

² - « Nuclear Power and Sustainable Development », Op cit, P 33.

³ - «Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition », IAEA and OECD, France, Austria, 2015, P 27.

4- تمويل الطاقة النووي

بشكل عام، تظهر سبعة أنواع من التمويل النووي تستخدم في جميع أنحاء العالم اليوم. وبصرف النظر عن التمويل الحكومي "التقليدي"، هناك الآن ستة أساليب بديلة¹:

✓ تمويل الميزانية العمومية للشركات؛

✓ نموذج إكسلتيوم الفرنسي؛

✓ نموذج مانكالا الفنلندي؛

✓ بيع الأسهم؛

✓ وكالة ائتمانات التصدير وتمويل الديون؛

✓ التمويل الخاص مع آليات الدعم الحكومية؛

ومن الناحية العملية، تميل المشروعات إلى التطور باستخدام مزيج من آليات التمويل هذه.

5- أمن إمدادات الطاقة

القطاع الذي تفرض فيه قضايا الإمداد نفسها بإصرار هو قطاع الطاقة. إن الحاجة إلى الموازنة بين العرض والطلب في أسواق الطاقة حيث الكهرباء غير قابلة للتخزين والطلب غير المرن تتطلب دائما تنسيقا وثيقا بين الموردين ومشغلي شبكات نقل الكهرباء.

إن أمن إمدادات الطاقة هو مثال تقليدي على الآثار الخارجية، أي مسألة تؤثر على رفاه الأفراد والمجتمع ولكن الأسواق وحدها لا توفر مستويات كافية. وبما أن مخاطر إمدادات الطاقة تشكل آثارا خارجية سلبية، فإنها تشكل قضية سياسية. وهذا يعني أن الأفراد العاديين لا يستطيعون حماية أنفسهم من مثل هذه المخاطر بسبب تعقيد المعلوماتية والطبيعة غير القابلة للقياس. هذا هو المجال الذي يجب على الحكومات التدخل فيه².

بصفة عامة، وفي مواجهة المخاطر الجيوسياسية للإمدادات، سواء بسبب الاعتماد على الواردات أو استنفاد الموارد أو التغييرات في سياسة الكربون، فإن الطاقة النووية في وضع إيجابي بفضل التوزيع

¹ - Reilly F, « Innovative ways of funding nuclear power projects », world nuclear association, 2016, article publié sur: <http://www.world-nuclear-news.org>. (consulté le: 19/06/2017).

² - « The Security of Energy Supply and the Contribution of Nuclear Energy », Nuclear Energy Agency, ocde, 2010, P 03. Rapport publié sur: www.oecd-nea.org. (consulté le: 21/06/2017)

الواسع لموارد اليورانيوم ومحدودية مخاطر النقل واللوجستيات والآثار المتواضعة لليورانيوم وتقلبات الأسعار، والقدرة على الصمود في وجه التحولات في سياسات الكربون.

ثانيا: البعد البيئي

1- آثار تغير المناخ

يعتبر تغير المناخ أكثر مشاكل الاستدامة تواترا لأنه يؤدي إلى تحول لا رجعة فيه تقريبا للنظام المناخي للأرض. ومن المرجح أن يؤثر هذا التحول تأثيرا متزايدا على الأجيال القادمة من خلال تعريض إمدادات الغذاء والماء للخطر، مما يؤدي إلى تحمض المحيطات، وتناقص الجليد البحري، وموجات حرارية أطول وأكثر كثافة، وغير ذلك من الظواهر الجوية القاسية.

قارب إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتراكمة من عام 1870 إلى عام 2014 حوالي ثاني أكسيد الكربون المنبعث لعام 2015. أكثر من ثلثي (73%) نشأت عن حرق الوقود الأحفوري وإنتاج الأسمنت. وفي عام 2014، بلغت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من هذين المصدرين (35.9 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون) أعلى المستوى في تاريخ البشرية وكانت أعلى بنسبة 60% مما كانت عليه في عام 1990 (السنة المرجعية لبروتوكول كيوتو).

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استخدام المحطات النووية في إنتاج الطاقة تعتبر الأقل معدلا، والتخفيضات المستقبلية لهذه الانبعاثات تُعزى إلى¹:

✓ إدخال مزيد من التحسينات على تكنولوجيات تخصيب اليورانيوم، والتحول من الانتشار الغازي المكثف للكهرباء إلى أجهزة الطرد المركزي أو تكنولوجيات الليزر التي تتطلب طاقة أقل بكثير؛

✓ زيادة حصة الكهرباء المستخدمة في التخصيب على أساس تكنولوجيات منخفضة الكربون؛

✓ التحسينات في تصنيع الوقود وتصاميم الوقود، مما يسمح بزيادة الاحتراق التي تقلل الانبعاثات لكل وحدة من الكهرباء في حصة إمدادات الوقود من دورة الحياة؛

✓ تمديد عمر المحطات النووية من 40 إلى 60 سنة، وتوزيع الانبعاثات الناجمة عن البناء وإيقاف التشغيل على مدى فترة أطول، في غضون ذلك يتم توليد المزيد من الكهرباء (كيلوواط ساعي).

2- الآثار على النظم الإيكولوجية

¹ - « CLIMATE CHANGE AND NUCLEAR POWER 2016 », International Atomic Energy Agency, Vienna, 2016, P 21.

التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية الأرضية ضرورية لتوفير خدمات النظام الإيكولوجي ومنافعه للمجتمع. وينشأ الاضطرابان البيئيان الرئيسيان - التحمض والإغناء بالمغذيات - أساساً من الانبعاثات البشرية المنشأ لثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وأكاسيد النيتروجين (NOx) والأمونيا (NH_3). وينبعث معظم غاز ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين في الغلاف الجوي من احتراق الوقود الأحفوري أثناء تشغيل محطات توليد الطاقة والمرافق الصناعية، وأنظمة التدفئة السكنية، وفي قطاعي التجارة والخدمات. واستخدام الطاقة النووية إضافة إلى كونه منخفض الانبعاثات الكربونية، فهو تقريباً لا يبعث ملوثات هواء تلحق ضرراً بالنظم الإيكولوجية.

ومن الطرق البديلة لتبريد محطات الطاقة النووية استخدام نظام " دورة التبريد المغلقة". نظام دورة التبريد المغلقة هو إعادة استخدام نفس المياه مراراً وتكراراً. وبمجرد أن يتم تدوير الماء من خلال نظام التبريد، يتم إرسالها إلى برج التبريد حيث تُهدأ وتستخدم مرة أخرى. وتُفقد بعض المياه من خلال التبخر في نظام التبريد المغلق، وبالتالي فإن نظام التبريد لا يزال بحاجة إلى التزود ببعض كميات المياه. ومن شأن نظام التبريد المغلق أن يقلل من استخدام المياه بنسبة تصل إلى خمسة وتسعين في المائة ويقلل إلى حد كبير الضرر الذي يلحق بالنظام الإيكولوجي¹.

3- توليد النفايات

يعد توليد النفايات من القضايا الرئيسية المتعلقة بالاستدامة من حيث صلته باستخدام الموارد والإدارة السليمة للنفايات من أجل تجنب الآثار الطويلة الأمد بالنسبة للبشر والبيئة. تولد محطات الطاقة النووية جميع أشكال النفايات - الغازية والسائلة والصلبة. وتختلف خصائصها تبعاً لنوع المفاعل²:

أ- **النفايات الغازية:** النفايات الغازية التي ينبغي النظر فيها في محطات الطاقة النووية هي النواتج الغازية أو المتطايرة لعملية الانشطار. ويتكون نظام معالجة النفايات الغازية لمحطة للطاقة النووية أساساً من ثلاثة أنظمة فرعية: نظام المفاعلات الغازية، ونظام معالجة الغاز الاحتياطي، ونظام تكييف الهواء والتهوية في المبنى.

ب- **النفايات السائلة:** يقوم نظام معالجة النفايات السائلة بفصل كل من النفايات السائلة المشعة والنفايات السائلة التي قد تكون ملوثة بالمواد المشعة المتولدة في محطة الطاقة وفقاً للخصائص، ثم تقوم بجمعها ومعالجتها. يتم إعادة استخدام المياه المعالجة في محطة توليد الكهرباء أو تصريفها إلى البيئة بعد تقييم تركيز النشاط الإشعاعي.

¹ - Kivi R, « Nuclear Power Plant Cooling Systems Harm Aquatic Life », article publié le: 05/25/2010, sur: <http://www.brighthub.com>. (consulté le: 20/06/2019).

² - Shinya N et Nakayama S, « Radioactive Waste Engineering And Management », Springer 2015, Tokyo, P 22.

ج- **النفائيات الصلبة**: تصنف النفائيات الصلبة الناتجة عن محطات الطاقة النووية إلى الأنواع التالية وتدار وفقا لخصائصها.

✓ **الحماة**: يتم تخزينها في خزان الترسيب في نظام تنقية المياه أو تصلب مع الاسمنت أو مواد أخرى بعد التخزين من أجل التحلل الإشعاعي.

✓ **راتنج مستهلك**: يتم تخزينه في خزان الراتنج المستهلك من أجل التحلل الإشعاعي، قبل أن يتم حرقه في مرافق معالجة النفائيات الصلبة المتنوعة أو يصلب مع الأسمنت أو غيرها من المواد.

✓ **النفائيات الصلبة المتنوعة القابلة للاحتراق**: يتم حرقها في مرافق الحرق لتقليل حجمها. ثم يتم تخزين رماد الحرق في براميل معدنية.

✓ **النفائيات الصلبة غير القابلة للاحتراق**: يتم ضغطها للحد من حجمها إذا كان ذلك ممكنا. وقد تتعرض هذه النفائيات للذوبان في بعض محطات الطاقة.

✓ **النفائيات الصلبة ذات المستوى الإشعاعي العالي نسبيا**: المكونات النشطة، مثل قضبان التحكم المستهلكة، لديها مستوى عال نسبيا من النشاط الإشعاعي وبالتالي يتم تخزينها في حوض الوقود للتحلل الإشعاعي.

✓ وعادة ما يتم تخزين النفائيات الصلبة في براميل سعة 200 لتر أو حاويات معدنية تبلغ حوالي 1م³، تسمى الحاويات المربعة.

تُطرح النفائيات الصلبة المتولدة نتيجة تشغيل المفاعلات والمحطات الكهربائية داخل مدافن النفائيات أو في قبو الخرسانة أو تحت سطح الأرض وفقا لمستوى النشاط الإشعاعي.

تتعلق إحدى السمات الفريدة في اقتصاديات إدارة النفائيات في الطاقة النووية بإمكانية التمويل الجزئي للتخلص من النفائيات المشعة عن طريق إيرادات بيع الكهرباء. وعلى النقيض من ذلك، تجري إدارة النفائيات الخطرة من تكنولوجيات إنتاج الطاقة الأخرى بصفة عامة على أساس تجاري مع دفع فوري للخدمة المستلمة، وبالتالي فهي أكثر تعرضا لتقلبات السوق. ولا يزال من الصعب تحديد التكاليف التمثيلية لأن الرسوم تختلف اختلافا كبيرا وفقا لنوع النفائيات وخيارات المعالجة¹.

4- آثار استخدام المياه

¹ - Stamford L et Azapagic A, « Life cycle sustainability assessment of UK electricity scenarios to 2070 », Energy for Sustainable Development Review 23, New York, 2014, P 208.

تعتمد جميع الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية تقريبا ووظائف النظم الإيكولوجية على المياه. وستؤدي الممارسات الحالية المستمرة فيما يتعلق باستخدام المياه إلى زيادة الفجوة بين العرض والطلب العالميين غير المستديمين لسحب المياه. إن الإدارة السليمة لموارد المياه العذبة والحصة العادلة من فوائدها أمر أساسي للتنمية المستدامة.

تعتمد محطات الطاقة النووية اعتمادا كبيرا على مياه التبريد، مما يعني أن استخدام المياه مسألة هامة. الصين، على وجه الخصوص، مع توسيعها السريع لمحطات توليد الطاقة، تأخذ موارد المياه للتبريد كعامل حاسم لتحديد المواقع. وأصبحت المياه موردا مهددا بالنضوب. وتختلف تكاليف استخدام المياه اختلافا كبيرا تبعا للعرض المحلي المتاح. تحديد المواقع للمحطات النووية والحرارية غالبا ما يفضل المواقع القريبة من مياه البحر للتبريد. وفي حالة فوكوشيما، كان تحديد المواقع والتصميم مشكلا في هذا الصدد¹.

هناك عدد من الحلول التي ينبغي النظر فيها لتخفيض استخدام المياه واستهلاكها في محطات الطاقة النووية²:

- ✓ رفع كفاءة المفاعلات للحد من طرد الحرارة في محطات الطاقة النووية؛
- ✓ استخدام أنظمة تبريد بديلة (التبريد بالهواء، التبريد الهجين والحلقة المغلقة لتبريد المياه)؛
- ✓ استخدام مصادر المياه البديلة (تحلية المياه وإعادة استعمال المياه)؛
- ✓ التكنولوجيات البديلة التي تحل محل المياه في بعض المناطق؛
- ✓ التوليد المشترك هو واحد من أبسط الطرق لزيادة الكفاءة وبالتالي تقليل احتياجات التبريد؛

السبيل الرئيسي للحد من استخدام المياه بشكل كبير في المفاعلات المبردة بالمياه هو تحسين كفاءتها الكلية. هذا المنطق يؤدي في الواقع إلى واحد من مفاعلات الجيل الرابع التي يجري البحث فيها: مفاعل الماء فوق الحرج (SCWR) التي تستهدف كفاءة إجمالية بحوالي 45%.

5- آثار استخدام الأراضي

تشمل اعتبارات تحديد المواقع الرئيسية لمحطات الطاقة النووية الوصول إلى المياه، والحالة الأرضية (الزلازل)، والقرب من مراكز أو شبكات الطلب، وربما الأهم من ذلك الدعم (القبول) المحلي.

¹ - Botsford C, « The Economics of Nuclear Power -- Can Carbon Credits Save the Industry? », article publié sur: <http://www.energycentral.com>. (Consulté le: 18/06/2017)

² - « Efficient Water Management in Water Cooled Reactors », International Atomic Energy Agency report, Vienna, 2012, P 03 et P 93.

بوجه عام، ينبغي ألا يكون هناك تقصير في خيارات تحديد المواقع المناسبة لمحطات الطاقة النووية، على الرغم من أن بعض المناطق الكثيفة السكان (مثل سنغافورة) عارضت التكنولوجيا المتاحة حالياً بسبب المخاوف بشأن مناطق الإجلاء في حالة وقوع حوادث. وبخلاف ذلك، فإن إيجاد موقع مناسب تقنيا لمحطة للطاقة النووية لا ينبغي أن يكون أكثر صعوبة من محطة الفحم أو الغاز، بل ينبغي أن يثبت في الواقع أنه أسهل بكثير لأنه لا يقيد نفسه متطلبات البنية التحتية للوقود. وحيثما لا يكون الفضاء مشكلة، فإن العديد من المنشآت النووية تحتفظ بمناطق عازلة كبيرة. وتظل هذه المناطق خالية من التنمية وتصبح ملاذاً طبيعياً للحياة البرية. وقد وضع العديد من المشغلين برامج للتنوع البيولوجي والمحميات، والتي تحاول بنشاط حماية وتعزيز النباتات والحيوانات المحلية¹.

أما فيما يتعلق باستخدام الأراضي، فإن أهم آثار الطاقة النووية تنشأ عن استخراج اليورانيوم وتخزين النفايات النووية. يتم استخلاص اليورانيوم بثلاث طرق مختلفة - الحفر تحت الأرض، والحفرة المفتوحة، والاستخراج في الموقع، ولكن استخراج اليورانيوم ينتج الكثير من النفايات، بغض النظر عن التقنية. ولإنتاج 25 طناً من اليورانيوم اللازم لتشغيل مفاعل نموذجي لمدة سنة، سيتم طرح 500 000 طن من النفايات الصخرية و 100 000 طن من مخلفات الطحن السامة لمئات الآلاف من السنين، بالإضافة إلى 144 طناً إضافياً من النفايات الصلبة و 1 343 متر مكعباً من النفايات السائلة².

ثالثاً: البعد الاجتماعي

1- الآثار على صحة الإنسان

منذ اكتشاف النشاط الإشعاعي في مطلع القرن الماضي، تم التسليم بأن الإشعاع المؤين له تأثير ضار على صحة الإنسان. يمكن أن يؤثر الضرر الإشعاعي على أي جزء من الخلية ويمكن أن يتداخل مع العديد من العمليات الخلوية. الأهم من ذلك، الأضرار التي تلحق المادة الوراثية للخلية يمكن أن تؤدي إلى السرطان، والعيوب الخلقية والأمراض الوراثية. ومن المقبول عموماً من قبل المجتمع العلمي أنه لا يوجد مستوى آمن من التعرض للإشعاع، وأن أي قدر من التعرض للإشعاع المؤين هو ضار.

يؤدي استخراج اليورانيوم إلى تلويث الهواء والماء والتربة. سحق الصخور المشعة ينتج الغبار، ويترك وراءه جسيمات مشعة دقيقة تنتشرها الرياح والمياه. يتم إطلاق غاز الرادون، وهو مادة قوية مسرطنة للرئة، بشكل مستمر وأبدي من المخلفات. ويمكن أن يؤدي الحفر والتفجير إلى تعطل وتلويث طبقات المياه الجوفية المحلية. وتصبح المياه المستخدمة للسيطرة على الغبار وخلق عجائن لاستخراج اليورانيوم ملوثة.

¹ - Emsley I et autres, Op cit, P 28.

² - Sovacool B, « ENVIRONMENTAL ISSUES, CLIMATE CHANGES, AND ENERGY SECURITY IN DEVELOPING ASIA », working paper, Asian Development Bank, June 2014, Philippines, P 11.

كشف عدد من الدراسات الصحية التي أجريت في جميع أنحاء العالم وفي كندا عن وجود روابط بين الانبعاثات المشعة المنخفضة المستوى المزمدة من المفاعلات النووية والسرطان، وخاصة سرطان الدم في مرحلة الطفولة. ويعتقد الخبراء أن الانبعاثات المشعة منخفضة جدا عن تفسير هذه الحالات¹.

باختصار، لا يزال مجموع الضرر الناجم عن الطاقة النووية من حيث الصحة البشرية منخفضا نسبيا وقابلا للمقارنة مع الأضرار التي تسببها معظم مصادر الطاقة المتجددة ومحطات الغاز الطبيعي المسال بالغاز الطبيعي. وبهذا المعنى، يمكن للطاقة النووية أن تسهم في التخفيف من سمية الإنسان وآثار تلوث الهواء.

2- التشغيل

إن تكلفة وموثوقية وسهولة الحصول على خدمات الطاقة هي عوامل أيضا في خلق ظروف للتشغيل والإنتاج والعمل اللائق. ويعد تحسين الرفاه الاقتصادي للمواطنين أولوية رئيسية في التنمية المستدامة.

كلما كانت الصناعة أكثر كثافة في رأس المال، يتم خلق عدد أقل من الوظائف لكل وحدة من رأس المال المستثمر. إن الطاقة النووية هي صناعة كثيفة رأس المال للغاية، وبالتالي فهي ليست وسيلة فعالة لخلق فرص العمل. إن قياس "كثافة رأس المال" أمر معقد، ولكن عند المقارنة بين أشكال مختلفة من تكنولوجيا توليد الكهرباء، يمكن استخدام معايير أكثر بساطة وأكثر موضوعية مثل متوسط عدد الوظائف التي تم خلقها لكل تيراواط ساعي يتم توليدها سنويا.

وقد تم إجراء هذا الحساب من قبل جولدمبرغ²، الذي قدر أن الإنتاج النووي ينتج حوالي 75 وظيفة لكل تيراواط ساعي من الطاقة، مقارنة بما لا يقل عن 1000 وظيفة للرياح، و 30000 وظيفة على الأقل للطاقة الشمسية. توليد الوقود الأحفوري يخلق ما بين 250 و 370 وظيفة لكل تيراواط ساعي منتج. بعبارة أخرى، فإن الطاقة النووية توفر أقل عدد من الوظائف ما يجعلها أسوأ خيار من وجهة النظر هذه³.

¹ - Vakli C et Harvey L, « Human Health Implications of the Nuclear Energy Industry », Association Canadienne des médecins pour l'environnement, Mai 2009, article publié sur: <https://cape.ca>. (consulté le 22/06/2017).

² - Goldemberg J, « The Case For Renewable Energies », the International Conference for Renewable Energies, Bonn, 2004, P 05. Article disponible sur: <http://www.hellasres.gr>. (consulté le 22/06/2017)

³ - Porritt J, Burke T et autres, « The Wider Economic Impacts of Nuclear Power », 20/04/2012, P 09. Article publié sur: <http://www.jonathonporritt.com>. (consulté le: 22/06/2017).

إن مدى قدرة الطاقة النووية على تطوير إمكانياتها للإسهام في السلام والصحة والازدهار في جميع أنحاء العالم يتوقف في نهاية المطاف على توافر الموارد البشرية المناسبة. وتضع الصناعة النووية مطالب صارمة جدا على هذه الموارد لأسباب منها¹:

- ✓ إن تعقيد التكنولوجيا يستلزم إدخالها وتطبيقها من قبل موظفين مدربين ومتعلمين تعليما عاليا؛
- ✓ تتطلب العواقب المحتملة للسلامة وانتشار سوء استخدام التكنولوجيا مستويات عالية من الأداء؛
- ✓ إن استراتيجية الدفاع المتعمق للمرافق النووية تستلزم اتباع نهج صارم ومستقل للفحص، الأمر الذي يمكن أن يشكل تحديا عند الحفاظ على اليقظة والتحفيز الفرديين؛
- ✓ فقط الموظفين ذوي الأخلاق والقيم بما يتفق مع المتطلبات المذكورة أعلاه هم المناسبين لهذه الصناعة؛
- ✓ يمكن أن تشكل جوانب "الحاجة إلى المعرفة" لحماية تكنولوجيا ومواد الأسلحة النووية عائقا أمام التواصل الفعال مع أصحاب المصلحة، الداخليين والخارجيين عن الصناعة النووية على السواء؛
- ✓ من الأمور الهامة عدم التسامح الشديد، وهذا من بين العوامل التي تزيد من تواتر الأخطاء البشرية أو عواقبها؛ ومع ذلك، فإن هذه الشدة العالية نفسها مع الخطأ البشري يمكن أن تكون عائقا أمام الأفراد للإبلاغ عن الأحداث أو تحديد السبل للتحسين المستمر؛
- ✓ من الضروري تقييم أداء موظفي الصناعة النووية؛ ومع ذلك، إذا لم ينفذ التقييم بشكل صحيح، يمكن أن يكون مصدرا للقلق وعدم اليقين الوظيفي بالنسبة للموظفين؛
- ✓ الحاجة إلى استجابة سريعة في حالة وقوع حادث، والرصد الشامل للمنشآت النووية على مدار 24 ساعة في اليوم، 7 أيام في الأسبوع، تجعل من عملية المناوبة في العمل والعمل تحت الطلب ضرورة؛
- ✓ أخيرا، يمكن أيضا تصنيف الوظائف المتعلقة بالطاقة في ضوء التعرض للمخاطر والأضرار. ويعتبر التقييم المقارن لمخاطر الحوادث جانبا محوريا في أي تقييم شامل للطاقة والاستدامة.

المطلب الثاني: اقتصاديات الطاقة النووية من منظور التنمية المستدامة

تتطلب الأهداف الاقتصادية للتنمية المستدامة أن تدرج التكاليف الكاملة لتكنولوجيا معينة في سعر منتجها. وقد قطع قطاع الطاقة النووية شوطا طويلا في هذا الاتجاه، وتعكس تكاليفه الحالية تضمينا

¹ - « Managing Human Resources in the Field of Nuclear Energy », IAEA Nuclear Energy Series, No. NG-G-2.1, IAEA, Vienna, 2009, P 01.

كاملا نسبيا للأعباء البيئية والاجتماعية المرتبطة بتوليد الكهرباء النووية. ولذلك، فإن من شأن تضمين التكاليف الخارجية لجميع التكنولوجيات ومصادر الطاقة أن يعزز على الأرجح القدرة التنافسية للطاقة النووية. في الوقت نفسه، يجب أن تكون الصناعة النووية نشطة في خفض تكاليفها ضمن بيئة تنافسية، مع ضمان الحفاظ على مستويات عالية فيما يتعلق بالصحة والسلامة والآثار البيئية. وعليها أن تقنع المستثمرين والجمهور بأن الطاقة النووية هي استثمار جيد للمستقبل على أوسع نطاق اقتصادي وبيئي واجتماعي¹.

المبحث الرابع: المحددات الأساسية للاقتصاد النووي

هناك محددات عدة مهمة تؤثر على تكلفة الكهرباء التي تولدها محطة الطاقة كما يبينها الجدول المالي. وبعض تلك المحددات واضح وضوح الشمس بينما غيرها أقل وضوحاً. وترى شركة أريفا ن.ب. الفرنسية التي تتبع محطات الطاقة النووية أن 70% من تكلفة كيلوميغاواط من الكهرباء النووية يتم حسابه باحتساب التكاليف "الثابتة" من عملية البناء، و 20% من التكاليف التشغيلية «الثابتة»، و 10% أخرى من التكلفة التشغيلية «المتغيرة». «والتكاليف الثابتة الوحيدة في البناء هي دفع الفائدة على القروض وتسديد رأس المال، ويدخل في الحساب أيضاً تكاليف التفكيك والتنظيف من الملوثات الإشعاعية. ويتم تحديد تكلفة كل كيلواط/ساعة حسب القدرة على الاعتماد على المحطة: كلما كانت إمكانية الاعتماد على المحطة أعلى، زاد إنتاجها للمخرجات، التي يمكن توزيع التكاليف الثابتة عليها. وتكون التكاليف الجارية الأساسية هي تكاليف التشغيل والصيانة والتصليح وليس الوقود².

الجدول رقم (III - 1): الاقتصاد النووي - العناصر المؤثرة على التكلفة

الحصة	الوصف
70%	التكلفة الثابتة للبناء والفوائد على القروض/تسديد رأس المال
20%	العمليات الثابتة (تكلفة/كيلواط ساعي)
	تعتمد على مدى إمكانية الاعتماد على المحطة (مثال: عامل الحمل)
10%	عمليات مختلفة: التشغيل، الصيانة، التصليح، الوقود
غير مدرج	تفكيك المفاعل أو المحطة، التخلص من النفايات وإدارتها، خطر الانصهارات، الضرر على البيئة وصحة الانسان

¹ - Bertel E et Morrison R, « Nuclear energy economics in a sustainable development perspective », NEA News 2001 – No. 19.1, P 17. Article disponible sur: www.oecd-nea.org. (consulté le: 24/06/2017)

² - ستيف توماس، "اقتصاد الطاقة النووية: آخر المستجدات"، مؤسسة هيرش بل، مكتب رام الله، فلسطين، 2011، ص 18.

المصدر: ستيف توماس، "اقتصاد الطاقة النووية: آخر المستجدات"، مؤسسة هينرش بل، 2011، ص 18.

قبل النظر في تلك التكاليف بالتفصيل، تجدر ملاحظة غياب الانسجام بين المصالح التجارية والمجتمع عموماً. فالتكاليف الضخمة التي سيظهر عبؤها في مرحلة لاحقة متأخرة في المستقبل لا تؤثر تأثيراً كبيراً على القرارات التجارية، لأن هذه التكاليف "غير محسوبة". وهذا يعني أن تكاليف التخلص من النفايات والتفكيك بغرض التنظيف من التلوث الإشعاعي، التي لا تظهر الآن سوى على هيئة تخمينات ضعيفة بلا داع، لا تشكل مصدر أهمية بالنسبة للشركات التجارية. ومن وجهة النظر الأخلاقية، فإنه يجب على الجيل الحالي التنبيه تجاه ترك هذا الإرث المجهول والمكلف، الذي يمكن أن يشكل مصدر خطر داهم على جيل المستقبل ليتعامل معه في وقت لا يوجد لدينا أي يقين بأنها ستتوفر خلاله الطرق الكفيلة بأن تجعل الجيل الحالي يرصد أموالاً للتعامل معها، ناهيك عن تحمل المخاطر المادية. وكذلك الأمر بالنسبة لخطر الحوادث الذي لا يشكل جزءاً من عملية صنع القرار، لأن الشركات تتصل من هذه المخاطرة بفعل المعاهدات الدولية التي تلقي بتلك المخاطر على كاهل المكلفين دافعي الضرائب¹.

المطلب الأول: تكاليف البناء ومدته

مشاريع البناء والهندسة الكبرى مثل الجسور والأنفاق والملاعب الأولمبية تستغرق دائماً وقتاً أطول وتكلفة أكبر للبناء مما كان مقدراً في الأصل. في الصناعة النووية حالات التأخير وتجاوز التكاليف هي بالجملة. وفقاً لبيانات مجلس الطاقة العالمي، متوسط مدة بناء المحطات النووية ارتفع من 66 شهراً في منتصف السبعينات، إلى 116 شهراً (تقريباً عشر سنوات) بين 1995 و 2000. منذ 2000، كان هناك انخفاض، لكن متوسط مدة البناء ظل سبع سنوات تقريباً².

يهيمن على اقتصاديات المحطات النووية الجديدة عموماً تكاليف رأس المال. في تقييم القدرة الجديدة، تشير الدراسات إلى أن التكاليف الرأسمالية بما في ذلك الفائدة المتراكمة تشكل نحو 65-85% من التكلفة المحسوبة لمحطة نووية جديدة³. وبالنسبة لمحطات التربينات الغازية ذات الدورة المركبة (CCGT)، عادة ما يتم احتساب حوالي 20% من التكاليف حسب احتياجات رأس مال المحطات، مع أن معظم الباقي هو متطلبات الوقود. وبالنسبة لمشاريع الكهرباء المتجددة، يمكن أن يصل عنصر التكلفة الرأسمالية إلى 90% نظراً لعدم وجود تكلفة وقود لاستخدام الرياح أو أشعة الشمس كمصادر للطاقة⁴. وهناك عدد من العوامل التي تفسر سبب الجدل حول توقعات تكاليف البناء:

أولاً: عدم إمكانية الوثوق بالبيانات

¹ - المرجع السابق، ص 18.

² - Findlay T, « Nuclear Energy And Global Governance », Routledge, England, 2011, P 44.

³ - D'haeseleer W D, « Synthesis on the Economics of Nuclear Energy », Study for the European Commission, Belgium, 2013, P 23.

⁴ - «Nuclear Power Economics and Project Structuring - 2017 Edition », Op Cit, P 15.

من المسلم به عموماً أن تقديرات تكاليف بناء محطات الطاقة النووية غير مؤكدة. لا بد من التعامل بحذر مع الكثير من التكاليف المسعرة المتوقعة للبناء. وأهم مؤشر على مدى مصداقية التكاليف المستقبلية يركز عادة على التكاليف السابقة. ولكن لا يطلب من معظم شركات الخدمات العامة أن تقوم بنشر تكاليف بناء مدققة حسب الأصول، ويقل الدافع لديها لتقديم أدائها بأي طريقة كانت، خلاف القول إنها توفر إضاءة خفيفة. ولكن تم الطلب إلى شركات الخدمات الأمريكية نشر حسابات موثوقة لتكاليف البناء في محطاتها النووية لعرضها على المشرع الاقتصادي (الذي سمح فقط باستعادة التكلفة من المستهلكين عن التكاليف المدققة حسب الأصول)، وتكاليف البناء السابقة في الولايات المتحدة موثوق بها. وهناك أيضاً توثيق معقول لتكاليف بناء محطة "سايزويل ب" في المملكة المتحدة نظراً لقلة نشاطاتها الأخرى التي يمكن "إخفاء" تكاليف البناء فيها¹.

ثاني أفضل خيار هو السعر المطروح في الدعوات لتلقي العطاء. ففي حين أن تكلفة المحطة النووية عموماً أعلى (غالباً بشكل كبير) من أي سعر عقد، فإنه يجب على المتقدم للعطاء أن يضع على الأقل السعر الكامل في الطلبية. وإذا كانت الطلبية تبين "السعر الكامل"، أي طلبية بسعر ثابت يكون فيها العميل (الزبون) ملزماً فقط بدفع سعر العقد مهما كانت التكاليف الفعلية، فإنه يتوفر لدى البائع دافع لجعل سعر العطاء بأقصى دقة ممكنة.

ثانياً: صعوبات توقع التكلفة

هناك عدد من العوامل التي تصعب من إمكانية التوقع بتكاليف البناء الفعلية²:

✓ أولها أن كافة محطات الطاقة النووية المعروضة حالياً تتطلب عملاً كثيراً لهندسة الموقع، التي يمكن أن تشكل تكاليفها ما يربو على 60% من إجمالي تكلفة البناء، مع استخدام معدات ضخمة -مثل مولدات التوربين، ومولدات البخار، وناقلات المفاعل -ما يشكل نسبة ضئيلة نسبياً من إجمالي التكلفة؛

✓ ثانياً، توجد عوامل خاصة بكل موقع من شأنها أن تحدث فرقاً كبيراً في التكلفة مثل وسيلة التبريد؛

✓ ثالثاً، ترتفع التكاليف إذا ظهرت ضرورة لتعديل التصميم، حيث ينبغي تعديل التصميم إذا تبين ضعف في التصاميم التفصيلية الأصلية، أو بناء على طلب من الجهة القائمة على تنظيم السلامة في المنشآت، أو في حال لم يتم إنجاز التصميم بالكامل قبل الشروع بالبناء؛

¹ - Schlissel D et Biewald B, « Nuclear Power Plant Construction Costs », working paper, Nuclear's Tangled Economics, Business Week, Cambridge, June 26, 2008, P 03.

² - ستيف توماس، مرجع سابق، ص 19.

ورداً على تلك المشاكل، تسعى شركات بناء المحطات إلى الحصول على مصادقة كاملة من الهيئات التنظيمية قبل الشروع بالبناء، كما هو الحال في اقتراح الدمج بين رخصة البناء ورخصة التشغيل في الولايات المتحدة، وهذا يتطلب أن يتم تشغيل التصميم بالكامل بأكثر طريقة معقولة قبل البدء بأعمال البناء. وفي الممارسة، غالباً ما يدعي البائعون أن تصاميمهم كاملة، كما كان الحال في محطة أولكيلوتو قيد البناء حالياً في فنلندا.

ثالثاً: التعلم، وفورات الحجم، والتطور التقني

إن منحنيات الخبرة ونسب التقدم ومعدلات التعلم هي جميعاً أساليب تحليل كانت تستخدم في الأصل لمقارنة الابتكار والتقدم عبر شركات تصنيع الطائرات، ومنذ ذلك الحين تم استخدامها لتحليل تطوير مجموعة واسعة من التقنيات بما في ذلك محطات توليد الطاقة¹.

تقل تكاليف الإنتاج لمعظم التكنولوجيات بمرور الزمن، وذلك بسبب التحسينات التكنولوجية، وفورات الحجم، وتحسينات الكفاءة نتيجة للتعلم. ومع ذلك، لم تحقق جميع التكنولوجيات نفس معدلات التحسينات الاقتصادية مع مرور الوقت. يشير التحليل الذي أجراه خبراء² إلى أن معدل التعلم، الذي يمثل النسبة المئوية لخفض التكاليف لكل مضاعفة من الحجم التراكمي للإنتاج، يقل كثيراً عن الطاقة النووية عنه في التكنولوجيات الأخرى.

سلطت وحدة الأداء والابتكار التابعة لحكومة المملكة المتحدة الضوء أيضاً على عدد من المجالات التي قد لا تظهر فيها محطات الطاقة النووية المستقبلية معدلات تعلم مماثلة للتكنولوجيات الأخرى، وتشمل³:

- ✓ الطاقة النووية هي تكنولوجيا ناضجة نسبياً، وبالتالي "الامتداد التكنولوجي" الدراماتيكي أقل احتمالاً مما كانت عليه في التكنولوجيات الأخرى؛
- ✓ تعني مدة البناء والتشغيل الطويلة نسبياً أن التحسينات المستمدة من تغذية المعلومات من تجارب التشغيل والتصميم على الوحدات الأولى تكون بطيئة بالضرورة؛
- ✓ إن نطاق وفورات الحجم أقل في المصادر النووية منه بالنسبة إلى مصادر الطاقة المتجددة، وذلك بسبب نطاقها الصغير وتطبيقها المحتمل على نطاق أوسع.

¹ - Lovering J R, Yip A et autres, « Historical construction costs of global nuclear power reactors », Energy Policy 91 (2016), Elsevier, New York, 2016, P 372.

² - McDonald, Schrattenholzer, « Learning rates for energy technologies », working paper, Energy Policy 29, New York, 2001, P 258.

³ - « The economics of nuclear power », Greenpeace International report, The Netherlands, 2007, P 08.

قد تكون وتيرة التعلم ومداه أبطأ بالنسبة للطاقة النووية مقارنة مع الطاقة المتجددة، بسبب¹:

✓ نظراً لطول الوقت نسبياً في بناء الطاقة النووية، فإن هذا يعني أن التغذية الراجعة من التجربة التشغيلية أبطأ.

✓ إعادة ترخيص التصاميم النووية، تعيق بشكل أكبر إدخال تعديلات على التصميم.

✓ نطاق التوفير لعمليات التصنيع بفعل التوسع في تصنيع المكونات أقل بالنسبة للطاقة النووية، لأن النقص في عناصر الإنتاج يتجاوز النقص في مجال الطاقة المتجددة، حيث يمكن تركيب مئات بل آلاف الوحدات.

النقص في المهارات والقدرات النووية عبارة عن مشكلة حقيقية ومعترف بها على المستوى الدولي . لقد تم إطلاق العديد من المبادرات على الأصعدة الوطنية والدولية لعكس هذا التيار .

رابعاً: وقت البناء

عادة ما يؤخذ وقت بناء محطة للطاقة النووية كمدة بين صب أول مادة بناء والاتصال بالشبكة. وقبل بدء التشييد، يشترك قدر كبير من الوقت والجهد في التخطيط والحصول على الموافقات والترخيص للمرفق. ويمكن أن تكون تكاليف الفائدة على التشييد عنصراً هاماً من إجمالي التكاليف الرأسمالية ولكن هذا يتوقف على معدل الفائدة وفترة البناء².

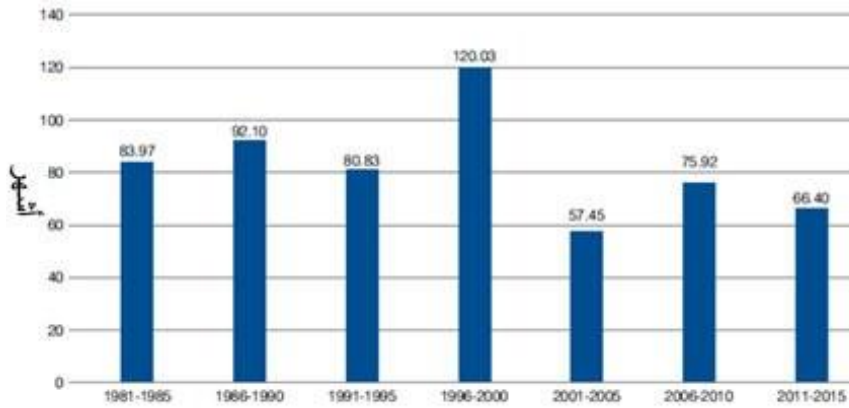
إن تجاوز وقت البناء الحد المخطط له لا يتسبب بأثر مباشر على زيادة التكاليف، على الرغم من أنه يشير إلى زيادة الفائدة في البناء، ويكون مؤشراً على وجود مشاكل في مرحلة البناء مثل قضايا متعلقة بالتصميم، أو مشاكل في تسيير الموقع وإدارته، أو صعوبات في الإجراءات تنعكس بدورها على زيادة في تكاليف البناء. ولكن الأثر على شركة الخدمات - إذا كانت منشأة صغيرة نسبياً تكون المحطة الجديدة بالنسبة لها إضافة كبيرة في قدراتها - يكون كبيراً، وبخاصة إذا كان هناك تعاقد مسبق لبيع إنتاج تلك الشركة.

¹ - « THE ENERGY REVIEW », A PERFORMANCE AND INNOVATION UNIT REPORT – FEBRUARY 2002, P 195.

Rapport disponible sur: <http://www.gci.org.uk/Documents/TheEnergyReview.pdf>. (consulté le: 30/04/2017)

² - «Nuclear Power Economics and Project Structuring - 2017 Edition », Op cit, P 19.

الشكل رقم (III - 4): متوسط وقت بناء المفاعلات منذ 1981



Source : « World Nuclear Performance Report 2016 », 2016 World Nuclear Association, P 19.

كان هناك أيضا تباين كبير في أوقات التشييد، ولكن من الملحوظ (انظر الشكل) أن فترات التشييد قد تقلصت عموما خلال العقد والنصف الماضيين. وبلغ متوسط وقت البناء في عام 2015 حوالي 73 شهرا، مقارنة بـ 127 شهرا في عام 2014، حيث ارتفع المتوسط بسبب التأخيرات المطولة في وضع وحدة "أتوشا 2" على خط العمل في الأرجنتين.

المطلب الثاني: تكلفة رأس المال

يتم تكبد التكاليف بينما يتم إنشاء محطة التوليد وتشمل النفقات على المعدات الضرورية والهندسة والعمالة، وكذلك تكلفة تمويل الاستثمار. إن التكلفة "overnight" هي التكلفة الرأسمالية التي تحتسب تكاليف التمويل المستحقة خلال فترة البناء. وتشمل هذه التكلفة تكاليف الهندسة والمشتريات والبناء وتكاليف الممتلكات (الأرض، والبنية التحتية للتبريد، والمباني المرتبطة بها، وأعمال الموقع، وألواح التحكم، وإدارة المشاريع، والتراخيص، وما إلى ذلك) ومختلف حالات الطوارئ.

مع وجود عدد قليل نسبيا من المحطات النووية التي شيدت في أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية على مدى العقدين الماضيين، فإن كمية المعلومات المتعلقة بتكاليف بناء محطات نووية جديدة محدودة إلى حد ما. وقد أضاف التحول إلى مفاعلات الجيل الثالث مزيدا من عدم اليقين. وتظهر تكنولوجيات توليد غير نووية أخرى أيضا تباينا، وكذلك مشاريع البنية التحتية الرئيسية مثل الطرق والجسور، حسب مكان إنشائها. ومع ذلك، فإن التباين مهم بشكل خاص لتوليد الكهرباء حيث تعتمد اقتصادياتها كثيرا على تقليل تكلفة استثمار رأس المال، التي يجب أن تنتقل إلى المستهلكين، على النقيض من الطرق والجسور

والسدود التي عادة ما تكون أقل تعقيدا. إن مشاريع البنية التحتية الكبيرة من جميع الأنواع مؤخرا، تميل إلى أن تكون أكثر من الميزانية في معظم أنحاء العالم¹.

المطلب الثالث: الأداء التشغيلي

يؤدي الاستخدام العالي إلى تحسين اقتصاديات الطاقة النووية لأن التكاليف الثابتة الكبيرة يمكن أن تنقسم على وحدات إنتاجية أكثر قابلية للبيع مما لو كان الاستخدام أقل. وتؤدي عمليات الإغلاق المتكرر أو الاختلافات في الإنتاج إلى تقليل كفاءة المكونات ومدى عمرها. ونتيجة لذلك، يتم تشغيل محطات الطاقة النووية على "قاعدة التحميل" (بشكل مستمر وبكامل الطاقة) إلا في عدد قليل جدا من البلدان (على سبيل المثال، فرنسا) أين تمثل القدرة النووية نسبة عالية من قدرة التوليد الإجمالية. يعد عامل الحمولة (عامل القدرة في لغة الولايات المتحدة) مقياسا جيدا لموثوقية المصنع ومدى فعاليته في إنتاج المخرجات القابلة للبيع. عامل الحمولة يُحسب على أساس نسبة الناتج في فترة معينة من الزمن إلى المخرجات التي كان يمكن إنتاجها إذا كانت المحطة قد عملت دون انقطاع بمستوى إنتاجها الكامل (عند تصميمها) طوال الفترة المعنية. وخلافا لتكلفة البناء، يمكن قياس عامل الحمولة بدقة وبشكل لا لبس فيه، ويتم نشر جداول عوامل الحمولة بانتظام من خلال منشورات تجارية مثل "Nucleonics Week" و "Nuclear Engineering International".

مع ذلك، منذ أواخر الثمانينات فصاعدا، بذلت الصناعة النووية في جميع أنحاء العالم جهودا مضنية لتحسين الأداء. في جميع أنحاء العالم، عوامل الحمل الآن أكثر من 80%. ويبلغ متوسط معدل النمو السنوي في الولايات المتحدة الأمريكية حوالي 90% مقارنة مع أقل من 60% في عام 1980، على الرغم من أن متوسط معامل الحمل لمصانع الطاقة النووية في أمريكا لا يزال 70% فقط².

المطلب الرابع: تكاليف الصيانة والتشغيل خارج الوقود

تتسم محطات الطاقة النووية بتكاليف ثابتة عالية نسبيا وتكاليف متغيرة منخفضة. وإذا تم تقييم التكاليف المتغيرة المباشرة فقط، يمكن القول حقا بأن الطاقة النووية رخيصة.

تكاليف التشغيل والصيانة هي التكاليف السنوية المرتبطة بتشغيل وصيانة وإدارة ودعم محطات الطاقة النووية. وتشمل هذه التكاليف تكاليف العمالة والمواد واللوازم وخدمات المقاولين ورسوم الترخيص والتكاليف المتنوعة مثل مصروفات الموظفين والرسوم التنظيمية. وبلغ متوسط تكلفة الصيانة والتشغيل

¹ - « The Economics of Nuclear Power », World Nuclear Association Report, 2017, rapport disponible sur: <http://www.world-nuclear.org>. (consulté le: 30/04/2017)

² - « The economics of nuclear power », Op cit, P 21.

خارج الوقود في محطة الطاقة النووية في عام 2011 1.51 أورو/كيلوواط ساعي¹. ومن هذه التكاليف، يمكن وصف تلك المرتبطة بأمن المرافق ووسائل النقل النووية بأنها تكلفة اجتماعية².

المطلب الخامس: تكلفة الوقود

منذ البداية كان عنصر الجذب الأساسي للطاقة النووية هو انخفاض تكاليف الوقود مقارنة بالمحطات التي تعمل بالفحم والنفط والغاز. ومع ذلك، يجب معالجة اليورانيوم وإثرائه وتصنيعه ضمن عناصر الوقود، ويعزى حوالي 50% من التكلفة إلى التخصيب والتصنيع. كما يجب أن تكون هناك مخصصات لإدارة الوقود المستنفد المشع والتخلص النهائي من هذا الوقود المستنفد أو النفايات المفصلة عنه³.

انخفضت تكاليف الوقود، نتيجة لانخفاض أسعار اليورانيوم الطبيعي وأسعار التخصيب. وكما ورد في تقارير موقع الاستخبارات النووية⁴، كان سعر السوق الفوري لليورانيوم في يونيو 2012 حوالي 51 دولاراً أمريكياً للرطل الواحد من U_3O_8 ، في حين كان في يونيو 2014 حوالي 28 دولاراً أمريكياً للرطل الواحد من U_3O_8 . وبالمثل، انخفض السعر الفوري لتخصيب اليورانيوم من حوالي 140 دولاراً أمريكياً / SWU في أوائل عام 2012 إلى حوالي 95 دولاراً أمريكياً / SWU في أوائل عام 2014⁵.

المطلب السادس: محاسبة العمر الافتراضي

من سمات محطات الجيل الثالث المتقدم (ج+3) أنها قد صممت ليكون عمرها الافتراضي نحو 60 سنة مقارنة بالتصاميم التي سبقتها، والتي كان عمرها الافتراضي نحو نصف هذه المدة. وبالنسبة لتكنولوجيا تهيمن عليها التكاليف الثابتة، قد يكون من المتوقع أن مضاعفة العمر الافتراضي يحد بشكل كبير من التكاليف الثابتة للوحدة نظراً لتوفر وقت أطول لاسترداد تلك التكاليف. ولكن على أرض الواقع لم يحدث ذلك. لابد من تسديد القروض التجارية خلال مدة لا تتجاوز 20 - 15 سنة، وفي حساب التدفق النقدي المخصوم، فإن التكاليف والأرباح بعد أكثر من 10 - 15 سنة تصبح ذات وزن ضئيل.

هناك ميل نحو تمديد عمر المحطات القائمة. وبعض تصاميم مفاعلات PWR و BWR ، التي يبلغ حالياً عمرها المرخص به أصلاً وهو 40 سنة، دخلت في عملية ترخيص من قبل سلطات السلامة الأمريكية لتشغيلها ل 20 سنة إضافية. ولكن، لا يجوز الافتراض بأنه ستتوفر كهرباء رخيصة

¹- Zohuri B, Fathi N, « Thermal-Hydraulic analysis of Nuclear Reactors », Springer International Publishing, Switzerland, 2015, P 553.

²-Bles M et autres, « Nuclear energy: The difference between costs and prices », Delft, CE Delft, The Netherlands, July 2011, P 19.

³- «The Economics of Nuclear Power », World Nuclear Association Information Paper, London, 2008, P 02.

⁴- http://www.energyintel.com/pages/about_uw.aspx. (consulté le: 09/06/2017).

⁵-Schneider M, et autres, Op cit, P 129.

عندما يتم استرداد تكاليف رأس المال. وقد تتطلب إطالة العمر الافتراضي نفقات كبيرة لاستبدال المعدات البالية، ولجعل المحطة ممتثلة لإجراءات السلامة الحالية.

إطالة العمر الافتراضي ليست ممكنة دائماً، فعلى سبيل المثال، من المتوقع أن تدار محطات AGR البريطانية، التي كان لديها تصميم بعمر افتراضي مدته 25 سنة، فعلياً لمدة 40 سنة، ولكن إطالة العمر الافتراضي إلى ما بعد هذه المدة، قد لا يكون ممكناً بسبب تآكل وتدهور حالة موانع التسرب¹.

المطلب السابع: الإغلاق وتكاليف التخلص من النفايات وأحكامها

يكون الملاك / المرخص لهم مسؤولين عموماً عن وضع تقديرات التكاليف. إن الفهم الجيد لتكاليف وقف التشغيل أمر أساسي لوضع تقديرات التكاليف استناداً إلى خطط واقعية للإخراج من الخدمة. وتوفر التقديرات الشفافة للتكاليف أيضاً أساساً لتكوين الصناديق اللازمة ومواصلة تقييم عملية وقف التشغيل بهدف ضمان توافر الأموال اللازمة عند الحاجة لتغطية التكلفة الفعلية لأنشطة وقف التشغيل.

ينبغي أن تكون منهجية تقدير التكاليف مناسبة للغرض المقصود. قد يكون تقدير تكلفة التخلص من الخدمة مطلوباً لأغراض منها:

- ✓ توفر مدخلاً لتمويل التوقيف عن الخدمة طوال فترة تشغيل المصنع؛
- ✓ مقارنة التكاليف المرتبطة باستراتيجيات مختلفة لعملية صنع القرار؛
- ✓ إعداد ميزانيات طويلة الأجل وتقدير التدفقات النقدية؛
- ✓ توفر أداة لمراقبة المشروع.

مختلف طرق حساب التكاليف تتطلب بيانات متعددة، وبالتالي فإن دقتها تتوقف على مدى توافر البيانات الموثوقة وإمكانية تطبيقها ونوعية التحليل الذي يجري. وحتماً، تتأثر حسابات التكاليف بعدم اليقين، بغض النظر عن منهجية التقدير المعتمدة. وتشمل بعض الطرق ما يلي²:

- ✓ "التقنيات المعيارية"، حيث تستخدم بنود التكلفة المعروفة من التقديرات السابقة؛

¹ - ستيف توماس، مرجع سابق، ص 26.

² - « Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants », NUCLEAR ENERGY AGENCY, OECD report, London, 2016, P 57.

- ✓ "مراجعة التكاليف وتقنيات التحديث"، حيث يتم النظر في قواعد بيانات تاريخية عن أنظمة أو أنظمة فرعية مماثلة وإجراء تحليلات إحصائية لإثبات الارتباطات مع معايير محددة؛
- ✓ "تقنيات قياسية محددة"، حيث يتم وضع تقدير جديد عن طريق دراسة التقديرات السابقة؛
- ✓ "تقنيات رأي الخبراء"، وتستخدم عندما لا تتوفر تقنيات أو بيانات أخرى.

أعلنت الوكالة الدولية للطاقة في أواخر العام 2014 أن ما يقرب من 200 من المفاعلات الـ 434 العاملة في جميع أنحاء العالم سوف تتقاعد بحلول عام 2040، وتقدر تكلفة توقيفها بأكثر من 100 مليار دولار. غير أن العديد من الخبراء يرون أن هذا الرقم منخفض للغاية، لأنه لا يشمل تكلفة التخلص من النفايات النووية والتخزين الطويل الأجل، ولأن تكاليف الاستغناء عن الخدمة - التي غالباً ما تكون بعشر سنوات أو أكثر - تختلف اختلافاً كبيراً حسب المفاعل وحسب البلد. وتقدر لجنة التنظيم النووي في الولايات المتحدة "NRC" أن تكلفة وقف التشغيل في الولايات المتحدة - التي تملك حوالي 100 مفاعل - تتراوح بين 300 مليون و 400 مليون دولار لكل مفاعل، ولكن بعض المفاعلات قد تكلف أكثر من ذلك بكثير¹.

المطلب الثامن: التأمين والمسؤولية القانونية

كان الحادث النووي الذي وقع في فوكوشيما داييتشي أسوأ حادث يقع في مرفق نووي منذ حادث تشيرنوبيل في عام 1986. فقد تسبب في إشاعة حالة من القلق العميق لدى الجمهور العام، وأضرّ بالثقة في القوى النووية. وعقب ذلك الحادث، بات من اللازم جداً على الصعيد العالمي تعزيز معايير الأمان النووي والاستجابة إلى حالات الطوارئ. والوكالة الدولية للطاقة الذرية تقود المسار في استحداث نهج عالمي في هذا الصدد، كما أن خطة عمل الوكالة بشأن الأمان النووي توفر إطاراً شاملاً، وتؤدي مفعولها باعتبارها قوة دافعة بالغة الأهمية لاستبانة الدروس المستفادة ولتنفيذ الإجراءات اللازمة لتحسين الأمان.

ويُعنى بقضية تعزيز الأمان النووي من خلال عدد من التدابير المقترحة في خطة العمل التي تتضمن 12 إجراءً رئيسياً تركّز على عمليات تقييم الأمان على ضوء ذلك الحادث. وقد أحرز تقدم جدير بالتنويه في تقييم مواطن الضعف في محطات القوى النووية، وتعزيز الخدمات التي تقدمها الوكالة بخصوص استعراضات الأقران، وإدخال تحسينات على قدرات الاستعداد للطوارئ والاستجابة السريعة في التصدي لها، وتعزيز بناء القدرات والحفاظ عليها، وكذلك توسيع نطاق التواصل والتشارك في المعلومات مع الدول الأعضاء والمنظمات الدولية والجمهور العام، وتعزيزهما. وأحرز تقدم أيضاً في إعادة النظر في

¹ - Chestney N and Geert D, « Global nuclear decommissioning cost seen underestimated, may spiral », 2015. Article publié sur: <http://www.reuters.com>. (consulté le: 02/05/2017)

معايير الأمان التي وضعتها الوكالة، والتي لا تزال تُطبق على نطاق واسع من جانب الجهات الرقابية والقائمين بتشغيل المحطات وأوساط الصناعة النووية عموماً، مع ازدياد الانتباه إلى مسألة منع وقوع الحوادث والتركيز عليها، وخصوصاً الحوادث العنيفة، وكذلك إلى الاستعداد للطوارئ والتصدي لها¹.

هذا مجال مثير للجدل، نظراً لأن المسؤولية القانونية لملاك المحطة في الوقت الحالي تنحصر في نص المعاهدات الدولية في نسبة صغيرة فقط من التكاليف المحتملة لحدث نووي جسيم. ومعاهدة فيينا المبرمة سنة 1963 والمعدلة سنة 1997 تحدد مسؤولية مشغلي المحطة النووية بـ 300 مليون من حقوق السحب الخاصة، أو نحو 460 مليون دولار. وفي الوقت الحالي، يكتب للخطر المتبقي ما يزيد على 140 مليون جنيه إسترليني، على الرغم من أن هذا الحد يتوقع أن يزيد بموجب اتفاقي باريس وبروكسل ليصل إلى 700 مليون يورو (500 مليون جنيه إسترليني). وقد اعتبر الحد على المسؤولية القانونية جوهرياً ليسمح بتطور الطاقة النووية، ولكن يمكن اعتباره دعماً مالياً كبيراً².

المبحث الخامس: آفاق استخدام الطاقة النووية في الجزائر

بدأت توجّهات الحكومة الجزائرية، وهي عضو في الوكالة الدولية للطاقة الذرية "IAEA"³ منذ عام 1963، نحو إمكانية توليد الطاقة النووية منذ عام 1974. وتم إطلاق برنامج كامل للطاقة النووية سنة 1981 يهدف أساساً إلى خفض وتيرة استهلاك احتياطات الوقود الأحفوري الموجه نحو التصدير إلى السوق العالمي. وقد ساعد توفر الاحتياطات المعتبرة من اليورانيوم في الجنوب الجزائري على تشجيع هذه التوجّهات الجزائرية نحو الكهرباء النووية، ناهيك عن المعدّلات المتزايدة للاستهلاك المحلي من الطاقة.

ولإعداد لمرحلة ما بعد النفط، أبرمت الجزائر العديد من اتفاقات التعاون النووي مع شركائها التقليديين لسنوات الثمانينات (الصين والأرجنتين)، وكذلك وقعت الكثير من اتفاقات الشراكة مع: روسيا، والولايات المتحدة الأمريكية، وفرنسا، ودول أخرى. كل ذلك يأتي في سبيل تكوين الإطارات الجزائرية في سبيل إقامة محطات نووية لإنتاج الكهرباء وإدخال هذه التكنولوجيا ضمن المزيج الطاقوي في الجزائر.

¹ - دنيس فلوري، "القوى النووية في القرن الواحد والعشرين"، مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية، 1-54، فيينا، مارس 2013، ص 14.

² - ستيف توماس، مرجع سابق، ص 28.

³ - The International Atomic Energy Agency.

المطلب الأول: التطور التاريخي والنشاط الاستكشافي

أولا: الخطوات الأولى

اهتمام الجزائر بالطاقة النووية، وما بعد التطبيقات المدنية للذرة، وبشكل أعم في مجالي البحوث الأساسية والصحة، تعود إلى أوائل السبعينيات عندما قام أول برنامج نووي جزائري ذو توجه أكاديمي بحث بإرسال نواة من العلماء والمهندسين المختصين في الهندسة النووية إلى خبراء، مجموعات، وشركات طاقة متمرسية في المجال النووي في كل من: ألمانيا عند (Lahmeyer- International)، فرنسا (Sofratome)، وفي كندا (Nucleotec). وفي الفترة من عام 1975 إلى عام 1992، صاغت الجزائر سياستها النووية الوطنية، وحددت جدول أعمال أكثر شمولاً لتدريب المهندسين والعلماء في الهندسة النووية، وأطلقت أول عمليات تنقيب وتقييم لمناجم اليورانيوم، وتحديد المواقع الجغرافية الموجودة القادرة على استضافة محطات الطاقة النووية - بالتعاون مع EDF¹ - وتنفيذ أول البنى التحتية النووية الأساسية. وبطبيعة الحال، لم يتم القيام بأي شيء من دون "حق الرقابة" من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية، التي أيدت الجزائر، رغم ذلك، باعتبارها عضواً في المنظمة منذ عام 1963. وفي غضون ذلك، في الجزائر، تم القيام بعمل كبير في ميدان الاستكشاف والتنقيب عن اليورانيوم، ما أدى في عام 1982 إلى قيام اللجنة الوطنية للطاقة الجديدة، التي أشرفت على تنفيذ مشاريع الهياكل الأساسية للطاقة النووية، وتتكون أساساً من أول مراكز البحوث الذرية وأول المفاعلات الموجهة حصراً للبحوث. ولكن منذ عام 1986، توقف البرنامج النووي المدني الجزائري للمرة الأولى بسبب نقص التمويل، وتضرر الجزائر بشدة من الأزمة النفطية في ذلك الوقت والاختناق الاقتصادي الذي تلاها. كما أن التقدم الذي أحرزته الجزائر في مجال البحوث النووية عرقلته العشرية السوداء، حيث كانت الأولوية الوحيدة للدولة في هذه المرحلة هي حماية الأمة الموجودة تحت التهديد المباشر لوجودها، ومع ذلك، تمكنت لجنة الطاقة الذرية (COMENA) من رؤية النور بالتوازي مع هذه الظروف سنة 1996.

بيد أن الجهد الوطني في سبيل امتلاك تكنولوجيا الطاقة النووية لم يكن عقيماً، فحتى إن لم يكن لدى البلد في الوقت الحالي محطات للطاقة النووية قيد التشغيل أو البناء، فإنه يمارس، كما تسمح به الظروف، على مفاعلي "محاكاة" معروفين للجميع²:

✓ الأول مفاعل "النور"، يقع في درارية، الجزائر العاصمة، وهو مفاعل بحوث وإنتاج النظائر على مستوى المخبر، من نوع RA-6 وبقدرة تبلغ 1 ميغاواط، أنشأتها شركة INVAP الأرجنتينية في

¹ - Electricité de France.

² - Samir Tazairt, « Les détails du programme nucléaire civil algérien : Une pincée d'atomes pour une saga au long cours », article publié le : 16/08/2014, sur : <http://reporters.dz>. (consulté le : 18/12/2017).

مدة 18 شهرا واستُلم في أبريل 1989. وقد تم تصميمه لاستخدام اليورانيوم المخصب بنسبة 20% من قسم U-235 بتبريد بالمياه الخفيفة.

✓ الثاني مفاعل "السلام" المتمركز فوق هضبة بيرين، عين وسارة، ولاية الجلفة، وهو ثمرة تعاون صيني - جزائري، من خلال شركة (CZRC)، وهي فرع لمجموعة شركات الصين النووية الوطنية (CNNC). هذا المفاعل الذي تبلغ قدرته 15 ميغاواط، ويستخدم اليورانيوم المخصب بنسبة 3% هو من نفس نوع مفاعل "النور"، لكنه أكبر حجما وموجه فقط للأبحاث الطبية والصيدلانية والأشعة، وتكوين وتدريب المهندسين الجزائريين وطلاب الدكتوراه العاملين في مجال الدراسات النووية.

من الخطوات الرئيسية في مجال امتلاك المعرفة والتكنولوجيا النووية الوطنية، أنشأت الجزائر في عام 1999 أول مجمع لها للتخصيب في الجنوب، ينتج أساسا قضبان الوقود من اليورانيوم الخام أو اليورانيوم المستخرج من الفوسفات.

ثانيا: تحديد الحقول المكتشفة

منذ عام 1954، أطلقت الهيئة الفرنسية للطاقة الذرية بالتعاون مع مكتب الأبحاث المنجمية في الجزائر أول برنامج لاستكشاف اليورانيوم في الهقار، ما سمح بإيجاد مؤشرات محتشمة عديمة الجدوى الاقتصادية في كل من: البيما، فورون، تيماغوين.

في عام 1969، بدأت الشركة الوطنية للبحث واستغلال المناجم (SONAREM) لأول مرة أعمال مسح شاملة لليورانيوم استهدفت المؤشرات المكانية المعروفة مسبقا وتشكيلات طبقة ما قبل الكمبري وكذلك المساحات الرسوبية المحيطة به.

وعلى هذا الأساس، تم عام 1971 وضع وتنفيذ برنامج استكشاف واسع النطاق. ويشمل المسح الجوي الطبقي الذي يغطي كامل الأراضي الوطنية، والمسح الإشعاعي الذاتي الذي يجري على الهياكل الجيولوجية الأكثر إمكاناتاً ومسح جيوكيميائي للمؤشرات المكانية الأكثر أهمية.

في عام 1973، وبعد الارتفاع الهائل لأسعار اليورانيوم وحتى عام 1980، تم استكشاف وتقييم جميع المؤشرات المدرجة. النتائج الرئيسية التي تم الحصول عليها هي:

- ترسيم المقاطعات الجيولوجية الرئيسية المناسبة للتقيب عن اليورانيوم؛

- حوالي عشرة من المؤشرات المكانية الهامة؛

- تحديد 78 نقطة للتعيين، و 319 حالة شاذة جراء المسح الجيوكيميائي (نقطية و سطحية) و 80 حالة من الحالات الشاذة من خلال المسح الجوي؛
- اكتشاف أربعة حقول لليورانيوم (تيمغوين، أبانكور، تينف و تاهاغارت) بـمـوارد قـياسـية تقـدر بـأكـثر من 23 000 طن من معدن اليورانيوم؛
- في المرحلة الحالية مما توصلت إليه الاستكشافات في الجزائر، تبدو إمكاناتها معقولة من اليورانيوم، وتقع أساسا في الهقار. المؤشرات المكانية المتعددة، ونتائج المسح الجوي الذي أعطى الكثير من الحالات الشاذة في الهقار كما في مناطق أخرى مثل: مرتفعات الرقيبات، أوغارتا، وكذلك سلسلة الأطلس التلي شمالا، تُبقي احتمالا كبيرا لإمكانية استكشاف موارد معتبرة في هذه المناطق¹.

المطلب الثاني: آفاق تطوير تطبيقات التقنيات النووية المدنية في الجزائر

الجزائر يمكنها الاعتماد على تكنولوجيا الطاقة النووية إلى جانب الطاقات المتجددة لجعل المزيج الطاقوي لديها أكثر منعة في مواجهة خطر نزوب الطاقة الأحفورية. لتحقيق ذلك، يجب العمل وفق ثلاثة محاور هي: الإرادة السياسية، البنية التحتية الأساسية للبحث والتطوير في المجال النووي، والموارد البشرية والمالية.

أولا: الإرادة السياسية

تأكيدا منها لتوجهاتها في مجال التطبيقات النووية المدنية وقعت الجزائر العديد من المعاهدات والاتفاقات المتعلقة بالطاقة النووية:

- معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية (12 كانون الثاني / يناير 1995).
- الاتفاق المتعلق بتطبيق الضمانات في إطار معاهدة عدم الانتشار (7 كانون الثاني / يناير 1997).
- معاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية (9 تموز / يولييه 2002).
- اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية (3 مايو 2003).
- اتفاقية التبليغ المبكر عن وقوع حادث نووي (5 شباط / فبراير 2004).

¹ - Abdelkader SEMIANI et autres, « L'URANIUM EN ALGÉRIE : RESSOURCES ET PERSPECTIVES », Office National de Recherche Géologique et Minière, article disponible sur : http://pratclif.com/mines/timgaouineabankor/Potentialite_uranium_alg.pdf. (consulté le: 23/12/2017).

- اتفاقية تقديم المساعدة في حالة وقوع حادث نووي أو طارئ إشعاعي (15 شباط / فبراير 2004).

يتطلب تطوير الطاقة النووية في الجزائر إرادة واضحة ومستقرة للسلطات الجزائرية. والأهداف التي يتعين أن يحققها البرنامج النووي المدني يجب أن تحدد بوضوح¹.

ثانيا: البنية التحتية الأساسية للبحث والتطوير في المجال النووي

تتكون البنية التحتية الجزائرية في المجال النووي من مراكز للبحث ومراكز تطبيق كالاتي²:

1- محافظة الطاقة الذرية (COMENA): تمثل (COMENA) الوكالة الحكومية الرئيسية لتنفيذ السياسة الوطنية في مجال تعزيز وتطوير الطاقة النووية والتقنيات النووية. تطور (COMENA) المهارات والبنى التحتية: في الوقود النووي، في تكنولوجيا المنشآت النووية، في تطبيق العلوم النووية، وتقنيات الطاقة، والصحة والصناعة والزراعة والبيئة.

لتحقيق الأهداف المرجوة منها، تعتمد محافظة (COMENA) على أربعة مراكز بحث:

- **مركز البحث النووي بالجزائر (CRNA):** ويركز برنامجه البحثي على الفيزياء والتقنيات النووية والتطبيقات النووية والسلامة النووية ونقل وتخزين النفايات المشعة.

- **مركز البحث النووي ببييرين (CRNB):** ويشمل برنامج (CRNB) البحوث في ميادين الفيزياء، وتكنولوجيا المفاعلات، وأدوات التحكم في المنشآت النووية، وتقنيات إنتاج النظائر المشعة، وتطبيقات النيوترونات، والسلامة النووية، إدارة ومعالجة النفايات المشعة. وهو مسؤول عن تشغيل مفاعل "السلام" والمرافق المرتبطة به.

- **مركز البحث النووي بداررية (CRND):** وتتمثل مهمته في البحث والتطوير في مجال البرامج البحثية المتعلقة بتصنيع الوقود النووي والفيزياء والتقنيات والهندسة النووية. يتولى المركز إدارة تشغيل مفاعل "النور".

- **مركز البحث النووي بتامنراست (CRNT):** وتتمثل مهمته في القيام بأي نشاط يرمي إلى البحث واستكشاف المواد الخام اللازمة لإنتاج الطاقة النووية.

¹- A, Sabri, « Le nucléaire en Algérie, histoire et perspectives », article publié le : 13/08/2017, sur : www.dzairnews.com. (consulté le : 24/12/2017)

²- Brahim Meftah, « Outlook of Nuclear Energy in Algeria », International Conference on Opportunities and Challenges for Water Cooled Reactors in the 21st Century, IAEA, Vienna, Austria, 27-30 October 2009, P 02.

2- مديرية الطاقة النووية (DEN): مديرية الطاقة النووية هي إدارة أنشئت في سبتمبر 2007، داخل المديرية العامة للطاقة في وزارة الطاقة والمناجم الجزائرية، دورها الرئيسي يتمثل في:

- تحديد السياسة الوطنية في مجال إنتاج الكهرباء النووية ومتابعة تنفيذها؛
- تحديد السياسة الوطنية في مجال التطبيقات النووية ومتابعة تنفيذها؛
- توضيح اللوائح في مجال الأمن والسلامة النوويين وإنفاذ تطبيقها؛
- ضمان متابعة التعاون والشراكة في المجال النووي.

ثالثا: الموارد البشرية والمالية

العامل البشري هو حجر الزاوية في مجال الطاقة النووية المدنية، ولذلك ينبغي إيلاء اهتمام خاص لهذا العامل. ويجب دائما الاهتمام البالغ بأمن واستقرار الموظفين، العلميين والتقنيين.

إن تطوير المهارات في مجال الطاقة النووية يتم على مستوى المعهد الجزائري للتكوين في الهندسة النووية، المنشأ بموجب المرسوم الرئاسي رقم 211/11 الصادر في 2011/06/02. وتتمثل مهمة المعهد في تولي التكوين المتخصص في الهندسة النووية. وعلى هذا النحو، يضمن¹:

- التكوين المتخصص في مختلف مجالات نشاط محافظة الطاقة الذرية، لا سيما الهندسة النووية؛
- التدريب المتخصص لموظفي التشغيل والصيانة لمفاعلات البحوث النووية ومحطات الطاقة النووية؛
- التكوين المتخصص للموظفين العاملين في مجال التنقيب عن المواد الخام النووية واستكشافها واستغلالها وتجهيزها وتحويلها وتجميعها وإدارتها وتخزينها؛
- التدريب المتخصص في ميادين الأمن النووي، السلامة النووية، السلامة من الإشعاع، الفيزياء الطبية والإشعاعية، النقل الآمن للمواد المشعة، إدارة النفايات المشعة، والتشريعات ذات الصلة؛
- التكوين المتواصل، تطوير وإعادة تدوير موظفي مراكز البحوث النووية، وعمال تشغيل وصيانة المنشآت النووية.

أما فيما يخص تمويل المحطات النووية في الجزائر، فقد كان التوجه يهدف إلى تخصيص نسبة معينة من مداخل المحروقات لذلك كما هو الحال بالنسبة للطاقات المتجددة، لكن وبعد تهاوي أسعار

¹ - Décret présidentiel n° 11-211 du 2 juin 2011.

النفط، فالحل القائم أمام الجزائر هو إقامة محطات من خلال شراكة أجنبية ومراجعة قانون 51/49 الخاص بالاستثمار الأجنبي ولو كاستثناء إن تطلب الأمر ذلك.

المطلب الثالث: السياسات النووية في الجزائر

أولاً: البرنامج النووي

بالنسبة للطاقة النووية كعنصر فاعل ضمن المزيج الطاقوي الجزائري، أشارت الدراسات الأولية إلى الحاجة لتشغيل محطة نووية أولى (بين 1000-1200 ميغاواط) بحلول عام 2022 والثانية ما بين 2030-2027.

الجدول رقم (III - 2): التطور المتوقع لإنتاج الكهرباء النووية والقدرة المركبة

السنة	2017	2022	2027
القدرة المركبة النووية	0	1200	2400
حصة إنتاج الكهرباء النووية ضمن الإنتاج الوطني	0	9%	14%

Source : Sid Ali Kamel, «Introduction of Nuclear Power Plants in Algeria », TM/WS 2012 January 24-27, P10.

ترى الجزائر أن التعاون الدولي في ميدان استخدام الطاقة النووية للأغراض السلمية هو مفتاح النجاح في تنفيذ برنامجها الوطني للطاقة النووية. ولدعم هذا التعاون، صادقت الجزائر على سبع اتفاقيات ومعاهدات سبق ذكرها¹.

ثانياً: جدول تنفيذ البرنامج النووي

- بعد مدة قصيرة (سنة أشهر) من قرار إحياء برنامج استكشاف المواد الخام المشعة، سيتم إنشاء فريق للتنقيب وفريق آخر للاستكشاف والبدء في البحث وتقدير تعدين اليورانيوم في البلاد.
- بعد سنتين من اتخاذ هذا القرار، سيبدأ استغلال حقول اليورانيوم واستخلاص المعدن؛
- بعد خمس سنوات، ستوضع البنية التحتية لإنتاج الكعكة الصفراء "yellow cake"؛
- وبعد عشر سنوات، سيتم البدء في مناقصة إنشاء أول محطة للطاقة النووية².

¹ - Sid Ali Kamel, «Introduction of Nuclear Power Plants in Algeria », IAEA Technical Meeting/Workshop on Topical Issues on Infrastructure Development, Vienna, Austria, January 24-27, 2012, P10.

² - A, Sabri, Op Cit.

ثالثا: الشراكة الأجنبية في المجال النووي المدني

1- الشراكة الجزائرية - الروسية

وقعت الجزائر اتفاق تعاون جزائري - روسي في مجال الاستخدام السلمي للطاقة النووية في 2014/09/03، هذا الاتفاق وُقِعَ مع "ROSATOM" كنهاية لعملية طويلة من المفاوضات بين الطرفين.

يشمل التعاون المنصوص عليه في هذا الاتفاق مجالات: تكوين الموارد البشرية في الميادين العلمية والتقنية، البحوث الأساسية والتطبيقية، البحث والتطوير في مجال الهندسة النووية والتكنولوجيات، استخدام المفاعلات النووية لغرض إنتاج الكهرباء وتحلية مياه البحر.

يتعلق هذا التعاون أيضا بالأمن النووي والإشعاعي، إدارة النفايات المشعة ومعالجتها، تطبيق التكنولوجيات النووية في ميادين الزراعة والبيولوجيا وموارد المياه والطب، بما في ذلك إنتاج النظائر المشعة¹.

2- الشراكة الجزائرية - الأرجنتينية

وقعت الجزائر والأرجنتين في 2014/09/23 على اتفاقية شراكة في مجال الطاقة النووية. حيث اتفقت اللجنة الوطنية الأرجنتينية للطاقة الذرية (CNEA) ونظيرتها الجزائرية على أن تقدم الأرجنتين المساعدة في تكوين الموارد البشرية الجزائرية وتعزيز القدرات والمنشآت النووية، فضلا عن المساعدة في تعزيز صناعة إنتاج هذه الطاقة. وبموجب هذه الاتفاقية، الأرجنتين والجزائر تتجهان نحو إنشاء محطة جديدة للطاقة النووية في الجزائر.

كما وقعت الشركة الأرجنتينية لتنفيذ المشاريع النووية والنفطية والفضائية (INVAP) في هذه المناسبة عقدا لبناء مصنع لإنتاج النظائر المشعة، وكذلك لتوسيع مصنع الوقود القائم منذ الثمانينات².

3- الشراكة الجزائرية - الاتحاد الأوروبي

تم التوقيع على اتفاق شراكة بين الجزائر والمنظمة الأوروبية للبحوث النووية (CERN) في مجال التكوين واكتساب المعرفة في مجال التكنولوجيات المتقدمة والدراية الفنية بتاريخ 2014/05/28. وستمكن

¹ - « Signature d'un accord de coopération algéro-russe dans le domaine de l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques », 03 / 09 / 2014, publié sur : <http://www.energy.gov.dz>. (consulté le : 26/12/2017)

² - Selma K, « Algérie-Argentine: Signature d'un accord de coopération dans l'énergie nucléaire », article publié le : 24/09/2014, sur : <http://www.maghrebemergent.info>. (consulté le : 20/01/2018).

هذه الشراكة المشاركة "الفعالة" للباحثين الجزائريين في الأنشطة التجريبية لـ (CERN)، حيث تعتبر كوسيلة للتبادل وتطوير المهارات.

سوف يستفيد الباحثون الجزائريون وطلاب الدكتوراه والمهندسون، بفضل هذه الاتفاقية، من التدريب على التقنيات المتقدمة والدراية الفنية الهامة في مختلف المجالات، مثل البصريات الدقيقة والموصلية الفائقة وفيزياء الطبقات الرقيقة.

بالإضافة إلى اتفاقيات التعاون مع شركائها التقليديين المذكورين آنفاً، وقعت الجزائر أيضاً اتفاقيات تعاون نووي مع كل من: فرنسا، جنوب إفريقيا، الولايات المتحدة، كوريا الجنوبية.

بينما كان للجزائر برنامج جدير بالذكر للطاقة النووية في الماضي، فقد تراجعت جهود الطاقة النووية في الوقت الحالي، مقتصرة على برامج البحث والتطوير سواء من خلال المعاهد والمراكز النووية، أو من خلال البعثات العلمية المستفيدة من الشراكة الأجنبية. ويرجع ذلك إلى التطورات الراهنة على الصعيدين الوطني والدولي التي تجعل بناء محطة للطاقة النووية في الجزائر أمر يحتمل إشكالات وصعوبات جد معتبرة. ونتيجة لذلك، نلاحظ تذبذب وتضارب كبيرين عند المسؤولين في مجال الطاقة حول جدول زمني لمحطة الطاقة النووية. وبالتالي، في قطاع الطاقة الجزائري، لا تمثل الطاقة المتجددة والطاقة النووية منافسين مباشرين، لكن المنافسة بينهما تبقى محصورة في مجال البحث العلمي.

خلاصة الفصل الثالث:

تجلت من خلال هذا الفصل مختلف مظاهر الأنظمة النووية في العالم، وكذلك تكلفة بنائها وتكلفة الكهرباء التي تولدها، وهذا إذا ما قورن مع الطاقة الأحفورية والطاقات المتجددة التي لا تزال تكاليفها مرتفعة مقارنة بالمحطات النووية، والباب يسمح بالتفكير في هذا النوع من المحطات كورقة رابحة يمكن الاعتماد عليها في دعم المزيج الطاقوي لأي بلد.

منذ الإنشاء السريع والكبير لمعظم محطات الطاقة النووية في العالم في السبعينيات، كانت تكاليف الطاقة النووية تميل إلى الزيادة، لا سيما نتيجة لمتطلبات الجودة والسلامة. يؤثر هذا الاتجاه للزيادة أيضاً على الطاقات المنافسة (الاستثمار)، ناهيك عن الزيادة في تكاليف الوقود الأحفوري (الاستغلال) وتضمنين تكاليف ثاني أكسيد الكربون.

الفصل الرابع

مقارنة بين استراتيجيات تطوير الطاقات المتجددة في
الجزائر وإيران والسعودية

الفصل الرابع: مقارنة بين استراتيجيات تطوير الطاقات المتجددة في الجزائر وإيران والسعودية

تمهيد

سيعرض هذا الفصل الرابع إمكانات موارد الجزائر من الطاقات المتجددة بأنواعها، وتقييم إستراتيجيتها وبرامجها للنهوض بهذا القطاع، ودراسة إمكانية تعويضه للمحروقات. نظرا للأهمية البالغة للمحاور الجيوستراتيجية عالميا، وبغية لتحديد وضعية الجزائر منها، سيتضمن هذا الفصل دراسة مقارنة مع دول تحاكي الجزائر في الموارد الطبيعية، إمكانات الطاقة المتجددة، والهيكل الاقتصادي الواقع تحت هيمنة المحروقات، هذه الدول هي: المملكة العربية السعودية، وجمهورية إيران الإسلامية.

هيكل هذا الفصل بني على ثلاثة مباحث: الأول يقدم دول الدراسة اقتصاديا، اجتماعيا، وجغرافيا، كما يتطرق إلى خصائص القطاع الطاقوي لكل بلد. المبحث الثاني اشتمل على مقارنة لاستراتيجيات وبرامج دول الدراسة لتطوير قطاع الطاقات المتجددة، أما المبحث الثالث فيتضمن مقارنة للإطار التشريعي والقانوني الخاص بالطاقات المتجددة وتحفيز استخدامها في الدول موضوع البحث.

المبحث الأول: الخصائص الاقتصادية العامة والإمكانات الطاقوية لدول الدراسة

تتنتمي دول الدراسة الثلاثة إلى منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا¹ « MENA »، التي لطالما كانت بالغة الأهمية وحيوية للشؤون العالمية سواء بمواردها الطبيعية والطاقوية، أو بحيزها الجغرافي. تتمتع هذه البلدان بـ: موقع جغرافي متميز يقع على مفترق الطرق بين أوروبا وأفريقيا وآسيا، معدلات سكانية شابة بمستويات تعليمية متزايدة، إمكانات كبيرة في قطاعات مثل: الطاقات المتجددة، الصناعة التحويلية، السياحة، وخدمات تطوير الأعمال. وعلى مدى العقود الماضية، نفذت بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بما فيها دول الدراسة إصلاحات لزيادة الانفتاح الاقتصادي والتنويع وتنمية القطاع الخاص. سنتناول في هذا المبحث أهم الخصائص الاقتصادية والطبيعية سواء من ناحية الموارد الطاقوية أو من جهة السياق الطاقوي لبلدان الدراسة.

المطلب الأول: الميزات الجغرافية وإمكانات الطاقة في الجزائر

تعتبر الجزائر بلدا غنيا بالموارد الطبيعية، مع موقع جغرافي ملائم للمشاريع الضخمة في مجال الطاقة الشمسية الحرارية والطاقة الشمسية الضوئية، فضلا عن طاقة الرياح، كل ذلك من الممكن أن يجعل الجزائر رائدة في منطقة البحر الأبيض المتوسط في هذا المجال.

¹ - Middle East and North Africa.

الفرع الأول: الميزات الجغرافية للجزائر

تتكون التضاريس الجزائرية من ثلاث مجموعات كبيرة: التل في الشمال ، الهضاب العليا والأطلس الصحراوي في الوسط ، والصحراء في الجنوب، تتوزع على مساحات شاسعة كما يلي:

أولاً: جغرافيا الجزائر

تغطي الجزائر مساحة 2381741 كلم² مع 1200 كلم من ساحل البحر المتوسط، البلد عضو في اتحاد المغرب العربي إلى جانب ليبيا والمغرب وموريتانيا وتونس. حدودها مشتركة مع هذه البلدان، ومع اثنتين من بلدان الساحل الإفريقي: مالي والنيجر وأيضاً الصحراء الغربية. مناطق الإقليم المتلقية لأكثر من 400 ملم من الأمطار سنوياً تقتصر على شريط يصل إلى 150 كم إلى الداخل من الساحل. السلاسل الجبلية وتضاريسها تفاقم من جفاف المناخ بالاتجاه إلى الجنوب، وذلك بسبب وضعيتها الموازية للساحل. مناخ الجزائر من النوع المتوسطي المعتدل شمالاً، وصحراوي حار وجاف جنوباً¹.

تتخزن الجزائر بموارد طبيعية كبيرة ومتنوعة: احتياطات الغاز في الجزائر هي من بين الأكبر في العالم، وباطن أرضها يحوي حقول هامة من النفط، والفوسفات والزنك، والحديد، الذهب واليورانيوم والتنجستن، والكاولين².

ثانياً: ديموغرافيا الجزائر

في عام 2016 ، وصل إجمالي عدد السكان المقيمين في الجزائر إلى 4 836 000 اعتباراً من 1 جويلية. بلغت الزيادة الطبيعية المسجلة خلال العام 886 000 شخص، بمعدل نمو طبيعي بلغ 2.17%، مما يشير إلى زيادة طفيفة قدرها 0.02 نقطة مقارنة بعام 2015، وتعزى هذه الزيادة إلى كل من الزيادة في حجم الولادة والانخفاض في عدد الوفيات³. توقعات النمو السكاني في الجزائر حتى سنة 2100 والتي نشرتها إدارة الشؤون الاقتصادية والاجتماعية للأمم المتحدة تشير إلى تباطؤ ديموغرافي قوي، انخفاض حاد في معدل الخصوبة، شيخوخة السكان وزيادة متوسط العمر المتوقع. ومن المنتظر أن ينمو عدد السكان الجزائريين حسب توقعات الأمم المتحدة من 39 مليون نسمة في عام 2013 إلى 46.5 مليون في عام 2025 قبل أن يستقر عند نحو 55 مليون نسمة بين عامي 2050 و 2100⁴.

¹ - « Guide investir en Algérie », janvier 2017, rapport de KPMG Algérie SPA, P 17.

² - « Ressources naturelles », article publié sur : www.andi.dz. (consulté le : 25/12/2017)

³ - BERRAH M K, « DEMOGRAPHIE ALGERIENNE 2016 », la Direction Technique chargée des statistiques de Population et de l'Emploi, ONS, Algérie, 2017, P 02.

⁴ - « La population algérienne va stagner et vieillir », article publié sur : www.liberte-algerie.com. (consulté le : 05/05/2017)

ثالثاً: التنظيم الإقليمي والإداري - المؤسسات السياسية

البلدية هي العنصر الأساسي في التنظيم الإقليمي للجزائر. البلديات عددها 1541، مقسمة على مناطق إدارية (الدوائر، وعددها 227) ومحافظات (ولايات، البالغ عددها 48).

يتم انتخاب رئيس الجمهورية عن طريق الاقتراع العام المباشر والسري لمدة 05 أعوام. ويمكن إعادة انتخابه. الوزير الأول يعينه رئيس الجمهورية، مهمته تنفيذ برنامج رئيس الجمهورية وتنسيق عمل الحكومة. البرنامج يخضع لموافقة المجلس الوطني الشعبي (APN) ¹.

الفرع الثاني: الإمكانيات الطاقوية في الجزائر

توفر مصادر الطاقة يعتبر من أهم عوامل دفع التنمية الاقتصادية لكل دولة تطمح لبناء اقتصاد متوازن، والجزائر تزخر بهذه الموارد، كما يبينها الآتي:

أولاً: إمكانيات الطاقة التقليدية

كان أول اكتشاف للنفط في الجزائر في عام 1948 في وادي غيتيريني بالقرب من سيدي عيسى، والآن تحتل الجزائر المرتبة الثالثة بين البلدان المنتجة للنفط في أفريقيا والمرتبة 12 في العالم.

أما احتياطات النفط والغاز التي تم اكتشافها حتى الآن في الجزائر فهي موجودة في حوالي 200 حقل نفط وغاز، يوجد 73 منها في حوض إيليزي و 57 في أحواض الصحراء الوسطى و 34 في غدامس - رهورد نوس، و 31 في حوض وادي ميا. هناك حوالي 250 طبقة تراسبية منتجة على مستوى هذه الحقول، منها 105 Siluro-Devonian، 63 Triassic، و 55 Ordovician.

من الاحتياطات الأولية القائمة هناك 10.2 مليار متر مكعب من الهيدروكربون السائل، و 25% فقط منها تعتبر قابلة للاستخراج باستخدام طرق الإنتاج الحالية. وقد تم بالفعل إنتاج نصف هذا الاحتياطي. ووفقاً لآخر التقديرات، فإن احتياطات النفط المحتملة والممكنة تبلغ حوالي 400 مليون متر مكعب.

تبلغ احتياطات الغاز المؤكدة الأولية حوالي 4.6 تريليون متر مكعب، مع اعتبار 80% منها قابلة للاسترداد حالياً. وقد تم إنتاج 15% فقط من المجموع. وتشير التقديرات الأخيرة إلى أنه قد يوجد حجم إضافي قدره تريليون متر مكعب من الاحتياطات المحتملة أو الممكنة ².

¹ - « Guide investir en Algérie », Op Cit, P 18.

² - M, Attar et M, Hammat, « Le Potentiel en Hydrocarbures de L'Algérie », Contribution de SONATRACH Division Exploration, Algeria Well Evaluation Conference, Algeria, 2007, P IV-2.

ثانيا: أرقام أساسية لإنتاج واستهلاك الطاقة في الجزائر

تعكس مستويات الاستهلاك والإنتاج الطاقويين في الجزائر حجم التحدي الذي يفرض ضرورة وضع برامج لمواجهة الاستهلاك المحلي من الطاقة أولاً، فضلاً عن مجابهة نزوب المصادر التقليدية، وهذا ما توضحه المعطيات الموالية:

1- إنتاج الطاقة الأولية: يهيمن على هيكل إنتاج الطاقة الأولية في الجزائر لعام 2015 المنتجات الغازية (الغاز الطبيعي، غاز النفط المسال) بنسبة تصل إلى 57.9%، كما هو موضح في الجدول الموالي:

الجدول رقم (IV - 1): إنتاج الطاقة الأولية في الجزائر 2014-2015

التغير		2015	2014	الوحدات	إنتاج الطاقة الأولية
النسبة	الكمية				
1.5	1 217	79 931	78 715	K TEP	الغاز الطبيعي
		84 583	83 296	10 ⁶ m ³	
-3.2	-1 788	54 250	56 038	K TEP	النفط الخام
		49 184	50 805	K Tonnes	
-1.7	-185	10 885	11 069	K TEP	المكثفات
		9 615	9 778	K Tonnes	
3.3	314	9 753	9 439	K TEP	الغاز النفطي المسال في الحقول (GPL)
		8 265	7 999	K Tonnes	
-12.2	-7	53	60	K TEP	الكهرباء الأولية
		223	254	Gwh	
0.2	-	6	6	K TEP	الوقود الصلب: الخشب
		32	31	10 ⁶ m ³	
-0.3	-449	154 878	155 327	K TEP	المجموع

المصدر: تقرير وزارة الطاقة: "chiffres clés du bilan énergétique de l'année 2015". متوفر على الموقع:

(consulté le : 27/07/2017) www.energy.gov.dz

استقر الإنتاج الجزائري من الطاقة الأولية عند 154.87 مليون طن مكافئ نفطي نهاية 2015، مقابل 155.32 مليون طن مكافئ نفطي سنة 2014، أي بانخفاض نسبته 0.3% كما تبينه معطيات الجدول السابق.

يُعزى هذا التراجع في الإنتاج إلى انخفاض إنتاج كل من: البترول الخام (-3.2%)، المكثفات (-1.7%)، والكهرباء الأولية المنتجة انطلاقاً من مصادر مائية (-12.2%). ومع ذلك، قوبل هذا الانخفاض بزيادة في إنتاج الغاز الطبيعي (+1.5%)، والغاز النفطي المسال (+3.3%).

متطلبات الحفاظ على البيئة فرضت على الجزائر استخدام الغاز الطبيعي كمصدر طاقة أولية لإنتاج الكهرباء، كونه مصدر نظيف مقارنة مع غيره من أنواع الوقود الأحفوري، وكونه أيضاً متاحاً على نطاق واسع في الجزائر.

لكن المخاوف البيئية تفرض أيضاً تطوير مصادر أخرى للطاقة تسمى "النظيفة والمتجددة" مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ذات الحقول الوفيرة خصوصاً في الجنوب (الطاقة الشمسية) والجنوب الغربي (الرياح)، كما سيتم تفصيل ذلك فيما يلي من هذا الفصل.

إن تطور الإنتاج الوطني من الكهرباء بين 2012 - 2015 مقسماً حسب تكنولوجيا الإنتاج يمكن توضيحه من خلال الجدول الموالي:

الجدول رقم (IV - 2): تطور توزيع إنتاج الكهرباء في الجزائر 2012 - 2015 حسب التكنولوجيا المستخدمة

النسبة % سنة 2015	الإنتاج Gwh				نوع التكنولوجيا
	2015	2014	2013	2012	
15.81	10 227	10 221	9 582	9 422	الفحم
40.39	26 122	28 444	27 685	18 623	النفط
41.70	26 970	20 211	17 400	24 075	الغاز الطبيعي
0.22	145	193	98	389	الوقود الحيوي
0.42	276	248	227	416	الطاقة النووية
1.37	889	1 181	1 155	1 159	الطاقة المائية
0.02	19	1	-	-	طاقة الرياح
100	64 662	60 500	56 147	54 084	المجموع

Source : «Electricité et Gaz», P 04. Rapport disponible sur : <http://www.energy.gov.dz>. (consulté le : 28/07/2017).

إنتاج الكهرباء يعتمد اعتمادا كبيرا على الغاز الطبيعي في الجزائر، فكما تبين معطيات الجدول السابق، تبلغ نسبة الكهرباء المنتجة انطلاقا من الغاز الطبيعي 97%. بين عامي 2000 و 2015، انتقل عدد المشتركين في شبكات الكهرباء من 4.5 إلى 8.5 مليون مشترك. وفي الوقت نفسه، تضاعف الاستهلاك المحلي من الغاز لإنتاج الكهرباء خلال نفس الفترة تقريبا من 20 مليار إلى 40 مليار م³.

2- الاستهلاك النهائي للطاقة: على المدى الطويل، استمرار نموذج استهلاك الطاقة الحالي قد يوجد إشكالية التوازن بين العرض والطلب على هذا المصدر الطاقوي. الجدول الموالي يبين توزيع الاستهلاك النهائي للطاقة في الجزائر حسب القطاع لعامي 2014-2015:

الجدول رقم (IV - 3): الاستهلاك النهائي للطاقة في الجزائر حسب القطاع 2014-2015:

K Tep	2014	2015	التغير	
			الكمية	النسبة
الصناعة والبناء	8 241	8 818	576	7.0
النقل	14 551	15 495	944	6.5
المنازل وأخرى	16 579	18 145	1 566	9.4
المجموع	39 371	42 458	3 086	7.8

المصدر: تقرير وزارة الطاقة: "chiffres clés du bilan énergétique de l'année 2015". متوفر على الموقع:

www.energy.gov.dz (03/08/2017).

استمر استهلاك الطاقة في النمو حتى نهاية 2015، ليصل إلى 42.45 مليون طن من المكافئ النفطي (مقابل 39.37 مليون طن مكافئ نفطي في الفترة نفسها من عام 2014)، بزيادة قدرها 7.5%. هذه الزيادة يغذيها الاستهلاك المنزلي والصناعات التحويلية الغازية (الغاز المسال والبتروكيماويات)، وشملت تقريبا جميع المنتجات الطاقوية بما في ذلك البنزين والديزل، فضلا عن زبائن الكهرباء ذات الضغط المنخفض.

ثالثا: إمكانات الطاقة المتجددة في الجزائر

إمكانات الطاقة الشمسية: نظرا لموقعها الجغرافي، تملك الجزائر واحد من أكبر حقول الطاقة الشمسية في العالم. مدة إطلالة الشمس على جل التراب الجزائري تتجاوز 2000 ساعة سنويا، وتصل إلى 3900 ساعة (الهضاب العليا والصحراء).

الجدول رقم (IV - 4): إمكانات الطاقة الشمسية في الجزائر

المناطق	المنطقة الساحلية	الهضاب العليا	الصحراء
المساحة (%)	4	10	86

3500	3000	2650	متوسط مدة إطلالة الشمس (ساعة/السنة)
2650	1900	1700	معدل الطاقة المستقبلية (كيلووات ساعي/م ² /سنة)

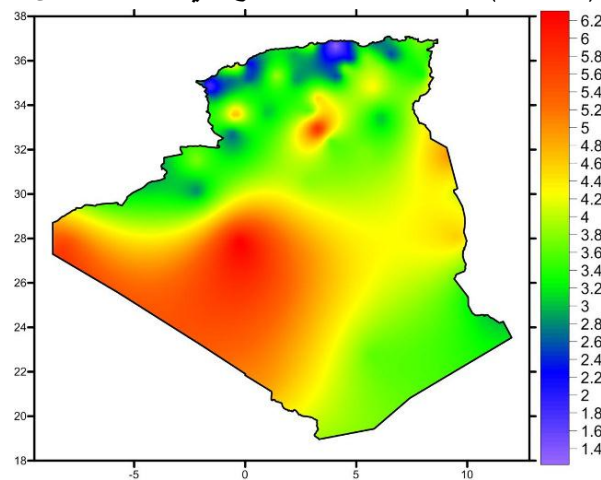
Source : « Guide des énergies renouvelables » ministère de l'énergie, P 39. Disponible sur :

<http://www.energy.gov.dz>. (consulté le : 05/08/2017)

كما يبين الجدول السابق، تبلغ الطاقة المستقبلية يوميا على سطح أفقي من 1م² حوالي 5 كيلووات ساعي في معظم أنحاء البلاد، بقيمة حوالي 1700 كيلووات ساعي/م² سنويا في الشمال، و 2263 كيلووات ساعي/م² سنويا في الجنوب¹. (والملحق رقم (10) يبين خريطة الإشعاع اليومي الإجمالي المستقبل على مستوى أفقي في جميع أنحاء الجزائر)

2- إمكانات طاقة الرياح: لدى الجزائر إمكانات طاقة رياح واعدة بنحو 35 تيراوات في السنة. ما يقرب من نصف البلاد يتميز بسرعة رياح كبيرة². الخريطة المولدة تُظهر أن الجنوب الجزائري يتميز بسرعة رياح أكبر من تلك المتواجدة في الشمال، وخصوصا السرعات المسجلة في الجنوب الغربي، بمعدلات تتأهز 4 م/ثا وتنفوق 6 م/ثا في منطقة أدرار.

الشكل رقم (IV - 1): خريطة موارد الرياح في الجزائر على ارتفاع 10م



Source : Carte annuelle des vents (m/s) à 10m du sol estimée par Dr. Boudia. Disponible sur :

<http://www.cder.dz>. (consulté le : 07/08/2017)

فيما يتعلق بالمناطق الشمالية، نلاحظ عموما أن متوسط السرعة منخفض. ومع ذلك، نلاحظ وجود مناخات جزئية على المواقع الساحلية بكل من: وهران، بجاية وعنابة، في الهضاب العليا بكل من تيارت وبلدية الخيثر وكذلك في المنطقة المحصورة بين بجاية وبيسكرة جنوبا³.

¹ - « Guide des énergies renouvelables » ministère de l'énergie, P 41. Disponible sur : <http://www.energy.gov.dz>. (consulté le : 07/08/2017)

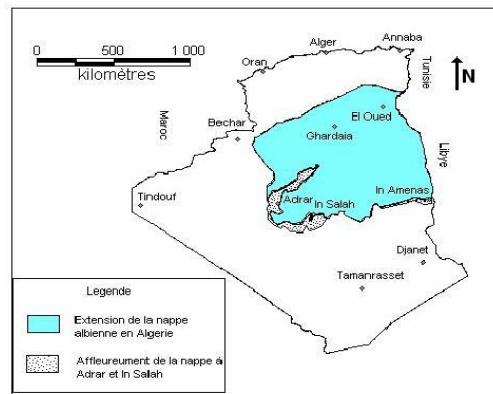
² - Zafar S, « Renewable Energy in Algeria », article publié le: 22/10/2017 sur: www.ecomena.org. (consulté le : 22/12/2017)

³ - « Guide des énergies renouvelables », Op Cit, P 41.

3- إمكانات الطاقة الحرارية الأرضية: أظهرت عمليات المسح الحديثة للينابيع الحرارية أكثر من 240 موقعا. تتراوح درجات الحرارة في المياه الساخنة الجزائرية من 22 إلى 98 درجة مئوية. أعلى درجات الحرارة المسجلة في الينابيع الجزائرية هي: 68° للمنطقة الغربية (حمام بوحنيقية) ، 80° للمنطقة الوسطى (حمام البيبان) و 98° للمنطقة الشرقية (حمام مسخوطين) في شمال الجزائر. هذه الظواهر الطبيعية التي عادة ما تكون تسريبات للخزانات الموجودة، تضخ لوحدها أكثر من 2 م³/ثا من الماء الساخن. هذا لا يمثل سوى جزء ضئيل من إمكانات إنتاج الخزانات. في المنطقة الجنوبية ، توجد بعض الينابيع الحرارية ذات درجة حرارة متوسطة تبلغ 50 درجة مئوية¹.

في الجنوب، مياه الطبقة الألبية "La Nappe Albienne" تغطي مساحة 600 000 كم²، وهي شبه حرة في الغرب وحبسية ودافنة فقط في الجزء الشرقي. يقع سطح طبقة المياه الجوفية إلى الشرق بين 1000 و 2600 متر، ويبلغ متوسط درجة حرارة المياه 60 درجة مئوية، ومعدل التشغيل 4 م³/ثا، وملوحة المياه 3 غرام / تقريبا².

الشكل رقم (IV - 2): التمدد الجغرافي للطبقة الألبية "La Nappe Albienne" في الجزائر



Source : Ouali S et autres, « Etude de faisabilité d'utilisation des eaux thermales de Zelfana Dans la Production d'Hydrogène », 2IWH 2007, 27-29 October 2007, Ghardaïa – Algeria, P 02. Article disponible sur : www.researchgate.net. (consulté le : 07/08/2017)

كلما كانت درجة حرارة الخزان الجوفي الحراري أعلى، زادت إمكانية إنتاج الكهرباء منه. ومن الممكن أيضا استغلال هذا الخزان في القطاع الزراعي خاصة الزراعة الصحراوية، والجدول الموالي يبين أهم أوجه الاستخدام:

¹- Saibi H, «Geothermal resources in Algeria »,Renewable and Sustainable Energy Reviews, New York, December 2009, P 2547.

²- Ibrahim D et autres, « Progress in Sustainable Energy Technologies: Generating Renewable Energy », Springer International Publishing, Switzerland, 2014, P 569.

الجدول رقم (IV - 5): إمكانيات وأوجه استخدام المياه الساخنة الجوفية للطبقة الألبية " la nappe albiennne "

أوجه الاستخدام	حرارة المياه (°م)
التبريد (الحد الأدنى)	70
تربية الحيوانات المائية	60
زراعة الفطريات، التدفئة بالاحتباس الحراري من خلال أنابيب الهواء	50
التدفئة الحضرية (حد أدنى)	40
التخمير، التدفئة بالاحتباس الحراري من خلال التغطية المشعة	30
تربية الأسماك	20

Source : « Guide des énergies renouvelables » ministère de l'énergie, P 43. Disponible sur :

<http://www.energy.gov.dz>.

إذا تم الجمع بين معدل استغلال الطبقة المائية والمعدل الإجمالي للمصادر الحرارية الأرضية في الجزائر، فهذا يعطي بصيغة طاقوية قدرة تبلغ تقريبا 700 ميغاوات¹.

4- إمكانيات الكتلة الحيوية

أ- الإمكانيات الغابية: تنقسم الجزائر إلى قسمين²:

✓ مناطق تلية تحتل 2.5 مليون هكتار تقريبا، أي ما يزيد قليلا عن 10% من المساحة الإجمالية للبلاد.

✓ المناطق الصحراوية القاحلة التي تغطي ما يقرب من 90% من الأراضي الجزائرية.

في شمال الجزائر، الذي يمثل 10% من مساحة البلد، أو 2.5 مليون هكتار، تغطي الغابات 1.8 مليون هكتار إضافة إلى تكوينات حرجية متدهورة في الجبال تناهز 1.9 مليون هكتار.

أشجار الصنوبر البحري والكيما والنباتات الهامة ذات الاستخدام الطاقوي لا تغطي حاليا سوى 5% من الغابات الجزائرية.

¹- Bentouba S, « L' energie renouvelable en Algerie et l impact sur l'environnement », Etude présentée lors du 10ème Séminaire International sur la Physique Energétique 10th International Meeting on Energetical Physics, Université de Bechar, Novembre 2010, P 52.

²- « Guide des énergies renouvelables », Op Cit, P 42.

ب- **فضلات الحيوانات:** تقييم النفايات العضوية، وبصورة أساسية الفضلات الحيوانية لاستخدامها في إنتاج الوقود الحيوي يمكن اعتباره حلا اقتصاديا، لامركزيا ومناسب بيئيا مع استقلالية طاقوية من شأنها أن تدفع عجلة التنمية المستدامة في المناطق الريفية.

تعتبر إمكانات الكتلة الحيوية في الجزائر جد واعدة، إذ تقدر احتياطيات الغابات بنحو 37 مليون طن مكافئ نفط، والتي يتم استخدامها بمعدل استرداد 10%. بالإضافة إلى ذلك ، هناك حوالي 1.33 مليون طن مكافئ نفط سنويا من النفايات الزراعية والحضرية (365 كغ لكل جزائري كنفايات حضرية)¹.

5- **إمكانات الطاقة الكهرومائية:** تقدر القدرة الهيدروليكية للجزائر بنحو 25 مليار م³، وتمثل كمية الكهرباء التي تنتجها المحطات الكهرومائية 5% من إجمالي الإنتاج².

الجدول رقم (IV - 6): محطات الطاقة الكهرومائية في الجزائر

المحطة	القدرة المركبة (ميغاوات)
درقينة	71.5
إيغيل إمدا	24
منصورية	100
إيراغن	16
سوق الجمعة	8.085
تيزي مدن	4.458
إيغزنشبل	2.712
غريب	7
غوريت	6.425
بوحنيقية	5.7
واد فودة	15.6
بني بهدل	3.5
تسالة	4.228
المجموع	286

Source : « Guide des énergies renouvelables » ministère de l'énergie, Algérie, P 43. Disponible sur : <http://www.energy.gov.dz>.

¹- Ibrahim D, « Progress in Clean Energy, Volume 2: Novel Systems and Applications », Springer International Publishing, Switzerland, 2015, P 586.

²- Flazi S, « Les énergies renouvelables : Expérience, Initiatives politiques et Perspectives Algériennes », Salon International des Energies Renouvelables, des Energies Propres et du Développement Durable, Oran 2014, P 67.

انخفض إنتاج الطاقة المائية في الجزائر بشكل حاد في عام 2010، بعد أن بلغ ذروته في عام 2009. وفي عام 2010، كان يمثل مستوى إنتاج أقل مما كان في المتوسط خلال نفس الفترة المرجعية (267 جيجاواط ساعة)¹.

المطلب الثاني: الخصائص الاقتصادية العامة ومكانة الطاقة في الاقتصاد الجزائري

لا تزال الجزائر تواجه تحديات كبيرة بسبب انخفاض أسعار النفط، فقد كان النشاط الاقتصادي "صامدا" إجمالا سنة 2016، ولكن النمو تباطأ في القطاع خارج المحروقات ويرجع ذلك جزئيا إلى الانخفاض المسجل في الإنفاق المقدر بـ 2.9% لنفس السنة².

الفرع الأول: المؤشرات الاقتصادية الأساسية

المؤشرات الاقتصادية الرئيسية (الناتج المحلي الإجمالي، ميزان المدفوعات، معدل التضخم، وغيرها) للدول المصدرة للبترول ترتبط أساسا بتغيرات أسعار النفط الذي يعتبر عماد صادراتها، والآتي يقدم أهم هذه المؤشرات في الاقتصاد الجزائري وتطورها:

أولا: الناتج المحلي الإجمالي (PIB)

بلغ الناتج المحلي الإجمالي حوالي 166.1 مليار دولار فقط في عام 2016، وهذا معناه أن الجزائر بلد لا يخلق سوى القليل من الثروة، سواء مقارنة ببلدان لا تملك نفس الامكانيات الطبيعية أو حتى بأرقام أعمال شركات كبرى عالمية³. والجدول الموالي يوضح تطور الناتج المحلي الإجمالي في الجزائر:

الجدول رقم (IV - 7): تطور الناتج المحلي الإجمالي في الجزائر خلال الفترة 2011-2015

السنة	2011	2012	2013	2014	2015	*2016
الناتج المحلي الإجمالي مقدرا بالمليار دولار	199.39	209.01	209.7	213.52	166.84	168.32

*2016: تقديرات صندوق النقد الدولي.

المصدر: التقارير السنوية لبنك الجزائر للسنوات المذكورة.

الناتج المحلي الإجمالي مقاسا من حيث تعادل القوة الشرائية أو نصيب الفرد بالدولار الحالي، ارتفع بشكل مستمر منذ 2003. أما فيما يتعلق بالفترة 2011-2014، نلاحظ أن الارتفاع كان بمعدلات

¹- Benreguia S, « les techniques de production de l'électricité en Algérie », article publié le : 21/08/2012, sur : www.nouara-algerie.com. (consulté le : 14/08/2017)

²- « les consultations de 2017 au titre de l'article IV avec l'Algérie », Fonds monétaire international, Washington, USA, 2017, P 01.

³- Grim N, « Le PIB algérien parmi les plus bas des pays producteurs de pétrole : Beaucoup d'argent dépensé pour peu de résultats », article publié le : 22/11/2017, sur : www.algerie-eco.com. (consulté le : 04/12/2018)

كبيرة سببها الرئيسي عوائد المحروقات والاستثمار العام. في 2015 و 2016، انخفض الناتج المحلي الإجمالي نتيجة للأثر السلبي لانخفاض أسعار المحروقات¹.

ثانيا: تطور الناتج المحلي الإجمالي / خارج المحروقات

تطورت حصة القطاع الخاص في الناتج المحلي الإجمالي خارج المحروقات، مما أدى إلى زيادة مساهمته من 74% عام 2000 إلى 85% عام 2015، وفي نفس الفترة تضاعف الناتج المحلي الإجمالي خارج المحروقات بمعدل قدره 5.4. أما حصة القطاع العام فتراوحت بين 15% و 30%²، والجدول التالي يعرض تطور الناتج المحلي الإجمالي خارج المحروقات في الجزائر:

الجدول رقم (IV - 8): تطور الناتج المحلي الإجمالي خارج المحروقات في الجزائر

السنة	2013	2014	2015	2016	2017*
معدل النمو	7.1	5.6	5.5	3.7	3.1

* 2017 هي تقديرات الصندوق.

المصدر: تقرير صندوق النقد الدولي 127/16.

عرف الناتج الإجمالي خارج المحروقات في الجزائر تباطؤاً في سنوات 2014 و 2015 بنسبة نمو قدرها 5.5 مقارنة بـ 7.1 محققة سنة 2013، ويرجع ذلك بنسبة أكبر لتباطؤ النمو في قطاعي الزراعة والخدمات، وبنسبة أقل نتيجة لانخفاض الإنفاق³.

أعلنت الجزائر عن نموذجها الجديد للنمو الاقتصادي حتى 2030، وسيتم تجسيد هذا النموذج الذي صادقت عليه الحكومة في 2016 في إطار سياسة تنويع الاقتصاد الوطني وإصلاحه هيكلياً على ثلاث مراحل تهدف إلى تحقيق معدل نمو بـ 6.5% خارج المحروقات خلال العشرية القادمة كالآتي⁴:

✓ المرحلة الأولى تمتد بين 2016-2019 وتركز على تطوير القيمة المضافة لمختلف القطاعات صعوداً نحو الأهداف التي تم وضعها لكل قطاع.

✓ أما المرحلة الثانية فهي المرحلة الانتقالية في الفترة ما بين 2020-2025، وتتمكن البلاد خلالها من تجسيد إمكانية اللحاق بركب الاقتصاد.

¹ - « Guide investir en Algérie », Op cit, P 22.

² - Amzal S, « Economie nationale : le vrai poids du secteur privé », article publié le : 03/08/2017, sur : www.algerie-eco.com. (consulté le : 14/08/2017)

³ - « les consultations de 2017 au titre de l'article IV avec l'Algérie », Op Cit, P 05

⁴ - « LE NOUVEAU MODELE DE CROISSANCE (SYNTHESE) », Ministère des Finances, juillet 2016. Disponible sur : <http://www.mf.gov.dz>.

✓ بينما تمتد المرحلة الثالثة من 2026 إلى 2030، ويتمكن الاقتصاد الجزائري في نهايتها من التدارك واستغلال الإمكانيات المتاحة، وستتجه مختلف القطاعات الاقتصادية نحو قيمتها التوازنية.

ويسعى النموذج من جهة أخرى إلى تحقيق هدف التحول الطاقوي الذي سيسمح بتخفيض معدل نمو الاستهلاك الداخلي للطاقة إلى النصف من خلال "تقييم الطاقة بقيمتها الفعلية و اقتصار عملية الاستخراج من باطن الأرض على ما هو ضروري فعلا للتنمية دون غيره".

ثالثا: احتياطي الصرف

يُعتبر الاحتياطي من النقد الأجنبي بمثابة دعامة الاقتصاد الجزائري في مجابهة الأزمات الاقتصادية العالمية، وقد نتج عن انخفاض هذا الاحتياطي تقليصا لهامش الصمود حيال صدمات انخفاض أسعار البترول، والجدول يبين ذلك بالأرقام:

الجدول رقم (IV - 9): احتياطي الصرف في الجزائر خلال الفترة 2009 - 2015

2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	
114.1	144	180	216.6	204.9	193.4	181.5	162.2	احتياطي الصرف (مليار دولار)
%67.78	%86.31	%84.3	%101	%99	%96	%101	%108	احتياطي الصرف كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي

المصدر: صندوق النقد الدولي.

تراجعت احتياطيات النقد الأجنبي في الجزائر إلى 114.1 مليار دولار في نهاية ديسمبر 2016، مقابل 144.1 مليار دولار في أواخر عام 2015، كما تبينه معطيات الجدول السابق. بين أواخر ديسمبر 2015 وأواخر ديسمبر 2016، انخفض بساط النقد الأجنبي في الجزائر بما قيمته 30 مليار دولار، تحت التأثير المشترك لانخفاض أسعار النفط وصادرات النفط والزيادة الكبيرة في حجم الواردات.

الفرع الثاني: مكانة الطاقة في الاقتصاد الجزائري

كانت المحروقات منذ فترة طويلة العمود الفقري للاقتصاد، حيث تمثل نحو 30% من الناتج المحلي الإجمالي، و 60% من إيرادات الميزانية، وحوالي 95% من عائدات التصدير. وقد مكنت

صادرات المحروقات الجزائر من الحفاظ على استقرار الاقتصاد الكلي وتجميع احتياطات كبيرة من العملات الأجنبية عندما كانت أسعار النفط مرتفعة، ونتيجة لذلك أيضا، تم تسديد الدين الخارجي للجزائر لينخفض إلى حوالي 2% من الناتج المحلي الإجمالي¹.

أولا: حصة المحروقات

سجل صندوق ضبط الإيرادات، أكبر انخفاض في مدخراته المالية، مقارنة مع الصناديق الاستثمارية الرئيسية الأخرى، حيث تهافت الاحتياطات وفق دراسة أجراها المنتدى الرسمي للمؤسسات النقدية والمالية مؤخرا، شملت 31 مؤسسة عمومية، إلى ما يعادل 42.4 مليار دولار منذ نهاية سنة 2014، أي بنسبة تراجع مقدرة بـ 90%، نظرا لمساهمة المدخرات في ضمان موازنة الميزانية السنوية من خلال تغطية عجز الميزانية، بالتزامن مع التهاوي الشديد في أسعار النفط والغاز التي تمثل حوالي 95 % من نسبة عائدات الدولة.

ويرى الخبير الاقتصادي عبد الرحمان مبول أن السبب المحوري في تسارع نزوب مدخرات صندوق ضبط الإيرادات، البالغة مع نهاية 2016 إلى قرابة 840 مليار دينار جزائري، هو الاختلالات التي اكتتفت تحديد ميزانيات الدولة مقارنة بالسعر المرجعي لبرميل النفط في الأسواق خلال قوانين المالية الماضية، وهو الذي يمثل المورد الأول والرئيس لاقتصاد البلاد، حيث كانت بحدود 37 دولارا، لتصل بتفاقم تداعيات الصدمة النفطية، والرغبة في تغطية العجز إلى 50 دولارا في 2016، حيث من المتوقع لدى هؤلاء الخبراء أن الصندوق بهذا التوجه يكون خياليا، ليس له أي معنى من أجل البقاء أو الاستمرار، مادام أن العجز سيواصل وتيرة تصاعده لمستويات أعلى، بسبب الميزانية المحددة على أساس 50 دولارا للبرميل، في حين أن سوق المحروقات لم تتعاف بعد، وتعرف تذبذبا مستمرا لم يمكنها من تجاوز 48 دولارا حاليا، إضافة إلى عدم تسطير آليات ناجعة من أجل التحكم أكثر في انكماش احتياطي الصرف المتوقعة لما دون 90 مليار دولار خلال 2017. ومن أجل أن تنتعش إيرادات الجزائر من المحروقات، وتواصل وتيرة النمو والاستثمار، وكذا الادخار بالصناديق السيادية، بما فيها صندوق ضبط الإيرادات بالشكل الصحيح يتعين على أسعار النفط ألا تنحدر إلى ما دون 83 دولارا للبرميل².

ومع نهاية السنة الحالية، يرشّح متخصصون بلوغ ناتج الصندوق 2072.2 مليار دينار (ما يعادل 18.93 مليار دولار)، وهو ما يعني اقتطاع قياسي سيبلغ 21.61 مليار دولار. وستتواصل الاقتطاعات في سنة 2017، مع بلوغ الناتج 1042.6 مليار دينار (نحو 9.52 مليار دولار)، على أن يبلغ هذا الاقتطاع 9.41 مليار دولار.

¹ - Rapport disponible sur : http://www.indexmundi.com/algeria/economy_profile.html. (consulté le: 06/08/2017).

² - ع حنو، "لا معنى لبقاء صندوق ضبط الإيرادات"، مقال منشور على الموقع: <http://www.assawt.net> بتاريخ: 2017/06/13. (تاريخ التصفح: 2017/08/06).

وعليه، لن يقو صندوق ضبط الموارد على تغطية العجز، بحكم أنّ ناتجه لن يتجاوز 100.9 مليار دينار نهاية 2018 (ما يعادل 920.93 مليون دولار)، ما سيفرز نضوبا تاما في آخر أنفاس العام 2018، وهو ما سيورط الدولة عاما من قبل¹.

ثانيا: الجباية البترولية

تعتبر الجباية البترولية منذ الاستقلال تقريبا حجر الأساس كما يقول الخبراء الماليون والاقتصاديون في تمويل الميزانية الحكومية العامة إذ كانت تُشكل حتى الأعوام الأخيرة حوالي 69% من الجباية الوطنية السنوية للدولة وكانت حوالي 43% منها تصب في الموازنة العامة للدولة مباشرة وما تبقى منها يذهب إلى صندوق ضبط الموارد.

الأزمة المالية والاقتصادية التي تمر بها البلاد أثرت بشكل سلبي على الجباية العادية التي لا تغطي في أحسن الأحوال سوى 41% من الميزانية العامة والجباية البترولية لا تغطي سوى 38% حالياً فهناك تراجع كبير لا تستطيع معه الجباية البترولية تغطية نفقات الميزانية السنوية مما سيضطر الجزائر مجددا إلى الاعتماد على موارد صندوق ضبط الإيرادات الذي يعاني هو الآخر من وضعية مالية صعبة وهناك من الخبراء الاقتصاديين من حذر من أزمة شبيهة بأزمة سنة 1986 عندما انخفضت الجباية البترولية إلى أدنى مستوياتها وانخفض سعر برميل النفط وقتها في السوق الدولية من 42 دولار إلى 9 دولارات. فالجباية البترولية التي تعتبر شريان الجزائر المالي في ظل غياب سياسة حكومية رشيدة تعتمد على ترشيد الإنفاق والاعتماد على قاعدة صناعية وتكنولوجية صلبة تعوض خسائر انخفاض مصادر الدخل التقليدية للدولة².

المطلب الثالث: الميزات الجغرافية وإمكانات الطاقة في إيران

إن إيران بلد يتمتع بموارد طبيعية وفيرة، بما في ذلك كميات هائلة من الطاقات الأحفورية والمتجددة، ومعدلات متزايدة لعدد السكان الشباب. وإذا ما تم استخدامها وتقديرها بشكل صحيح، فستكون هي الأصول الرئيسية لمستقبل مشرق.

إن انخفاض أسعار الطاقة المحلية ودعم استهلاك الطاقة لها بالفعل آثار سلبية كبيرة على الميزانية العامة وتخلق حواجز كبيرة أمام تحديث وتطوير نظام الطاقة نفسه. وتبين الجهود التي بذلت في الماضي لإصلاح نظام تسعير الطاقة مدى صعوبة تغيير هذا الوضع والابتعاد عن الطرق التقليدية للتسيير. وأخيرا، فإن ارتفاع وتزايد استهلاك الطاقة والتكنولوجيا التي عفا عنها الزمن يضعان أيضا

¹ - كامل الشيرازي، "تآكل صندوق ضبط الإيرادات نهاية 2018"، مقال منشور على موقع: <http://www.echoroukonline.com> بتاريخ: 2016/09/07. (تاريخ التصفح: 2017/08/06).

² - عميرة أيسر، "انخفاض الجباية البترولية في الجزائر"، مقال منشور على الموقع: <http://www.akhbarelyoum.dz> بتاريخ: 2016/12/18. (تاريخ التصفح: 2017/08/07).

ضغوطا على البيئة من خلال زيادة التلوث، مما يخلق تهديدات خطيرة للصحة والرفاهية، لا سيما في المدن¹.

الفرع الأول: الميزات الجغرافية لإيران

تعطي المميزات الجغرافية العديد من المزايا لإيران سواء من حيث تكوين التحالفات الاقتصادية أو حتى تسويق صادراتها وفيما يلي عرض لأهم هذه المزايا:

أولا: جغرافيا إيران

تمتد جمهورية إيران الإسلامية على مساحة 1.75 مليون كيلومتر مربع. تحدها أرمينيا وأذربيجان وتركمانستان وبحر قزوين من الشمال، وأفغانستان وباكستان من الشرق، وخليج عمان ومضيق هرمز والخليج الفارسي من الجنوب، والعراق وتركيا من الغرب. يتكوّن نحو 52% من البلاد من جبال وصحارى ويفوق ارتفاع 16% من أراضيها الـ 2000 متر فوق سطح البحر. وأكبر سلسلة جبلية في البلاد هي جبال زاغروس التي تمتد من الشمال الغربي باتجاه الجنوب حيث تلتقي بشواطئ الخليج العربي ومن ثم تتابع امتدادها شرقاً وصولاً إلى المحافظات الجنوبية الشرقية، بالإضافة إلى سلاسل جبلية أخرى تمتد من الشمال الغربي باتجاه الشرق على طول الحافة الجنوبية لبحر قزوين. وتنتشر العديد من السلاسل الجبلية المتفرقة على طول الحدود الشرقية للبلاد. تقع الهضبة الوسطى ما بين هذه السلاسل الجبلية وهي تغطي أكثر من 50% من مساحة البلاد. تغطي جزء منها مستنقعات ملحية بارزة (كافير) وتغطي الجزء الآخر مناطق من الرمال السائبة أو الحجارة مع وجود أراض أفضل نوعية بالقرب من سفوح الجبال المحيطة بها. يتسم المناخ في إيران بتطرفه الشديد نظراً إلى موقعها الجغرافي وتضاريسها المتنوعة. صيفها حار جداً مع درجات حرارة في المناطق الداخلية تعتبر من الأعلى في العالم، إذ قد تتجاوزت أحيانا 55 درجة مئوية. أما في فصل الشتاء، فيؤدي الارتفاع الشاهق لجزء كبير من الأراضي والوضع القاري للبلاد إلى درجات حرارة أدنى بكثير مما قد يتوقعه المرء في بلد واقع على خطوط العرض المنخفضة هذه. فقد تنخفض الحرارة إلى 30 درجة تحت الصفر في الشمال الغربي، ودرجة 20 تحت الصفر شائعة في مواقع كثيرة من البلاد².

ثانيا: ديموغرافيا إيران

تبين نتائج التعداد الوطني للسكان مؤخراً أن عدد سكان إيران يزيد على 79.92 مليون نسمة، أي أكثر بحوالي 4.77 مليون نسمة مقارنة مع الرقم السابق المسجل في التعداد السكاني الذي أجري في

¹ - Saeed Moshiri et Stefan Lechtenböhmer, « Sustainable Energy Strategy for Iran », Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Germany, 2015, P 07.

² - "الري في إقليم الشرق الأوسط بالأرقام"، استقصاء النظام العالمي للمعلومات بشأن المياه والزراعة، منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، روما، 2008، ص 215.

مارس 2012. ومن مجموع 79 926 792 إيرانيا، يعيش 59 146 847 إيرانيا المناطق الحضرية، بينما يعيش 20 730 625 في المناطق الريفية¹.

ثالثا: التنظيم الإقليمي والإداري - المؤسسات السياسية

يتصف النظام السياسي الإيراني بسمته الدينية، فهو قائم على مبدئين أساسيين، الأول هو الحكومة الإسلامية، والثاني هو ولاية الفقيه، ويتضح ذلك في مواد الدستور وهيكلية المؤسسات الإدارية. يضم النظام السياسي الإيراني مؤسسات دستورية وأخرى غير دستورية، تؤثر أيضا في عملية صنع القرار السياسي².

النظام الإداري في إيران يقوم على شكل هرم ويتوافق مع التقسيمات الجغرافية للبلاد. وعلى هذا الأساس، تنقسم إيران إلى محافظات، كل منها يتكون من مقاطعة واحدة أو أكثر. هذه المقاطعات هي نفسها تتكون من ناحية على الأقل (وهي تقسيم إداري إيراني)، كل منها يحتوي على قسم ريفي أو أكثر³.

الفرع الثاني: الإمكانيات الطاقوية في إيران

إيران دولة غنية بالموارد الطاقوية وتمتلك احتياطات هائلة من النفط والغاز، غير أنها تواجه تحديات خطيرة للاستفادة من مواردها بسبب انخفاض الكفاءة وسوء السياسات والحوافز أمام الاستثمار الأجنبي.

¹ - « National Census Preliminary Results Released: Iran's Urban Population Up », article publié le: 14/03/2017, disponible sur: <https://financialtribune.com>. (consulté le : 18/07/2017)

² - حجاب عبد الله، " السياسة الإقليمية لإيران في آسيا الوسطى و الخليج (1979-2011) دراسة في دور المحددات الداخلية والخارجية، مذكرة ماجستير، جامعة الجزائر 3، السنة الجامعية 2011-2012، ص 56.

³ - « Making Sense of Iran's Administrative System and Divisions », Nabz-Nameh, November 2016, article disponible sur: www.nabz-iran.com. (consulté le: 22/07/2017)

أولاً: إمكانات الطاقة التقليدية

تحتل إيران المرتبة الرابعة عالمياً والثانية شرقاً أوسطياً باحتياطي نفطي قدره 157 مليار برميل، والمرتبة الثانية عالمياً باحتياطي غاز طبيعي يناهز 34 مليار م³.

يأتي النفط الخام الرئيسي المنتج في إيران من حقول أسيماري وبانجستان، في حين أن حقول الدهرام والخامى تمثل إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي في البلاد. في الوقت الحاضر، إن أكبر جزء من النفط المنتج في إيران هو من تكوين أسيماري بينما تكوين سارفاك (بانجستان) يضم كمية كبيرة من النفط القابل للاستخراج¹.

ثانياً: أرقام أساسية لإنتاج واستهلاك الطاقة في إيران

إن توفر معلومات دقيقة عن مصادر الطاقة المختلفة واستهلاكها يشكل أساساً لأي دراسة أو استقصاء يتعلق بالطاقة وإنتاجها والعرض منها، فهذه المعلومات تسمح بتحديد أنماط الاستهلاك والمجالات الممكنة للنشاط الاقتصادي.

1- إنتاج الطاقة الأولية

في عام 2014، وفرت الموارد الأحفورية 99.08 % من الطاقة الأولية لإيران. وعلى الرغم من الجهود والأنشطة التي تبذل، فإن استخدام موارد الطاقة الأخرى لا يحظى إلا بقدر ضئيل من إنتاج الطاقة الأولية²، وذلك ما توضحه أرقام الجدول الموالي:

الجدول رقم (IV - 10): إنتاج الطاقة الأولية في إيران 2013-2014 (K TEP)

إنتاج الطاقة الأولية	2013	2014	التغير	
			الكمية	النسبة
الفحم	734	637	-97	-13.2
النفط الخام	161649	165014	3365	2.08
الغاز الطبيعي	132570	147696	15126	11.4
الطاقة النووية	1185	1165	-20	-1.68

¹ - « Iran oil and gas fields », Statistical and Analytical Report, rapport de Iran Oil Gas Network, Novembre 2014, publié sur: <http://www.iranoilgas.com>. (consulté le: 24/08/2017)

² - Kojouri N M, « Country Nuclear Power Profiles, 2016 Edition », IAEA report, Vienna, Austria, 2016.

4.94-	62-	1192	1254	الطاقة المائية
3.12-	1-	31	32	الطاقة الحرارية، الشمسية . الخ
1.38	7	512	505	الوقود الحيوي والفضلات
6.14	18318	316247	297929	المجموع

المصدر: من إعداد الباحث انطلاقاً من بيانات الوكالة الدولية للطاقة على الموقع: <http://www.iea.org>.

انتقل إنتاج إيران من الطاقة الأولية من 297.92 مليون طن مكافئ نفطي سنة 2013 إلى 316.24 مليون طن مكافئ نفطي سنة 2014، أي بزيادة نسبتها 6.14%. يرجع هذا الارتفاع إلى التقدم الكبير الذي عرفته مستويات الإنتاج لكل من النفط الخام (2.08%) والغاز الطبيعي (11.4%).

أما تطور الإنتاج الإيراني من الكهرباء بين 2013-2014 مقسماً حسب تكنولوجيا الإنتاج فكان كالتالي:

الجدول رقم (IV - 11): تطور الإنتاج الإيراني من الكهرباء بين 2013-2014 مقسماً حسب تكنولوجيا الإنتاج

النسبة % سنة 2014	الإنتاج GWH		نوع التكنولوجيا
	2014	2013	
0.19	530	459	الفحم
21.66	59493	85366	النفط
71.31	195847	157084	الغاز
0.01	47	21	الوقود الحيوي
1.68	4472	4546	الطاقة النووية
5.04	13862	14582	الطاقة المائية
0.13	358	376	طاقة الرياح
100	274609	262434	المجموع

المصدر: من إعداد الباحث انطلاقاً من بيانات الوكالة الدولية للطاقة على الموقع: <http://www.iea.org>.

وبحسب إدارة معلومات الطاقة الأمريكية، فقد أنتجت إيران حوالي 274609 جيغاوات ساعي من الكهرباء في عام 2014. وأغلبها، 93% تم توليدها باستخدام الوقود الأحفوري، وخاصة الغاز الطبيعي (حوالي 71%). وتأتي المساهمة بصفة هامشية من محطات الطاقة النووية التي بدأت الإنتاج التجاري في عام 2013¹.

¹- data disponible sur : www.eia.gov. (consulté le : 22/07/2018)

2- الاستهلاك النهائي للطاقة

قد ارتفع الاستهلاك النهائي للطاقة في إيران في عام 2014 إلى 181 124 ألف طن مكافئ نפט في العشرية الماضية، حيث نما استهلاك الطاقة الأولية بأكثر من 50%، وإلى جانب التنمية الاقتصادية القوية وتحسين مستوى المعيشة، كان للنمو الديمغرافي والتحضر أثر كبير على الطلب المتزايد على الطاقة¹. حيث يفصل الجدول الموالي حصة كل قطاع من الاستهلاك:

الجدول رقم (IV - 12): الاستهلاك النهائي للطاقة في إيران حسب القطاع في الفترة 2013-2014

K Tep	2013	2014	التغير	
			النسبة	الكمية
الصناعة	41 232	44 030	6.78	2 798
النقل	43 323	47 380	9.36	4 057
المنازل	49568	49 641	0.14	1 566
التجارة والخدمة العامة	9754	10 430	6.93	676
الزراعة/الغابات	7039	7 124	1.20	85
استخدامات غير طاقوية	18 338	22 184	20.97	3 846
أخرى	327	335	2.44	8
المجموع	169 582	181 124	6.8	11 542

المصدر: من إعداد الباحث انطلاقاً من بيانات الوكالة الدولية للطاقة على الموقع: <http://www.iea.org>.

تبين لنا معطيات الجدول السابق أن استهلاك الطاقة في إيران مستمر بالتزايد، وتحديدًا في الفترة 2013-2014 حيث انتقل الاستهلاك من k tep 169 582 إلى k tep 181 124، أي بنسبة قدرها 6.8%. هذا الارتفاع كان مدفوعاً بتزايد معدلات الاستهلاك في قطاعات مثل: الصناعة (6.78%)، النقل (9.36%) من خلال استخدام هذين القطاعين للمحروقات كطاقة أولية، أما قطاع المنازل فيمثل أعلى مستوى استهلاك بقيمة تناهز k tep 50 000، حيث يمثل الغاز الطبيعي ما نسبته 73% من إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة في هذا القطاع.

¹ - «Iran Energy Situation », rapport disponible sur : <https://energypedia.info>. (consulté le : 11/08/2017).

ثالثاً: إمكانات الطاقة المتجددة في إيران

المصادر المتجددة للطاقة في إيران تخضع جميعها لإشراف ورقابة المنظمة الإيرانية للطاقة المتجددة (REOI)¹، والتي تعمل بعناية مع مؤسسات أخرى مثل الوكالة الإيرانية للطاقة النووية، والمعهد الدولي للطاقة. وفيما يلي توصيف لأهم هذه الموارد.

1- إمكانات الطاقة الشمسية: لا شك في أن الشمس هي أكبر مورد للطاقة فوق الأرض. الطاقة الشمسية في المنطقة الاستوائية تصل إلى 40 ° شمالاً وجنوباً وهي مناسبة لإنتاج الكهرباء. وبالنظر إلى النطاق الكبير لإيران وموقعها الجغرافي، فإن إنشاء محطات للطاقة الشمسية في مناطق كثيرة أمر ممكن. يبلغ متوسط الطاقة الشمسية المستقبلية في إيران 5 كيلووات/م²/اليوم أو 1 825 كيلووات/م²/السنة. وبذلك يصل إجمالي الاستقبال السنوي للطاقة الشمسية في البلد إلى 3×10^{15} كيلووات ساعي/السنة، أي ما يعادل 100 ضعف من الاحتياطي الإجمالي الإيراني من النفط والغاز. تشير نتائج الدراسات إلى أن المقاطعات المناسبة لإنشاء محطات الطاقة الشمسية هي: كرمان، سيستان، ويزد². (الملحق رقم 11) و (12) يُظهران الإشعاع الشمسي الأفقي والعادي في إيران)

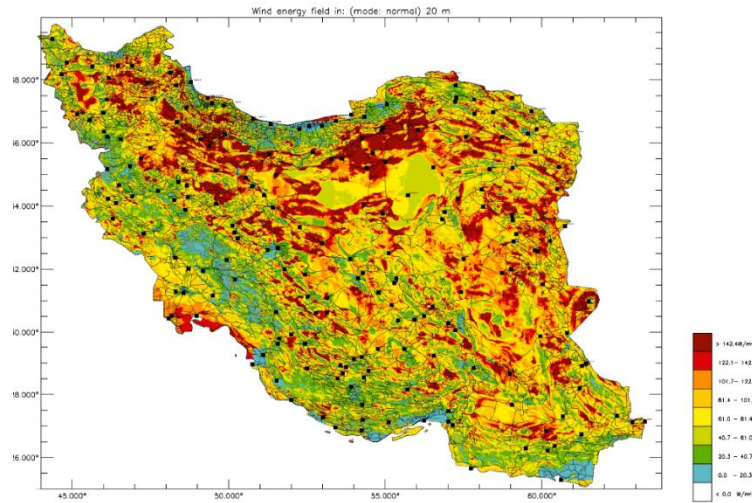
2- إمكانات طاقة الرياح: تختلف تقديرات إمكانات طاقة الرياح في إيران وفقاً لدراسات مختلفة. فهي تتراوح بين 6 500 ميغاواط حسب البنك الدولي إلى ما بين 12 000 – 16 000 ميغاواط من قبل منظمة الطاقة المتجددة في إيران. وبافتراض وجود 2000 ساعة حمولة كاملة، فإن هذا التقدير الأخير يؤدي إلى توليد محتمل يبلغ 32 تيراواط / سنة من الكهرباء. في المقابل، أنشأ مركز الفضاء الألماني خريطة للرياح في إيران عن طريق التصوير بالأقمار الصناعية، دلت هذه الخريطة على إمكانات طاقة رياح صغيرة نسبياً بلغت 8 تيراواط / سنة³.

¹ - Renewable Energy Organization of Iran.

² - Ghorbani M, « The Economic Geology of Iran: Mineral Deposits and Natural Resources », Springer Science + Business Media, The Netherlands, 2013, P 348.

³ - Saeed Moshiri et Stefan Lechtenböhmer, Op Cit, P 68.

الشكل رقم (IV - 3): خريطة موارد الرياح في إيران على ارتفاع 20م



Source : Iran Renewable Energy Organization (SUNA), disponible sur: www.suna.org.ir.

وقد وقع أول تطبيق صناعي لطاقة الرياح في إيران في عام 1995. وتم شراء وتركيب توربينين بقدرة 500 كيلووات في مقاطعة جيلان (شمال إيران). ويوجد حاليا في إيران خمس محطات رياح بسعة إجمالية تبلغ 128 ميغاواط. وتقع محطات الرياح في مقاطعتين: جيلان (في الشمال) وخراسان (الشمال الشرقي)¹.

3- إمكانات الطاقة الحرارية الأرضية: هناك إمكانية كبيرة لاستخدام هذا النوع من الطاقة المتجددة في إيران، حيث تتواجد البراكين الرباعية في الشمال والشمال الغربي والجنوب الشرقي ووسط البلاد، في حين أن الصدوع النشطة وكذلك الينابيع الساخنة تنتشر في جميع أنحاء البلاد. ووفقا للدراسات التي أجرتها وزارة الطاقة، تقدر إمكانات إيران من الطاقة الحرارية الأرضية القابلة للاستخراج المباشر بحوالي 600 جيغا/جول².

في المجموع، هناك 14 منطقة واعدة لتنمية الطاقة الحرارية الأرضية في إيران، والتي يمكن تقسيمها إلى ثلاث فئات³:

✓ الفئة الأولى: سبالان / مشكين - شهر: تم استكشاف هذه المنطقة بالتفصيل. وقد تم التحقق من إمكانات الطاقة الحرارية الأرضية في العمق ودرجات الحرارة معروفة جيدا. ويتم بناء أول محطة للطاقة الحرارية الأرضية في إيران في هذه المنطقة.

¹ - المرجع السابق، ص 69.

² - Ghorbani M, Op Cit, P 352.

³ - Lechtenböcher S et autres, « Development of three cornerstones for a sustainable Energy future in Iran », German-Iranian Co-operation VI, rapport de: Wuppertal Institut für Klima, Germany, 2010, P 20.

✓ الفئة الثانية: خوي - ماکو، ساهاند، دماوند: تم تحديد هذه المناطق على أنها مواقع محتملة للحرارة الجوفية في السبعينيات. وقد تم استكشافها بشكل جيد نسبياً، وتم بالفعل تقدير تفاصيل محتويات الطاقة الخاصة بها.

✓ الفئة الثالثة: تاكاب، رامسار، أصفهان، خور، فيردوز، نايباند، بوشهر، لار، بندر عباس، تفتان - بزمان: تم تحديد هذه المناطق كمناطق محتملة للحرارة الجوفية، ولكن لم يتم إجراء تقييمات مفصلة بعد.

الجدول الموالي يعطي تفاصيل عن محتويات الطاقة في المناطق الحرارية الأرضية في إيران:

الجدول رقم (IV - 13): إمكانات الطاقة الحرارية الأرضية في إيران

المنطقة	الإمكانات الطاقوية	ملاحظات
سبالان	$18^{10} \times 32$ إلى $18^{10} \times 48$ جول	
مشروع مشكين - شهر	250 ميغاوات	ميزانية المشروع: 250 مليون دولار
خوي - ماکو	$18^{10} \times 30$ إلى $18^{10} \times 40$ جول	حرارة المنطقة بين 25° و 63°

Source : Lechtenböchmer S, Prantner M et autres, « Development of three cornerstones for a sustainable Energy future in Iran », German-Iranian Co-operation VI, rapport de: Wuppertal Institut für Klima, 31.07.2010, P 20.

من المتوقع أن تتمكن مصادر الطاقة الحرارية الأرضية الإيرانية بحلول عام 2030 من إنتاج 5.25 تيراوات ساعة / الكهرباء. وستبقى الإمكانات المستخدمة بعيداً عن الحد الأقصى من الإمكانات، وذلك بسبب الإطار الزمني القصير نسبياً حتى عام 2030¹.

4- إمكانات الكتلة الحيوية: تبلغ إمكانات الكتلة الحيوية السنوية في إيران من حيث النفايات الزراعية والحيوانية والبلدية $10^6 \times 8.78$ و $10^6 \times 7.7$ و $10^6 \times 3$ طن على التوالي. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تؤدي زراعة الحور والطحالب الدقيقة دوراً هاماً في السيناريو المستقبلي لإنتاج الأخشاب واستخلاص الطاقة في إيران².

¹ - المرجع السابق، ص 21.

² - Yahya H, Ashori A et autres, « Current and potential capabilities of biomass for green energy in Iran », working paper, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, New York, 2011, P 02.

في الوقت الراهن، لا تقتصر موارد الكتلة الحيوية القابلة للاستخدام والتطبيق على الخشب والأوراق المجففة فقط، بل تشمل مجموعة واسعة من المواد مثل النفايات الحضرية الصلبة والسوائل، والنفايات الصناعية، وما إلى ذلك.

تقدر وكالة DLR الألمانية إمكانات الكتلة الحيوية في إيران بـ 24 تيراوات ساعي، وهذا الرقم يشمل النفايات البلدية. هناك تقديرات مختلفة فيما يتعلق بمصادر طاقة الكتلة الحيوية في إيران لكن من الصعب الاعتماد عليها دون القيام بدراسات دقيقة. كما تشير توقعات الوكالة الدولية للطاقة أن توليد الكهرباء بالاعتماد على الكتلة الحيوية في إيران يمكن أن يصل إلى 0.018 تيراوات ساعي بحلول عام 2030¹.

5- إمكانات الطاقة الكهرومائية: ظهرت الطاقة الكهرومائية كبديل متجدد في إيران في الخمسينيات. فإيران، خلافا لمعظم دول الشرق الأوسط، هي موطن لشبكة واسعة من الأنهار التي سمحت للبلاد بسرعة توسيع البنية التحتية الكهرومائية حتى أوائل الألفين. غير أن حالات الجفاف الواسعة الانتشار قد أدت إلى انخفاض كبير في قدرة إيران على توليد الطاقة الكهرومائية. بعد أن كانت مساهمتها بنسبة 14% من إمدادات الطاقة الأساسية في إيران، انخفضت مصادر الطاقة الكهرومائية إلى أقل من 5%، مع استمرار انخفاض مستويات الأنهار. وتنتج الطاقة الكهرومائية أقل من 10 تيراوات ساعي، وبالتالي فإن مساهمتها في إنتاج الطاقة ليست كبيرة في إيران. ومع ذلك، هناك خطط لزيادة حصة الطاقة الكهرومائية في مزيج الكهرباء الإيراني².

الجدول رقم (IV - 14): السعة الاسمية لمحطات الطاقة الكهرومائية في إيران على أساس الحجم

المرحلة	القدرة الاسمية للمحطة المائية (MW)
تحت التشغيل	كبيرة
	متوسطة
	صغيرة
مرحلة البناء	كبيرة
	متوسطة
	صغيرة

¹ - Lechtenböcher S, et autres, Op cit , P 20.

² -Eric Wheeler et Michael Desai, « Iran's Renewable Energy Potential », Middle East Institut, 26/01/2016, P 03, article disponible sur : <http://www.mei.edu>. (consulté le : 20/08/2017)

14361	كبيرة	مرحلة الدراسة
2000	متوسطة	
300	صغيرة	
30608	المجموع	

المصدر: الشركة الإيرانية لإدارة موارد المياه. متوفر على الموقع: <http://www.wrm.ir>.

ويقدر مجلس الطاقة العالمي ووكالة DLR¹ الألمانية أن الطاقة الكهرومائية في إيران ستبلغ 48 تيراواط ساعي، وتشير تقديرات وكالة الطاقة الدولية (2009) إلى أن الطاقة الكهرومائية ستساهم في توليد الكهرباء من خلال إنتاج 17.3 تيراواط ساعي².

المطلب الرابع: الخصائص الاقتصادية العامة ومكانة الطاقة في الاقتصاد الإيراني

عرف الاقتصاد الإيراني دفعة نوعية عندما رفعت عنه الولايات المتحدة الأمريكية العقوبات في عام 2015. في فبراير 2016، بدأت إيران شحن النفط إلى أوروبا للمرة الأولى منذ ثلاث سنوات. إيران لديها اقتصاد موجه، وذلك لأن الحكومة تمتلك 60% من الاقتصاد من خلال المؤسسات التي تسيطر عليها الدولة³.

الفرع الأول: المؤشرات الاقتصادية الأساسية

شهد الاقتصاد الإيراني عامين من الركود قبل استئناف النمو الإيجابي في عام 2014، في أعقاب تخفيف العقوبات الاقتصادية. ومع ذلك، كان للانخفاض في أسعار النفط العالمية تأثير على الاقتصاد الإيراني. لذلك، تباطأ النشاط الاقتصادي بشكل كبير في عام 2015. واستؤنف النمو مرة أخرى في عام 2016، وفي عام 2017 كان هناك نمو بنسبة 3.5%⁴.

أولاً: الناتج المحلي الإجمالي (PIB)

بلغ الناتج المحلي الإجمالي لإيران 374.21 مليار دولار سنة 2016، أي بانخفاض قدره 4.8%، مقارنة بالعام 2015 (393.44 مليار دولار). وهذا ما تبينه معطيات الجدول الموالي:

¹- the German Aerospace Center.

²- Lechtenböcher S, Prantner M et autres, Op cit , P 21.

³- Amadeo K, « Iran's Economy and the Impact of the Nuclear Deal and Sanctions », article disponible sur: www.thebalance.com. (consulté le: 19/04/2018)

⁴- « Iran: Economic and Political Overview », article disponible sur: www.nordeatrade.com. (consulté le: 19/04/2018)

الجدول رقم (IV - 15): تطور الناتج المحلي الإجمالي في إيران خلال الفترة 2011 - 2016

السنة	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
الناتج المحلي الإجمالي مقدرا بالمليار دولار	398.97	467.79	592.04	587.21	511.62	425.33	393.44	374.21

المصدر: إحصاءات البنك الدولي. متوفر على الموقع: <http://data.worldbank.org>.

ومن المتوقع أن يصل نمو الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي إلى 6.6 في المائة في الفترة 2017/16 ، وأن ينخفض إلى 3.3 في المائة في الفترة 2018/17، وهذا ضمن مستويات إنتاج النفط المحددة من قبل منظمة البلدان المصدرة للنفط (أوبك)¹.

ثانيا: تطور الناتج المحلي الإجمالي / خارج المحروقات

على الرغم من سياسات التنويع، لا يزال الاقتصاد الإيراني يعتمد بشكل كبير على عائدات تصدير النفط، وبالتالي الاعتماد على القطاع العام. وتمثل صادرات النفط أكثر من 66 % من إجمالي عائدات الصادرات؛ أي ما يقرب من 53 % من إيرادات الحكومة و 17 % من الناتج المحلي الإجمالي².

الجدول رقم (IV - 16): تطور الناتج المحلي الإجمالي خارج المحروقات في إيران

السنة	2013	2014	2015	*2016
معدل النمو	1.06 -	4.14	0.13 -	2.48

*2016: توقعات خبراء الصندوق.

المصدر: صندوق النقد الدولي. متوفر على الموقع: fred.stlouisfed.org.

يرجع النمو المتوقع لسنة 2016 إلى أن قطاع الزراعة قد نما بنسبة 5%، و المجموعة الصناعية بنسبة 11.3%، وارتفع قطاع الخدمات بنسبة 7.1% مقارنة بالعام السابق (2015)³.

¹ - IMF Country Report No. 17/62, ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN, prepared by the IMF staff, Xashington, USA, fev/2017, P 02. Rapport disponible sur: www.imf.org.

² - IMF Country Report No. 17/62, ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN, Op cit, P 11.

³ - Statistical Center of Iran, statistiques disponibles sur : www.amar.org.ir. (consulté le : 13/08/2017).

ثالثا: احتياطي الصرف

سيكون لحجم الاحتياطيات الأجنبية والطريقة التي ستستخدم بها إيران هذه الاحتياطيات دورا حاسما في جهودها الرامية إلى إعادة بناء اقتصادها بعد سنوات من العقوبات الدولية التي تم الاتفاق مؤخرا على إنهاؤها بين طهران والقوى العالمية والمتعلقة بالبرنامج النووي الإيراني، والجدول المالي يعرض تطور احتياطي الصرف الإيراني:

الجدول رقم (IV - 17): احتياطي الصرف في إيران خلال الفترة 2009 - 2015

2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	
156.02	132.72	111.28	118.2	52.06	95.47	78.9	71.72	احتياطي الصرف (مليار دولار)
%41.69	%33.73	%26.16	%23.1	%8.86	%16.12	%16.86	%17.97	احتياطي الصرف كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي

المصدر: من إعداد الباحث انطلاقا من معطيات صندوق النقد الدولي. متوفر على الموقع: fred.stlouisfed.org.

وخلال فترة العقوبات، كانت إيران سرية حول حجم أصولها، لاعتقاد أن الكشف عن المعلومات يمكن أن يضعف قدرتها على الدفاع عن نفسها ضد العقوبات. كما تجدر الإشارة هنا إلى أن الأصول الإيرانية المجمدة في الخارج قد تناهز 100 مليار دولار حسب تقدير جهات رسمية أمريكية¹.

الفرع الثاني: مكانة الطاقة في الاقتصاد الإيراني

على الرغم من أن إنتاج النفط والغاز قد استحوذ على حصة صغيرة تتزايد نسبيا من الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي، فإن عائدات النفط والغاز لا تزال المصدر الرئيسي للنقد الأجنبي والمداخيل الجبائية. وانخفضت حصة النفط في الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي من متوسط 40% في ستينات القرن الماضي، إلى حوالي 10% في العشرية الأخيرة، مما يعكس متوسط معدل نمو الناتج المحلي الإجمالي خارج المحروقات السنوي البالغ 5.7% مقابل 4.4% فقط للناتج المحلي الإجمالي من النفط والغاز².

¹ - « Iran to have access to over \$100 billion when deal implemented: U.S. officials », article publié le: 14/07/2015, sur: www.reuters.com. (consulté le: 26/09/2017)

² - Dominique Guillaume, Roman Zyteck et autres, « Iran-The Chronicles of the Subsidy Reform », International Monetary Fund, 2011, P 04. Rapport disponible sur: <http://citeseerx.ist.psu.edu>. (consulté le: 28/09/2017)

أولاً: حصة المحروقات

بلغت عائدات النفط والغاز نحو 72% من عائدات التصدير في العقد الماضي، على الرغم من النمو السريع في الصادرات غير النفطية. وتشكل عائدات النفط والغاز أيضا 65% من الإيرادات الجبائية، ومن المرجح أن تظل المصدر الرئيسي لتمويل مشاريع التنمية في المستقبل المنظور على الرغم من الجهود الأخيرة لتتويع المداخل الجبائية.

وقد كان لارتفاع اعتماد إيران على عائدات صادرات النفط تأثيرا عميقا على دورة أعمالها. في دورة الأعمال الأخيرة خلال الفترة 2002-2008، زاد الإنفاق المالي وتضاعفت القروض في الوقت نفسه الذي شهد ارتفاع أسعار وعائدات تصدير النفط، مما أدى إلى نشاط حركة الاقتصاد وارتفاع التضخم. وتزامنت السياسات النقدية والضريبية اللاحقة مع الانخفاض الحاد في صادرات النفط الناجم عن الركود العالمي في الفترة 2008-2009. ونتيجة لذلك، انخفض التضخم والمداخل بشكل حاد¹.

ثانياً: الجبائية البترولية

النظام الجبائي المطبق حاليا في منابع النفط إيران هو عقد من نوع الخدمات، يشار إليه بعقود إعادة الشراء. بعد أن تراجعت العقوبات الدولية المتعلقة بإيران في مطلع عام 2016، تتوقع إيران جذب الاستثمارات الدولية في قطاع النفط، وتضع إطارا تعاقديا جديدا يمكن بموجبه للمستثمرين الدوليين المشاركة في مشاريع النفط والغاز. ولا تتوفر بعد الشروط النهائية للإطار الجديد. وكما ذكر سابقا، تشكل عائدات النفط والغاز أيضا 65% من الإيرادات الجبائية، ومن المرجح أن تظل المصدر الرئيسي لتمويل مشاريع التنمية في المستقبل المنظور على الرغم من الجهود الأخيرة لتتويع المداخل الجبائية².

المطلب الخامس: الميزات الجغرافية وإمكانات الطاقة في المملكة العربية السعودية

إضافة إلى امتلاكها لمساحة جغرافية واسعة زاخرة بمصادر طبيعية قابلة للاستغلال، تحتل المملكة موقعا استراتيجيا متميزا، ولها موانئ بحرية تربطها بأنحاء العالم. إن هذه الخصائص الجغرافية المتميزة والموارد الطبيعية الوفيرة تفسح المجال أمام إمكانات كبيرة وفرص لتحقيق الأهداف المحددة ضمن الإستراتيجية طويلة الأجل التي تنتهجها المملكة.

¹ - المرجع السابق، ص 05.

² - « Global oil and gas tax guide 2016 », EY August 2016, rapport disponible sur: <http://www.ey.com>.

الفرع الأول: الميزات الجغرافية للمملكة

تقع المملكة العربية السعودية على مفترق طرق ثلاث قارات: أوروبا وآسيا وأفريقيا. تمتد من البحر الأحمر من الغرب إلى الخليج العربي في الشرق¹، تتميز جغرافيا بما يلي:

أولاً: جغرافيا المملكة

المملكة العربية السعودية، بمساحتها الكلية البالغة 2.15 مليون كيلومتر مربع هي أكبر بلد على الإطلاق في شبه الجزيرة العربية، وتحدها من الشمال الأردن والعراق والكويت ومن الشرق الخليج حيث يمتد خط الساحل نحو 480 كيلومترا ويحدها من الجنوب الشرقي والجنوب قطر والإمارات العربية المتحدة وعمان واليمن، ومن الغرب البحر الأحمر بخط ساحل يبلغ 1 750 كيلومترا.

تقع المملكة العربية السعودية في الإقليم الصحراوي المداري وشبه المداري. الرياح التي تصل إلى المملكة هي عموماً رياح جافة، والمساحة كلها تقريباً مساحة جافة. ونظراً لهذا الجفاف، ومن ثم السماء الخالية نسبياً من السحب، تسود حالات متطرفة بشدة من درجات الحرارة إلا أن هناك أيضاً تباينات واسعة فيما بين الفصول والمناطق. ففي المنطقة الوسطى، يسود الجو الحار والجاف في الصيف (ماي وأكتوبر) حيث تصل درجات الحرارة إلى ما يزيد على 50 درجة مئوية، في حين يسود الجو الجاف والبارد فصل الشتاء حيث تقترب درجة الحرارة بالليل من الصفر².

ثانياً: ديموغرافيا المملكة

قدر عدد سكان المملكة العربية السعودية وفقاً لنتائج المسح الديموغرافي لعام 2016، 31 742 308 نسمة مقارنة بـ 27 236 156 نسمة في تعداد 2010 وذلك بزيادة مقدارها 4 506 152 نسمة ونسبتها 16.45%. وبلغ عدد السكان السعوديين وفقاً لنتائج المسح 20 064 970 نسمة أي بنسبة 63.2% من جملة سكان المملكة.

يتوزع سكان المملكة جغرافياً على ثالث عشرة منطقة إدارية، حيث تحتل منطقة مكة المكرمة المركز الأول بين جميع المناطق الإدارية بالمملكة من حيث النسبة المئوية لإجمالي السكان بها وتليها على الترتيب منطقة الرياض³.

¹ - « Geography of Saudi Arabia », article disponible sur: www.pmu.edu.sa. (consulté le: 16/10/2017)

² - "الري في إقليم الشرق الأوسط بالأرقام"، مرجع سابق، ص 381.

³ - "المسح الديموغرافي 2016"، الهيئة العامة للإحصاء، تقرير متوفر على: www.stats.gov.sa.

ثالثاً: التنظيم الإقليمي والإداري - المؤسسات السياسية

بموجب نظام المناطق الصادر بالأمر الملكي رقم (1/92) وتاريخ 27/8/1412 هـ ، تم تقسيم المملكة إلى (13) منطقة إدارية، وتنقسم المنطقة إلى عدد من المحافظات يختلف عددها من منطقة إلى أخرى، وتنقسم المحافظة إلى مراكز ترتبط إدارياً بالمحافظة أو الإمارة، وتشتمل الإمارة أو المحافظة أو المركز على عدد من المسميات السكانية ترتبط بها إدارياً. نظام الحكم في المملكة هو نظام ملكي مطلق، حيث لا تجد بها أي أحزاب سياسية¹.

الفرع الثاني: الإمكانيات الطاقوية في المملكة العربية السعودية

المملكة العربية السعودية هي واحدة من البلدان الرائدة في العالم من حيث احتياطات النفط والغاز، وتُستغل هذه الاحتياطات بتكلفة إنتاج منخفضة للغاية للبرميل الواحد²، والآتي يعرض ذلك.

أولاً: إمكانيات الطاقة التقليدية

تقوم ثروة البلاد على الغاز الطبيعي والنفط، أهم مواردها تتشكل من النفط والغاز، يبلغ الاحتياطي السعودي من النفط 266.45 مليار برميل، مع إنتاج يومي قدره 10.19 مليون ب/ي، سنة 2015. فهي تملك ثاني أكبر احتياطي للنفط في العالم. على الرغم من أن المملكة العربية السعودية لديها 100 حقل رئيسي للنفط والغاز، فإن أكثر من نصف احتياطات النفط تقع في ثمانية حقول فقط، بما في ذلك حقل الغوار وهو أكبر حقل نفط في العالم مع كمية تقدر بـ 70 مليار برميل، ويأتي 60% من الإنتاج من حقل الغوار وحده.

أما احتياطي الغاز الطبيعي فيقدر بـ 8587.11 مليار متر مكعب، مع إنتاج يبلغ 119.83 مليار م³، وهذا سنة 2015. تحتل المملكة العربية السعودية سادس أكبر احتياطي مؤكد من الغاز في العالم وسابع أكبر كمية منتجة من الغاز في 2015، حيث تستهلك المملكة جميع كميات الغاز الذي تنتجه محلياً³.

ثانياً: أرقام أساسية لإنتاج واستهلاك الطاقة في المملكة العربية السعودية

1- إنتاج الطاقة الأولية: يسيطر النفط الخام والغاز الطبيعي بنسبة 100% على إنتاج الطاقة الأولية في السعودية، وهو موزع كالتالي:

¹ - هائل الجازي، "ما نظام الحكم في المملكة العربية السعودية"، 2017/06/06، مقال منشور على الموقع: <http://mawdoo3.com>. (تاريخ التصفح: 2017/08/16)

² - Lashin A, « Geothermal Energy Resources of Saudi Arabia: Country Update », Proceedings World Geothermal Congress 2015 Melbourne, Australia, 19-25 April 2015, P 01.

³ - "الاقتصاد السعودي 2014"، تقرير شركة "جدوى"، 2015/10/24، منشور على الموقع: <http://www.cnbcArabia.com>. (تاريخ التصفح: 2017/08/17).

الجدول رقم (IV - 18): إنتاج الطاقة الأولية في المملكة 2013-2014 (K TEP)

إنتاج الطاقة الأولية	2013	2014	التغير	
			النسبة	الكمية
الفحم	-	-	-	-
النفط الخام	547 553	552 903	0.97	5 350
الغاز الطبيعي	66 926	69 516	3.86	2 590
الطاقة النووية	-	-	-	-
الطاقة المائية	-	-	-	-
الطاقة الحرارية، الشمسية . الخ	-	-	-	-
الوقود الحيوي والفضلات	-	-	-	-
المجموع	614 479	622 419	1.29	7 940

المصدر: من إعداد الباحث انطلاقاً من بيانات الوكالة الدولية للطاقة على الموقع: <http://www.iea.org>.

معدلات إنتاج الطاقة الأولية في المملكة تتزايد بمعدل يقترب من 1.29% بقيمة تناهز 7 940 K tep، حيث تعتمد في ذلك على النفط الذي يشكل نسبة 88.83% من إنتاج الطاقة الأولية، والغاز الطبيعي بنسبة 11.16%، وهذا سنة 2015.

أما إنتاج الكهرباء في السعودية، فيتوزع حسب تكنولوجيا الإنتاج كالتالي:

الجدول رقم (IV - 19): تطور الإنتاج السعودي من الكهرباء بين 2013 - 2014 مقسماً حسب

تكنولوجيا الإنتاج

نوع التكنولوجيا	الإنتاج GWH		النسبة % سنة 2014
	2013	2014	
الفحم	-	-	-
النفط	134 192	152 285	48.83
الغاز	149 824	159 520	51.16
الوقود الحيوي	-	-	-
الطاقة النووية	-	-	-
الطاقة المائية	-	-	-
طاقة الرياح	-	-	-
المجموع	284 017	311 806	100

المصدر: من إعداد الباحث انطلاقاً من بيانات الوكالة الدولية للطاقة على الموقع: <http://www.iea.org>.

تبين معطيات الجدول اعتماد المملكة العربية السعودية بشكل كامل على مصادر الوقود الأحفوري لتوليد الطاقة الكهربائية. ونظرا للنمو العالي المتوقع في الطلب على الطاقة، فإن نقص التنوع في مزيج الطاقة سيكون له تداعيات مباشرة على موارد النفط المستقبلية في المملكة لأنه سيتم استهلاك كميات أكبر من الوقود الأحفوري لتلبية الطلب المحلي المتزايد على الطاقة.

1- **الاستهلاك النهائي للطاقة:** من المتوقع أن يزداد استهلاك الطاقة في المملكة العربية السعودية بمعدلات مرتفعة تصل إلى 4.4% سنويا حتى عام 2035، وهو ما يُترجم إلى طلب على الطاقة بمعدل 350 مليون طن مكافئ نفط في السنة¹. ويتوزع الاستهلاك النهائي للطاقة الأولية في المملكة حسب القطاع كالآتي:

الجدول رقم (IV - 20): الاستهلاك النهائي للطاقة في السعودية حسب القطاع في الفترة 2013-

2014

K Tep	2013	2014	التغير	
			الكمية	النسبة
الصناعة	45 568	48 751	3 183	6.98
النقل	41 669	43 908	2 239	5.37
المنازل	12 384	13 213	829	6.69
التجارة والخدمة العامة	6 505	7 099	594	9.13
الزراعة/الغابات	369	394	25	6.77
استخدامات غير طاقوية	26 514	28 267	1 753	6.61
أخرى	58	55	- 3	- 5.17
المجموع	133 067	141 686	8 619	6.47

المصدر: من إعداد الباحث انطلاقا من بيانات الوكالة الدولية للطاقة على الموقع: <http://www.iea.org>

معدل النمو في استهلاك الطاقة الذي يظهره الجدول والمقدر بـ 6.47% يعتبر مرتفعا نسبيا، حيث مثل القطاع الصناعي 34.40% من نسبة استهلاك الطاقة الأولية في السعودية سنة 2014، وأكثر ثلاثة قطاعات استهلاكاً هي (الحديد والأسمنت والبتروكيماويات)، وتمثل نسبة 80% من استهلاك القطاع الصناعي. ويتبعه قطاع النقل بما نسبته 30.98%. بالتالي يشكل القطاعين معا (الصناعة والنقل) ما نسبته 65.38% ما يجعل ترشيد استخدام الطاقة في هذين القطاعين أمرا لا مناص منه، فباستبار الوقود الأحفوري المصدر الرئيسي بل الأوحده لتوليد الطاقة في المملكة، سيجعله ذلك تحت

¹ - " دراسة: توقعات بزيادة استهلاك الطاقة في السعودية"، صحيفة مال الاقتصادية، 2016/09/07، مقال منشور على الموقع: <http://www.maaal.com>. (تاريخ التصفح: 2017/08/17).

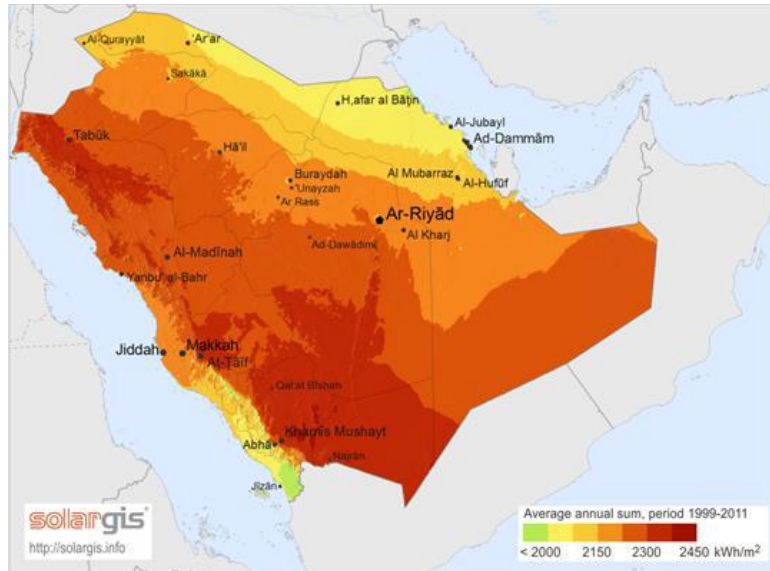
ضغط كبير لتلبية الحاجات المحلية من الطاقة وفي نفس الوقت المحافظة على نسبته في هيكل الصادرات¹.

ثالثاً: إمكانات الطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية

تتوفر المصادر المتجددة للطاقة بشكل واسع في السعودية خاصة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. القدرة الناتجة عن هبوب الرياح والإشعاع الشمسي قادرة على أخذ مكانة مهمة ضمن المزيج الطاقوي السعودي². وفيما يلي تفصيل لهذه الامكانات.

1- إمكانات الطاقة الشمسية: تمتلك المملكة العربية السعودية إمكانات جيدة لاستخدام الطاقة الشمسية، بمعدل إشعاعي يبلغ 5.8 كيلوواط ساعي/م²/يوم، أو متوسط إشعاع شمسي سنوي يبلغ 2200 كيلوواط ساعي/م². وقد أعلنت الوكالة السعودية للعلوم مؤخرًا عن مبادرة جديدة لبناء محطات تحلية مياه تعمل بالطاقة الشمسية، مع إنشاء المرحلة الأولى، وهي محطة تبلغ 30 ألف متر مكعب في اليوم في الخفجي. وبموجب أحكام الاتفاقية الموقعة في يونيو 2010، ستقوم أرامكو السعودية بتطوير محطة طاقة شمسية رائدة تبلغ سعتها 10 ميغاواط. ومن المقرر إنشاء محطة طاقة شمسية أخرى بقدرة 20 ميغاواط في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية، جنباً إلى جنب مع مركز مخصص لتكنولوجيا PV³.

الشكل رقم (IV - 4): خريطة الإشعاع الشمسي الأفقي الاجمالي للمملكة العربية السعودية (كيلوواط ساعي/م²/سنة)



¹ - بيانات المركز السعودي لكفاءة الطاقة، متوفرة على الموقع: <http://www.seec.gov.sa/>. (تاريخ التصفح: 2017/10/12)

² - « Saudi Arabia Energy Policy, Laws and Regulations Handbook Volume 1 », International Business Publications, USA, 2015, P 52.

³ - Pazheri F R, « Solar Power Potential In Saudi Arabia », working paper, Journal of Engineering Research and Applications, New York, 09/2014, P 171. Disponible sur: www.researchgate.net. (consulté le : 26/04/2017)

Source : Pazheri F R, « Solar Power Potential In Saudi Arabia », working paper, Journal of Engineering Research and Applications, 09/2014, P 171.

2- إمكانات طاقة الرياح: تتمتع المملكة العربية السعودية بإمكانات عالية في مجال طاقة الرياح، حيث تبلغ في المتوسط 4.9 ساعة من الحمل الكامل للرياح في اليوم الواحد في المتوسط، وهي أعلى إمكانات لطاقة الرياح في المنطقة. وقد تم تحديد العديد من المواقع على أنها ذات إمكانات مناسبة. وقد توصل تقييم اقتصادي لمحطة رياح بقدرة 20 ميغاواط من الطاقة المركبة في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية أن المحطة يمكنها توليد 59 037.7 ميغاواط ساعي من الكهرباء سنويا مع معامل قدرة للمحطة بنسبة 33.7%، باستثناء خسائر التدوير بنسبة 3.48%¹.

3- إمكانات الطاقة الحرارية الأرضية: تتواجد غالبية أنشطة الطاقة الحرارية الأرضية على طول الساحل الغربي والجنوبي الغربي للمملكة العربية السعودية. وهي تمثل أساسا الموارد المائية الحرارية والصخور الجافة الساخنة (الحرار). وفيما يتعلق بالنشاط الهيدروحراري، هناك منطقتين رئيسيتين (جيزان والليث).

تحتوي جازان على ثلاثة مواقع واعدة للطاقة الحرارية الأرضية. يقع أولها في منطقة العارضة شرق أريش وحولها (7 ينابيع ساخنة). وتقع الثانية في الجزء الجنوبي الشرقي من جيزان. تم العثور على أحد الينابيع الساخنة الرئيسية بدرجة حرارة سطحية عالية (76°م). أما الموقع الثالث للطاقة الحرارية الأرضية فهو يقع في شمال شرق محافظة جازان في منطقة عالية جدا وأكثر تعقيدا، بها ينبوع بني ربيع الحار بدرجة حرارة منخفضة (45°م) مكون من الصخور البركانية والصخور المتحولة.

من ناحية أخرى، فإن جيولوجيا منطقة الليث تتمثل أساسا بسلسلتين من الصخور. وتوجد أربع مناطق رئيسية للحرارة الأرضية في منطقة وادي الليث (مناطق عين الحرة، وادي الصادر - بني هلال، ووادي مركوب)².

لدى المملكة العربية السعودية القدرة على توليد 10×200 كيلوواط ساعي من المصادر المائية الحرارية و 10×120 تيراواط ساعي من مصادر نظام الطاقة الحرارية الأرضية المعزز (EGS)³.

¹- global renewable energy policy network, Data disponible sur: <http://www.ren21.net/>. (consulté le: 18/08/2017).

²- Lashin A, Op Cit, P 03.

³- D. Chandrasekharama b, Aref Lashin et autres, « The potential contribution of geothermal energy to electricity supply in Saudi Arabia », International Journal of Sustainable Energy, New York, 2014, P 06. Disponible sur: <https://www.researchgate.net>.

4- إمكانات الكتلة الحيوية

تولد المملكة العربية السعودية أكثر من 15 مليون طن من النفايات الحضرية الصلبة سنوياً، ويقدر إنتاج الفرد من النفايات بـ 2 كغ يومياً، وهو من بين أعلى المعدلات في العالم. ويتجاوز إنتاج النفايات البلدية في الثلاث مدن الكبرى - الرياض، جدة، والدمام - 6 ملايين طن سنوياً¹.

وقد تم تأسيس شركات بين الشركات السعودية والمستثمرين الأجانب لإنتاج الوقود الحيوي. وقد تم تحويل المزارع لإنتاج الجاتروفا والكوركاس، مع مزرعة تجريبية مساحتها 5000 هكتار².

5- إمكانات الطاقة الكهرومائية

المملكة العربية السعودية غنية بمياه الأمطار وقدرات المياه المخزنة وراء مئات السدود، والتي يمكن أن تكون مصدراً جيداً للكهرباء من الطاقة المتجددة. في المناطق الريفية حول هذه السدود، يمكن أن تكون محطات الطاقة المائية المصدر الرئيسي للطاقة لتزويد القرى بالكهرباء من السدود وكذلك المياه. وتظهر التقديرات أن المملكة تستطيع تركيب قدرات مجتمعة تبلغ 170 ميغاواط على الأقل من الطاقة الكهرومائية في السدود والمجاري القائمة، وتولد حوالي 745 جيغاواط ساعي من الكهرباء سنوياً³.

المطلب السادس: الخصائص الاقتصادية العامة ومكانة الطاقة في الاقتصاد السعودي

تتمتع المملكة العربية السعودية باقتصاد قائم على النفط مع وجود ضوابط حكومية قوية على الأنشطة الاقتصادية الرئيسية. وهي تمتلك حوالي 16% من احتياطات النفط المؤكدة في العالم، وتصنف كأكبر مصدر للنفط، وتلعب دوراً رائداً في أوبك. من المتوقع أن يتباطأ النمو الاقتصادي في المملكة العربية السعودية إلى 0.2% سنة 2017، بعد أن كان 1.4% في سنة 2016. ومن المتوقع أن ينخفض نمو القطاع النفطي بشكل طفيف بنسبة 0.3% سنة 2017، مقارنة مع نموه البالغ 3.4% سنة 2016⁴.

الفرع الأول: المؤشرات الاقتصادية الأساسية

المملكة العربية السعودية هي أكبر اقتصاد في الشرق الأوسط وأغنى بلد عربي. وقد منعت سيطرة القطاع العام على النشاط الاقتصادي البلاد من أن تمتلك واحداً من أكبر الاقتصادات في العالم، وأثر

¹- Salman Zafar, « [Waste-to-Energy in Saudi Arabia](http://www.bioenergyconsult.com) », 04/07/2017, article publié sur: www.bioenergyconsult.com. (consulté le: 18/08/2017).

²- global renewable energy policy network, Data disponible sur: <http://www.ren21.net/>. (consulté le: 18/08/2017).

³- Ramzy R, «Seasonal-Water Dams: A Great Potential for Hydropower Generation in Saudi Arabia », Int. J. of Sustainable Water and Environmental Systems Volume 7, No. 1, Canada, 2015, P 07.

⁴- Fahad M, Asad K et autres, «The Saudi economy in 2017 », Jadwa Investment's research publications, Kingdom of Saudi Arabia, 2016, P 01.

ذلك بشكل كبير على الاستثمار الأجنبي المباشر وسلامة النظام المصرفي والمالي¹، وفيما يلي أهم مؤشرات الاقتصاد السعودي:

أولاً: الناتج المحلي الإجمالي (PIB)

بلغ متوسط إجمالي الناتج المحلي في المملكة العربية السعودية 223.63 مليار دولار أمريكي في الفترة من 1968 حتى 2016، ليصل إلى أعلى مستوى له بقيمة 756.4 مليار دولار في عام 2014، وأدنى مستوى قياسي للناتج بلغ 4.19 مليار دولار في عام 1968. وكان تطور الناتج المحلي الإجمالي في المملكة كالتالي:

الجدول رقم (IV - 21): تطور الناتج المحلي الإجمالي في المملكة العربية السعودية خلال الفترة 2016-2012

السنة	2012	2013	2014	2015	2016	2017*
الناتج المحلي الإجمالي مقدراً بالمليار دولار	735.9	746.6	756.4	654.3	646.4	692*

2017*: تقديرات صندوق النقد الدولي.

المصدر: تقرير صندوق النقد الدولي IMF Executive Board Concludes 2017 Article IV Consultation with Saudi Arabia.

انكمش الناتج المحلي الإجمالي السعودي بنسبة 0.5% على أساس سنوي في الربع الأول من عام 2017، مقارنة مع نمو بنسبة 2.1% في الفترة السابقة. وكان هذا الانكماش الأول منذ عام 2009، حيث تقلص الإنتاج في قطاع التعدين واستغلال المحاجر (- 2.3% مقابل 3.8% في الربع الأخير من عام 2016). والكهرباء والغاز والمياه (- 1.6% مقابل 5.8%) والبناء (- 3.2% مقابل 2.2%). كما تباطأ النمو في قطاع الصناعات التحويلية (2.3% مقابل 3.1%)، والنقل (1% مقابل 4.4%)، والتمويل والتأمين والعقارات (1.1% مقابل 3.8%). في المقابل، انتعش ناتج تجارة الجملة والتجزئة والمطاعم والفنادق (0.3% مقابل 2%)².

ثانياً: تطور الناتج المحلي الإجمالي / خارج المحروقات

سيظل قطاع خارج المحروقات متأثراً بالآثار السلبية الناجمة عن انهيار عائدات النفط والتخفيضات الأخيرة في الدعم. وقد أثر ترشيد الإنفاق الحكومي، القناة الوحيدة لضخ الثروة النفطية للبلاد

¹ - « The economic context of Saudi Arabia », Export Entreprises SA report, Saudi Arabia, 2017, disponible sur: www.nordeatrade.com. (consulté le : 16/08/2017)

² - Saudi Arabia GDP 1968-2017, Data disponibles sur : tradingeconomics.com. (consulté le : 19/08/2017).

في التنمية الاقتصادية، على توقعات توجهات قطاع الأعمال¹، حيث كانت معدلات نمو القطاع غير النفطي كالتالي:

الجدول رقم (IV - 22): تطور الناتج المحلي الإجمالي خارج المحروقات في المملكة السعودية

السنة	2012	2013	2014	2015	2016	*2017
معدل النمو	5.5	6.4	4.9	3.2	0.2	1.7

*2017: تقديرات صندوق النقد الدولي.

المصدر: تقرير صندوق النقد الدولي IMF Executive Board Concludes 2017 Article IV Consultation with Saudi Arabia.

تباطأ نمو القطاع غير النفطي إلى 3.2 % في عام 2015 مقابل 4.9 % عام 2014، وانخفض الناتج المحلي الإجمالي للقطاع غير النفطي بنسبة تقارب 9 في المائة في الربع الأخير من عام 2015، (لكن قابله نمو أقوى في قطاع النفط بنسبة 4 % في عام 2015 مقارنة بـ 2.1 % عام 2014)، وتشير المؤشرات الشهرية إلى تراجع نشاط القطاع الخاص غير النفطي في مطلع عام 2016. وقد انخفضت ربحية الشركات وسوق الأوراق المالية خلال العام الماضي، على الرغم من أن ميزانيات الشركات ظلت سليمة بشكل عام².

ثالثا: احتياطي الصرف

نظرا لعدم امتلاك المملكة العربية السعودية لصندوق ثروة سيادية، أعطى ذلك للاحتياطيات الأجنبية السعودية دورا مزدوجا: لدوافع وقائية وكمدخرات للأجيال المقبلة، وكان تطور الاحتياطيات كالتالي:

الجدول رقم (IV - 23): احتياطي الصرف في المملكة العربية السعودية خلال الفترة 2009 -

2015

2012	2013	2014	2015	2016	*2017	
647.6	716.7	724.3	608.9	528.6	472.6	احتياطي الصرف (مليار دولار)
%89.21	%95.99	%95.75	%93.07	%81.77	%68.29	احتياطي الصرف كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي

المصدر: من إعداد الباحث انطلاقا من معطيات صندوق النقد الدولي. متوفر على الموقع: www.imf.org.

¹ - Fahad M, et autres , Op Cit, P 01.

² - « SAUDI ARABIA 2016 ARTICLE IV CONSULTATION—PRESS RELEASE; STAFF REPORT; AND INFORMATIONAL ANNEX », IMF Country Report No. 16/326, Washington, USA, 2016, P 05.

بلغت احتياطات النقد الأجنبي في المملكة العربية السعودية 489.2 مليار دولار في مايو 2017 مقابل 490.4 مليار دولار في الشهر السابق. وصلت احتياطات النقد الأجنبي في المملكة العربية السعودية إلى أعلى مستوى لها على الإطلاق في 7 أغسطس 2014 بقيمة 731.2 مليار دولار أمريكي، وانخفاض قياسي بلغ 37.4 مليار دولار في سبتمبر 2002. وباستمرار أسعار النفط في الانخفاض منذ منتصف 2014 إلى النصف الأخير من عام 2016، استهلكت المملكة العربية السعودية 27% من احتياطاتها من النقد الأجنبي. مع ذلك، ومع انتعاش أسعار النفط في نهاية عام 2016 وعام 2017، لم يكن ذلك كافياً للحد من استمرار استنزاف احتياطات النقد الأجنبي السعودي¹.

الفرع الثاني: مكانة الطاقة في الاقتصاد السعودي

اقتصاد المملكة العربية السعودية قائم على النفط مع وجود سيطرة حكومية قوية على الأنشطة الاقتصادية الرئيسية. والآتي يعطي أهم المعطيات على ذلك.

أولاً: حصة المحروقات

وتتملك السعودية حوالي 16% من احتياطات النفط المؤكدة في العالم، وتصنف كأكبر مصدر للبترو، وتلعب دوراً رائداً في أوبك. ويمثل قطاع البترول نحو 87% من إيرادات الميزانية، و 42% من الناتج المحلي الإجمالي، و 90% من عوائد الصادرات². من المتوقع أن ينخفض نمو قطاع النفط، (وهو أكبر قطاع ضمن قطاعات الاقتصاد، بنسبة 44.3% من القيمة الحقيقية في نهاية عام 2016)، بشكل هامشي، لأن انخفاض إنتاج النفط سيؤدي إلى نمو سلبي. بلغ متوسط إنتاج النفط الخام في المملكة العربية السعودية 10.5 م/ب/ي في عام 2016³.

ثانياً: الجباية البترولية

وافقت المملكة العربية السعودية بتاريخ 17/03/27 على نظام ضريبي جديد لمنتجات النفط والغاز الطبيعي في المملكة، مما سيعزز تقييم شركة أرامكو السعودية حيث تخطط لبيع أسهمها في الاكتتاب العام الأولي العام المقبل. وفي ظل النظام الجديد سيتم فرض ضرائب على شركات المحروقات في المملكة العربية السعودية وفقاً لرأسمالها وفقاً لمرسوم ملكي صدر مؤخراً. أما الشركات التي يزيد رأسمالها عن 375 مليار ريال (100 مليار دولار) فستدفع ضريبة دخل بنسبة 50%. أما الذين يتراوح رأسمالهم بين 300 مليار ريال سعودي و 375 مليار ريال سعودي فسوف يدفعون ضريبة بنسبة 65%.

¹ - <https://www.ceicdata.com/en/indicator/saudi-arabia/foreign-exchange-reserves>. (consulté le: 19/08/2017).

² - « Saudi Arabia Economy Profile 2017 », article disponible sur :

http://www.indexmundi.com/saudi_arabia/economy_profile.html. (consulté le: 19/08/2017).

³ - Fahad M, Asad K et autres, « The Saudi economy in 2016 », Jadwa Investment's research publications, Saudi Arabia, 2016, P 12.

وستدفع الشركات التي يتراوح رأسمالها بين 225 مليار ريال و 300 مليار ريال 75 %، وتلك التي لديها رأسمال أقل من 225 مليار ريال 85 %¹.

وكان تطور نسبة الجباية النفطية ضمن الناتج المحلي في المملكة السعودية كالآتي:

الجدول رقم (IV - 24): نسبة الجباية النفطية في الناتج المحلي الإجمالي 2014 - 2016

السنة	2014	2015	2016
نسبة الجباية النفطية	32.3	18.4	14.2

Source : « Saudi Arabia 2016 Article IV Consultation—Press Release; Staff Report; And Informational

annex », IMF Country Report No. 16/326, USA, 2016, P 07.

انخفضت إيرادات الجباية النفطية مقارنة بعام 2015 ، في حين أن ضبط الإنفاق، وخاصة الرأسمالي، سيؤدي إلى انخفاض كبير في الإنفاق. بعد عام 2016، من المتوقع أن ينخفض العجز المالي إلى 7.7% من الناتج المحلي الإجمالي في 2021، مدفوعاً بارتفاع عائدات النفط (حوالي 3% من الناتج المحلي الإجمالي) ، وارتفاع الإيرادات غير النفطية (حوالي 1% من الناتج المحلي الإجمالي)، وبشكل أكبر بفعل ضريبة القيمة المضافة وارتفاع الضرائب غير المباشرة².

المبحث الثاني: مقارنة مصادر الطاقة المتجددة المحتملة واستخداماتها في الجزائر ودول الدراسة

إن دول الدراسة التي تتربع على أكبر احتياطي النفط والغاز في العالم، معروفة أكثر لبقية دول العالم باعتبارها من المصدرين الرئيسيين للنفط والغاز منها داعية لاستخدام الطاقة المتجددة. ومع ذلك، شهدت السنوات الأخيرة تحولا كبيرا في التوجهات، حيث تواجه الحكومات في هذه الدول تحديات تزايد النمو السكاني، ارتفاع الطلب على الكهرباء، والاستثمارات المحدودة في قدرات التوليد الجديدة.

المطلب الأول: مقارنة بين إجمالي مصادر الطاقة المتجددة في دول الدراسة والبرامج الوطنية

لاستغلالها

قدر مركز تنمية الطاقات المتجددة (CDER)³ التابع للمديرية العامة للبحث العلمي والتطوير التكنولوجي منذ تأسيسه في مارس 1988، إمكانيات مصادر الطاقة المتجددة في الجزائر وتم اعتماد هذه التقديرات في إعداد التقارير والبرامج، آخرها كان دليل الطاقات المتجددة في الجزائر الصادر عن

¹ - « New Tax regime to Boost Aramco IPO Value (A Royal Decree) », Italian Trade Agency, 11/04/2017, article disponible sur: <http://mefite.ice.it>. (consulté le: 20/08/2017).

² - « SAUDI ARABIA 2016 ARTICLE IV CONSULTATION—PRESS RELEASE; STAFF REPORT; AND INFORMATIONAL ANNEX », Op Cit, P 07.

³ - Centre de Développement des Energies Renouvelables.

وزارة الطاقة الجزائرية، والذي كان حجر الأساس في إعداد برنامج الجزائر الوطني للطاقة المتجددة. وإتباعا للسياسات التي وضعتها وزارة الطاقة الإيرانية، تم تعيين الهيئة الإيرانية للطاقات المتجددة "SUNA"¹ التي أصبحت فيما بعد الهيئة الإيرانية للطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة "SATBA"² منذ عام 1996 لتنفيذ الأهداف المسطرة من طرف الوزارة والحصول على أحدث المعلومات والتقنيات لاستخدام مصادر الطاقة المتجددة، وتقييم الإمكانيات وتنفيذ العديد من المشاريع (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الأرضية، والهيدروجين والكتلة الحيوية³). وقامت مدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمتجددة بتقييم شامل لمصادر الطاقة البديلة لضمان الحصول على الفائدة القصوى من استخدامها وبالتالي تحقيق أقصى قدر من الاستدامة. وتوصلت إلى أن المحروقات ستظل عنصراً رئيساً في مزيج الطاقة المستهدف لعام 2032، تدعمها الطاقة الذرية والطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الأرضية والطاقة المحولة من النفايات⁴.

الجدول رقم (IV - 25): مقارنة إمكانيات مصادر الطاقة المتجددة في الجزائر ودول الدراسة

مصادر الطاقة المتجددة	الوحدة	الإمكانيات		
		الجزائر	إيران	المملكة العربية السعودية
الطاقة الشمسية	كيلو وات ساعي/م ² /السنة	-1700 2650	-1640 2580	2450-2000
طاقة الرياح	تيراوات ساعي/السنة	37	8	20
الطاقة الحرارية الأرضية	ميجاوات حراري	700	800	18 في جيزان و 27 في الليث ولازال التتقيب والتقييم جاريا
الكتلة الحيوية	مليون طن/سنويا	12	15	19
الطاقة الكهرومائية	ميجاوات/السنة	500000	50000	170

المصدر: من إعداد الباحث إنطلاقاً من المصادر التالية: مركز تنمية الطاقات المتجددة cder.dz، « Waste- » Salman Zafar، www.satba.gov.ir، وكالة "SATBA" على الموقع: www.kacare.gov.sa، و م عبد الله على الموقع: to-Energy in Saudi Arabia.

ينتج عن تقييم إمكانيات الطاقة البديلة والمتجددة عبر أبعاد الإمكانيات الاقتصادية والتجارية تحديد مجموعة من التقنيات المرتبة حسب الأولوية لنشر استخدامها الفوري وعلى المدى الطويل. ويتضح من ذلك أن الطاقة الشمسية وطاقة الرياح هي خيارات سهلة وبسيطة من حيث التطبيق في الجزائر (تصل إلى 2650 كيلو وات ساعي/م²/السنة) وبلدان الدراسة، ويرجع ذلك إلى إمكانيات مواردها

¹ - Renewable Energy Organization of Iran.

² - Renewable Energy and Energy Efficiency Organization.

³ - « Iran Renewable Energy Organization (SUNA) History, Objectives and Missions », article disponible sur: <http://www.satba.gov.ir/en/history>. (consulté le: 25/08/2017).

⁴ - <https://www.kacare.gov.sa/ar/FutureEnergy/Pages/vision.aspx>. (consulté le: 25/08/2017).

الضخمة وتدني مخاطرها المحسوسة وإمكانياتها الاقتصادية المرتفعة. وعليه، يجب تطوير هذه التقنيات على المدى القصير بأطر اقتصادية مستهدفة مع تقديم آليات تحفيزية لجذب مساهمة القطاع الخاص. أما تقنيات الطاقة البديلة والمتجددة الأخرى مثل طاقة الكتلة الحيوية والطاقة الحرارية الأرضية فيجب اعتبارها "فرص طويلة المدى"، وذلك بسبب قلة نضجها التقني وقلة إمكانيات مواردها و/أو الفهم غير الكافي لإمكانياتها الفنية في دول الدراسة.

المطلب الثاني: مقارنة الاستراتيجيات الوطنية لتطوير الطاقات المتجددة في دول الدراسة

الجزائر ودول الدراسة تمثل في الوقت الحالي مستهلكا كبيرا للطاقة، ومن المتوقع أن تستمر في المساهمة، إلى جانب آسيا، في نمو الطلب على الطاقة في العالم بشكل كبير حتى 2030، ووضع سياسات الطاقة المحلية يتموضع في صميم البرامج الاقتصادية لدول الدراسة في العقود المقبلة. فالطاقة المتجددة، وأهمها الطاقة الشمسية، مع ميزتها الإقليمية المناخية الخاصة، يمكن أن تلعب دورا هاما كبديل تنافسي من حيث التكلفة للوقود الأحفوري التقليدي، إذا كانت تكلفة الفرصة البديلة الكاملة للنفط المستهلك محليا وموارد الغاز الطبيعي بالكامل مسعرة وفق نظام الطاقة الإقليمي.

الفرع الأول: استراتيجية تطوير الطاقات المتجددة في الجزائر

إن الجزائر، من خلال برنامج الطاقة المتجددة، قد سارت في طريق الطاقات المتجددة لتوفير حلول شاملة ودائمة للتحديات البيئية وللحفاظ على مصادر الطاقة الأحفورية. يتضمن هذا البرنامج تنمية الخلايا الشمسية وطاقة الرياح على نطاق واسع. إن إدخال الطاقة الشمسية الحرارية وكذا فروع الكتلة الحيوية والتوليد المشترك والحرارة الجوفية، سيتم تدريجيا. وسائل وأنواع الطاقات المتجددة سيتم تركيبها حسب خصوصيات كل منطقة¹:

- ✓ منطقة الصحراء لتهجين المحطات الموجودة المشغلة بالديزل، وتزويد المواقع المتباعدة نظرا لأهمية القدرات الشمسية والرياح في هذه المنطقة؛
- ✓ منطقة الهضاب العليا لتعرضها للشمس والرياح مع توفر الأراضي؛
- ✓ المنطقة الساحلية حسب توفر وعاء الأراضي مع استغلال الفضاءات التي تتوفر فيها الطاقات المتجددة.

¹ - "برنامج تطوير الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية، جانفي 2016"، وزارة الطاقة الجزائرية، متوفر على الموقع: www.energy.gov.dz.

ومن جهة أخرى، فإن الاحتياجات التكميلية في مجالات أخرى من التطبيق، تشكل جزءا كذلك من القدرة الكلية للرياح المقررة في البرنامج مثل مناطق السكن والفلاحة والضخ وموارد المياه والصناعة والإدارة العمومية والخدمات.

الجدول التالي يبين القدرات المتراكمة لبرنامج الطاقة المتجددة، حسب النوع والمرحلة، خلال المدة : 2015 - 2030 :

الجدول رقم (IV - 26): برنامج الجزائر لتطوير الطاقات المتجددة 2015 - 2030 (الوحدة:

ميغاواط)

المجموع	المرحلة الثانية 2021 - 2030	المرحلة الأولى 2015 - 2020	
13 575	10 575	3 000	الخلايا الشمسية
5 010	4 000	1 010	الرياح
2 000	2 000	-	الحرارة الشمسية
440	250	190	التوليد المشترك
1 000	640	360	الكتلة الحيوية
15	10	05	الحرارة الجوفية
22 000	17 475	4 525	المجموع

المصدر: وزارة الطاقة الجزائرية، البرنامج متوفر على الموقع: www.energy.gov.dz

ولأجل تصدير الكهرباء الخضراء إلى أوروبا، تستعد الجزائر لإقامة شركات بمجرد توفر الظروف، وهذا من خلال إنجاز قدرات إضافية.

أولا: الإجراءات التحفيزية والجبائية

اعتمدت الحكومة الجزائرية سلسلة من التدابير الداعمة لتعزيز الطاقات المتجددة من خلال إنشاء إطار قانوني موالي وصندوق وطني للطاقة المتجددة والتوليد المشترك للطاقة (FNMEERC)، الذي يُغذى سنويا بنسبة 1% من الجباية البترولية وعائدات بعض الضرائب.

ويتم دعم الحكومة لتعزيز الطاقات المتجددة من خلال وضعين¹:

¹ - « Programme National des Energies Nouvelles et Renouvelables », disponible sur : www.energy.gov.dz.
(consulté le : 11/09/2017).

✓ بالنسبة للمنشآت المتصلة بالشبكة، يتم توفير دعم الدولة من خلال آلية تعريفه الشراء المضمونة (feed-in tariff):

ويضمن هذا النظام لمنتجي الطاقة المتجددة الاستفادة من التعريفات التي تمنحهم ربحاً معقولاً من استثماراتهم على مدى فترة استحقاق لمدة 20 عاماً للطاقة الشمسية وطاقة الرياح و 15 عاماً للتوليد المشترك للطاقة. وفوق هذه المدة، يمكن للمنشآت أن تعمل دون الاستفادة من هذه الآلية، وسوف يُقِيم عندها الإنتاج بأسعار السوق.

أما التكاليف الإضافية التي تنتجها هذه التعريفات فسيتحملها الصندوق الوطني للطاقات المتجددة، وبالتالي فإن الموزع الذي يشتري هذه الطاقة بسعر الشراء المضمون يسترد بمقدار الفرق بين سعر الشراء المضمون والتعريف المرجعية التي تتمثل في السعر المتوسط للكهرباء التقليدية.

✓ بالنسبة للتطبيقات الأخرى، يقدم الدعم الحكومي من خلال المشاركة في الاستثمار (المستوى والمبلغ تحدده اللوائح والقوانين).

ويأتي الدعم المقدم للطاقة المتجددة بواسطة المساهمة في الاستثمار من خلال الصندوق الوطني للطاقات المتجددة إلى مستوى معين، ويتعلق بمحطات الطاقة الكهروضوئية والرياح خارج الشبكة، والطاقة المتجددة السكنية والطاقة الحرارية الأرضية¹.

ثانياً: أشكال أخرى للدعم

من المزمع تقديم أشكال أخرى من الدعم. وتشمل ما يلي:

✓ حيازة الأراضي المؤهلة لإنشاء محطات للطاقة المتجددة وتوفيرها؛

✓ مرافقة طوال عملية الحصول على التراخيص اللازمة؛

✓ تحديد إمكانات جميع المناطق المعنية بالطاقة المتجددة؛

إستراتيجية الجزائر في هذا المجال هي تطوير صناعة حقيقية للطاقة المتجددة جنباً إلى جنب مع برنامج التدريب وتجميع المعارف التي ستسمح على المدى المتوسط باستخدام الكفاءة المحلية، خاصة في مجال الهندسة وإدارة المشاريع. وسيتيح برنامج الطاقة المتجددة، تلبية احتياجات السوق الوطنية من الكهرباء، وإنشاء عدة آلاف من الوظائف المباشرة وغير المباشرة.

¹ - المرجع السابق.

الفرع الثاني: المخطط الاستراتيجي للطاقة في جمهورية إيران الإسلامية

على الرغم من تركيز المشرعين الإيرانيين على تنمية قطاع المحروقات، فقد أعطوا الأولوية لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتطوير موارد الطاقة المتجددة كأهداف رئيسية في إطار مخطط التنمية الخماسي الخامس، مع استهداف قدرة إنتاجية تبلغ 5000 ميغاواط من محطات توليد الطاقة المتجددة على المدى القصير. على المدى الطويل، تأمل الحكومة الإيرانية في زيادة الطاقة الاسمية لجميع محطات توليد الطاقة من 74 جيجاوات إلى أكثر من 120 جيجاوات بحلول نهاية عام 2025، والتي يعوّل أن يكون جزء منها من مصادر متجددة.

الجدول رقم (IV - 27): برنامج إيران لتطوير الطاقات المتجددة 2015-2020 (الوحدة: ميغاواط)

القدرة المستهدفة	التكنولوجيا
5 000	الطاقة الشمسية وطاقة الرياح

المصدر: موقع هيئة "SATBA" الإيرانية للطاقة المتجددة والكفاءة الطاقوية. www.satba.gov.ir

تسعى الحكومة الإيرانية إلى الاستفادة من إمكاناتها الهائلة عن طريق زيادة الاستثمار الخاص، ومن ثم فهي تقدم حوافز كبيرة للمستثمرين من القطاع الخاص. توفر الهيئة الإيرانية للطاقات المتجددة نموذج اتفاق شراء الطاقة (PPA)¹ الذي سيتم إبرامه مع المستثمر الخاص والذي يضمن شراء الكهرباء لمدة 20 عاما. ويتاح للمستثمر خيار بيع الكهرباء داخل البلد إلى أطراف ثالثة أو في سوق تبادل الطاقة أو أي طريقة أخرى تكون مقبولة لدى وزارة الطاقة.

على الرغم من أن نموذج اتفاقية شراء الطاقة يحتاج إلى بعض التحسينات لضمان قابليتها المصرفية، ولا سيما إدراج تغيير قوي في أحكام القانون، التحكيم كآلية لتسوية المنازعات، والتعويض في حالة الإنهاء المبكر، فإنه لا يزال يشكل خطوة هامة نحو فهم السوق الدولية. قامت هيئة "SATBA" مؤخرا بتعديل تعريف شراء الكهرباء المضمونة كما سنفضله لاحقا².

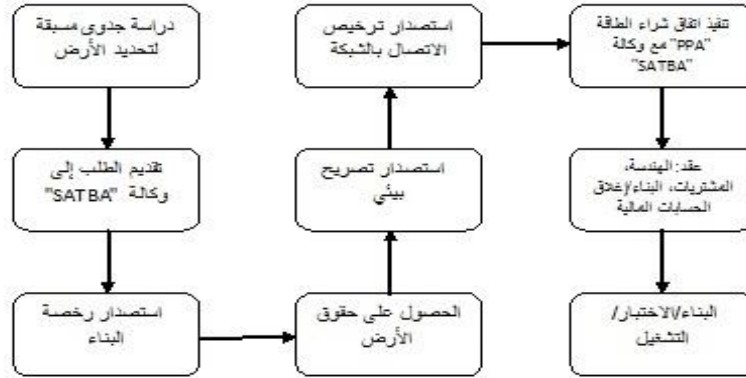
أولا: تطوير مشروع الطاقة المتجددة في إيران

على الرغم من أن هيئة "SATBA" تبذل جهودا كبيرة لتسهيل وتوحيد تطوير مشاريع الطاقة المتجددة، وهناك حاليا سوابق محدودة متاحة. ووفقا للمسؤولين واستنادا إلى المشاريع القليلة القائمة، يقوم مشروع الطاقة المتجددة على النحو التالي:

¹ - power purchase agreement.

² - "المخطط الاستراتيجي للطاقة في جمهورية إيران الإسلامية"، منظمة الطاقة المتجددة والكفاءة الطاقوية الإيرانية، متوفر على الموقع: <http://www.satba.gov.ir>. (تاريخ التصفح: 2017/09/10).

الشكل رقم (IV - 5): الأطوار الإدارية لمشروع الطاقات المتجددة في إيران



المصدر: موقع هيئة "SATBA" الإيرانية للطاقة المتجددة والكفاءة الطاقوية. www.satba.gov.ir.

رهنًا بالشروط المنصوص عليها في، يجوز للمستثمر الأجنبي الذي يقوم بإقامة مشروع للطاقة المتجددة أن يتمتع ببعض الحماية المنصوص عليها في قانون تشجيع الاستثمار الأجنبي وحمايته "FIPPA"¹ وهو التشريع الرئيسي لحماية الاستثمارات الأجنبية. ووفقًا لـ "FIPPA"، يُعرّف المستثمرون الأجانب بأنهم أشخاص طبيعيون و/أو معنويون غير إيرانيين، أو الإيرانيين الذين يستخدمون رؤوس أموال ذات أصل أجنبي، والذين حصلوا على ترخيص الاستثمار "FIPPA".

ويخضع إصدار ترخيص الاستثمار للوفاء بشرط مساهمة الاستثمار الأجنبي في النمو الاقتصادي، ورفع مستوى التكنولوجيا، وتحسين نوعية المنتجات، والمساهمة في زيادة فرص العمل والفرص والصادرات.

ثانيًا: حماية الاستثمارات الأجنبية

وتتمتع الاستثمارات الأجنبية التي تقي بالمعايير المنصوص عليها في قانون "FIPPA" نفس الحقوق والحماية والتسهيلات التي تتمتع بها الاستثمارات المحلية. الحماية من نزع الملكية أو التأميم مكفولة ما لم يكن ذلك في "المصلحة العامة"، عن طريق إجراء قانوني سليم، بطريقة غير تمييزية وفي مقابل دفع التعويض المناسب على أساس القيمة الحقيقية للاستثمار مباشرة قبل أن يتم اتخاذ قرار نزع الملكية.

ويمكن تحويل الأرباح المتأتبة من الاستثمار الأجنبي إلى الخارج بعد خصم الضرائب والمستحقات والاحتياطات القانونية وبموافقة مجلس الاستثمار الأجنبي واعتمادها من طرف وزير الشؤون

¹ - Foreign Investment Promotion and Protection Act.

الاقتصادية والمالية. علاوة على ذلك، تسهل عقود "FIPPA" إصدار تأشيرات الدخول وتصاريح الإقامة والعمل للموظفين الأجانب.

تخضع أي نزاعات تنشأ بين الحكومة والمستثمرين الأجانب فيما يتعلق بالتزاماتها المتبادلة بموجب عقود "FIPPA" للولاية القضائية للمحاكم الإيرانية ما لم تكن هناك آلية أخرى لتسوية المنازعات في القضاء المحلي للمستثمر الأجنبي متاحة من خلال معاهدة استثمار ثنائية مع الحكومة ذات الصلة¹.

الفرع الثالث: الإستراتيجية الوطنية للطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية

يدير البرنامج السعودي للطاقات المتجددة وينفذه وزارة الطاقة والصناعة والثروة المعدنية، ويدعمه بشكل مباشر برنامج التحول الوطني ورؤية 2030، وسيكون مكتب تطوير مشاريع الطاقة المتجددة (REPDO)² الجهة المسؤولة لتطوير وتنفيذ البرنامج الوطني للطاقة المتجددة ضمن الجدول الزمني المحدد، وضمان أن تكون الأهداف الطموحة للبرنامج متوافقة مع أعلى المعايير العالمية.

ويهدف البرنامج إلى الزيادة المستدامة لحصة الطاقة المتجددة من إجمالي مصادر الطاقة، ويستهدف إنتاج ما مجموعه 3.45 جيجا واط من الطاقة المتجددة بحلول العام 2020 تحت مظلة برنامج التحول الوطني، و9.5 جيجا واط بحلول العام 2023 بحسب رؤية 2030.

ويتضمن الهدف المبدئي إنتاج 3.45 جيجا واط من الطاقة المتجددة بحلول العام 2020 من خلال ثلاث مراحل من العطاءات للتعاقد على توليد الطاقة من الرياح والشمس وتقنيات تحويل النفايات إلى طاقة وغيرها من مصادر الطاقة المتجددة. ويهدف البرنامج إلى توليد 700 ميغا واط و1.02 جيجا واط و1.73 جيجا واط خلال المراحل الثلاث التي تبدأ في عام 2018، ومن ثم يسعى البرنامج للوصول إلى 6.05 جيجا واط أخرى من الطاقة المتجددة بحلول عام 2023.

وقد قامت وزارة الطاقة والصناعة والثروة المعدنية بتدشين مرحلة تأهيل العروض لأول مشروعين من البرنامج الوطني للطاقة المتجددة. ويشمل ذلك مشروعاً للطاقة الشمسية سعة 300 ميغا واط، ومشروع طاقة الرياح سعة 400 ميغا واط³.

الجدول: رقم (IV - 28): البرنامج الوطني للطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية 2016- (MW) 2040

¹ - المرجع السابق.

² - The Renewable Energy Project Development Office.

³ - "البرنامج الوطني للطاقة المتجددة"، تقرير للملتقى السعودي للكهرباء، متوفر على الموقع: saudielelectricityforum.com، (تاريخ التصفح: 2017/09/11).

المرحلة الأولى 2016 - 2023	المرحلة الثانية 2023 - 2040	
9 500	16 000	الخلايا الشمسية
	9 000	الرياح
	25 000	الحرارة الشمسية
	3 000	الكتلة الحيوية
	1 000	الحرارة الجوفية
	54 000	المجموع

Source: «Renewable Energy in the Arab Region
Overview of developments », IRENA (2016), Abu Dhabi,P 14.

أولاً: الدعم الحكومي والحوافز

تقدم الحكومة حوافز أخرى ودعم للمشاريع، على النحو التالي¹:

✓ تمكين ملكية أجنبية مباشرة بنسبة 100% في شركة المشروع وتخصيص مسير حساب خاص بمصادر الطاقة المتجددة في الهيئة العامة للاستثمار السعودية (SAGIA)² والذي سيعمل مع مكتب تطوير مشاريع الطاقة المتجددة في الحصول على رخصة الاستثمار المطلوبة لهذه الملكية الأجنبية على وجه السرعة؛

✓ فتح إمكانية تمويل المشروع من خلال صندوق التنمية الصناعية السعودي الذي يمكن أن يمول ما يصل إلى 75% من تكاليف المشروع الخاضعة لرأس مال قدره 320 مليون دولار كقرض ميسر وصندوق الاستثمار العام الذي يمكنه تمويل ما يصل إلى 40% من تكاليف المشروع رهنا بحدود 1.57 مليار دولار أمريكي؛

✓ الحفاظ على بيئة ضريبية إيجابية من خلال 20% ضريبة على الشركات، لا ضريبة على الدخل الشخصي، إعفاءات ضريبية بنسبة 15% على النفقات الرأسمالية والتوسعات ذات الصلة في بعض مناطق المملكة، فضلاً عن اعتماد مبدأ دفع الخسائر الضريبية لفترة غير محدودة، والحفاظ على معاهدات الازدواج الضريبي مع أكثر من 20 بلداً؛

✓ توفير إعفاءات جمركية للمواد الخام الأولية وقطع الغيار لمدة تصل إلى سنتين؛

¹ - « Saudi National Renewable Energy Program Round 1 — “Scaling Up” », Latham & Watkins report, April 24, New York, 2017, P 02. Article disponible sur: <https://www.lw.com>. (consulté le: 11/09/2017).

² - The Saudi Arabian General Investment Authority.

✓ إزالة القيود المفروضة على إعادة رأس المال إلى البلد الأصلي؛

✓ توفير مواقع المشروع بالقيمة الاسمية وإلغاء رسوم تسجيل المصالح العقارية؛

ثانيا: توطين سلسلة قيم الطاقة المتجددة

البرنامج الوطني للطاقة المتجددة هو مبادرة استراتيجية تدعم برنامج التحول الوطني، مما يساعد على توفير فرص العمل محلياً ويعزز النمو في اقتصاد المملكة غير النفطي، وتتمثل رؤيته في خدمة برنامج التحول الوطني فيما يتعلق بتوفير فرص العمل المحلية، وبناء القدرات وتوطين سلسلة قيم الطاقة المتجددة.

يساعد البرنامج الوطني للطاقة المتجددة في تحقيق النقاط التالية تحت مظلة برنامج التحول الوطني¹:

✓ تحفيز القطاع الخاص على الصناعة، وتقديم الخدمات محلياً لتشجيع كل من القطاعين العام والخاص على الاعتماد على المنتجات والخدمات المحلية (برنامج التحول الوطني 2020).

✓ رفع المحتوى المحلي من الإنفاق الإجمالي للقطاعين العام والخاص من 36% إلى 50% (برنامج التحول الوطني 2020).

✓ زيادة حصة فرص العمل المحلية في القطاع الخاص من 19% إلى 24% بحلول العام 2020 (برنامج التحول الوطني 2020).

الفرع الرابع: مقارنة آفاق (أهداف) استراتيجيات الطاقة المتجددة من حيث القدرة المركبة و/أو التوليد في الجزائر ودول الدراسة

قد اعتمدت بلدان الدراسة رسمياً استراتيجيات طموحة لتنمية الطاقة المتجددة، كما هو مبين في الجدول التالي:

الجدول رقم (IV - 29): مقارنة أهداف برامج الطاقة المتجددة من حيث القدرة المركبة و/أو التوليد في الجزائر ودول الدراسة:

السنة المستهدفة	القدرة المستهدفة (GW)	القدرة المركبة من الطاقة المتجددة 2016 (MW)	نسبة الطاقة المتجددة في توليد الكهرباء
-----------------	-----------------------	---	--

¹ - المرجع السابق.

الهدف	النسبة الحالية (2016)				
الجزائر	2%	536	22	2030	
إيران	0.4%	341	5	2020	
م ع السعودية	0%	48	54	2040	

المصدر: من إعداد الباحث انطلاقاً من معطيات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، "تقرير إحصاءات الطاقة المتجددة 2017"، برنامج الجزائر للطاقة المتجددة، البرنامج الوطني للطاقة المتجددة م ع السعودية، منظمة "SATBA" الإيرانية للطاقة المتجددة والكفاءة الطاقوية.

وقد تغيرت الأهداف العامة لسياسة الطاقة الجزائرية بمرور الوقت بسبب اختلاف تأثير المشاكل الوطنية والدولية في فترات زمنية مختلفة. وكان أمن الطاقة والاكتفاء الذاتي وكفاءة الطاقة من مبادئ سياسة الطاقة في الجزائر. فكما رأينا في المبحث الأول¹، لطالما اعتمدت الجزائر في توفير احتياجاتها الطاقوية على الغاز الطبيعي والنفط، خصوصا فيما يتعلق بتوليد الكهرباء، وقود قطاع النقل، الصناعة، لكن طبيعة هذه الموارد الناضبة، والتطورات التي تعرفها مستويات أسعارها، أجبرت الجزائر على تطوير برامجها الطاقوية تماشيا مع هذه المعطيات. وتدخل الالتزامات البيئية أيضا كمحدد رئيسي لهذه البرامج، والتحديث الأخير الذي أدخلته الجزائر على برنامجها للطاقات المتجددة سنة 2015 يُعتبر تفاعلا طبيعيا مع هذه المعطيات المحلية والدولية.

ونظرا لتواضع إمكاناتها من الموارد المائية والحيوية والحرارة الجوفية، قررت الجزائر ودول الدراسة التركيز على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في برامجها. وقد بدأت فعليا في ذلك، سواء من خلال المشاريع القائمة أو طرحها لمناقصات طموحة لتنشيد محطات جديدة تدخل ضمن خطواتها الأولى في مجال الطاقات المتجددة. وهذا ما تعكسه تماما المشاريع القائمة والمشاريع قيد الانجاز أو حتى ما تم إطلاقه كمناقصات لتنفيذ المرحلة الأولى من مختلف برامج تطوير الطاقات المتجددة في بلدان الدراسة، والجدول الموالي يلخص ذلك:

¹ - أنظر الصفحة 196.

الجدول رقم (IV - 30): وضعية مشاريع الطاقة المتجددة في الجزائر ودول الدراسة سنة 2017

المشاريع القائمة	المشاريع قيد الانجاز	المناقصات	
الجزائر	19 محطة مشتغلة، 18 منها للطاقة الشمسية (MW 219)، ومحطة واحدة لطاقة الرياح (MW10)	6 محطات شمسية بقدرة (MW 148)، محطتين لطاقة الرياح بقدرة (MW 40)	مناقصة لمشروع الطاقة الشمسية الوطني بقدرة (MW) 4 050
إيران	11 محطة مشتغلة، منها 5 محطات لطاقة الرياح (MW191)، محطة للطاقة الشمسية (MW53)، 4 محطات للكتلة الحيوية (MW24)، محطة للطاقة المائية (MW73)	22 محطة لطاقة الرياح بقدرة (MW1509)، 3 محطات للطاقة الشمسية (MW15.3)	اتفاقية مع المؤسسة البريطانية للطاقة الفوتوفولطائية بقدرة (GW 1)
م ع السعودية	3 محطات للطاقة الشمسية بقدرة (MW 50)	محطتين شمسيتين بقدرة (MW 100)	مناقصة لمشروع الطاقة الشمسية بقدرة (MW 300)، وأخرى لطاقة الرياح بقدرة (MW 400).

المصدر: الموقع الرسمي لوزارة الطاقة الجزائرية: www.energy.gov.dz. موقع الهيئة الإيرانية للطاقة المتجددة والكفاءة الطاقوية:

www.satba.gov.ir. الموقع الرسمي لوزارة الطاقة السعودية: www.meim.gov.sa.

Samir Elnakla et autres, «Renewable Energy in Saudi Arabia: CurrentStatus, Initiatives and Challenges », 9th IEEE-GCC Conference and Exhibition, Bahrain, 2017, P 295.

كما رأينا سابقا في الفصل الثاني¹، فإن نشر تقنيات الطاقة المتجددة يصبح أرخص بصورة متزايدة ومستمرة مع مرور الوقت، وإذا استمر هذا الاتجاه ستساوى تكاليف استخدام الطاقة المتجددة مع مصادر الطاقة التقليدية في وقت وجيز. لذلك ستظهر حلول تخزين الطاقة (التخزين في البطاريات أو التخزين الحراري) كعامل مؤثر في زيادة فرص نشر استخدام الطاقة المتجددة، لكن تكاليف تقنيات تخزين الطاقة الحالية تعوق مثل هذا التطور، إلا أنه يمكن للانخفاض المستقبلي في هذه التكاليف تحسين قدرة الطاقة المتجددة على توفير متطلبات دول الدراسة من الطاقة بشكل ملحوظ. فنجاح إدخال مصادر الطاقة المتجددة ضمن المزيج الطاقوي بحصص معتبرة في الجزائر ودول الدراسة يتعلق بمؤشرات عدة، نذكر منها:

¹ - أنظر الصفحة 138.

أولاً: أسعار الوقود الأحفوري في السوق المحلية

إن سعر الوقود الأحفوري له أثر بالغ على حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة، فكلما ارتفع سعر الوقود الأحفوري المستخدم لتوليد الطاقة يصبح نشر الطاقة المتجددة أكثر جدوى بطريقة نسبية. لذلك فإنه من غير المفاجئ تحول بعض الدول من الاعتماد على واردات الوقود الأحفوري المكلفة إلى موارد الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة الخاص بها لضمان أمن إمدادات الطاقة. لكن الوضع في الجزائر ودول الدراسة يختلف تماماً عن مثيله في تلك الدول المستوردة للنفط، حيث حافظت هذه الأخيرة على سعرها المحلي للوقود الأحفوري بمعدلات تقل كثيراً عن متوسط الأسعار العالمية من خلال سياسة الدعم الحكومي، ومثل هذه الأسعار المتدنية تعتبر عائقاً كبيراً أمام النشر الاقتصادي للطاقة المتجددة. وبالتالي فإن وضع خطة لمزيج الطاقة على المدى الطويل يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالأسعار المحلية للوقود الأحفوري في المستقبل، لأن أي زيادة في أسعار النفط المحلية سيترتب عليه تحسن في قابلية نجاح نشر استخدام الطاقة المتجددة في دول الدراسة.

تجدر الإشارة هنا إلى أن الجزائر ودول الدراسة قامت بخطوات ابتدائية على الطريق الطويل لرفع الدعم عن الوقود الأحفوري، وعلى الرغم من إمكانية اعتبارها نتيجة حتمية للضرورة الاقتصادية الراهنة التي تمر بها هذه البلدان جراء انخفاض مداخيلها المالية بسبب تهاوي أسعار المحروقات في السوق العالمي، فإن هذه الإجراءات تمثل أيضاً محفزاً في مجال نشر استخدام الطاقة المتجددة، وفيما يلي جدول يلخص لأهم هذه الخطوات:

الجدول رقم (IV - 31): إصلاحات دعم الوقود الأحفوري الأخيرة في الجزائر وبلدان الدراسة

الوقود الرئيسي المدعوم	التطورات الأخيرة	
البنزين، الديزل، الغاز الطبيعي، الكهرباء	في يناير 2016، ارتفعت أسعار البنزين بنسبة 34% والديزل بنسبة 37%، كما زادت أسعار الكهرباء والغاز.	الجزائر
البنزين، الديزل، الكيروسين، غاز النفط المسال، الغاز الطبيعي، الكهرباء	في مايو 2016، وافقت الحكومة على إزالة حصص البنزين لمركبات الركاب العامة والخاصة بحلول سبتمبر 2016.	إيران
البنزين، الديزل، الكيروسين، الغاز الطبيعي، الكهرباء	في ديسمبر 2015، أعلنت الحكومة رفع العديد من الأسعار، بما في ذلك البنزين والغاز الطبيعي والكهرباء. ارتفعت أسعار البنزين الممتاز بنسبة 50% إلى 0.9 ريال سعودي (0.24 دولار أمريكي) للتر الواحد والبنزين العادي بنسبة الثلثين إلى 0.75 ريال سعودي (0.20 دولار أمريكي) للتر الواحد، كما زادت أسعار الكهرباء.	م ع السعودية

Source : « world energy outlook 2016 », OECD/IEA, 2016

International Energy Agency publications, P 98.

يخل دعم الوقود الأحفوري بتوازنات أسواق الطاقة، ويعزز الاستخدام غير الكفاء للطاقة، ويزيد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالطاقة. وهو حاجز على الطريق نحو مستقبل أنظف وأكثر كفاءة للطاقة. وقيمتها، من حيث التحويلات المالية الفعلية للمستهلكين وتكلفة الفرصة البديلة للإيرادات الضائعة، قد قوضت باستمرار المبالغ التي خصصتها الحكومات لدعم الطاقة المتجددة.

في الجزائر، كانت التكلفة المالية لسياسة دعم أسعار الطاقة التي نفذت على مدى عقود، حتى وقت قريب، تتجاهلها تقريبا الجهات العامة والخاصة. ولم يُبدأ في استحضارها إلا في السنوات القليلة الماضية. فإذا كانت تكلفة دعم أسعار المواد الغذائية معروفة، أكثر من 300 مليار دينار (حوالي 3 مليارات دولار) سنويا وفقا لأحدث قانون مالي، فإن تكلفة دعم المنتجات الطاقوية لم يتم قياسها على وجه الدقة حتى وقت قريب من خلال وسائل خارج ميزانية الدولة.

ويقدر عبد اللطيف بن آشنهو¹ التكلفة السنوية لدعم الطاقة بمبلغ هائل يقارب 20 مليار دولار (17 مليار دولار للكهرباء والوقود و3 مليارات دولار للمياه) في عام 2013. ووفقا لهؤلاء، فإن الاستهلاك المدعوم من الغاز والنفط، الذي لا يزال معدل نموه في ازدياد، سيؤدي في غضون عشر سنوات إلى استنفاد الفائض القابل للتصدير². والواقع أن الجزائر من خلال دعم معموم وواسع النطاق وغير مُركّز بشكل جيد، هي واحدة من أكثر النماذج استهلاكاً للطاقة في أفريقيا والبحر الأبيض المتوسط، حيث يبلغ معدل النمو أو يتجاوز 14% سنويا بالنسبة للكهرباء³.

تتصدر إيران العالم في مجال دعم استهلاك الوقود الأحفوري، بتقديم ما قيمته 52.4 مليار دولار من موارد الحكومة في عام 2015 لخفض تكلفة الوقود الأحفوري للمستخدمين النهائيين في البلاد. ومن بين 52.4 مليار دولار قيمة دعم استهلاك الوقود الأحفوري، دفعت إيران 40% منها لدعم استهلاك النفط، و 34% إلى الغاز الطبيعي، والباقي (26%) يذهب إلى الكهرباء⁴.

هناك هدفان رئيسيان وراء دعم الطاقة في البلدان النامية عموما، وفي إيران خصوصا. أولاً، ينزع الدعم إلى جعل تكاليف الطاقة في متناول الأسر الفقيرة التي لن تكون قادرة على دفع التكاليف الاقتصادية الكاملة. وثانياً، تهدف سياسة دعم الطاقة إلى حماية المنتجين المحليين من المنافسة الأجنبية

¹- Abdellatif Benachenhrou, « Algérie : sortir de la crise », Editions Diwan, Algérie, novembre 2015, P 215.

²- Hassan Haddouche, « L'énormité des subventions énergétiques devient le problème numéro 1 de l'économie algérienne », article publié le : 30/08/2017, sur : www.tsa-algerie.com. (consulté le : 17/09/2017).

³- Abderrahmane Mebtoul, « L'Algérie face à la nécessaire transition énergétique mondiale », article publié le : 09/04/2017, sur : <http://portail.cder.dz>. (consulté le : 17/09/2017).

⁴- « Fossil Fuel Consumption Subsidies, While in Decline, Are Still Pervasive in the Developing World », Institute For Energy Research, article publié le: 05/06/2017, sur: instituteforenergyresearch.org. (consulté le: 18/09/2017).

عن طريق إبقاء تكاليف الطاقة منخفضة. وبعكس المرجو منه، فإن الدعم وتخصيصه القطاعي لا يحققان هذه الأهداف على المدى الطويل. وعلى الرغم من الهدف المتمثل في مساعدة الفئات المنخفضة الدخل، فإن دعم الطاقة في تراجع لأنه يخدم مصالح الفئات مرتفعة الدخل بشكل غير متكافئ بسبب ارتفاع معدلات استهلاكها للطاقة¹.

وُقِّدَر أن الخطوة الأولية لإصلاح دعم الطاقة في إيران في ديسمبر 2010 تزيل ما يقرب من 50 إلى 60 مليار دولار من الدعم (حوالي 15% من الناتج المحلي الإجمالي) - التي تحققت من خلال رفع أسعار مواد مثل البنزين (300%) والغاز الطبيعي (50%)، والديزل (900%) - في فترة وجيزة تقريبا. وفي غضون خمس سنوات (بالتزامن مع الخطة الخماسية) كان يرجى أن ترتفع أسعار الطاقة المحلية في إيران إلى 90% من قيمتها السوقية الدولية.

لم يكن إصلاح سياسة الدعم الإيرانية دون تعقيدات. وقد أدت العقوبات الدولية (التي شددت بشكل كبير وقيدت صادرات النفط إلى حد كبير منذ منتصف عام 2012)، وما صاحبها من انخفاض حاد في سعر صرف العملة في البلد، إلى زيادة في تكاليف المعيشة الإيرانية وإلى تعقيد جهود الإصلاح إلى حد كبير، فتم تعليق المرحلة الثانية من إصلاح الدعم، المزمع إجراؤها في أكتوبر 2012.

وبدأت جولة جديدة من الزيادات في الأسعار، مقترنة بتخفيض التحويلات النقدية الشهرية إلى الأسر في مطلع عام 2014. وكان الهدف هو تحقيق وفورات مركبة تبلغ نحو 19.1 مليار دولار أمريكي في السنة المالية الإيرانية 15/2014².

ويشكل إصلاح دعم الطاقة جزءا رئيسيا من خطة المملكة العربية السعودية الرامية إلى إصلاح الاقتصاد، إلى جانب بيع حصص في كيانات مملوكة للدولة، بما في ذلك أكبر مصدر للنفط في العالم المعروف باسم "أرامكو السعودية". وقد رفعت المملكة أسعار الوقود في ديسمبر 2015 وأعلنت عن خطط لمزيد من الزيادات. وأعلنت السلطات أيضا عن خطط لبرنامج للتحويلات النقدية ستبدأ قبل تخفيضات الدعم الإضافية لمساعدة السعوديين على مواجهة التأثير مع اقتراب الاقتصاد من أسوأ تباطؤ منذ الأزمة المالية العالمية³.

¹ - Fattouh et El-Katiri, « Energy subsidies in the Middle East and North Africa », Energy Strategy Reviews, 10.1016/j.esr, London, June 2013, P 110.

² - « A Brief Political Economy of Energy Subsidies in the Middle East and North Africa », Oxford Institute for Energy Studies, UK, 2015, P 13.

³ - Wael Mahdi et Vivian Nereim, « Saudis May Raise Domestic Gasoline Prices by 80% », article publié le: 18/09/2017, sur: www.bloomberg.com. (consulté le: 19/09/2017).

تعد المملكة العربية السعودية ثاني أكبر مدعم لأسعار الوقود الأحفوري للاستخدام النهائي بما قيمته 48.6 مليار دولار، حيث تقدم 61% من قيمة دعمها للنفط، و 26 % للكهرباء، و 14% للغاز الطبيعي وهذا في عام 2015¹.

في عام 2016، تحركت الحكومة السعودية. وارتفعت أسعار الكهرباء والماء السكنية للمرة الأولى على الإطلاق، حيث ارتفعت أسعار المياه لأكثر من 400% للأسر المتوسطة. وارتفعت أسعار المياه والكهرباء للمستهلكين التجاريين والصناعيين في جميع مستويات الاستهلاك. كما رفعت المملكة العربية السعودية أسعار البنزين والديزل وغيرها من المنتجات بنسبة 122% في المتوسط².

ويعتبر المثال الإيراني مثالا هاما، حيث أثبت أن إصلاح أسعار الطاقة المحلية يمكن أن يكون ممكنا اقتصاديا وسياسيا بالنسبة لكبار منتجي النفط والغاز. إن الخصائص الإيرانية الفريدة، مثل عدد السكان الكبير والجغرافيا المتنوعة، والفجوات الكبيرة نسبيا بين الأغنياء والفقراء، والعوامل الإضافية المعقدة مثل وجود عقوبات دولية مكثفة، تزيد من تعزيز تجربة البلد كدليل على ذلك. بالنسبة لدول الدراسة المنتجة هي الأخرى للمحروقات، فهي تمتلك موارد أكثر قوة من أجل اتخاذ تدابير التخفيف اللازمة لضمان الاستخدام الرشيد لمواردهم النفطية والغازية القيمة على مدى طويل الأمد، والاعتماد عليها لضمان انتقال سلس نحو استخدام المصادر المتجددة لضمان مستقبل اقتصادي وطاقوي أكثر استدامة.

ثانيا: الاستكشافات الجديدة للغاز الطبيعي

يوفر الغاز الطبيعي بديلا ممتازا للوقود الأحفوري بفضل الكفاءة العالية لخواصه البيئية والحرارية، وعلى عكس الطاقة البديلة والمتجددة فهو قادر على توفير متطلبات طاقة حمل الذروة وطاقة الحمل الأساسي على حد سواء، مما يجعل الغاز الطبيعي منافسا قويا لتقنيات الطاقة البديلة والمتجددة. ويمكن أن تتسبب زيادة موارد الغاز الطبيعي في الجزائر ودول الدراسة في انخفاض جدوى الطاقة البديلة والمتجددة في مزيج الطاقة بها. ونظرا لأسعار الغاز الطبيعي المتدنية فيها (كالمملكة العربية السعودية بمعدل 0.75 دولار أمريكي لكل مليون وحدة حرارية بريطانية (mmbtu) والتي أصبح الاستثمار في أنشطة استكشاف الغاز فيها غير مجدي اقتصاديا)³، فإن أي زيادة مستقبلية في إمدادات الغاز الطبيعي

¹ - « Fossil Fuel Consumption Subsidies, While in Decline, Are Still Pervasive in the Developing World », Institute For Energy Research, article publié le: 05/06/2017, sur: instituteforenergyresearch.org. (consulté le: 19/09/2017).

² - Jim Krane, Francisco J. Monaldi et autres, « OIL PRICES, POLITICAL INSTABILITY, AND ENERGY SUBSIDY REFORM IN MENA OIL EXPORTERS », by the James A. Baker III Institute for Public Policy of Rice University, Houston, USA, 2017, P 14.

³ - « Saudi Arabia hikes price of gas for power production, ethane, gasoline in 2016 budget », Dubai (Platts)-29 Dec 2015, article disponible sur: www.platts.com. (consulté le: 26/04/2017)

تبقى مرهونة برفع هذه الأخيرة ونجاح أنشطة الاستكشاف والقدرة على استخراج الغاز بتكلفة أقل وبكميات مجدية - وجميع تلك الحالات يشوبها عدم اليقين بالنسبة لدول الدراسة.

ثالثاً: نجاح برامج الكفاءة الطاقوية

تعتبر السياسات الحكومية أمراً حيوياً للحد من خطر أن يؤدي انخفاض أسعار الطاقة إلى تقويض جهود كفاءة استخدام الطاقة. رفع أسعار الطاقة لا يمكن الاعتماد عليه كعامل رئيسي لدفع الاستثمارات نحو كفاءة استخدام الطاقة. وكذلك، ينبغي ألا يقلل انخفاض الأسعار من أن تكون الكفاءة في طبيعة السياسة الوطنية للطاقة. فمن المطلوب أن تستمر سياسات الكفاءة، التي تُدمج على نحو سليم مع سياسات الطاقة المتجددة، في التوسع والتعزيز حتى في الوقت الذي قد يتضاءل فيه الضغط القصير الأجل للتحرك في هذا المجال.

1- سياق كفاءة الطاقة في الجزائر ودول الدراسة

قد تطورت كفاءة الطاقة تدريجياً في بلدان الدراسة وتمثل الآن قضية سياسية رئيسية في معظم هذه البلدان. وبصرف النظر عن البرامج الطموحة في مجال كفاءة استخدام الطاقة، هناك القليل من التدابير الملموسة المنفذة في هذه البلدان، حتى لو بدا أن الوضع يتغير مؤخراً.

أ- تحديات وأهداف سياسات كفاءة الطاقة

ويعرض الجدول التالي البرامج الوطنية لكفاءة استخدام الطاقة المنفذة في بلدان الدراسة، من خلال الأهداف حسب القطاع:

الجدول رقم (IV - 32): مقارنة أهداف كفاءة استخدام الطاقة في الجزائر ودول الدراسة

البلد	البرنامج	القطاع	الأهداف
الجزائر	برنامج النجاعة الطاقوية واقتصاد الطاقة	الإجمالي	- إن تنفيذ البرنامج الوطني لكفاءة الطاقة على أرض الواقع سيقلل تدريجياً من نمو الطلب على الطاقة. وبالتالي، فإن وفورات الطاقة التراكمية ستكون في حدود 93 مليون ط م ن، منها 63 مليون ط م ن بحلول عام 2030، والباقي بعد هذا الأفق.
		قطاع البناء	- العزل الحراري: وفورات تراكمية قدرها: 7 مليون ط م ن - سخان المياه بالطاقة الشمسية: إقتصاد في الطاقة قدره: 2 مليون ط م ن - مصباح استهلاك منخفض: وفورات طاقة قدرها: 20 م ن ط - الإنارة العامة: إقتصاد في الطاقة قدره: 1 مليون ط م ن
		النقل	- تحقيق إقتصاد طاقة قدره: 15 مليون ط م ن
		الصناعة	- تحقيق إقتصاد طاقة قدره: 34 مليون ط م ن

إيران	المخطط الإيراني للحفاظ على الطاقة	الإجمالي	- إجمالي إمكانات توفير الطاقة في الفترة 2015-2021 يقدر بـ: 700 مليون ط م ن
		الصناعة	- تحقيق اقتصاد طاقة قدره: 140 مليون ط م ن
		البناء	- تحقيق اقتصاد طاقة قدره: 182 مليون ط م ن
		النقل	- تحقيق اقتصاد طاقة قدره: 79.8 مليون ط م ن
		الزراعة	- تحقيق اقتصاد طاقة قدره: 18.2 مليون ط م ن
		التحويل والتوزيع	- تحقيق اقتصاد طاقة قدره: 280 مليون ط م ن
م ع السعودية	البرنامج الوطني لكفاءة الطاقة	الإجمالي	- رفع كفاءة الطاقة في المملكة باستخدام مبادرات مصممة حسب إمكانيات السوق المحلية. - إشراك جميع الجهات المعنية في إنشاء البرامج (الحكومة والشركات والجمهور). - نطاق العمل: 3 قطاعات رئيسية (الصناعة والنقل والمباني) تستهلك أكثر من 90% من الطاقة في المملكة.

المصدر: المركز السعودي لكفاءة الطاقة، "التقرير السنوي 2016"، متوفر على الموقع: www.seec.gov.sa. المؤسسة الإيرانية للحفاظ على الطاقة، تقرير "Energy Conservation in Iran Current Situation, Policies and Programs" متوفر على الموقع: www.ifco.ir. "برنامج تطوير الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية، جانفي 2016"، وزارة الطاقة الجزائرية، متوفر على الموقع: www.energy.gov.dz.

الهدف من برنامج النجاعة الطاقوية واقتصاد الطاقة في الجزائر هو الحد تدريجيا من النمو المرتفع لاستهلاك الطاقة وإعطاء رؤية للمستثمرين المحتملين في مجال إنتاج الطاقة.

هيكل الاستهلاك النهائي للطاقة في الجزائر سنة 2016، لازال يهيمن عليه استهلاك قطاع "المنازل وأخرى" (43%)، يليه "النقل" (35%) و "الصناعة والبناء" بنسبة 22%¹. أكثر من 60% من الطاقة المستهلكة من قبل المنازل هي الكهرباء، في حين أن 98% من الكهرباء تنتج من الغاز الطبيعي. وتجدر الإشارة أيضا إلى أن استهلاك الغاز في الجزائر يشكل نحو 34% من إجمالي استهلاك الطاقة، في الوقت الذي لا يتجاوز فيه المتوسط العالمي 22%. هذا النموذج من استهلاك الطاقة غير قابل للاستدامة، ما يفرض في مقام أول نموذجا اقتصاديا وطاقويا جديدا يعتمد على توفير الطاقة وكفاءة الطاقة².

¹ - « Bilan Énergétique National Année 2016 », rapport du ministère de l'énergie, disponible sur : www.energy.gov.dz. (consulté le : 26/08/2017)

² - Kamel Ait Cherif, « Maîtrise de la consommation nationale d'énergie: Quelle stratégie adopter? », article publié le : 11/12/2016, sur : www.algerie-eco.com. (consulté le : 29/09/2017).

البرنامج السنوي للتحكم في الطاقة، الذي يشكل جزءا من الخطة الوطنية لكفاءة استخدام الطاقة لعام 2030، يتعلق بقطاعات البناء والنقل والصناعة، بما مجموعه 9.06 مليار دينار ، منها 4.91 مليار دينار جزائري تمثل منحة من الصندوق الوطني للتحكم في الطاقة (FNME)¹.

في قطاع البناء، الهدف هو تحسين كفاءة استخدام الطاقة في الإنارة المنزلية والعامة، وتوريد وتركيب سخانات المياه بالطاقة الشمسية والعزل الحراري للمباني.

وفيما يتعلق بقطاع النقل، يتوخى البرنامج إنشاء قدرة وطنية على تحويل 50 000 مركبة في السنة إلى وقود غاز النفط المسال (GPL) من خلال شبكة تضم نحو 100 من المركبين المعتمدين.

أما بالنسبة للقطاع الصناعي، فيتم اختيار 100 عملية بالنسبة للسنة المالية 2017، 50 منها للمساعدة في اتخاذ القرار و 50 أخرى كمساعدات استثمارية لصالح شركات الصناعية عامة وخاصة².

يشكل ارتفاع استهلاك الطاقة ونموها السريع في إيران مصدر قلق رئيسي لصناع السياسات بسبب ضغوط الميزانية والضرر البيئي وتكاليف الفرص البديلة العالية. إذا استمر الاتجاه الحالي لاستهلاك الطاقة، صادرات النفط والغاز الطبيعي في البلاد، والتي هي مصدر رئيسي للإيرادات، سوف تتخفض بشكل كبير، مما سيتسبب في مشاكل اقتصادية واجتماعية كبيرة.

باستهلاكهم لنحو 40% من الطاقة النهائية، القطاعات المنزلية والتجارية والعمومية معا تمثل أكبر مستهلك للطاقة في إيران. العوامل الرئيسية التي تدفع الزيادة السريعة في استهلاك الطاقة في إيران هي النمو الاقتصادي، وزيادة السكان وانخفاض أسعار الطاقة بسبب الدعم الحكومي. وتستخدم الأسر والقطاعات التجارية والعمومية نحو 20% من إجمالي المنتجات النفطية و 65% من الغاز الطبيعي و 50% من إجمالي استهلاك الكهرباء³.

تعتبر كفاءة الطاقة مفهوما جديدا نسبيا في إيران. وعلى الرغم من وجود بعض التدابير والأنشطة التنظيمية فيما يتعلق بكفاءة الطاقة، يبقى هناك افتقار لنهج متسق ومنهجي لتصميم سياسات كفاءة الطاقة وآليات الإنفاذ. ولتحقيق أهداف كفاءة الطاقة، كما عرضناها في الجدول السابق، لا يمكن أن تتجح أي سياسة بمفردها، بل سيستلزم دفع برنامج كفاءة الطاقة مجموعة من السياسات، بما في ذلك التدابير السعرية وغير السعرية واللوائح والحوافز.

¹ - Fonds national pour la maîtrise de l'énergie.

² - « Un budget de 9 milliards de DA pour des dispositifs d'efficacité énergétique en 2017 », article publié le : 31/01/2017, sur : www.lematindz.net. (consulté le : 29/09/2017).

³ - Saeed Moshiri et Stefan Lechtenböhmer, Op Cit, P 150.

في ظل عدم وجود أنظمة فعالة وإجراءات تصحيحية، وبالنظر إلى الأثر المضاعف في متوسط الزيادة السنوية في الاستهلاك الإيراني بنسبة 5%، فإن الاستهلاك الإجمالي للطاقة في إيران سيشهد في نهاية المطاف زيادة بنسبة 100% لكل 10 سنوات تقويمية، مقارنة بالمتوسط العالمي البالغ 40 عاما الذي يحول إيران إلى مستهلك كبير للطاقة بدلا من مصدر للطاقة، ما يطرح سؤالا أكبر حول استدامة البنية التحتية والموارد استعدادا للاستثمار الأجنبي المنتظر الذي يعول عليه لتمويل برنامج الطاقات المتجددة في البلاد¹.

في المملكة السعودية، يستهلك قطاع المباني وحده ما نسبته 80% من مجمل الطاقة الكهربائية المنتجة، وهو القطاع الأول الذي أفرد له البرنامج الوطني لكفاءة الطاقة المبادرات والقرارات الخاصة بترشيد استهلاك الطاقة، ويشمل ذلك المباني السكنية والحكومية والتجارية. وبحسب المركز فإن المشكلات الأساسية في هذا القطاع تتمثل في: انخفاض فواتير الكهرباء، وانتشار الأجهزة ذات الكفاءة المتدنية، وعدم تطبيق معايير العزل الحراري في نحو 70% من الأبنية السكنية السعودية، إضافة إلى ضعف معايير الرقابة وضبط المنتجات؛ وعليه فإنهم يقومون بدراسة أفضل الممارسات العالمية لتحديد المقاييس التي تؤمن أنسب درجات كفاءة الطاقة في أجهزة التكييف، ومواد العزل الحراري، والإنارة، والأجهزة المنزلية.

وفقا لبيانات المركز السعودي لكفاءة الطاقة فإن صناعات الحديد والأسمنت والبتروكيماويات تستهلك أكثر من 80% من استهلاك القطاع الصناعي للطاقة، من أجل ذلك توجه إليها البرنامج الوطني لكفاءة الطاقة في المرحلة الأولى. وهنا يقف سعر الوقود المنخفض، وقلة الخبرات المتخصصة في مجال كفاءة الطاقة وعدم تبني الشركات لسياسات داخلية تخص الطاقة، كحجر عثرة أمام تفعيل ترشيد استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي².

كفاءة الطاقة هي مصدر الطاقة الوحيد الذي تملكه جميع البلدان، فالتعاون العالمي وتبادل المعارف سيشكلان أحد العناصر الأساسية لتعزيز الإجراءات المتعلقة بكفاءة الطاقة في الجزائر ودول الدراسة. إن استغلال إمكانيات كفاءة الطاقة هو مفتاح الانتقال إلى نظام طاقة مستدام وآمن يولد الرخاء لجميع الدول.

¹ - [pasha pouryousefi](https://www.linkedin.com/in/pashapouryousefi), « Energy production vs Energy consumption in Iran », article publié le: 23/05/2016, sur: <https://www.linkedin.com/in/pashapouryousefi>. (consulté le: 25/09/2017).

² - ياسمين حناوي، " كفاءة الطاقة في السعودية ..جهود تنتظر قطف الثمار"، مجلة الخريف، العدد 2015/56، المملكة السعودية، ص 16.

ب- اتجاهات استهلاك الطاقة في الجزائر ودول الدراسة

إن الكهرباء هي في صميم التنمية الاقتصادية والاجتماعية لكثير من البلدان. وترتبط هذه الزيادة في الاستهلاك بالتغير الديموغرافي والتصنيع وتطوير تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وتكييف الهواء في مقرات قطاع الخدمات فضلا عن الزيادة المعبرة لاستخدام الأجهزة المنزلية (الثلاجات والتلفزيون وتكييف الهواء).

حتى نربط اتجاهات استهلاك الطاقة في دول الدراسة مع برامج الطاقات المتجددة في هذه الأخيرة، سنركز على استهلاك الطاقة الكهربائية ضمن مزيج الاستهلاك النهائي من الطاقة، خاصة وأن المنتج الرئيسي المشترك لبرامج تطوير الطاقات المتجددة في دول الدراسة هو الطاقة الكهربائية.

الجدول رقم (IV - 33): اتجاهات استهلاك الكهرباء في الفترة 2015-2030 في دول الدراسة

(TWH)

2030	2020	2015	
150	83	68.7	الجزائر
444	320	227.31	إيران
630	420	286.1	م ع السعودية

Source: "Bilan énergétique national 2015", disponible sur: <http://www.energy.gov.dz>. « renewable energy opportunities in iran », rapport de Green Power, disponible sur : www.greenpowerglobal.com. « weather-based long-term electricity demand forecasting model for saudi arabia » disponible sur: www.usaee.org.

في الجزائر، من المتوقع أن يصل استهلاك الكهرباء إلى ما بين 75-80 تيراوات ساعي في عام 2020 وما بين 130-150 تيراوات ساعي في عام 2030¹. فحسب سيناريو BAU (العمل حسب المعتاد)، الاستهلاك الوطني من الطاقة سيعرف نسبة نمو سنوي متوسط تقدر بـ 7.4 % بين سنة 2011 و 2030، حيث سيتضاعف الطلب على الكهرباء بحلول عام 2030. وفي هيكل الاستهلاك النهائي للطاقة، من المتوقع أن يحتل قطاع النقل المرتبة الأولى (36%)، ويحتل استهلاك الغاز الطبيعي المرتبة الثانية (28.5%)، يليه إنتاج الكهرباء (27.7%)².

ومن المتوقع أن يزداد الطلب على الكهرباء في إيران من قبل جميع القطاعات بمعدل 3.4% سنويا، ابتداء من 192 تيراواط ساعي في عام 2010، ليصل إلى 444 تيراوات ساعة في عام 2030.

¹- Lazreg Aounallah, « Énergies renouvelables : Une production de 22 000 MW d'électricité d'ici à 2030 », article publié sur : lecourrier-dalgerie.com. (consulté le : 05/10/2017).

²- Sahnoune F et autres, « energy consumption renewable energy development and environmental impact in algeria - trend for 2030 », AIP Conference Proceedings, Volume 1814, P 01.

ومن المتوقع أن ينمو الطلب على الكهرباء في الصناعات التحويلية بما يتماشى مع متوسط معدل النمو الكلي لاستهلاك الكهرباء، ولكن قطاعي الأسر المعيشية والزراعة من المتوقع أن يكون معدل نمو استهلاكهما للكهرباء فوق المتوسط، بينما سيكون معدل استهلاك قطاعي الصناعات التجارية والنقل أقل من المتوسط¹.

وكما هو الحال في البلدان النامية الأخرى، فإن نمو الطلب على الكهرباء في المملكة العربية السعودية هو أعلى من نمو الناتج المحلي الإجمالي بمقدار 7% وهو مرتفع بشكل خاص. بسبب احتياجات تكييف الهواء، الطلب على الكهرباء في فصل الصيف هو تقريبا 40% أعلى مما هو عليه في فصل الشتاء. يختلف الحمل الأساسي وذروة الحمل على قدر واسع بين النهار والليل. ونتيجة لذلك، يجب أن يكون إجمالي الطاقة الكهربائية المركبة أعلى بكثير من متطلبات الحمل الأساسي².

ونتيجة للنمو السكاني والنمو الاقتصادي في المملكة العربية السعودية، من المتوقع أن يتضاعف استهلاك الكهرباء مدفوعا بقطاع المنازل الذي يستهلك 52% من إجمالي الاستهلاك الكهربائي في السعودية ليصل إلى حوالي 630 تيراوات ساعي في عام 2030³.

المطلب الثالث: مقارنة بين استخدام الطاقة المتجددة في الجزائر ودول الدراسة

يقدم هذا القسم تحليلا مقارنا لاستخدام الطاقة المتجددة في الجزائر ودول الدراسة. والغرض من ذلك هو تحديد الوضع الحالي لاستخدام الطاقة المتجددة في الجزائر على أساس الإمكانيات عامة وعلى أساس المصدر مع دول الدراسة خاصة وأنها تشترك معها في الخاصية الاقتصادية الأكثر تأثيرا في الجانب الطاقوي ألا وهي الاقتصاد الريعي واعتمادها شبه الكلي على العائدات النفطية وتغطية الطلب المحلي على الطاقة انطلاقا من المحروقات.

ولتحقيق هذه الغاية، يعرض الجدول الموالي الحصة الكلية للطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء والذي يُعتبر الاستخدام الأهم والهدف الأساسي في استراتيجيات هذه الدول، بالإضافة إلى الحصص الخاصة بكل نوع من أنواع الطاقة المتجددة.

1- Saeed Moshiri et Stefan Lechtenböhmer, Op cit, P 51.

2- Eckart Woertz, « The domestic challenges in the Saudi energy market and their regional and geopolitical implications », The Norwegian Peacebuilding Resource Centre publication, Norway, 2013, P 02.

3- Y Alyousef and M Abu-ebid, « Energy Efficiency Initiatives for Saudi Arabia on Supply and Demand Sides, A Bridge to Low Carbon Economy », working paper, University Campus Slavka Krautzeka Rijeka, Croatia, 2012, P 285. disponible sur: <http://cdn.intechopen.com>. (consulté le: 26/11/2017)

الجدول رقم (IV - 34): مقارنة حصة الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء في الجزائر ودول الدراسة لسنة 2014

البلد	حصة الطاقات المتجددة في إنتاج الكهرباء	الطاقة الشمسية	طاقة الرياح	الطاقة الحرارية الأرضية	الطاقة المائية	الطاقة الحيوية
الجزائر	1.6%	-	19	-	889	145
إيران	5.19%	-	358	-	13862	47
م ع السعودية	-	-	-	-	-	-

المصدر: من إعداد الباحث إنطلاقاً من بيانات الجداول رقم: 30، 26.

تبين لنا معطيات الجدول السابق أن استخدام الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء مازال في بداياته الأولى بالنسبة للجزائر وإيران، بنسبة 1.6% و 5.19% على التوالي، وهي نسب ضئيلة جداً مقارنة بالإمكانات المتوفرة لدى البلدين. أما الحال عند المملكة العربية السعودية فيدل على عدم الشروع في استخدام المصادر المتجددة تماماً. فبسيطرة المحروقات على توليد الطاقة الكهربائية في بلدان الدراسة كسبب أول، ثم توافرها على خزانات غاز طبيعي ضخمة مع الأخذ في الاعتبار الأسعار المنخفضة لهذا النوع من الوقود، كل هذه العوامل أدت إلى هذا التأخر في تطوير استخدام المصادر المتجددة لإنتاج الكهرباء وتغطية الطلب المحلي الذي يبدي دائماً معدلات متزايدة قد تدخل هذه البلدان في أزمت طاقة كبيرة على المستوى الداخلي.

المطلب الرابع: مقارنة جهود دول الدراسة في تشجيع إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة ومواجهة تكاليف التوليد

إن العائد المالي لأي استثمار طاقي سوف يكون مدفوعاً بربحية التكنولوجيا الأساسية، ويعتبر مدى تنافسيتها مع التكنولوجيات الأخرى أمراً بالغ الأهمية. وفي مجال الكهرباء المولدة للشبكات الكبيرة والمركزة، لا يزال الحال في وضعية الفراغ الكامل للسياسات، وحتى في ضوء التكاليف الإجمالية لدورة الحياة، فإن توليد الكهرباء من المصادر المتجددة يكون عموماً أكثر تكلفة من المصادر التقليدية.

ومع ذلك، لا تزال تكاليف التوليد بالطاقة المتجددة تنخفض باطراد وتتنافس بعض التكنولوجيات بالفعل، أو على تكافؤ مع أسعار الشبكة، مع الأشكال التقليدية لتوليد الكهرباء في أجزاء كثيرة من العالم. تمتلك دول الدراسة القدرة على توليد الطاقة الشمسية بتكاليف إجمالية مقومة للكهرباء (LCOE)¹

¹ - Levelized Cost of Energy.

منخفضة مقارنة مع غيرها من أسواق الطاقة الشمسية الناضجة بسبب وجود إشعاعات شمسية عالية، وتوافر مساحات واسعة من الأراضي، وتمويل منخفض التكلفة، وما إلى ذلك. ففي الوقت الحاضر، في المملكة العربية السعودية من الممكن الوصول إلى تكاليف إجمالية مقومة للكهرباء من الطاقة الشمسية في حدود 70 دولارا أمريكيا إلى 90 دولارا أمريكيا لكل ميغاواط في محطات تتجاوز قدرة 10 ميغاواط، ومن المتوقع أن تخفض إلى ما بين 50 دولارا أمريكيا و 70 دولارا أمريكيا لكل ميغاواط ساعة بحلول عام 2020¹.

كما تظهر الدراسات أن احتياجات إيران من الطاقة يمكن أن تكون من مصادر متجددة بنسبة 100% بسهولة نسبية. ليس ذلك فحسب، بل ستكون هذه المصادر أرخص من محطات الطاقة النووية التي تصر إيران على أن لها الحق في بنائها. ستكلف الطاقة النووية الجديدة ما يقدر بنحو 110 يورو لكل ميغاواط ساعة في عام 2020، في حين أن تكلفة الكهرباء المتجددة ستتراوح بين 40 و 60 يورو لكل ميغاواط ساعة. وفي الوقت الراهن، تقدم وزارة الطاقة الإيرانية عقدا لتعريفات الامداد " feed-in tariffs" مضمونا لمدة 20 عاما للطاقة المتجددة بمعدلات أعلى مقارنة بسعر بيع الكهرباء للمستخدمين النهائيين، بقيمة 12 سنتا / كيلوواط ساعي لطاقة الرياح و 18 سنتا/كيلوواط ساعي للطاقة الشمسية وهذا في السنوات العشر الأولى، وتنخفض بعد ذلك إلى 5 و 13 سنتا / كيلوواط ساعي على التوالي لفترة السنوات العشر الثانية.

مع تكاليف إجمالية مقومة للكهرباء (LCOE) مستقبلية أقل من 4 سنتا/كيلوواط ساعة، فإن الطاقة المتجددة على مستوى المرافق الممولة حكوميا (الطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح) ستصبح مجدية اقتصاديا فقط إذا تجاوز سعر بيع الغاز المستبدل 150000 دولار/مليون متر مكعب².

وقد أدخلت الجزائر نظام تعريفات الإمداد "feed-in tariffs" للمنشآت الكهروضوئية الشمسية: ستدخل المحطات الشمسية المركبة على الأرض بسعة تزيد على 1 ميغاواط مؤهلة للدخول ضمن نظام تعريفات الإمداد "feed-in tariffs". وسيتم ضمان تعريفية التغذية لمدة 20 عاما، مع معدلات مختلفة للسنوات الخمس الأولى والسنوات الـ 15 التالية. حدها الأقصى حجم ساعي سنوي، بعد تجاوز هذا الحد الأقصى، تباع الكهرباء بعده بالأسعار التقليدية.

بالنسبة للمنشآت الكهروضوئية التي تتراوح قدرتها بين 1 ميغاواط و 5 ميغاواط، ستحدد التعريفية بقيمة 15.94 دينار/كيلوواط ساعي (20.28 سنتا من الدولار / كيلوواط ساعي) خلال السنوات الخمس

¹-F. R. Pazheri, « Solar Power Potential In Saudi Arabia », Journal of Engineering Research and Applications, Vol 4, Issue 9(Version 5), USA, September 2014, P 173.

²- Azadi P, Sarmadi A N et autres, «The Outlook for Natural Gas, Electricity, and Renewable Energy in Iran », Room E017 Stanford University, UK, P 19.

الأولى، وما بين 11.80 ديناراً و 20.08 ديناراً للكيلوواط ساعي (25.55-15.02 سنتاً من الدولار الأمريكي/كيلوواط ساعي) لفترة الـ 15 سنة التالية، حسب المشروع. وستستفيد محطات الطاقة الشمسية التي تزيد عن 5 ميغاواط بتسعيرة 12.75 ديناراً للكيلوواط ساعي (16.22 سنتاً من الدولار الأمريكي/كيلوواط ساعي) في الفترة الأولى، أما في 15 سنة التالية، فستكون التعريفات ما بين 9.44 ديناراً و 16.06 ديناراً للكيلوواط ساعي (12.01- 20.44 سنتاً من الدولار الأمريكي/كيلوواط ساعي)¹.

الجدول رقم (IV - 35): المقارنة بين الخصائص الرئيسية لأنظمة تعريفات إمدادات الطاقة "feed-in tariffs" في الجزائر ودول الدراسة

الخصائص	الجزائر	إيران	م ع السعودية
المدة المضمونة لمستوى واحد للتعريف	1275-1349 ساعة تشغيل في السنة للمرحلة الأولى 1500-1725 فما أكثر للمرحلة الثانية	سنة واحدة مع احتفاظ وزارة الطاقة الإيرانية بحق المراجعة	-
المدة العامة للدعم	20 سنة تقسم إلى 15+5	20 سنة	-
هل التعريفات تدرجية؟	نعم	نعم	-
تدرج التعريفات	تحدد وفق معدلات متزايدة تبعاً لحجم المحطة	تحدد وفق معدلات متزايدة تبعاً لحجم المحطة	-
تقاسم الأعباء	مستهلك الكهرباء + الدعم الحكومي	مستهلك الكهرباء + الدعم الحكومي	-
هل التعريفات الاستثنائية ممكنة	نعم	نعم	-
هل الوصول المباشر إلى السوق الفورية مع الاستفادة من تعريفات إمدادات الطاقة ممكن؟	نعم	نعم	-
بأي نوع من آليات الدعم الإضافية تُستكمل التعريفات	الصندوق الوطني للتحكم في الطاقة والطاقات المتجددة والمشاركة	وزارة البيئة الإيرانية من خلال صندوق المخطط رقم 40404002 من الميزانية السنوية، وبموافقة المنظمة الإيرانية للإدارة والتخطيط لمنع التلوث البيئي	-

¹- BLANCA DÍAZ LÓPEZ, «Algeria launches feed-in tariff », 29/04/2014, article publié sur: www.pv-magazine.com. (consulté le: 31/08/2017).

الاتصال بالشبكة	مضمون من خلال العقد	مضمون من خلال العقد	-
تكاليف موازنة الطاقة	يتحملها المستثمر	يتحملها المستثمر	-
هل توجد تعريفات نوعية خاصة بالتكنولوجيات الفرعية التالية:			
الطاقة الشمسية	نعم	نعم	-
طاقة الرياح	نعم	نعم	-
الكتلة الحيوية	نعم	نعم	-
الطاقة الحرارية الأرضية	لا	لا	-
الطاقة المائية	لا	لا	-

المصدر: من إعداد الطالب إنطلاقاً من المعطيات المتوفرة لدى: وكالة "SATBA" على الموقع: www.satba.gov.ir، لجنة ضبط الكهرباء والغاز، على الموقع: www.creg.gov.dz.

في الجزائر أسعار الكهرباء مدعمة بشكل كبير. وبالتالي، فإن نظام الدفع المبتكر ليس مربحاً للمستثمرين. بالنظر لكل حالة على حدى، فقد تفاوض بعض المستثمرين على تعريفات خاصة للمشاريع الاستثمارية الفردية. وقد مكن ذلك من تحقيق بعض مشاريع الطاقة المتجددة، وأكبرها المحطة الهجينة (الطاقة الشمسية المكملة للدورة المركبة للغاز) في حاسي رمل، والتي بناها اتحاد NEAL، وهو عبارة عن شركة ذات أسهم تجمع "New Energy Algeria" و شركة "Abenar" الإسبانية.

يلاحظ أيضاً وجود تفاوت بين نجاح برامج الطاقة المتجددة العامة في الجزائر وخلق حوافز للاستثمار الخاص. ففي حين أن برامج تركيب سخانات المياه بالطاقة الشمسية لدى الأسر وكهربية الريف والصحراء قد حققت نجاحات كبيرة، فإن الأطر المذكورة أعلاه، التي تهدف إلى تحفيز المشاريع الخاصة، أثبتت عيوبها.

أما أهم أوجه القصور في القوانين والمراسيم السابقة فيمكن تلخيصها كالاتي¹:

✓ يتعين على محطات توليد الطاقة الجديدة لتغذية الشبكة الوطنية التي تزيد عن 25 ميغاواط الحصول على موافقة لجنة ضبط الكهرباء والغاز؛

✓ يحق لمنتجي الكهرباء أن يبيعوا إما إنتاجهم بأكمله أو الفوائض فقط إلى الشركة الوطنية سونلغاز. ونظراً لموقعها الاحتكاري، فإن سونلغاز تتمتع بالأفضلية في المفاوضات؛

✓ إن السعر الأساسي المدعم للكهرباء منخفض جداً ما يجعل التعريفات التفضيلية للطاقات المتجددة غير فعالة. ومن شأن التعريفات الثابتة المربحة الواقعية (لكل كيلوواط ساعي) أن تمنح المزيد من الأمن مقارنة بنظام الامتياز؛

¹ - Lechtenböcher S, et autres, Op cit, P 15.

✓ الإطار الجزائري الحالي للطاقة المتجددة يفتقر إلى السياسة التمويلية و التأمين القانوني للمستثمرين.

وتُظهر حالة الجزائر أنه من الأهمية بمكان توفير الحوافز المالية والأمن القانوني للمستثمرين. ولذلك، يجب أن تكون التعريفات التفضيلية عالية بما فيه الكفاية لجذب الاستثمارات. ومن ثم، ينبغي النظر في تكاليف الاستثمار والتوليد الفعلية عند وضع الحوافز أو التعريفات التفضيلية. مع تحديد فترة زمنية معينة يكفل فيها نظام الدفع المضمون تأميناً إضافياً. يجب كذلك أن يكون الالتزام بالشراء تجاه منتجي الكهرباء واضحاً جداً وصالحاً لكامل الطاقة المتجددة المنتجة. ويشمل ذلك واجب توفير قدر كاف من قدرة الشبكة لإدماج الكهرباء الإضافية من المصادر المتجددة.

وما يمكن ملاحظته من خلال المعطيات الواردة في الجدول السابق، المتعلقة بنظام التعريفات التفضيلية للإمداد بالكهرباء ما يلي¹:

✓ يضع قانون التعريفات التفضيلية حالياً سعر شراء مضمون للكهرباء المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة. وبما أن معدل التضخم في إيران مرتفع تاريخياً ويتغير بشكل متكرر، فإن تحديد سعر اسمي للتعريفات التفضيلية لن يكون فعالاً.

✓ يضع قانون التعريفات الجمركية مسؤولية التوصيل الشبكي كلية على منتجي الطاقة المتجددة. فخلافاً لذلك سيزيد من عدم اليقين فيما يتعلق ببرنامج الشراء، مما يجعل الاستثمار في مشاريع الطاقة المتجددة أقل جاذبية.

✓ ووفقاً للوائح التعريفات التفضيلية الحالية، يحدد مسؤول الشبكة كمية الكهرباء التي سيتم شراؤها من منتجي الطاقة المتجددة في الساعة أو اليوم. إذا كان منتج الكهرباء يولد أكثر من القدر المحدد من قبل مسؤول الشبكة، يتم تغريمه. وعلى الرغم من أن هذا الترتيب قد يكون ضرورياً لتحقيق الأداء السلس للشبكة، فإنه يثير أيضاً عدم اليقين فيما يتعلق بإيرادات محطة الطاقة المتجددة. وللتخفيف من هذه المشكلة، يمكن للشبكة أن تعطي الأولوية لمحطات توليد الطاقة المتجددة.

✓ ينبغي أن يتضمن قانون التعريفات الجمركية أيضاً هدفاً محدداً لنسبة الطاقة المتجددة من حيث إجمالي توليد الكهرباء، والإطار الزمني الذي ينبغي أن يتم فيه الوصول إلى الهدف، وتفاصيل خطة الدعم الحكومي، والإنفاذ القانوني والعقوبات.

¹ - Saeed Moshiri et Stefan Lechtenböhmer, Op Cit, P 121.

وفيما يتعلق بسياسات الدعم السعودية لتنفيذ برامج الطاقة المتجددة، توجد السياسات التالية (أو يجري النظر فيها):

✓ نفذت المملكة العربية السعودية المناقصات التنافسية العامة على مستوى المناطق وعلى المستوى الوطني. وتشجع المناقصات التنافسية العامة استثمارات القطاع الخاص في مشاريع الطاقة المتجددة الواسعة النطاق؛

✓ بالإضافة إلى ذلك، فإنه يُنظر في برنامج (التعريف التفضيلية) FIT لمنتجات الطاقة المتجددة صغيرة النطاق. وسوف تكافئ برامج التعريف التفضيلية المنتجين الطاقة الصغار بأسعار متميزة لكل وحدة من الكهرباء المنتجة من الطاقة المتجددة.

بالإمكان تنفيذ سياسات التعريف التفضيلية في المملكة العربية السعودية على مرحلتين من أجل تشجيع الاستثمار ونشر تكنولوجيات الطاقة المتجددة. في المرحلة الأولى، يُقترح تطبيق تعريفات تفضيلية مستقلة عن السوق (مثل نظام الأسعار الثابتة للتعريفات التفضيلية) من أجل ضمان عائد قوي على الاستثمارات للمستثمرين، مع إعادة هيكلة سوق الطاقة في المملكة العربية السعودية¹.

خلاصة الفصل الرابع:

بناءً على ما تضمنه الفصل الرابع، يمكن القول أن الجزائر وبلدان الدراسة تملك إمكانات وموارد للطاقات المتجددة تكفي لتوليد طاقات، وخاصة الكهرباء، تغطي الطلب الداخلي المتزايد لهذه البلدان، هذه المستويات المرتفعة، كما تم إظهارها في توقعات الاستهلاك، تجعل التوجهات نحو استخدام الطاقات المتجددة والتخلي عن الطاقات ذات المصادر الناضبة أمراً حتمياً من هذا الجانب، ناهيك عن الهيكل الاقتصادي لدول الدراسة، الذي يعتمد على عوائد المحروقات كمورد رئيسي لتمويل ميزانياته، فنسبة 98% من الناتج المحلي الإجمالي تظهر في جميع التقارير الاقتصادية الرسمية المحلية والعالمية لهذه الدول.

هذه المعطيات دفعت بدول الدراسة إلى وضع برامج تطوير للطاقات المتجددة تتباين من متوسطة إلى كبيرة الطموح، كما تم توضيحها بواسطة النسب المطلوبة ضمن مصادر التوليد المحلي للطاقة، هذه البرامج صاحبها تشريعات وأطر قانونية وتعريفات كلها جاءت من أجل تحفيز المستثمرين من القطاعين العام والخاص للتوجه نحو الاستثمار في هذا المجال. ولم يتم بعد اختبار التشريعات الحالية المعمول بها بشكل كامل، فليست هناك حتى الآن مشاريع كافية للطاقة المتجددة في دول الدراسة لاكتساب فهم كامل حول كيفية تطبيق اللوائح.

¹-Baldini, M., & Pérez, « Analysis of regulation and economic incentives of the hybrid CSP HYSOL ». C. H. C. (2016), DTU Library, Technical Information Center Of Denmark, 2016, P 27.

خاتمة

خاتمة:

تناولت الدراسة موضوعا يُعدّ محوريًا بل ومصيريًا لجميع دول العالم، المتقدمة منها والنامية، الغنية بالثروات الطبيعية والفقيرة، المصنّعة والمستوردة. حكومات الدول المتقدمة الصناعية تسعى لتطوير استخدام الطاقات المتجددة لاعتبارات بيئية هدفها خفض الانبعاثات الكربونية، وأخرى اقتصادية تستهدف القضاء على التبعية الطاقوية للدول المصدرة للنفط، أمّا حكومات البلدان النامية فهي تسعى وبحزم في مشروع واسع للإعداد لعصر ما بعد النفط وإرساء أسس اقتصاد محلي محصن تماما من السيطرة الكاملة لعوائد المحروقات، وبقائها عرضة للتقلبات في الأسعار العالمية للنفط، كما تخطط أيضا لمواجهة معدلات الاستهلاك المحلية المتزايدة للطاقة وخاصة الكهربائية، التي تفوق في دول الدراسة المعدل العالمي للاستهلاك الفردي بثلاث أضعاف تقريبا.

بعد دراسة برامج الجزائر والمملكة العربية السعودية وجمهورية إيران الإسلامية، واستراتيجياتها في إرساء قواعد نظم طاقوية تُعدّ الطاقات المتجددة أهم مكوناتها، وعرض للأطر التشريعية والتعريفات التحفيزية المصاحبة لها، توصلنا إلى استنتاجات أهمها:

أولا: الاستنتاجات

بعد تحليل المعطيات والإحصاءات المقدمة في الفصول الثلاث الأولى، ومقارنة برامج تطوير الطاقات المتجددة في دول الدراسة وسياساتها التشريعية في هذا المجال، وفي سياق الإجابة على الأسئلة المطروحة ضمن إشكالية موضوع البحث والفرضيات المتبناة، توصلنا إلى النتائج التالية:

1- منذ بداية الثمانينيات، كان تنويع الاقتصاد أحد أولويات الحكومات المتعاقبة في الجزائر، ولكن رغم الجهود المبذولة على مدى العقود الثلاثة الماضية، فإن البيانات التي أوردناها في هذا المجال بالتحديد، لا تزال أقل من التوقعات المرجوة لبلوغ الحد الذي لا تمثل فيه الصادرات البترولية سوى جزء ضئيل من صادرات الدولة. الاختلالات في قطاع الطاقة هي كذلك ناتجة عن معدلات النمو غير العادية للاستهلاك المحلي من الطاقة، فالجزائر من خلال ما عرضناه تنتهج نظام دعم واسع النطاق وسيء الاستهداف وهي بذلك واحدة من أكثر النماذج استهلاكاً للطاقة في المنطقة، حيث بلغت معدلات نمو الاستهلاك سنويا: الكهرباء 14%، المحروقات 5.4%، و 7% للغاز الطبيعي. إنّ مواصلة الاتجاهات الحالية لاستهلاك الطاقة يعرّض الاقتصاد الجزائري لخطر فقدان التوازن بين العرض والطلب على المدى الطويل، بل وللمفاضلة بين السوق المحلية والصادرات على المدى المتوسط.

2- على الرغم من توفرها على إمكانات هائلة من الطاقات المتجددة، خاصة الشمسية منها، تعتمد الجزائر في إنتاج الكهرباء بنسبة تفوق 96% على تربيّنات الغاز الطبيعي لتغطية الطلب المحلي

المتنامي. إنّ تضمين الآثار الخارجية لتكاليف الطاقة الأحفورية ورفع الدعم عنها هو فقط ما يجعل من أسعارها قابلة للمنافسة مع أسعار الطاقات المتجددة كما رأينا ذلك في الفصل الأول، وفي حالة الجزائر وباعتمادها على الغاز الطبيعي بشكل شبه كلي - خاصة بعد التخلي مؤخرًا عن محطات الطاقة الكهرومائية - تختل لذلك شروط المنافسة حيث يُعدّ سعر الغاز الطبيعي في الجزائر رخيصًا جدًا مقارنة بالأسعار العالمية. هذا الأمر أبطأ من إدخال الطاقات المتجددة ضمن المزيج الطاقوي للجزائر. هذا من الناحية الاقتصادية، أمّا من الناحية السياسية، يبقى إنشاء وزارة خاصة بالطاقات المتجددة والبيئة يبقى دليلاً واقعياً وعملياً على مضيّ الجزائر في برنامجها المنشود والذي نعتبره طموحاً جداً باستهداف توليد 40% من الكهرباء المحلية من مصادر متجددة.

3- تكلفة تنفيذ برنامج الجزائر لتطوير الطاقات المتجددة لا تظهر في التقارير الرسمية للحكومة، لكن الخبراء قدّروا ذلك باستثمارات ضخمة تقدر بـ 120 مليار دولار. تمويل هذا البرنامج هو أهم التحديات التي يواجهها، فمن خلال بحثنا لأهم التشريعات والأطر القانونية التي سنّتها الجزائر لمصاحبة برنامجها، وجدنا أنّها لم تضع إستراتيجية واضحة المعالم للاستثمار في مشاريع الطاقات المتجددة، سوى الاعتماد على التمويل المقرّر من خلال الصندوق الوطني للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة والتوليد المشترك للطاقة (FNERC)، الذي يُموّل بنسبة 1% من عوائد النفط، وبمجرّد أن تهاوت الأسعار العالمية للبترول أفلس هذا الصندوق. أمّا اللجوء إلى التمويل الخارجي نرى أنّ قاعدة 49-51% للتملّك وعدم مراجعتها تبقى أهم عائق أمام دخول المستثمرين الأجانب لسوق الطاقة المحلي.

4- تملك الجزائر احتياطات معتبرة من اليورانيوم، إلى جانب احتوائها على واحد من أكثر مجموعات البحوث النووية تطوراً في منطقة MENA، لكن تطبيق برنامجها الرّامي لإقامة محطّتين نوويّتين على مرحلتين تنتهيان عام 2050 لتوليد ما نسبته 14% من الكهرباء المحلية يبقى مسألة مفتوحة. فالتطوّرات الراهنة على المستويين الإقليمي والعربي والعالمية قد أخّرت الانطلاق في هذا البرنامج وإقامة أول محطة عملية، هذا ناهيك عن مشكلة تمويل هذا البرنامج في ظل الأزمة المالية التي تمرّ بها البلاد، لكنّ كل ذلك لا يمنع من كون الطاقة النووية ورقة رابحة لا غنى عنها في مزيج الطاقة الجزائري.

5- الاهتمام في الجزائر ودول الدراسة بمجال الطاقات المتجددة قوي، ويتجلّى ذلك من خلال إنشاء الجزائر لوزارة سيادية للطاقات المتجددة والبيئة، ودمج إيران لمنظمتي كفاءة الطاقة (SABA) والطاقة المتجددة (SUNA) ضمن منظّمة الطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة (SATBA)، وإقامة الم ع السعودية لمدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمتجددة، حيث ترى وبشكل متزايد الحاجة إلى تنويع نظم الطاقة لديها لمواجهة الاضطرابات غير المتوقّعة للحصول على المحروقات منخفضة التكلفة. واتساقاً مع الاتجاهات الدولية، كان تركيز دول الدراسة في مسألة تنويع أنظمة الطاقة على قطاع الكهرباء كمحور الرئيسي. من خلال عرضنا لبرامج الطاقات المتجددة لدول الدراسة نجد أنّها مجرد إعلان عن أهداف

"targets" أي معدلات إدخال للطاقات المتجددة ضمن مصادر توليد الكهرباء - الجزائر 40% بحلول 2030، إيران 10% بحلول 2020، و 30% في الم ع السعودية حتى سنة 2030- بدلا من أن تكون سياسات ولوائح ملموسة موجّهة للتنفيذ ومحفّزة للاعتماد على الطاقات المتجددة.

إن الكهرباء المتجددة ليست مضمونة بأي حال من الأحوال في بلدان الدراسة. في الواقع، لا يزال هناك قدر كبير من عدم اليقين في مستقبل الطاقات المتجددة فيها. المؤشرات الكلية للاقتصاد الجزائري واقتصادات دول الدراسة تبين اعتمادا شبه كلي على عوائد النفط بنسبة 30% من الناتج المحلي الإجمالي الجزائري، و 42% للم ع السعودية، و 10% لإيران، أما نسبة عوائد المحروقات في صادراتها فهي تمثل: 95% بالنسبة للجزائر، 72% لإيران، و 90% للم ع السعودية. هذه النسب العالية لقطاع المحروقات ضمن المؤشرات الكلية خاصة في تكوين صادرات دول الدراسة تعني أن اقتصاداتها ربيعية بامتياز، وتدلّ على أن مصدرها الوحيد تقريبا من العملة الصعبة هو النفط. لذلك يؤدي انخفاض أسعار النفط بشكل متكرر إلى تعريض دوافع اعتماد برامج الطاقة المتجددة للخطر إذا اهتزّت الجدارة الائتمانية لمؤسسات الدولة.

6- هناك دعم ضخم للوقود الأحفوري وإنتاج الكهرباء واستهلاكها في دول المقارنة، والأرقام التي عرضناها تعبر جليا عن ذلك: 17 مليار دولار بالنسبة للجزائر، 52.4 مليار دولار لإيران، و 48.6 مليار دولار للم ع السعودية. على جانب الإنتاج، تبقى تكاليف الوقود منخفضة بسبب الدعم الحكومي للنفط والغاز الطبيعي المستخدم في محطات توليد الطاقة. وعلى جانب الاستهلاك، يتم دعم أسعار الكهرباء بشكل كبير خاصة في قطاع المنازل (الأسر العيشية).

من أهم العوائق التي تحول دون تطوير مصادر الطاقة المتجددة في الجزائر ودول الدراسة انخفاض أسعار الطاقات الأحفورية مقارنة بالطاقة المتجددة، إن هذا العامل يظهر بوضوح في هذه البلدان لغناها بالمحروقات، وقد أبقى دعم تسعير الطاقة على أسعارها منخفضة جدا. إن أي استثمار في مصادر الطاقة البديلة مع نظام تسعير الطاقة الحالي في الواقع غير اقتصادي وغير مرغوب به من قبل المستثمرين المحليين والأجانب. والطرح القائل بإمكانية مواجهة دعم الطاقة برفع قيمة تعريفات الإمداد (feed-in tariffs) بشكل معتبر، مع فك جميع القيود الأخرى والعوائق الموجودة أمام اعتماد الطاقات المتجددة لا يبدو عمليا، لأن وضع تعريفات إمداد منخفضة جدًا غير ممكن ولا يمكن تطبيقه في الواقع.

7- الإمكانيات الهائلة من مصادر الطاقات المتجددة المتوفرة لدى الجزائر ودول الدراسة، خاصة الشمسية منها، تشير عموما إلى أنه سيكون هناك مستقبل لإنشاء محطات كهرباء متجددة جديدة في المناطق الغنية بالموارد. فهذا المعطى (الإمكانيات) إضافة إلى ما عرضناه من اتجاهات استهلاك الطاقة

عموما والكهربائية خاصة في دول المقارنة، تجعل من إدخال المصادر المتجددة كعنصر فاعل ضمن المزيج الطاقوي على المدى القصير وكورقة رابحة على المدى الطويل أمرا حتميا وليس خيارا طاقويا. أما ما قامت به دول الدراسة إلى حد الآن فلا يُعدّ إلا خطوة أولى على هذا الطريق، فقد سجّلت الدراسة وجود بعض محطات الطاقة المتجددة، على غرار المحطة الهجينة (شمسية-غازية) بحاسي الرمل، ومحطة طاقة الرياح بأدرار هذا في الجزائر، ومحطة مكران الشمسية في إيران، كما نشير إلى أنّ هذه الدول أطلقت مناقصات كبيرة تدخل ضمن المرحلة الأولى من برامجها للطاقات المتجددة نذكر منها: إطلاق مناقصة مشروع توليد 4 جيجاواط من الطاقات المتجددة في الجزائر 2017/06، مناقصة إيرانية لمحطتي إنتاج قدرتهما: 3 جيجاواط للطاقة الشمسية، و 1 جيجاواط لطاقة الرياح، إطلاق الم ع السعودية لمناقصتين: الأولى لإنشاء محطة لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية بطاقة 300 ميغاواط، والثانية منشأة لتوليد الطاقة من الرياح في الجوف بقوة 400 ميغاواط. التمويل المطلوب لتنفيذ هذه المشاريع يمكن أن يكون العائق الوحيد أمامها، خاصة بعد تهاوي أسعار البترول في الفترة الأخيرة، هذا ما يجعل صانعي القرار وحكومات دول الدراسة في وضعية المحتوم لتحسين ظروف الاستثمار الأجنبي وأطره التشريعية فرأس المال يتبع الظروف المناسبة والمواتية.

ثانيا: المقترحات

عند وضع استراتيجيات لاعتماد الطاقات المتجددة في الجزائر ودول الدراسة، يتعين على الحكومات وصانعي السياسات الوطنية، أن تولي اهتماما لجوانب: التكلفة، الربحية، والقدرة التنافسية لخيارات الطاقة المتجددة، البنية الهيكلية لقطاع الطاقة، المخاطر المالية لمشاريع الطاقات المتجددة وتمويلها، في هذه البلدان. هذه المحاور مكملّة لبعضها البعض، وتتبنى على بعضها البعض، وبالتالي تحتاج إلى النظر فيها، وتصميمها وتنفيذها بطريقة متكاملة، بدلا من معالجتها كل على حدى.

✓ وضع أهداف إلزامية للطاقة المتجددة ضمن مهلة محددة، من خلال رؤية طاقوية وطنية ذات أهداف واضحة وعملية فيما يتعلق بمعدلات اعتماد الطاقات المتجددة:

بالإضافة إلى المناخ السياسي والاقتصادي العام للبلد، فإن هيكل وتصميم سياسات الطاقة المتجددة أمران حاسمان لنجاح برامج الطاقة المتجددة. ففي نهاية الأمر، دول الدراسة وفي مقدمتها الجزائر بعد أزمة أسعار المحروقات، ستجد نفسها مجبرة على تمويل هذه البرامج من خلال سواء شراكة أجنبية أو استثمار أجنبي، هذا الاستثمار بدوره سيسعى إلى تحقيق أرباح معقولة على رأس المال المستثمر حيث تتنافس برامج تطوير الطاقات المتجددة مع العديد من مشاريع البنية التحتية التي تتطلب استثمارات مالية أيضا. قد تختلف مقترحات السياسات المتعلقة بتطوير الطاقات المتجددة من بلد إلى آخر، ولكن العوامل الأكثر حسما في تصميم السياسات هي:

خاتمة

- سعر الكهرباء المولدة؛
 - صياغة اتفاقيات شراء الطاقة؛
 - سهولة الوصول إلى شبكة الكهرباء الوطنية؛
 - الربط الواضح بين السياسات المقترحة لأهداف إنتاج الكهرباء المتجددة والحد من انبعاث الغازات الدفيئة؛
 - وضع التزام طويل الأجل بزيادة إنتاج الطاقة المتجددة ضمن المخططات الوطنية لتنمية قطاع الطاقة.
- من شأن الأهداف الإلزامية، التي تدعمها خارطة طريق أو خطة وطنية للطاقة، أن تعطي إشارات واضحة للسوق والمستثمرين والسكان في دول الدراسة فيما يتعلق بالالتزام الفعلي للحكومة في السعي لتحقيق أهداف اعتماد الطاقات المتجددة، مما يخلق انطبعا عاما إيجابيا.
- ✓ اعتماد تدابير دعم السياسات لمشاريع الطاقة المتجددة على أساس نطاق المشروع ودرجة نضج التكنولوجيا:
- في حين تظل خيارات تكنولوجيا الطاقات المتجددة، على الأقل في المدى القصير، أكثر تكلفة من خيارات الطاقة التقليدية، يتوجب على دول الدراسة اتخاذ مسارات مؤكدة وخطوات واعدة حتى تتمكن من الاستفادة من الفوائد طويلة الأجل لتوليد الطاقة المتجددة:
- خلق الحوافز الداعمة على المستوى المحلي (قوانين الاستثمار، تعريفات الإمداد، اتفاقيات الشراء ... الخ)، لتكون أداة قوية في صالح الاستثمار الخاص عندما تقتزن بعناية بإصلاح قطاع الطاقة، ولكن يجب أن تكون ملموسة وتتجاوز البيانات الرفيعة المستوى المتعلقة بالإصلاحات السياسية.
 - يجب أن يكون الدعم والتأييد "العام" مضمونا في الأجلين المتوسط والطويل، الأمر الذي يشكل تحديا نظرا للوضع غير الموثوق لحكومات دول الدراسة في مجالات مثل المساواة العامة والاستقرار السياسي.
 - الحاجة إلى التزام "عام" جاد على الصعيد المحلي. وبالإضافة إلى ذلك، تحتاج المجتمعات المحلية لدول الدراسة إلى غرس مفاهيم حول كيفية عمل الاستثمار الخاص وكيفية تعزيزه وتعبئته بفعالية من خلال التدخل "العام" الذكي، ليس لمصالح وأهداف قصيرة الأجل بل طويلة الأجل.

وبصرف النظر عن الخطة المحددة لدعم السياسات المعتمدة، من المهم ضمان انخفاض الحوافز تدريجيا بمرور الوقت من أجل التحرك بسرعة نحو القدرة التنافسية في السوق.

✓ الإلغاء التدريجي لدعم تكنولوجيات الطاقة التقليدية:

عملية إصلاح سياسات الدعم غير المركز (سيئ الاستهداف) الذي تعاني منه الجزائر ودول الدراسة، لا تتجح إلا إذا كانت تحظى بدعم أصحاب المصلحة المؤثرين، أو على الأقل تأتي في ظل غياب المعارضة النشطة. ويتوقف تأييد الإصلاح على عدد من المسائل:

- يجب أن تكون الآثار الحقيقية والمتصورة للإصلاح مقبولة؛
- قد يحتاج بعض أصحاب المصلحة إلى إجراءات تعويضية من أجل تأييد الإصلاحات؛
- في هذا السّجال حول الإصلاح، غالبا ما يطلب من السكان التخلي عن منفعة حالية ملموسة جدا (تكاليف منخفضة للطاقة) حتى تتمكن الحكومة من تقديم دعم أكثر استهدافا في شكل خدمات عامة أو إنفاق حكومي آخر. ولن تُقبل هذه المقايضة إلا إذا كان هناك ما يكفي من الثقة في مؤسسات الدولة تجعل الجمهور يعتقد أن تخفيض الإنفاق على دعم الطاقة يُنتج فائضا سيُستخدم على نحو فعال.
- حتى عندما تتضمن الخطط الحكومية أدوات تعالج مخاوف أصحاب المصلحة، فإنّ عدم إبلاغ الخطط بشكل جيد يُنتج فراغا في المعلومات قد يولد المعارضة.
- قد يكون تصوّر دور العوائق مختلفا جدا عن الواقع، فعلى الرغم من أن الاستفادة من الدعم غالبا ما تحصل عليها أغنى الأسر، فإنّ الدعم قد يظل في العلن كصورة من صور التخفيف من وطأة الفقر.

✓ تحديد قواعد عادلة لضمان وصول منتجي الطاقة المستقلين إلى الأسواق:

- يتوجّب على حكومات دول الدراسة في ظل هيكل سوق الكهرباء الحالي وخطط الدعم التي تفرضها أن تكون نشطة جدا في تحفيز مشاركة القطاع الخاص. ومن أجل الوصول إلى أهداف الطاقة المتجددة في إطار هياكل وخطط سوق الكهرباء الحالية، من الضروري أن تقوم هذه الحكومات بما يلي:
- زيادة عطاءات (مبالغ) اتفاقيات شراء الطاقة والتأكد من تبسيط هذه العمليات لتصبح أكثر تحديدا وأقل طولا؛
 - يجب القيام بمزيج من التدابير المختلفة بحيث تزيد الاستثمارات الخاصة الناشئة عن إشارات الأسواق بشكل أكبر من مشاريع المبادرة العمومية؛

خاتمة

- وضع تشريعات وطنية تشجع على وجه التحديد منتجي الطاقة المستقلين الراغبين في الاستثمار في الطاقة المتجددة من خلال السماح بالإمداد المباشر للمرافق ووضع صيغة الشراء المضمون للمشتري المنفرد.

ولا يمكن إنشاء سوق ديناميكية بمشاركة القطاعين العام والخاص في دول المقارنة، إلا بوضع قواعد واضحة للوصول إلى السوق وتوفير اليقين طويل الأجل للمشغلين من القطاع الخاص من خلال ضمان أسعار طويلة الأجل.

✓ إصلاح الهياكل السياسية والاقتصادية والاجتماعية للحد من المخاطر:

على المدى الطويل، يتعين على حكومات دول الدراسة وأنظمتها السياسية أن تقلل من المؤشرات الرئيسية للمخاطر السياسية والتنظيمية في بلدانها، من خلال بدء وتنفيذ عمليات الإصلاح الأساسية في الهياكل السياسية والاقتصادية والاجتماعية (مثل معالجة ثقافات الفساد ، ووضع معايير للشفافية في الإدارة العامة، وتحسين إنفاذ القانون).

✓ وضع أدوات دولية لتخفيف المخاطر مع أولوية صريحة لتغير المناخ:

يتطلب التخفيف من مخاطر الاستثمار، ولا سيما المخاطر ذات الطابع السياسي والتنظيمي، اهتمام المجتمع الدولي ومشاركته. والواقع أن المجتمع الدولي أنشأ مؤسسات وأدوات لتخفيف المخاطر بهدف تيسير الاستثمار الخاص في البلدان النامية على مدى العقود الماضية. ويلزم توسيع نطاق هذه الأدوات، القائمة منها والجديدة على حد سواء، لتشمل المخاطر السياسية والتنظيمية صراحة بالنسبة للطاقة المتجددة وغيرها من التكنولوجيات المنخفضة الكربون في البلدان النامية.

ثالثاً: آفاق الدراسة

في نهاية المطاف، لا يمكن اعتبار الدراسة التي بين أيدينا بحثاً شاملاً لجميع تشعّبات موضوع اعتماد الطاقات المتجددة كبديل للطاقة التقليدية، لأنّه وبعد تطرّفنا لهذا المجال، ارتأينا وجود محاور جد حيوية يمكن أن تكون مواضيع بحثٍ بحدّ ذاتها، نورد من بينها:

- آليات تمويل الطاقات المتجددة في البلدان النامية الغنية بالموارد الطبيعية والفقيرة؛
- أوجه التعاضد بين الطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة؛
- ميكانيزمات الربط الفعال بين أهداف الطاقات المتجددة وسياسات مواجهة التغيّر المناخي؛
- مشاريع برامج الطاقات المتجددة ضمن إطار مخططات نماذج الأعمال.

قائمة المصادر والمراجع

قائمة المصادر والمراجع

أولاً: باللغة العربية

I - الكتب:

- 01- عبد الرزاق بني هاني ومحمد الروابدة، "اقتصاديات الموارد والبيئة"، دار وائل للنشر، الطبعة الأولى، عمان، 2015.
- 02- رواء زكي الطويل، "محاضرات في الاقتصاد السياسي"، دار زهران للنشر والتوزيع، الأردن، 2013.
- 03- أحمد يوسف دودين، "منظمات الأعمال المعاصرة: الوظائف والإدارة"، الأكاديميون للنشر والتوزيع، الأردن، 2014.
- 04- "الطاقة والبيئة والتنمية"، تأليف: Golgemberg J et Lucon O، ترجمة: محمد طالب و طلال نواف، دار الكتاب الجامعي، العين- دولة الإمارات العربية المتحدة، 2013.
- 05- محمد ماضي، كمال ديب، "اقتصاديات الطاقة الناضبة والمتجددة"، النشر الجامعي الجديد، تلمسان، الجزائر، 2017.
- 06- كايد خالد ع، "التغير المناخي بالعالم"، الجنادرية للنشر والتوزيع، الأردن، 2015.
- 07- ستيف توماس، "اقتصاد الطاقة النووية: آخر المستجدات"، مؤسسة هينرش بل، مكتب رام الله، فلسطين، 2011.

II - الرسائل الجامعية:

- 01- حجاب عبد الله، "السياسة الإقليمية لإيران في آسيا الوسطى و الخليج (1979- 2011) دراسة في دور المحددات الداخلية والخارجية، مذكرة ماجستير، جامعة الجزائر 3، السنة الجامعية 2011-2012.

III - المجلات، الملتقيات والتقارير:

- 01- سليمان مهنا، ريدة ديب، "التخطيط من أجل التنمية المستدامة"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية العدد الأول، سوريا، 2009.
- 02- دنيس فلوري، "القوى النووية في القرن الواحد والعشرين"، مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية، 54-1، فيينا، مارس 2013.
- 03- "الري في إقليم الشرق الأوسط بالأرقام"، استقصاء النظام العالمي للمعلومات بشأن المياه والزراعة، منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، روما، 2008.
- 04- "المسح الديموغرافي 2016"، الهيئة العامة للإحصاء، تقرير متوفر على: www.stats.gov.sa.
- 05- "الاقتصاد السعودي 2014"، تقرير شركة "جدوى"، 2015/10/24، منشور على الموقع: cnbcarabia.com.
- 06- "برنامج تطوير الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقوية، جانفي 2016"، وزارة الطاقة الجزائرية، متوفر على الموقع: energy.gov.dz.
- 07- "المخطط الاستراتيجي للطاقة في جمهورية إيران الإسلامية"، منظمة الطاقة المتجددة والكفاءة الطاقوية الإيرانية، متوفر على الموقع: satba.gov.ir.
- 08- "البرنامج الوطني للطاقة المتجددة"، تقرير للملتقى السعودي للكهرباء، متوفر على الموقع: saudielectricityforum.com.
- 09- ياسمين حناوي، "كفاءة الطاقة في السعودية.. جهود تنتظر قطف الثمار"، مجلة الخريف، العدد 2015/56، المملكة السعودية.
- 10- جميلة مطر، حسام الحرفي وآخرون، "دليل الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة في الدول العربية 2015"، تقرير لجامعة الدول العربية، القاهرة، 2016.

IV - المواقع والمقالات:

- 01- علي عباس عبد الجليل، "التجربة التنموية الاندونيسية خلال الفترة (1997-2009)"، مقال منشور على الموقع: ar.facebook.com.
- 02- ع حنو، "لا معنى لبقاء صندوق ضبط الإيرادات"، مقال منشور على الموقع: assawt.net، بتاريخ: 2017/06/13.

- 03- كامل الشيرازي، "تآكل صندوق ضبط الإيرادات نهاية 2018"، مقال منشور على موقع: echoroukonline.com بتاريخ: 2016/09/07.
- 04- عميرة أيسر، "انخفاض الجباية البترولية في الجزائر"، مقال منشور على الموقع: akhbarelyoum.dz بتاريخ: 2016/12/18.
- 05- هابل الجازي، "ما نظام الحكم في المملكة العربية السعودية"، 2017/06/06، مقال منشور على الموقع: mawdoo3.com.
- 06- "دراسة: توقعات بزيادة استهلاك الطاقة في السعودية"، صحيفة مال الاقتصادية، 2016/09/07، مقال منشور على الموقع: maaal.com.
- 07- بيانات المركز السعودي لكفاءة الطاقة، متوفرة على الموقع: seec.gov.sa.
- 08- موقع مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة، kacare.gov.sa.

ثانيا: باللغة الأجنبية

I : livres

- 01- Donella H M et autres, « The limits to growth », Universe Books, New York, USA, 1972.
- 02- Herman K et autres, « The next 200 years, A Scenario for America and the World », Morrow, New York, USA, 1976.
- 03- Gregory N M et Mark P T, « Principes de l'économie », Groupe de boeck , Bruxelles, Belgique, 2011.
- 04- Henry W et autres, « Natural Resources and Economic Growth: Learning from History », Routledge, New York, USA, 2015.
- 05- Christiaan G et Thierry V B, « Understanding and measuring social capital », the international bank for reconstruction and development, Washington, 2002.
- 06- Philippe L B, « The political ecology of war: natural resources and armed conflicts », Elsevier science, Oxford, 2001.
- 07- Barbier E B, « Nature and Wealth: Overcoming Environmental Scarcity and Inequality », Palgrave MacMillan, New York, 2015.
- 08- Malivaud E, « Cadre conceptuel de la Théorie Microéconomique », université HEC Montréal.
- 09- Meunier V, et Eric M, « Les cahiers de la sécurité industrielle », ICSI, Toulouse, France, 06/2009.
- 10- Tom Tietenberg et Lynne Lewis, traduction de : Philippe N, Jérôme G et autres, « Economie de l'environnement et développement durable », 6^e édition, Publication de Pearson, France, 2013.
- 11- Sam Vaknin, cyclopedia of philosophy, Narcissus publications imprint, Skopje, Macedonia, 2009.
- 12- Tolba M K, «Our Fragile World», Eolss publishers Co ltd oxford UK, 2001.
- 13- Sandrine rousseau -de vetter, « Développement Durable et Territoire », presses universitaires du Septentrion, 2000.
- 14- Sylvie Fauchaux, « Le capital naturel et les politiques économiques du DD », le CNAM, Paris, 2016.
- 15- Sarah Wiggings, « Durabilité environnementale : Répondre aux changements environnementaux et climatiques », Roots Tearfund, Royaume Uni, 2009.
- 16- Gérard S, Pierre-André H et autres, « Systèmes énergétiques : Offre et demande d'énergie », Presses polytechniques et universitaires romandes, France, 2003.
- 17- KERSCHNER C, « Décroissance économique versus état stationnaire : approches complémentaires ou contradictoires ? », La décroissance économique, Edition du Croquant, Paris, 2009.

- 18- Michel P et autres, « Energie renouvelables marines : Etude prospective à l'horizon 2030 », Editions Quae, France, 2009.
- 19- Tom T et Lynne L, « Environmental and natural resource economics », Routledge, New York, USA, 2016.
- 20- Brandt US et Svendsen GT, « Switch Point and First-Mover Advantage: The Case of the Wind Turbine Industry », Aarhus BSS Business and Social Sciences, Denmark, 2004.
- 21- Jon M C, « Resource Economics », Cambridge university press 1999.
- 22- James L et Allen V, « Handbook of Natural Resource and Energy Economics, Volume 3 », Elsevier, New York, USA, 1993.
- 23- Steven H C, « Environmental and Natural Resources Economics », M E Sharpe Inc, New York, USA, 2011.
- 24- Aileen M, Barry B et autres, « Property and the law in energy and natural resources », Oxford university press 2010.
- 25- Safia A et Kent E, « The role of property rights in natural resource management, good governance and empowerment of the rural poor », USAID, Burlington, USA, 2006.
- 26- Christine J, « Environmental and material flow cost accounting », Springer science, Pays-Bas, 2009.
- 27- Pall M, Martin b et autres, « Implementing environment management accounting : status and challenges », Springer, Allemagne, 2005.
- 28- Pirages D C et Degeest T M, « Ecological Security, An Evolution Perspective on Globalization », Rowman and Littlefield publishers, USA, 2004.
- 29- Guilbaud J, « la nécessaire révolution du monde de vie occidentale, subie ou choisie ? », Editions Racine, Bruxelles, 2007.
- 30- Cédric L, Paillard C et autres, « Géopolitique du pétrole, un nouveau marché, de nouveaux risques, des nouveaux mondes », Editions technipe, Paris, 2005.
- 31- Hansen J P et Percebois J, « Energie économie et politiques », De Boeck Sup s a, Belgique, 2015.
- 32- Le Claire M S, « International commodity markets and the role of cartels », M E sharpe, London, 2000.
- 33- Millerd F W, « The new global oil market : understanding energy issues in the world economy », Praeger Publishers, London 1995.
- 34- Babusiaux D, Barreau S et autres, « Recherche et production du pétrole et du gaz : réserves, couts, contrats », Editions technip, Paris, 2002.
- 35- Burgenmeier B, « politiques économiques du développement durable », groupe De Boeck, Paris, 2008.
- 36- Rojey A, « Energie et climat : réussir la transition énergétique », Editions TECHNIP, Paris, 2008.
- 37- Kalaydjian F et Sylvie C G, « La nouvelle donne du charbon », Editions Technip, Paris, 2009.
- 38- Stephen E, « Mineral Resources, Economics and the Environment », Cambridge University Press, United Kingdom, 2015.
- 39- Stuggins G et autres, « Energy Efficiency : lessons learned from success stories », International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank, 2013.
- 40- Anoop S et autres, « Life Cycle Assessment of Renewable Energy Sources », Springer-Verlag, London, 2013.
- 41- Lefebvre JF et autres, « Energies renouvelables : Mythes et obstacles, de la réhabilitation de l'hydroélectricité au développement énergétique durable », Editions MultiMondes, Quebec, Canada, 2010.
- 42- Seifried D, « Renewable Energy – The Facts », Taylor and Francis, USA, 2010.

- 43- Zhihua Z, «Multivariate Time Series Analysis in Climate and Environmental Research », Springer International Publishing, Switzerland, 2018.
- 44- Wiesenfeld B, « Promesse et réalités des énergies renouvelables », Edition Sciences, France, 2013.
- 45- Houghton J, « Global Warming: The Complete Briefing », Cambridge University Press, New York, 2009.
- 46- Maslin M, « Climate Change: A Very Short Introduction », Oxford University Press, United Kingdom, 2014.
- 47- Vernier J, « Les Energies Renouvelables », Presse universitaire de France, Jouve, Paris, 2014.
- 48- Ottmar E, Ramon PM et autres, « Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation », Cambridge university press, IPCC, UK, 2012.
- 49- Vijai K, Kubicek C et autres, « Bioenergy research : Advances and applications », Elsevier B.V, New York, 2014.
- 50- Pratima B, « Advances in Bioethanol », Springer, India, 2013.
- 51- Cushion E, « Bioenergy Development ISSUES AND IMPACTS FOR POVERTY AND NATURAL RESOURCE MANAGEMENT », The International Bank for Reconstruction and Development, Washington, 2010.
- 52- Crawley M G, « Solar Energy », World scientific Publishing, Singapore, 2016.
- 53- Acket C et Vaillant J, « Les énergies renouvelables : état des lieux et perspectives », Editions TECHNIP, Paris 2011.
- 54- Spellman F R, « Environmental Impacts Of Renewable Energy », Taylor et Francis Group, Florida, 2015.
- 55- Rosen M A et Seama K F, « Geothermal Energy : sustainable heating and cooling using the ground », John wiley and sons, USA, 2017.
- 56- Duffield W A et Sass J H, « Geothermal Energy : Clean Power From the Earth's Heat », US Geological Survey, Reston, Virginia, 2003.
- 57- Bansal R, « Handbook of Distributed Generation: Electric power technologies, economics and environmental impact » , Springer International Publishing, Switzerland, 2017.
- 58- Forsund F R, « Hydropower Economics », Springer Science+Business Media, New York, 2015.
- 59- Andrews J et Jelley N, « Energy Science : principles, technologies and impacts » , Oxford University Press, UK, 2017.
- 60- Busby R L, « Wind Power : The Industry Grows Up », Penn Well Corporation, USA, 2012.
- 61- Wizelius T, « Developing Wind Power Projects », Taylor and Francis Editions, USA, 2007.
- 62- Crystal S, Meisen P, « Various Wind Turbine Technologies », Global Energy Network Institute, USA, 2012.
- 63- Vaughn N, « Wind Energy : Renewable Energy And The Environment », Taylor and Francis Group, USA, 2014.
- 64- Maegaard P, Krenz A et autres, « International Reviews And Developments: Wind Power For The World », Taylor and Francis Group, LLC, USA, 2013.
- 65- Smith J L, « Inscrutable OPEC? Behavioral Tests of the Cartel Hypothesis », center for Energy and Environmental Policy Research, Department of Finance Southern Methodist University Dallas, USA, 2003.
- 66- Johanson T B et autres, « Global Energy Assessment : Toward a sustainable future », International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria. 2012.
- 67- Evelynne B et Gilbert N, « L'économie de l'énergie nucléaire », EDP Sciences, France, 2004.
- 68- Ferguson C D, « Nuclear Energy : What everyone needs to know », Oxford University Press, 2011.
- 69- Favennec J P, « The Geopolitics of Energy », Editions Technip, Paris 2011.

- 70- Kessler G, « Sustainable and Safe Nuclear Fission Energy: Technology and Safety of Fast and Thermal Nuclear Reactors », Springer-Verlag, Berlin, 2012.
- 71- Sovacool B K et Valentine S V, « The National Politics Of Nuclear Power: Economics, Security, and governance », Routledge Publications, New York, 2012.
- 72- Furuya M, «Experimental and Analytical Modeling of Natural Circulation and Forced Circulation BWR », IOS press, Amsterdam, 2006.
- 73- Yoshiaki O, « Nuclear Reactor Design », Springer + Science Media, London, 2010.
- 74- Butler T, Lerch D et autres, « The Energy Reader », Foundation for Deep Ecology, Watershed Media and Post Carbon Institute, California, USA, 2012.
- 75- Shinya N et Nakayama S, « Radioactive Waste Engineering And Management », Springer, Tokyo, 2015.
- 76- Findlay T, « Nuclear Energy And Global Governance », Routledge, England, 2011.
- 77- Zohuri B, Fathi N, « Thermal-Hydraulic analysis of Nuclear Reactors », Springer International Publishing, Switzerland, 2015.
- 78- Ibrahim D et autres, « Progress in Sustainable Energy Technologies: Generating Renewable Energy », Springer International Publishing, Switzerland, 2014.
- 79- Ibrahim D, « Progress in Clean Energy, Volume 2: Novel Systems and Applications », Springer International Publishing, Switzerland, 2015.
- 80- Saeed Moshiri et Stefan Lechtenböhmer, « Sustainable Energy Strategy for Iran », Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Germany, 2015.
- 81- Ghorbani M, « The Economic Geology of Iran: Mineral Deposits and Natural Resources », Springer Science + Business Media, The Netherlands, 2013.
- 82- Abdellatif Benachenhrou, « Algérie : sortir de la crise », Editions Diwan, Algérie, novembre 2015.
- 83- Jim Krane, Francisco J. Monaldi et autres, « OIL PRICES, POLITICAL INSTABILITY, AND ENERGY SUBSIDY REFORM IN MENA OIL EXPORTERS », by the James A. Baker III Institute for Public Policy of Rice University, Houston, USA, 2017.
- 84- Baldini, M., & Pérez, « Analysis of regulation and economic incentives of the hybrid CSP HYSOL ». C. H. C. (2016), DTU Library, Technical Information Center Of Denmark, 2016.

II : Revues et séminaires

- 01- Christa N B et Erwin B, « The Resource Curse Revisited and Revised: A Tale Of Paradoxes and Red Herrings », [Journal of Environmental Economics and Management](#), Swiss Federal Institute of Technology Zurich, December 2006.
- 02- Myint h, « The "Classical Theory" of International Trade and the Underdeveloped Countries », the economic journal, United Kingdom, juin 1956.
- 03- Heinz D K, « Adam Smith on Foreign Trade: A Note on the 'Vent-for-Surplus' Argument », Economica, [The London School of Economics and Political Science](#), 16/03/1992.
- 04- Vicente P et Marc B M, « Natural Resources and Economic Development. Some lessons from History », P 08, working paper disponible sur : www.researchgate.net.
- 05- Pierre van der Eng, « When Did Indonesia De-Industrialise? Long-Term Trends in Industrialisation, 1870-2015 », the 5th asian historical economics conference September 2,3 2016.

- 06- Warner M C, « Boom Sector and Dutch Disease Economics: Survey and Consolidation », oxford economics papers, Oxford, UK, February 1984.
- 07- Gylfason T et Zoega G, « Natural Resources and Economic Growth: The Role of Investment », the world economy, volume 29, University of Copenhagen, Denmark, august 2006.
- 08- Barbier E B, « Natural Resource-Based Economic Development in History », World economics, vol 06, No 3, Cup, UK, septembre 2005.
- 09- Julien Damon, « Revenu universel : le cas d'Alaska », Revue de droit sanitaire et social n° 04/2011, Paris.
- 10- Kirk Hamilton, La viabilité de la politique budgétaire dans les pays tributaires des exportations de minéraux, Séminaire « finances et développement : enjeux d'hier et d'aujourd'hui » Organisé par la Banque centrale d'Algérie et l'Institut du FMI à Alger les 4 et 5 novembre 2010.
- 11- Natacha Gondran, Aurélien Boutaud, « Empreinte écologique : comparer la demande et l'offre de ressources régénératives de la biosphère », l'encyclopédie du développement durable n° 105, Paris, Décembre 2009.
- 12- Bénédicte Delloye, « Intégration de l'environnement dans l'entreprise », Revue « sécurité et environnement », Belgique, mars 2011.
- 13- Ferrari S, « Éthique environnementale et développement durable : Réflexions sur le Principe Responsabilité de Hans Jonas », dossier Lectures hétérodoxes du développement durable vol : 01, n°3, France, 2010.
- 14- Christine E et Bruno P, « l'apport de Douglass North à l'explication des trajectoires nationales », Revue : Economies et sociétés, série Socio-économie du travail, France, 2005.
- 15- Crabbé Ph, « L'exploration des ressources extractives non renouvelables : théorie économique, processus stochastique et vérification », L'Actualité économique, vol. 53, n° 4, HEC Montréal, 1977.
- 17- Jacobo Campo and Viviana Sarmiento, « the relationship between energy consumption and gdp: evidence from a panel of 10 latin american countries », lat. am. j. econ. vol .50 no. 2, santiago, nov. 2013.
- 18- Christopher M. Chima, « Intensity Of Energy Use In The U.S.A.: 1949 – 2003 », Journal of Business & Economics Research, Volume 5, Number 11, November 2007, USA.
- 19- Reynès F, Okullo S et autres, « How does economic theory explain the Hubbert peak oil model? », USAEE working papers N° 10-052, VU University Amsterdam, The Netherlands.
- 20- Auzans A et autres, « A Mine-Based Uranium Market Clearing Model », Energies journal 3390/en7117673, China, 2014.
- 21- Lucas S, « The Five Dimensions of Sustainability », Article in Environmental Politics, England, July 2009.
- 22- « World Energy Resources Bioenergy, 2016 », WORLD ENERGY COUNCIL, London.
- 23- Aghaei P T, « Solar Electric and Solar Thermal Energy: A Summary of Current Technologies », working paper, GENI Editions, California, 2014.
- 24- Berrizbeitia L D, « environmental impacts of geothermal energy generation and utilization », working paper, Germany, June 16, 2014, disponible sur: geothermalcommunities.eu.
- 25- ODUOR J A, « Environmental and Social Considerations in Geothermal Development », working paper, FIG Congress 2010 Facing the Challenges – Building the Capacity Sydney, Australia, 11-16 April 2010.
- 26- Manzella A, « Geothermal energy », working paper, Institute of Geosciences and Earth Resources – Pisa, EDP Sciences – SIF, Italy, 2015.

- 27- Boronowski S et autres, « The Economics of Tidal Stream Power », working paper, 12th Congress of the European Association of Agricultural Economists – EAAE 2008, Ghent, Belgique.
- 28- Engels W et Zabihi F, « Principle and Preliminary Calculation of Ocean Thermal Energy Conversion », working paper, ASEE 2014 Zone I Conference, April 3–5, 2014, University of Bridgeport, Bridgeport, CT, USA.
- 29- Jones A T et Finley W, « Recent Developments in Salinity Gradient Power », working paper, [IEEE Xplore Conference: OCEANS 2003](#), USA.
- 30- Kaoshan D et autres, « Environmental issues associated with wind energy e A review », working paper, Renewable Energy Journal, Elsevier Ltd, 2014, New York.
- 31- Parkins J et Haluza-DeLay R, « Social and Ethical Considerations of Nuclear Power Development », working paper, University of Alberta, 2011, Etude disponible sur: ageconsearch.umn.edu.
- 32- De Blasio N et Nephew R, « THE GEOPOLITICS OF NUCLEAR POWER AND TECHNOLOGY », working paper, CENTER ON GLOBAL ENERGY POLICY/ COLUMBIA SIPA, 2017, Etude disponible sur: energypolicy.columbia.edu.
- 33- MURPHY D J, Hall C A S, « Year in review – EROI or energy return on (energy) invested », working paper, Ecological Economics Reviews Volume 1185, New York, Disponible sur: onlinelibrary.wiley.com.
- 34- Stamford L et Azapagic A, « Life cycle sustainability assessment of UK electricity scenarios to 2070 », Energy for Sustainable Development Review 23, New York, 2014.
- 35- Sovacool B, « environmental issues, climate changes, and energy security in developing asia », working paper, Asian Development Bank, June 2014, Philippines.
- 36- Goldemberg J, « The Case For Renewable Energies », the International Conference for Renewable Energies, Bonn, 2004, Article disponible sur: www.hellasres.gr.
- 37- Schlissel D et Biewald B, « Nuclear Power Plant Construction Costs », working paper, Nuclear's Tangled Economics, Business Week, Cambridge, June 26, 2008.
- 38- Lovering J R, Yip A et autres, « Historical construction costs of global nuclear power reactors », Energy Policy 91 (2016), Elsevier, New York, 2016.
- 39- McDonald, Schrattenholzer, « Learning rates for energy technologies », working paper, Energy Policy 29, New York, 2001.
- 40- Brahim Meftah, « Outlook of Nuclear Energy in Algeria », International Conference on Opportunities and Challenges for Water Cooled Reactors in the 21st Century, IAEA, Vienna, Austria, 27–30 October 2009.
- 41- M, Attar et M, Hammat, « Le Potentiel en Hydrocarbures de L'Algérie », Contribution de SONATRACH Division Exploration, Algeria Well Evaluation Conference, Algeria, 2007.
- 42- Saibi H, « Geothermal resources in Algeria », Renewable and Sustainable Energy Reviews, New York, December 2009.
- 43- Bentouba S, « L' energie renouvelable en Algerie et l' impact sur l' environnement », Etude présentée lors du 10ème Séminaire International sur la Physique Energétique 10th International Meeting on Energetical Physics, Université de Bechar, Novembre 2010.
- 44- Flazi S, « Les énergies renouvelables : Expérience, Initiatives politiques et Perspectives Algériennes », [Salon International des Energies Renouvelables, des Energies Propres et du Développement Durable, Oran 2014](#).
- 45- Yahya H, Ashori A et autres, « Current and potential capabilities of biomass for green energy in Iran », working paper, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, New York, 2011.

- 46- Lashin A, « Geothermal Energy Resources of Saudi Arabia: Country Update », Proceedings World Geothermal Congress 2015 Melbourne, Australia, 19–25 April 2015.
- 47- « Saudi Arabia Energy Policy, Laws and Regulations Handbook Volume 1 », International Business Publications, USA, 2015.
- 48- Pazheri F R, « Solar Power Potential In Saudi Arabia », working paper, Journal of Engineering Research and Applications, New York, 09/2014.
- 49- D. Chandrasekharama b, Aref Lashin et autres, « The potential contribution of geothermal energy to electricity supply in Saudi Arabia », International Journal of Sustainable Energy, New York, 2014.
- 50- Omar K.M. Ouda a et autres, «Waste-to-energy potential in the Western Province of Saudi Arabia », Journal of King Saud University – Engineering Sciences 29, Saudi Arabia, 2017.
- 51- Ramzy R, «Seasonal-Water Dams: A Great Potential for Hydropower Generation in Saudi Arabia », Int. J. of Sustainable Water and Environmental Systems Volume 7, No. 1, Canada, 2015.
- 52- Fattouh et El-Katiri, « Energy subsidies in the Middle East and North Africa », Energy Strategy Reviews, 10.1016/j.esr, London, June 2013.
- 53- Sahnoune F et autres, « energy consumption renewable energy development and environmental impact in algeria – trend for 2030 », AIP Conference Proceedings, Volume 1814.
- 54- Y Alyousef and M Abu-ebid, « Energy Efficiency Initiatives for Saudi Arabia on Supply and Demand Sides, A Bridge to Low Carbon Economy », working paper, University Campus Slavka Krautzeka Rijeka, Croatia, 2012.
- 55- Pazheri F, « Solar Power Potential In Saudi Arabia », Journal of Engineering Research and Applications, Vol 4, Issue 9 (Version5), USA, September 2014.
- 56- Mehdi Mostof et Noushin Ahanrobay, « A Comparative Analysis of the Legal Status of Renewable Energy in Iran and Other Countries », Advanced Materials Research, Vols 433–440, Switzerland, 2012.

III: Rapports et thèses universitaires

- 01- le rapport « BRUNDTLAND », disponible sur : www.diplomatie.gouv.fr.
- 02- Kanouni Hassani, «Impact de l'incertitude sur la gestion de l'environnement et des ressources naturelles : une analyse en temps continu par la programmation dynamique et les options réelles» Doctorat en s/économie Université Laval 2006.
- 03- « Why International Energy Agency scenarios should not be misinterpreted as forecasts », The Climate Institute factsheet, February 2017.
- 04- Paul Holtberg, Jim Diefenderfer et autres, « International Energy Outlook 2016, With Projections to 2040 », U.S. Energy Information Administration Office of Energy Analysis U.S. Department of Energy, May 2016.
- 05- « World Population Prospects The 2017 Revision », United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Working Paper No. ESA/P/WP/248, United Nations, New York, 2017.
- 06- « 2017 Outlook for Energy: A View to 2040 », Exxon Mobil Corporation, 2016.
- 07- « World Energy Investment 20 17 », OECD/IEA, France, 2017.
- 08- « world energy outlook 2016 », OECD/IEA, France, 2016.
- 09- « Capital Investment », Information Bulletin, government of Canada, 2016.
- 10- « BP Statistical Review of World Energy, June 2016 », rapport de british petroleum, disponible sur: www.bp.com.

- 11- « OPEC Annual Statistical Bulletin 2016 », Organization of the Petroleum Exporting Countries, Vienna, Austria, 2016.
- 12- « BP Statistical Review of World Energy June 2017 », British Petroleum report, 2017, P 38. Disponible sur: <https://www.bp.com>.
- 13- Annick F, « Méthodes d'analyse environnementale », Cahier technique n°15, Wallonie, Belgique, édition mai 2013.
- 14- «Global Bioenergy supply and demand projections », A working paper for REmap 2030, IRENA, Abu Dhabi, 2014.
- 15- « RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES: COST ANALYSIS SERIES », IRENA working paper, Volume 1: Power Sector Issue 4/5, Germany, 2012.
- 16- SCHMALENSEE R et autres, « The future of solar energy », Massachusetts Institute of Technology report, USA, 2015.
- 17- Meier A et sattler C, « Solar Fuels from Concentrated Sunlight », Solar Paces report, Germany, 2009.
- 18- Teske S et autres, « SOLAR THERMAL ELECTRICITY GLOBAL OUTLOOK 2016 », European Solar Thermal Electricity Association (ESTELA), Greenpeace International and Solar PACES report, Germany, 2016.
- 19- Mehos M et autres, « On the Path to SunShot: Advancing Concentrating Solar Power Technology, Performance, and Dispatchability », NREL report, USA, 2016.
- 20- Mauthner F, Weiss W et autres, « Solar Heat Worldwide Markets and Contribution to the Energy Supply 2014 », IEA Solar Heating & Cooling Programme report, Austria, 2016.
- 21- « PHOTOVOLTAICS REPORT », Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems report, Germany.
- 22- « The Global Concentrated Solar Power industry Report 2010–2011 », rapport disponible sur: www.csptoday.com.
- 23- Hinkley J et autres, « Concentrating Solar Fuels Roadmap: Final Report », Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia, 2016.
- 24- «World Energy Resources Solar | 2016 », world energy council report, London, 2016.
- 25- « THE POWER TO CHANGE: SOLAR AND WIND COST REDUCTION POTENTIAL TO 2025 », IRENA Report, Germany, 2016.
- 26- «Annual U.S. & Global Geothermal Power Production Report », geothermal energy association report, USA, 2017.
- 27- « RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2014 », IRENA report, Germany, 2015.
- 28- « Hydropower Technology Brief », IEA–ETSAP and IRENA report, Germany, 2015.
- 29- « RENEWABLES 2016 GLOBAL STATUS REPORT », rapport de : Renewable Energy Policy Network For 21st Century, Paris, 2016.
- 30- «RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES: COST ANALYSIS SERIES June 2012, Hydropower Volume 1: Power Sector Issue 3/5 », rapport de IRENA, Germany, 2012.
- 31- Jahangir K et Bhuyan G S, « OCEAN ENERGY: GLOBAL TECHNOLOGY DEVELOPMENT STATUS », IEA et OES report, Canada, 2009.
- 32- « Review and Analysis of Ocean Energy Systems, Development and Supporting Policies », rapport de IEA–OES, Ireland, 2009.
- 33- Mofo L, Goldsmith J et autres, « OCEAN ENERGY: TECHNOLOGY READINESS, PATENTS, DEPLOYMENT STATUS AND OUTLOOK », rapport IRENA, Germany, 2014.

- 34- Xiufeng Y, « OCEAN CURRENT ENERGY RESOURCE ASSESSMENT FOR THE UNITED STATES », A Dissertation Presented to The Academic Faculty In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy in the School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology December 2013.
- 35- « Rising tide Global trends in the emerging ocean energy market », rapport de: EYGM Limited, UK, 2013.
- 36- «Ocean Energy: Cost of Energy and Cost Reduction Opportunities M May 2013 », rapport de: Ocean Energy Europe, Belgium, 2013.
- 37- « Wind Power Technology Brief », IEA-ETSAP and IRENA Technology Brief E07 – March 2016, rapport de IRENA, Germany, 2016.
- 38- Maria van der Hoeven , «Technology Roadmap: Wind energy, 2013 edition », rapport de: International Energy Agency OECD/IEA, France, 2013.
- 39- Shukla S et Sawyer S, «30 Years of Policies for Wind Energy Lessons from 12 Wind Energy Markets », IRENA report, Abu Dhabi, 2012.
- 40- Bonfils S et autres, « L'énergie éolienne », Thématique: Les énergies nouvelles et renouvelables Fiche technique PRISME n° 2, Canada, 2005.
- 41- « Nuclear Power Economics and Project Structuring », World Nuclear Association, report, England, 2017.
- 42- « THE ECONOMIC FUTURE OF NUCLEAR POWER », A Study Conducted at The University of Chicago August 2004, Etude disponible sur: www.eusustel.be.
- 43- «Techno-economic Comparison of Geological Disposal of Carbon Dioxide and Radioactive Waste », IAEA TECDOC SERIES, IAEA, 2014, Rapport disponible sur: www-pub.iaea.org.
- 44- Schneider M, Froggatt A et autres, « The World Nuclear Industry: Status Report 2016 », A Mycle Schneider Consulting Project, Paris, London, Tokyo, July 2016.
- 45- « International Status and Prospects for Nuclear Power 2017 », IAEA report, Vienna, Austria, 2017.
- 46- Emsley I et autres, «World Energy Resources Uranium & Nuclear, 2016 », world energy council, London, 2016.
- 47- « Technology Roadmap Nuclear Energy », IEA and NEA Publication, Edition 2015, France, Germany, 2015.
- 48- « Nuclear Power and Sustainable Development », International Atomic Energy Agency, Vienna, 2016.
- 49- «Uranium 2016: Resources, Production and Demand », A Joint Report by the Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency, OECD, France, 2017.
- 50- «Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition », IAEA and OECD, France, Austria, 2015.
- 51- « The Security of Energy Supply and the Contribution of Nuclear Energy », Nuclear Energy Agency, ocde, 2010, Rapport publié sur: www.oecd-nea.org.
- 52- Birol F, Cozzi L et autres, « World Energy Outlook 2013 », International Energy Agency Report, OECD/IEA, Paris, 2013.
- 53- « CLIMATE CHANGE AND NUCLEAR POWER 2016 », International Atomic Energy Agency, Vienna, 2016.
- 54- « Efficient Water Management in Water Cooled Reactors », International Atomic Energy Agency report, Vienna, 2012.
- 55- « Managing Human Resources in the Field of Nuclear Energy », IAEA Nuclear Energy Series, No. NG-G-2.1, IAEA, Vienna, 2009.
- 56- D'haeseleer W D, « Synthesis on the Economics of Nuclear Energy », Study for the European Commission, Belgium, 2013.
- 57- « The economics of nuclear power », Greenpeace International report, The Netherlands, 2007.

- 58- « THE ENERGY REVIEW », A PERFORMANCE AND INNOVATION UNIT REPORT – FEBRUARY 2002.
- 59- « The Economics of Nuclear Power », World Nuclear Association Report, 2017, rapport disponible sur: www.world-nuclear.org.
- 60- Bles M et autres, « Nuclear energy: The difference between costs and prices », Delft, CE Delft report, The Netherlands, July 2011.
- 61- «The Economics of Nuclear Power », World Nuclear Association Information Paper, London, 2008.
- 62- « Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants », NUCLEAR ENERGY AGENCY, OECD report, London, 2016.
- 63- Sid Ali Kamel, «Introduction of Nuclear Power Plants in Algeria », IAEA Technical Meeting/Workshop on Topical Issues on Infrastructure Development, Vienna, Austria, January 24–27, 2012.
- 64- « Guide investir en Algérie », janvier 2017, rapport de KPMG Algérie SPA.
- 65- BERRAH M K, « DEMOGRAPHIE ALGERIENNE 2016 », la Direction Technique chargée des statistiques de Population et de l'Emploi, ONS, Algérie, 2017.
- 66- « Guide des énergies renouvelables » ministère de l'énergie, P 41.
- 67- « les consultations de 2017 au titre de l'article IV avec l'Algérie », Fonds monétaire international, Washington ,USA, 2017.
- 68- «LE NOUVEAU MODELE DE CROISSANCE (SYNTHESE) », Ministère des Finances, juillet 2016.
- 69- Rapport disponible sur : indexmundi.com.
- 70- « Iran oil and gas fields », Statistical and Analytical Report, rapport de Iran Oil Gas Network, Novembre 2014.
- 71- Kojouri N M, « Country Nuclear Power Profiles, 2016 Edition », IAEA report, Vienna, Austria, 2016.
- 72- «Iran Energy Situation », rapport disponible sur : energypedia.info.
- 73- Lechtenböckmer S et autres, « Development of three cornerstones for a sustainable Energy future in Iran », German–Iranian Co–operation VI, rapport de: Wuppertal Institut für Klima, Germany, 2010.
- 74- IMF Country Report No. 17/62, ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN, prepared by the IMF staff, Xashington, USA, fev/2017, Rapport disponible sur: imf.org.
- 75- Dominique Guillaume, Roman Zytek et autres, « Iran–The Chronicles of the Subsidy Reform », International Monetary Fund, 2011, P 04. Rapport disponible sur: citeseerx.ist.psu.edu.
- 76- « Global oil and gas tax guide 2016 », EY August 2016, rapport disponible sur: www.ey.com.
- 77- Fahad M, Asad K et autres, «The Saudi economy in 2017 », Jadwa Investment's research publications, Kingdom of Saudi Arabia, 2016.
- 78- « The economic context of Saudi Arabia », Export Entreprises SA report, Saudi Arabia, 2017, disponible sur: nordeatrade.com.
- 79- « SAUDI ARABIA 2016 ARTICLE IV CONSULTATION—PRESS RELEASE; STAFF REPORT; AND INFORMATIONAL ANNEX », IMF Country Report No. 16/326, Washington, USA, 2016.
- 80- Fahad M, Asad K et autres, «The Saudi economy in 2016 », Jadwa Investment's research publications, Saudi Arabia, 2016.
- 81- « Programme National des Energies Nouvelles et Renouvelables », disponible sur : energy.gov.dz.
- 82- « A Brief Political Economy of Energy Subsidies in the Middle East and North Africa », Oxford Institute for Energy Studies, UK, 2015.
- 83- « Bilan Energétique National Année 2016 », rapport du ministère de l'énergie, disponible sur : energy.gov.dz.

- 84- Eckart Woertz, « The domestic challenges in the Saudi energy market and their regional and geopolitical implications », The Norwegian Peacebuilding Resource Centre publication, Norway, 2013.
- 85- Azadi P, Sarmadi A N et autres, «The Outlook for Natural Gas, Electricity, and Renewable Energy in Iran », Room E017 Stanford University, UK.
- 86- Amir Kordvani et autres, « Renewable Energy in Iran », CMS Cameron McKenna LLP Report, London, 2016.

IV: Articles et sites d'internet

- 01- « Economic Concepts of Efficiency », article disponible sur : www.ieso.ca.
- 02- Simon Wuhl, « LA THEORIE DE LA JUSTICE DE RAWLS », article disponible sur : <http://www.simonwuhl.org>.
- 03- L'Association pour le Développement de l'Enseignement Libre, «Les sources et les limites de la croissance », article disponible sur : libertariens.cher-alice.fr.
- 04- Jean Lombard, «NAURU, Atlantide moderne : philosophie des malheurs du monde », article disponible sur : amis-univ-reunion.fr.
- 05- Jacques G, « La myopie du marché », article disponible sur : www.libres.org.
- 06- Julia Pyper, « Global Clean Energy Investment Fell 18% in 2016 With Slowdown in China », article publié le : 12/01/2017, sur: www.greentechmedia.com.
- 07- [Stephen Letts](http://www.abc.net.au), « Global renewable energy capacity surges despite tumbling fossil fuel prices », article publié le : 03/06/2016, sur : www.abc.net.au.
- 08- www.opec.org.
- 09- www.statista.com.
- 10- www.iea.org.
- 11- « The Kyoto Protocol – Status of Ratification », United Nations Climate Change, article publié sur: unfccc.int.
- 12- « Ecological and Environmental Impacts of Bioenergy », article disponible sur: www.wgbn.wisc.edu.
- 13- « Socioeconomic and environmental impact of bioenergy », Department of Bioresource Engineering, article publié sur: www.mcgill.ca.
- 14- Luisa F, « Direct Solar Energy », P 341, article disponible sur : researchgate.net.
- 15- IPCC assessment report, disponible sur : www.ipcc.ch.
- 16- « solar photovoltaics », article disponible sur : costing.irena.org.
- 17- « Financing Concentrating Solar Power », article disponible sur : energypedia.info.
- 18- « PV Market Alliance announces the 2016 PV market at 75 GW and a stable market in 2017 », article disponible sur: www.eqmagpro.com.
- 19- « Environmental Impacts of Solar Power », article disponible sur: www.ucsusa.org.
- 20- Ruggero B, « Geothermal Energy », P 408, article disponible sur: www.coursehero.com.
- 21- « Geothermal », article disponible sur : costing.irena.org.
- 22- statistiques disponibles sur: www.hydropower.org.
- 23- Huckerby J, « Ocean Energy», article disponible sur : fr.scribd.com.
- 24- Milborrow D, « Wind Economics: Downward trend in wind prices continues », 2015, article publié sur: windpowermonthly.com.
- 25- Rose Kivi, « How Does Nuclear Energy Affect the Environment? », avr 2017, article publié sur: sciencing.com.

- 26- Reilly F, « Innovative ways of funding nuclear power projects », world nuclear association, 2016, article publié sur: world-nuclear-news.org.
- 27- « Impacts on marine ecosystems and fisheries », article publié sur: www.greenpeace.org.
- 28- Kivi R, « Nuclear Power Plant Cooling Systems Harm Aquatic Life », article publié le: 05/25/2010, sur: www.brighthub.com.
- 29- Botsford C, « The Economics of Nuclear Power -- Can Carbon Credits Save the Industry? », article publié sur: www.energycentral.com.
- 30- Vakil C et Harvey L, « Human Health Implications of the Nuclear Energy Industry », Association Canadienne des médecins pour l'environnement, Mai 2009, article publié sur: cape.ca.
- 31- Porritt J, Burke T et autres, « The Wider Economic Impacts of Nuclear Power », 20/04/2012, Article publié sur: jonathonporritt.com.
- 32- Bertel E et Morrison R, « Nuclear energy economics in a sustainable development perspective », NEA News 2001 – No. 19.1, P 17. Article disponible sur: oecd-nea.org.
- 33- Chestney N and Geert D, « Global nuclear decommissioning cost seen underestimated, may spiral », 2015. Article publié sur: reuters.com.
- 34- Samir Tazairt, « Les détails du programme nucléaire civil algérien : Une pincée d'atomes pour une saga au long cours », article publié le : 16/08/2014, sur : reporters.dz.
- 35- Abdelkader SEMIANI et autres, « L'URANIUM EN ALGÉRIE : RESSOURCES ET PERSPECTIVES », Office National de Recherche Géologique et Minière, article disponible sur : pratlif.com
- 36- A, Sabri, « Le nucléaire en Algérie, histoire et perspectives », article publié le : 13/08/2017, sur : dzairnews.com.
- 37- « Signature d'un accord de coopération algéro-russe dans le domaine de l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques », 03 / 09 / 2014, publié sur : energy.gov.dz.
- 38- Selma K, « Algérie-Argentine: Signature d'un accord de coopération dans l'énergie nucléaire », article publié le : 24/09/2014, sur : maghrebemergent.info.
- 39- « Ressources naturelles », article publié sur : www.andi.dz.
- 40- « La population algérienne va stagner et vieillir », article publié sur : www.liberte-algerie.com.
- 41- Zafar S, « Renewable Energy in Algeria », article publié le: 22/10/2017 sur: www.ecomena.org.
- 42- Benreguia S, « les techniques de production de l'électricité en Algérie », article publié le : 21/08/2012, sur : www.nouara-algerie.com.
- 43- Grim N, « Le PIB algérien parmi les plus bas des pays producteurs de pétrole : Beaucoup d'argent dépensé pour peu de résultats », article publié le : 22/11/2017, sur : www.algerie-eco.com.
- 44- Amzal S, « Economie nationale : le vrai poids du secteur privé », article publié le : 03/08/2017, sur : www.algerie-eco.com.
- 45- « National Census Preliminary Results Released: Iran's Urban Population Up », article publié le: 14/03/2017, disponible sur: financialtribune.com.
- 46- « Making Sense of Iran's Administrative System and Divisions », Nabz-Nameh, November 2016, article disponible sur: www.nabz-iran.com.
- 47- data disponible sur : www.eia.gov.

- 48- [Eric Wheeler](#) et [Michael Desai](#), « [Iran's Renewable Energy Potential](#) », Middle East Institut, 26/01/2016, P 03, article disponible sur : www.mei.edu.
- 49- Amadeo K, « Iran's Economy and the Impact of the Nuclear Deal and Sanctions », article disponible sur: www.thebalance.com.
- 50- « Iran: Economic and Political Overview », article disponible sur: www.nordeatrade.com.
- 51- Statistical Center of Iran, statistiques disponibles sur : www.amar.org.ir.
- 52- « Iran to have access to over \$100 billion when deal implemented: U.S. officials », article publié le: 14/07/2015, sur: www.reuters.com.
- 53- « Geography of Saudi Arabia », article disponible sur: www.pmu.edu.sa.
- 54- global renewable energy policy network, Data disponible sur: www.ren21.net
- 55- Salman Zafar, « [Waste-to-Energy in Saudi Arabia](#) », 04/07/2017, article publié sur: www.bioenergyconsult.com.
- 56- global renewable energy policy network, Data disponible sur: www.ren21.net.
- 57- Saudi Arabia GDP 1968–2017, Data disponibles sur : tradingeconomics.com.
- 58- www.ceicdata.com.
- 59- « Saudi Arabia Economy Profile 2017 », article disponible sur : www.indexmundi.com.
- 60- « New Tax regime to Boost Aramco IPO Value (A Royal Decree) », Italian Trade Agency, 11/04/2017, article disponible sur: mefite.ice.it.
- 61- « Iran Renewable Energy Organization (SUNA) History, Objectives and Missions », article disponible sur: satba.gov.ir.
- 62- www.kacare.gov.sa.
- 63- Saudi National Renewable Energy Program Round 1 — “Scaling Up” », Latham & Watkins report, April 24, New York, 2017, P 02. Article disponible sur: www.lw.com.
- 64- Hassan Haddouche, « L'énormité des subventions énergétiques devient le problème numéro 1 de l'économie algérienne », article publié le : 30/08/2017, sur : www.tsa-algerie.com.
- 65- Abderrahmane Mebtoul, « L'Algérie face à la nécessaire transition énergétique mondiale », article publié le : 09/04/2017, sur : portail.cder.dz.
- 66- « Fossil Fuel Consumption Subsidies, While in Decline, Are Still Pervasive in the Developing World », Institute For Energy Research, article publié le: 05/06/2017, sur: instituteforenergyresearch.org.
- 67- Wael Mahdi et Vivian Nereim, « Saudis May Raise Domestic Gasoline Prices by 80% », article publié le: 18/09/2017, sur: www.bloomberg.com.
- 68- « Saudi Arabia hikes price of gas for power production, ethane, gasoline in 2016 budget », Dubai (Platts)–29 Dec 2015, article disponible sur: www.platts.com.
- 69- Kamel Ait Cherif, « Maîtrise de la consommation nationale d'énergie: Quelle stratégie adopter? », article publié le : 11/12/2016, sur : www.algerie-eco.com.
- 70- « Un budget de 9 milliards de DA pour des dispositifs d'efficacité énergétique en 2017 », article publié le : 31/01/2017, sur : www.lematin.dz.
- 71- [pasha](#) pouryousefi, « Energy production vs Energy consumption in Iran », article publié le: 23/05/2016, sur: www.linkedin.com.

الملاحق

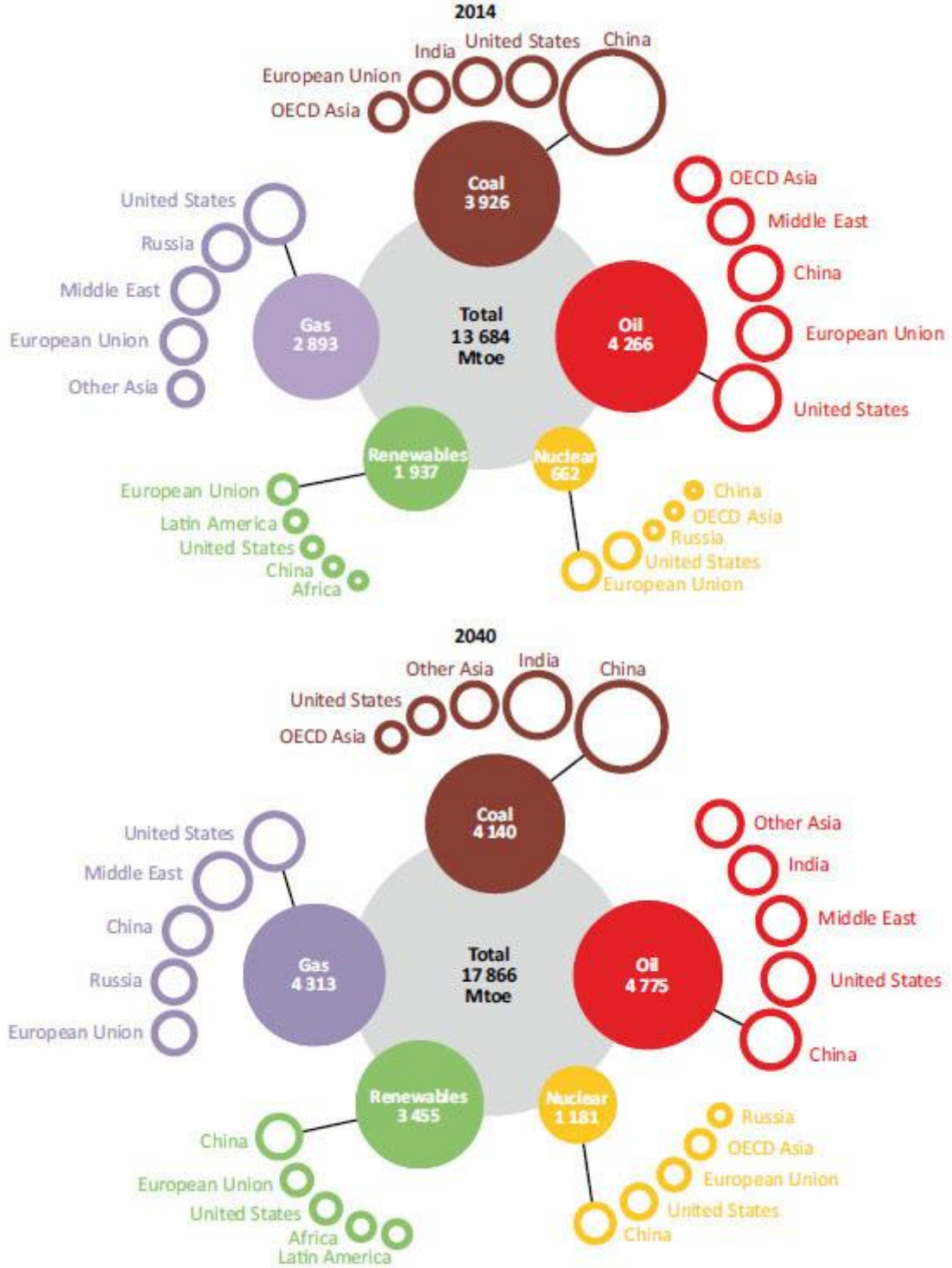
الملحق رقم 1: توقعات السكان حسب المناطق

	Population growth*			Population (million)		Urbanisation	
	2000-14	2014-25	2014-40	2014	2040	2014	2040
OECD	0.7%	0.5%	0.4%	1 272	1 394	80%	85%
Americas	1.0%	0.8%	0.7%	496	592	81%	86%
United States	0.9%	0.7%	0.6%	323	377	82%	86%
Europe	0.6%	0.3%	0.2%	570	599	76%	82%
Asia Oceania	0.3%	0.1%	0.0%	206	203	90%	93%
Japan	0.0%	-0.3%	-0.4%	127	114	93%	97%
Non-OECD	1.4%	1.2%	1.0%	5 983	7 758	48%	59%
E. Europe/Eurasia	0.0%	0.1%	-0.1%	343	335	63%	68%
Russia	-0.1%	-0.1%	-0.3%	144	133	74%	79%
Asia	1.1%	0.8%	0.6%	3 779	4 459	43%	57%
China	0.6%	0.3%	0.1%	1 372	1 398	55%	73%
India	1.5%	1.1%	0.9%	1 295	1 634	32%	45%
Southeast Asia	1.3%	1.0%	0.8%	623	763	47%	60%
Middle East	2.4%	1.7%	1.4%	224	323	70%	75%
Africa	2.5%	2.4%	2.3%	1 156	2 062	40%	51%
South Africa	1.5%	0.7%	0.6%	54	63	64%	75%
Latin America	1.2%	0.9%	0.7%	481	578	79%	85%
Brazil	1.1%	0.7%	0.5%	206	236	85%	90%
World	1.2%	1.0%	0.9%	7 255	9 152	53%	63%
European Union	0.3%	0.1%	0.0%	510	511	75%	81%

* Compound average annual growth rate.

Sources: UN Population Division databases; IEA analysis.

الملحق رقم 2 : مزيج الطاقة الأولية في العالم حسب سيناريو السياسات الجديدة (م ط م ن)



الطاقات المتجددة متنوعة بالغاز الطبيعي هي الراجح الرئيسي حتى 2040

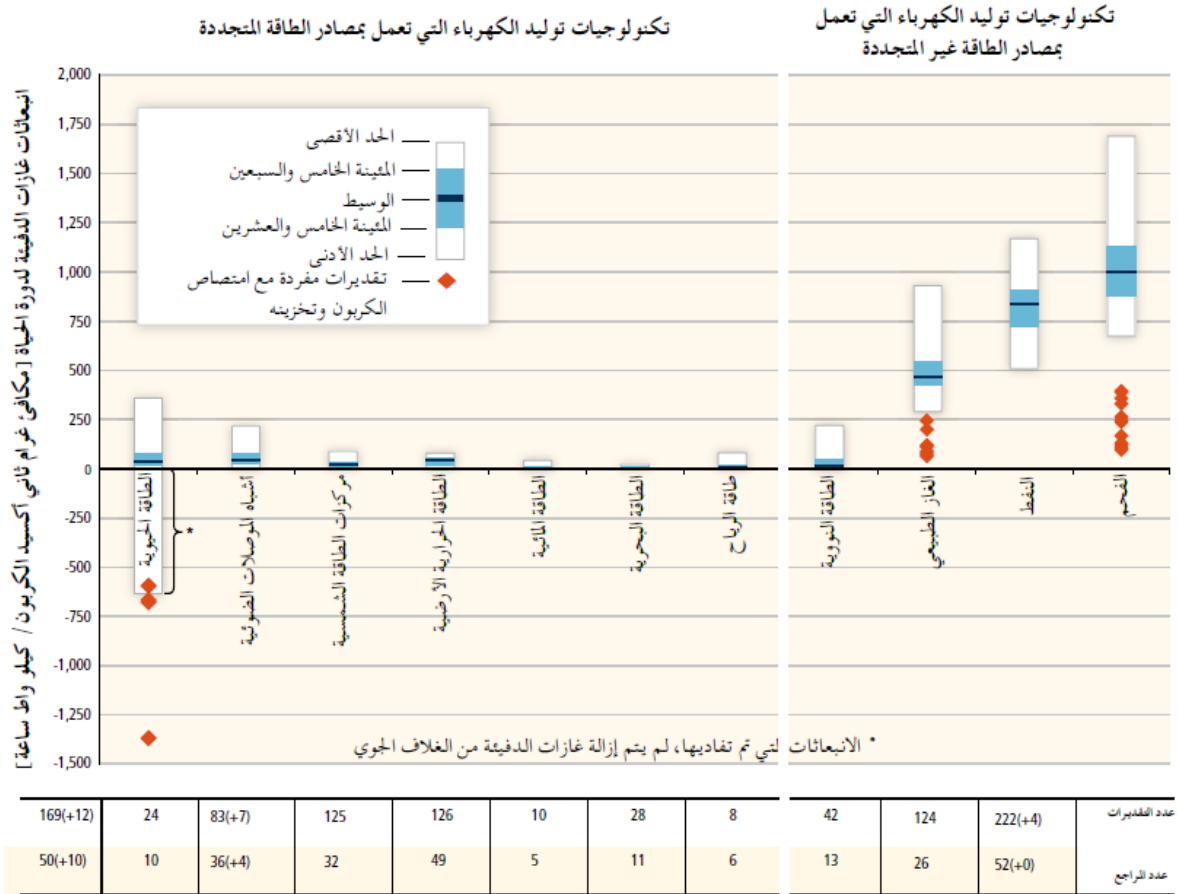
Source : World Energy Outlook, IEA, 2016

الملحق رقم 03: ملخص المعايير البيئية لمختلف الأشكال الطاقوية

Filiales	Ratio de Rente Energétique	Emission De GES (kt eq CO ₂ / Twh)	Disponibilité de territoire (km ² /Twh/y)	Emission De SO ₂ (tSO ₂ /Twh)	Emission De NO _x (tNO _{x2} /Twh)	Emission Particule (t/Twh)	Emission Mercure (kg hg/Twh)
<i>Option permettant une grande flexibilité de l'apport énergétique</i>							
Hydroélectrique Avec réservoir	48-260	2-48	2-152	5-60	3-42	5	0.07
Diesel		555-883		84-1550	316-12300	122-213	
<i>Option à moins grande flexibilité ou intermittentes</i>							
Hydroélectricité au fil de l'eau	30-267	1-18	0.1	1-25	1-68	1-5	
Charbon bitumineux	7-20	790-1182	4	700-32321	700-5273	30-663	1-360
Nucléaire	5-107	2-59	0.5	3-50	2-100	2	
Gaz naturel cycle combiné	14	389-511		4-15000	13-1500	1-10	0.3-1
Biomasse	3-5	17-18	533-22000	26-160	1100-2540	190-212	0.5-2
Eolienne	5-39	7-124	24-117	21-87	14-50	5-35	
Solaire	1-14	13-731	27-45	24-490	16-340	12-190	

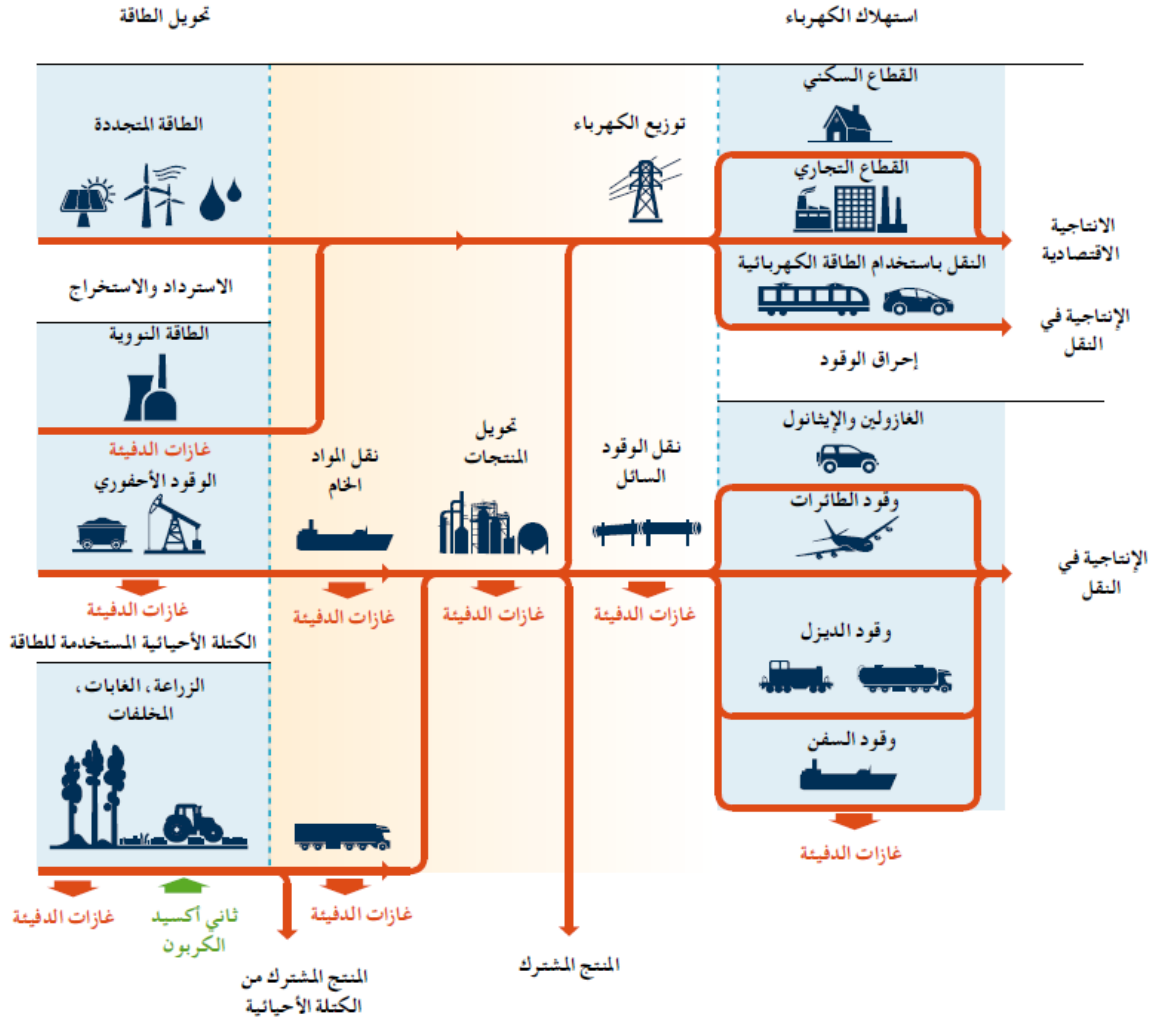
Source : Lefebvre J-F, Moreau N et Théorêt J. P (2010), « énergies renouvelables mythes et obstacles », éditions multi mondes, page 63

الملحق رقم 04: الآثار البيئية لتوليد الكهرباء من مصادر متجددة وناضبة



المصدر: "مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من آثار تغير المناخ"، التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، كامبرج، 2011

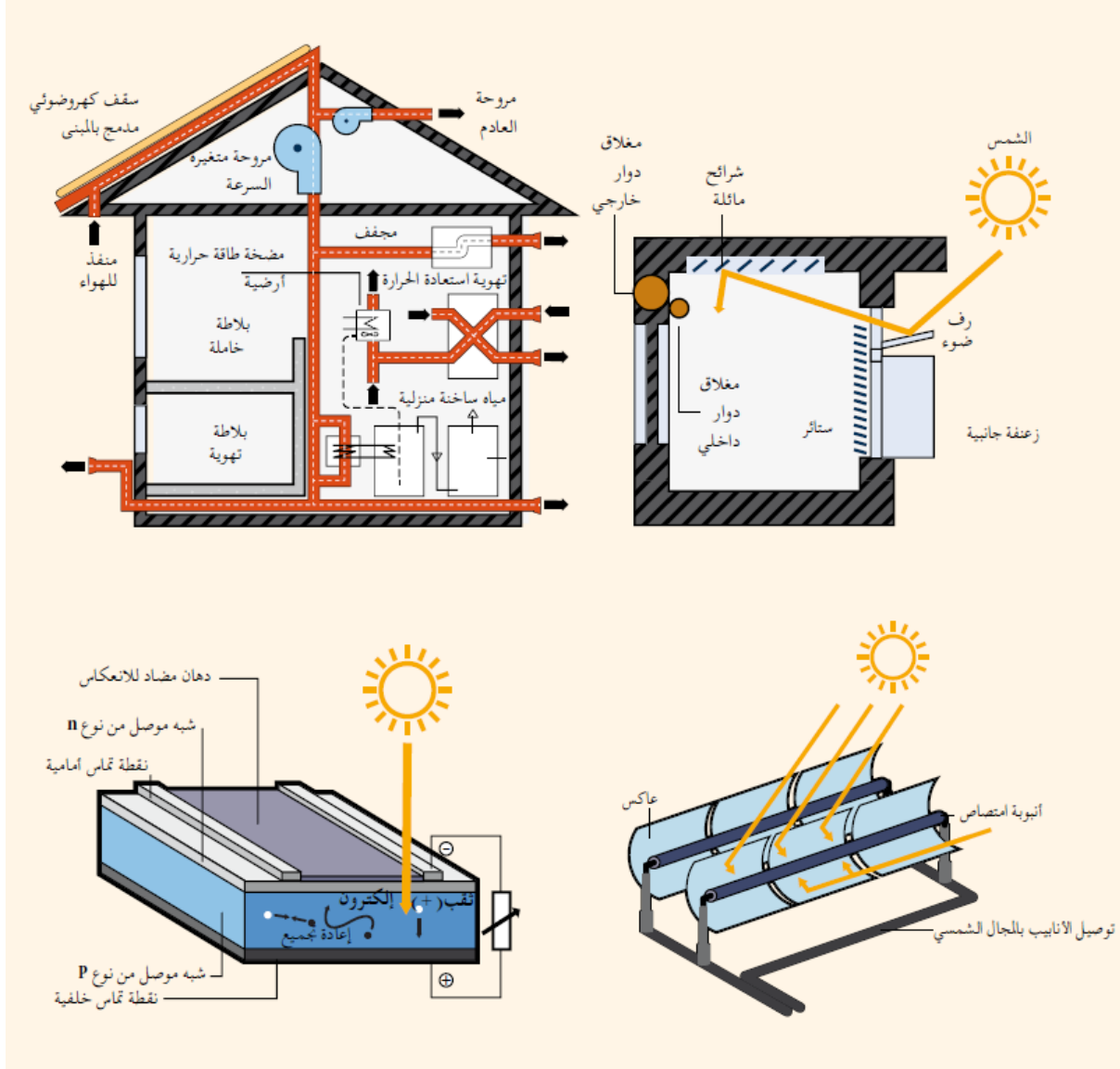
الملحق رقم 05: تحويل الطاقة الأولية متجددة وناضبة وصولاً إلى قطاعات إستهلاكها



المصدر: "مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من آثار تغير المناخ"، التقرير الخاص للهيئة

الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، كامبرج، 2011

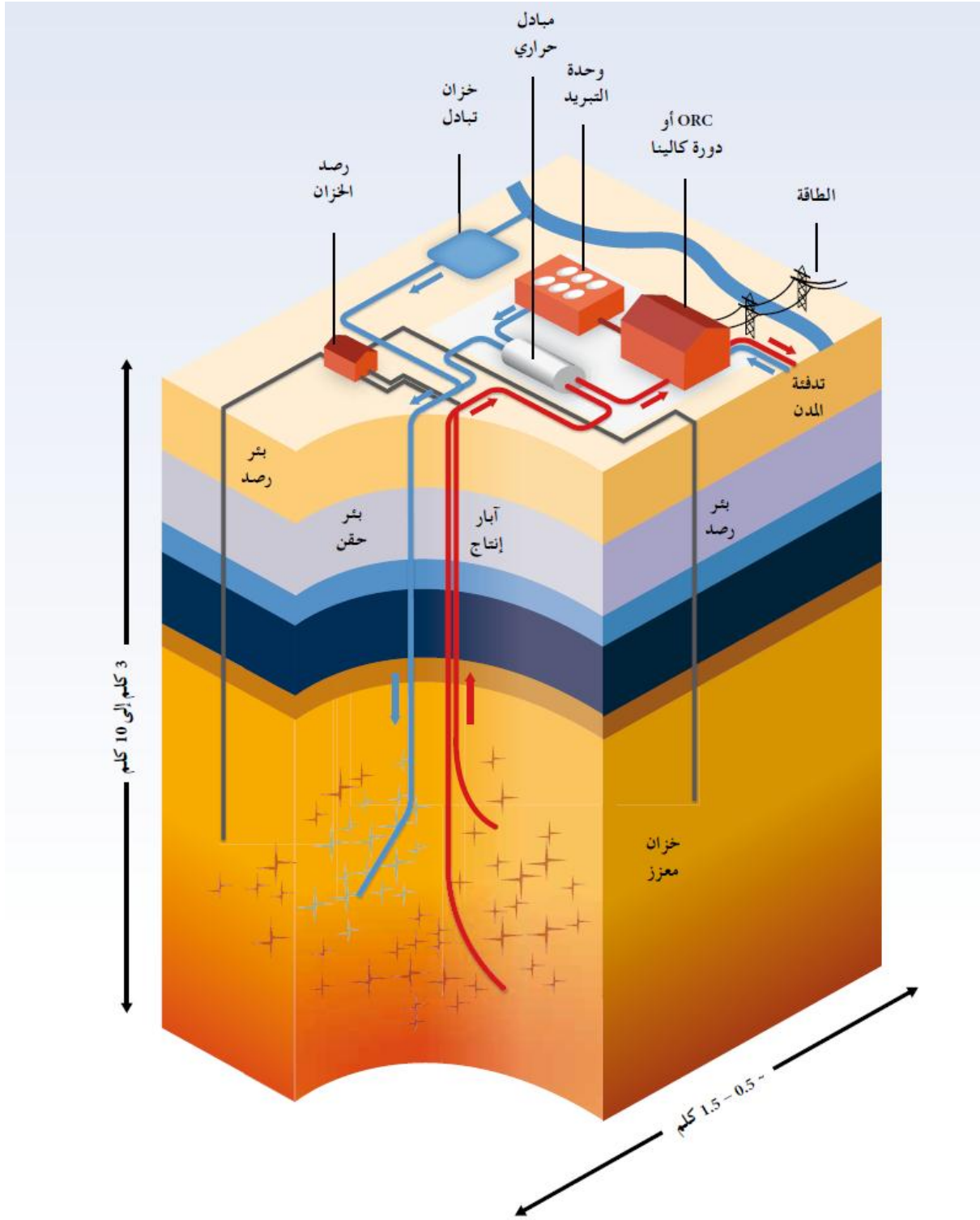
الملحق رقم 06: مختلف تكنولوجيات استخدام الطاقة الشمسية المباشرة



المصدر: "مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من آثار تغير المناخ"، التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية

بتغير المناخ، كامبرج، 2011

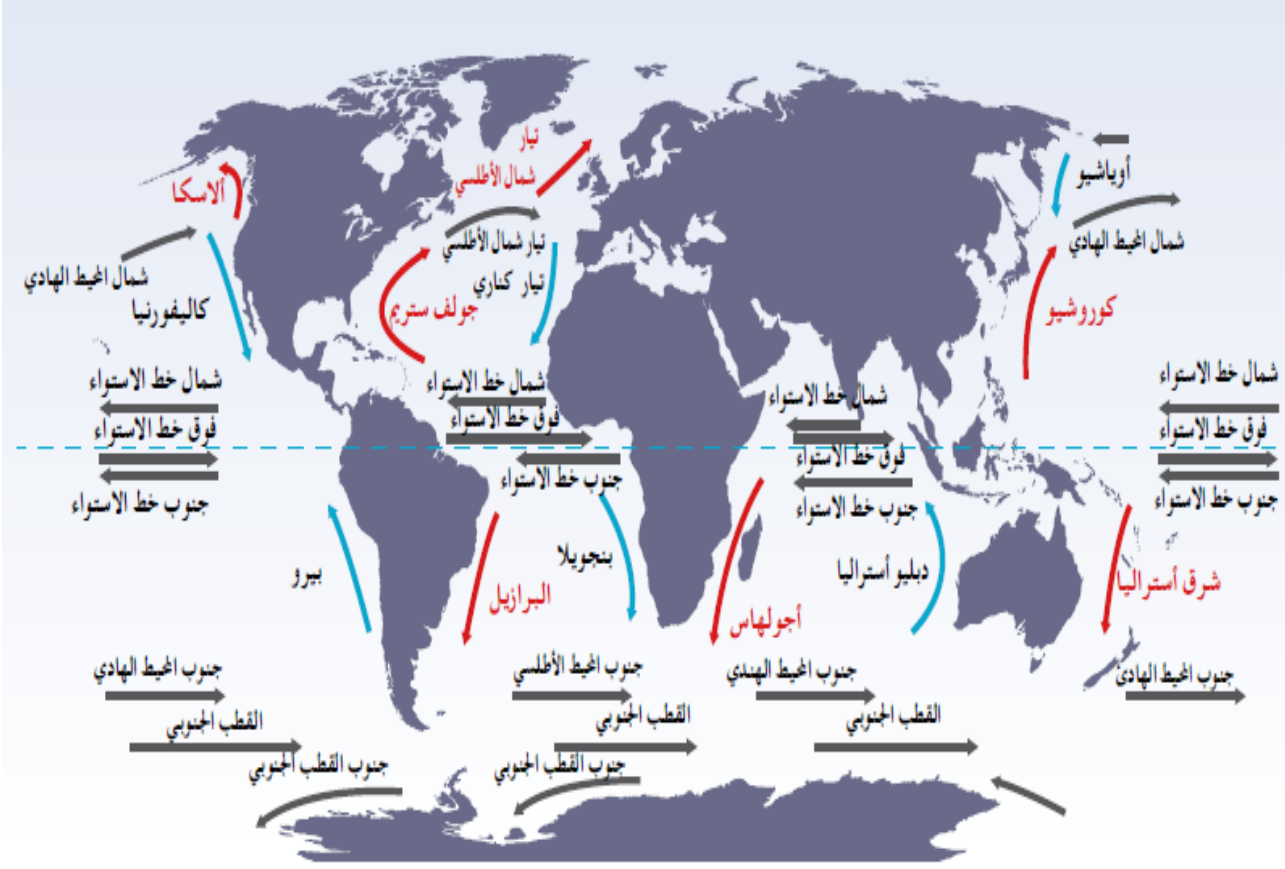
الملحق رقم 07: مخططات تبين موارد (النظم الحرارية الأرضية الموجهة) موصلة



المصدر: "مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من آثار تغير المناخ"، التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية

بتغير المناخ، كامبرج، 2011

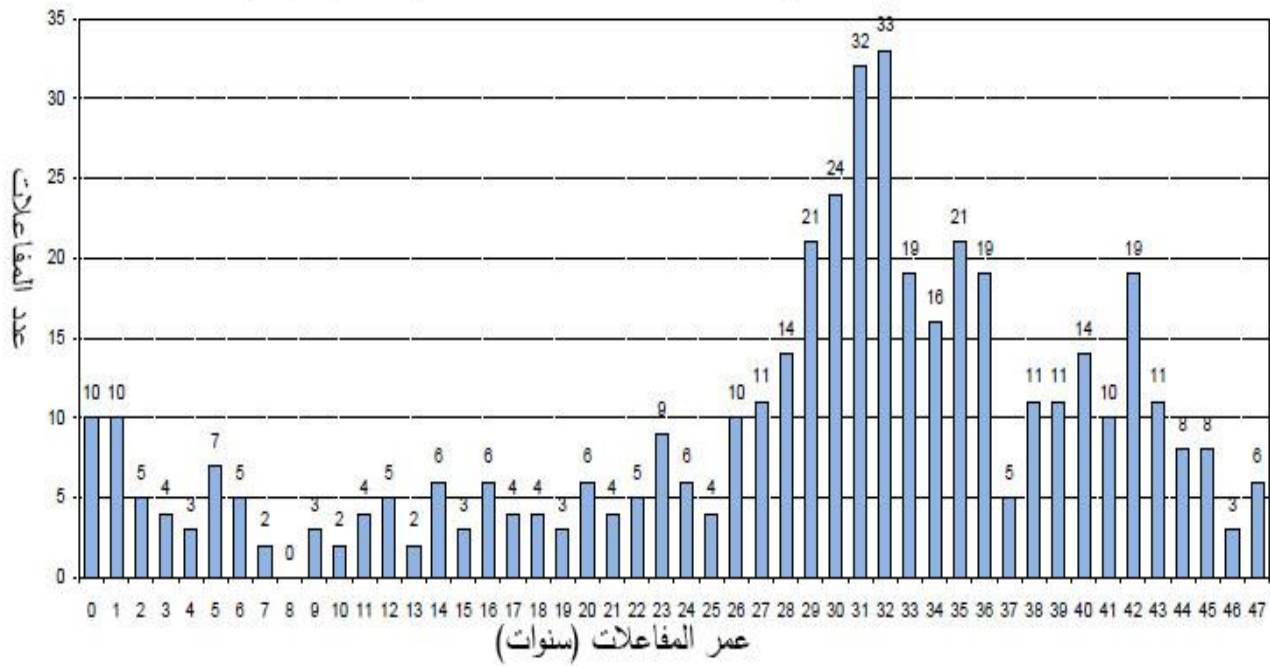
الملحق رقم 08: مختلف مصادر تيارات المحيط



المصدر: "مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من آثار تغير المناخ"، التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية

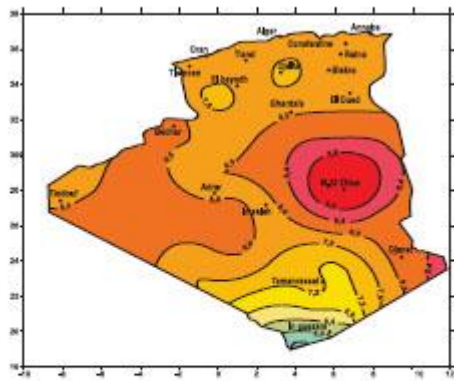
المعنية بتغير المناخ، كامبرج، 2011

الملحق رقم 09: توزيع المفاعلات المشغلة حسب العمر (31/12/2016)

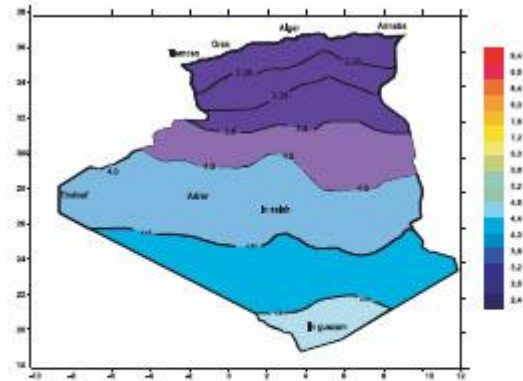


Source : «NUCLEAR POWER REACTORS IN THE WORLD 2017 Edition »,
INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY VIENNA, 2017

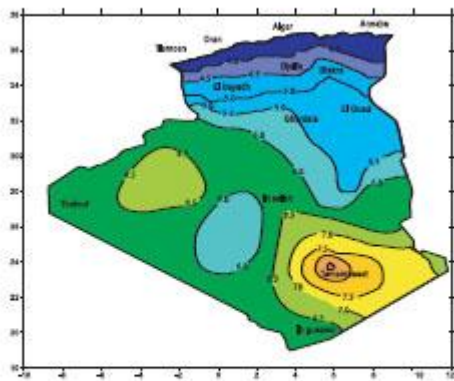
الملحق رقم 10: خريطة الاشعاع اليومي في الجزائر



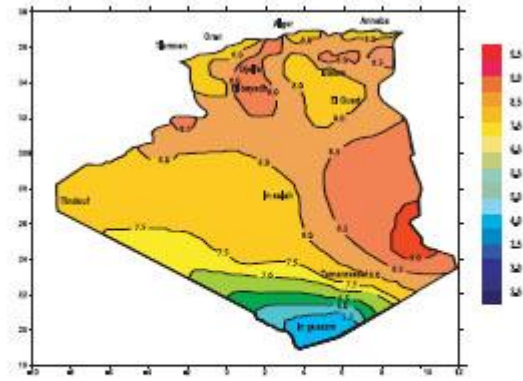
الاشعاع الاجمالي الأفقي المستقبل
يومية في شهر جويلية



الاشعاع الاجمالي الأفقي المستقبل
يومية في شهر ديسمبر



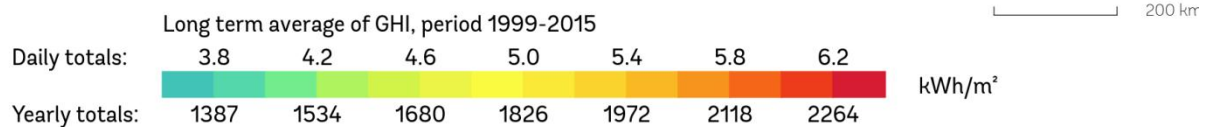
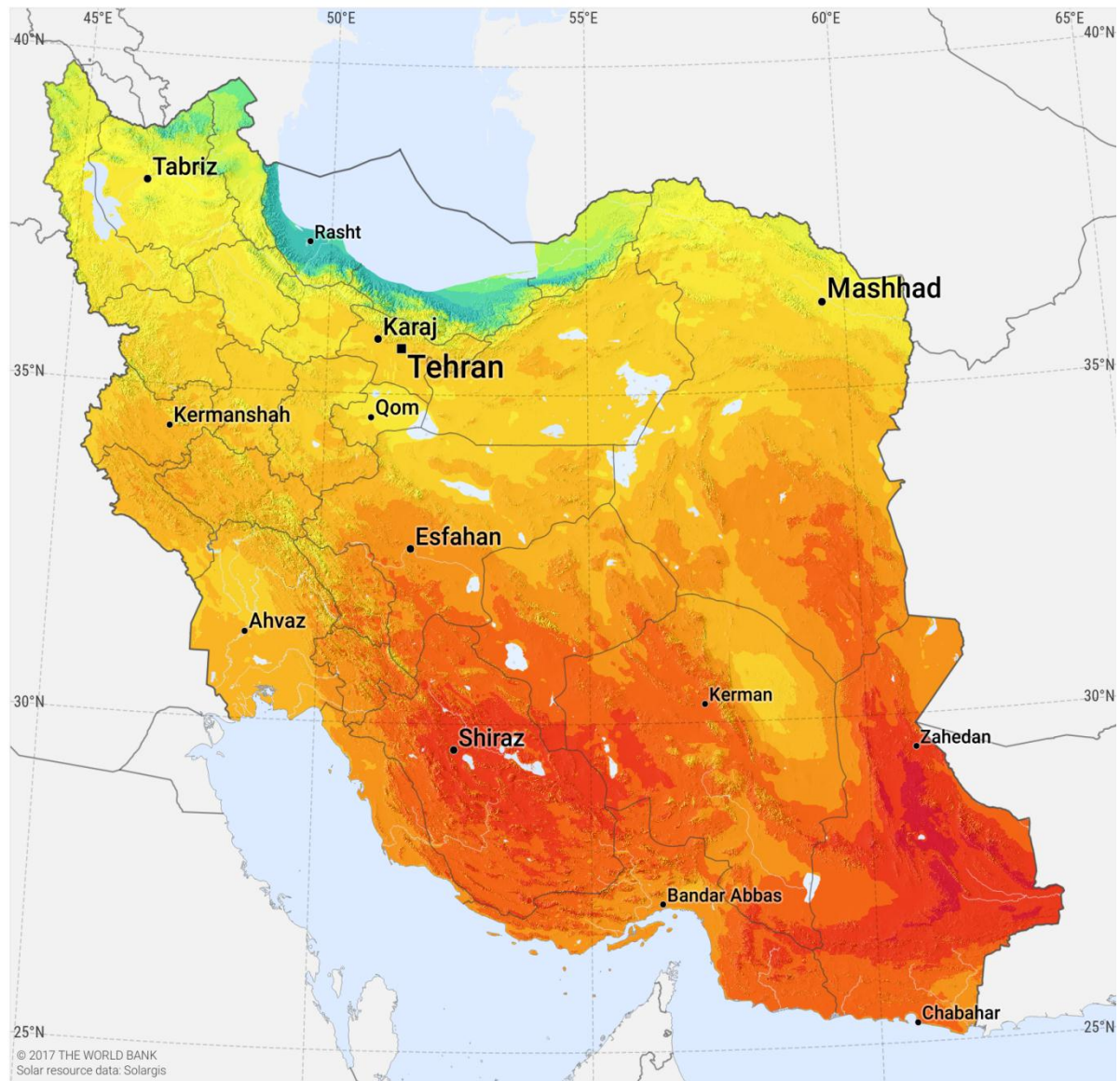
الاشعاع الاجمالي العادي المستقبل
يومية في شهر ديسمبر



الاشعاع الاجمالي العادي المستقبل
يومية في شهر جويلية

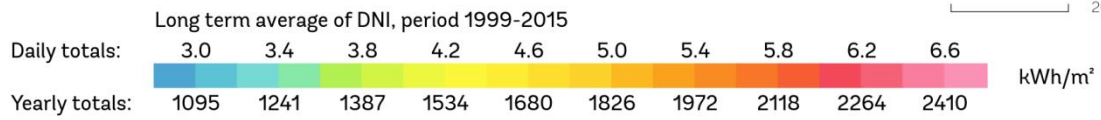
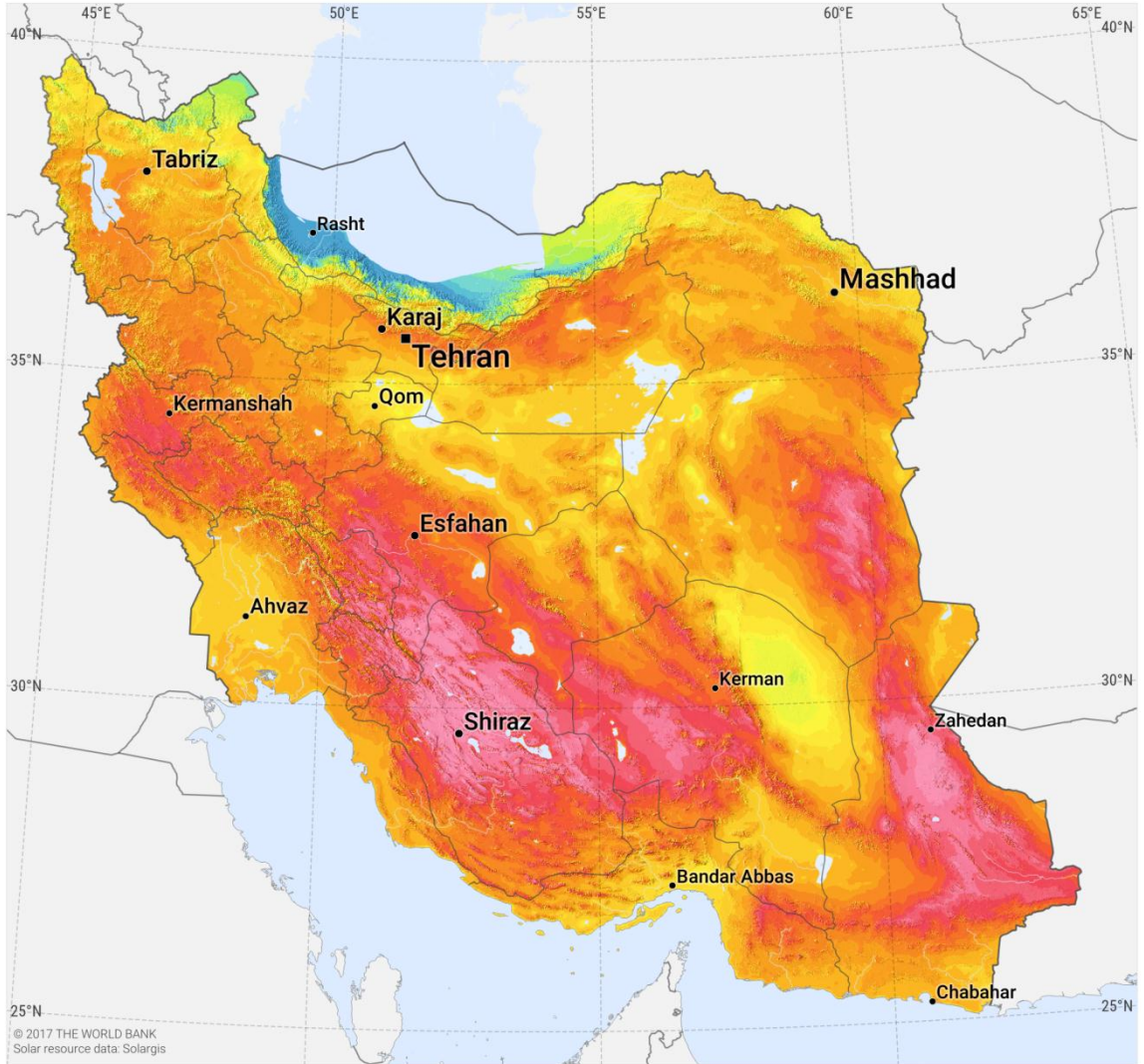
Source : « Guide des énergies renouvelables » ministère de l'énergie, Algérie, 2007.

الملحق رقم 11: خريطة الاشعاع الأفقي في إيران



This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAF, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit <http://globalsolaratlas.info>.

الملحق رقم 12: خريطة الاشعاع المباشر العادي في إيران



This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit <http://globalsolaratlas.info>.

الملخص:

بلغ الإنتاج الجزائري من النفط ذروته وهو يسير إلى النضوب بمعدلات متزايدة، ما ينذر بحتمية الانتقال إلى الموارد المتجددة كبديل حيوي لمصادر الطاقة الناضبة. إن توفر هذه العوامل الطبيعية إضافة إلى أخرى اقتصادية باعتبار الاقتصاد الجزائري قائم أساسا على عوائد المحروقات، جعل هذه الدراسة تتطرق من إشكالية تطرح السؤال الرئيس التالي: ما مدى فعالية إستراتيجية الجزائر في توظيف عوائد النفط لتطوير مصادر الطاقة المتجددة مقارنة بإيران والسعودية؟

بعد تضمن الدراسة لثلاثة فصول تُحدد الإطار النظري لاقتصاد الموارد الطبيعية، وأبرز النماذج الرياضية للانتقال الطاقوي، سعت في الفصل الأخير إلى طرح إستراتيجية الجزائر لتطوير استخدام الطاقات المتجددة، وخلصت إلى أن أهداف (Targets) برنامج الجزائر كبيرة ومصحوبة بترسانة قانونية من شأنها الدفع بتطبيق هذا البرنامج، على عكس إيران والسعودية، فمجال استخدام الطاقات المتجددة فيها يبقى في مراحله الأولى.

تكمن عوائق تنفيذ برنامج الجزائر لتنمية استخدام الطاقات المتجددة في شقين، تمويل هذا البرنامج الذي لم تعد عوائد تصدير المحروقات قادرة على تأمينه، وبدرجة أكبر قانون الاستثمار الأجنبي الذي لا يسهل عملية جذب رأس المال الأجنبي وإقامة شراكة أجنبية قادرة على ضمان تنفيذ كامل مشاريع البرنامج.

الكلمات المفتاحية: الاقتصاد الجزائري، قطاع المحروقات، الطاقات المتجددة، الطاقة النووية، إيران، السعودية.

Abstract :

Oil production in Algeria has reached a peak, its reserve is increasingly exhausted. This is a precursor to the inevitable transition to renewable resources as an indispensable alternative to exhaustible energy resources. The availability of these natural factors in addition to other economic factors since the Algerian economy is mainly based on hydrocarbon revenues, make this study part of the following problematic: How effective is the Algerian strategy for using oil revenues to develop renewable energy resources compared to Iran and Saudi Arabia?

The study included three chapters defining the theoretical framework of the natural resources economics, and the most important mathematical models of the energy transition. In its last chapter, it highlighted the Algerian strategy to develop the use of renewable energy and concludes that the targets of the Algerian program are important and is accompanied by a legal arsenal that will push the implementation of this program, unlike Iran and Saudi Arabia where the use of renewable energy is in its infancy.

The obstacles to the implementation of the Algerian renewable energy program are twofold: the financing of this program which is no longer ensured by hydrocarbon export revenues, and more broadly the law on foreign investment which does not facilitate the attraction of foreign capital and the establishment of a foreign partnership.

Keywords: Algerian economy, hydrocarbon sector, renewable energy, nuclear energy, Iran, Saudi Arabia.