



جامعة محمد بوضياف بالمسيلة

كلية: العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير والعلوم التجارية

قسم: العلوم الاقتصادية

الرقم التسلسلي:

رقم التسجيل: DEC/03/10

أطروحة

مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم

في: العلوم الاقتصادية

تخصص: التحليل والاستشراف الاقتصادي

العنوان

دور الطاقات الجديدة والمتجددة

في تحقيق نظام طاقة مستدام

"دراسة حالة الجزائر"

من إعداد:

ذبيحي عقيلة

تاريخ المناقشة: 2018/06/26

أمام لجنة المناقشة المكونة من السادة:

الاسم واللقب	الرتبة العلمية	المؤسسة	الصفة
مختار معزوز	أستاذ التعليم العالي	جامعة محمد بوضياف - المسيلة	رئيسا
محمد بوجلال	أستاذ التعليم العالي	جامعة محمد بوضياف - المسيلة	مشرفا ومقررا
رمضان كزار	أستاذ محاضر - أ -	جامعة محمد بوضياف - المسيلة	ممتحنا
عمر شريف	أستاذ التعليم العالي	جامعة الحاج لخضر - باتنة	ممتحنا
عمر جنيينة	أستاذ محاضر - أ -	جامعة العربي التبسي - تبسة	ممتحنا
محمد مداحي	أستاذ محاضر - أ -	جامعة آكلي محند أولحاج-البويرة	ممتحنا

السنة الجامعية: 2017/2018 م

شكر وتقدير

أحمد الله وأشكره على منحي القدرة والصبر لإتمام هذا العمل،
وأقدم بالشكر الجزيل للأستاذ المحترم الدكتور المشرف محمد بوجلال
رفع الله درجاته في الدنيا والآخرة، على كل ما قدمه

لي من نصائح وتوجيهات قيّمة،
كما أشكر مسبقاً أعضاء لجنة المناقشة
على تقويمهم وثنيتهم هذا العمل وقبولهم مناقشته،
ونشكر كل من ساعدنا من قريب أو من بعيد .

الإهداء

أهدي عملي هذا إلى المرفأ الهادي، الذي يحملني كلما تقاذفتني السفن والأشرعة، الحاضر الغائب،

القريب البعيد . . إلى روح أبي الطاهرة .

إلى من كان ألفها أمل حياتي وميمها متنفس همومي وياؤها ينبوع حناني . .

أمي الغالية .

إلى من مسحت دمعتي ورسمت ابتسامتي وأذاقتني حلول الحياة رغم مرها . .

جدتي وحييتي الغالية، التي لن أوفيتها حقها أبدا .

إليك أخي ورقة عيني وأعلى من روحي « محمد » .

إلى من لن أنسى فضله عليّ لإتمام هذا العمل . . زوجي إلياس .

إلى ولدي الغالي إباد وابنتي الحبيبة ريتاج حفظهما الله .

إلى كل الأقارب والأصدقاء أهدي عملي هذا .

الفهرس

الفهرس

البيان	الصفحة
شكر وتقدير	I
الإهداء.....	II
الفهرس	III
قائمة الجداول.....	XII
قائمة الأشكال	XIV
الملخص	XV
مقدمة.....	أ-ز

الفصل الأول: أنواع الطاقة الناضبة والآثار الإيكولوجية الناجمة عنها

تمهيد	09
المبحث الأول: الطاقة الناضبة ومختلف مصادرها	11
المطلب الأول: مصادر الطاقة التقليدية.....	11
الفرع الأول: مفهوم الطاقة التقليدية.....	11
الفرع الثاني: مصادر الطاقة التقليدية.....	12
المطلب الثاني: الطاقة النووية	45
الفرع الأول: مفهوم الطاقة النووية.....	45
الفرع الثاني: أنواع الطاقة النووية	48
الفرع الثالث: استخدامات الطاقة النووية	51
الفرع الرابع: اقتصاديات الطاقة النووية	51

52	المبحث الثاني: الآثار الإيكولوجية للطاقة الناضبة.....
54	المطلب الأول: الآثار البيئية للطاقة التقليدية.....
54	الفرع الأول: الاحتباس الحراري
56	الفرع الثاني: الأمطار الحمضية.....
58	الفرع الثالث: الآثار الإيكولوجية الناجمة عن إنتاج ونقل واستهلاك الفحم
62	الفرع الرابع: الآثار الإيكولوجية الناجمة عن إنتاج ونقل واستهلاك البترول.....
69	الفرع الخامس: الآثار الإيكولوجية للغاز الطبيعي
71	المطلب الثاني: الآثار البيئية للطاقة النووية.....
77	خلاصة الفصل الأول

الفصل الثاني: الطاقات الجديدة والمتجددة وإستراتيجية تنفيذ نظام طاقة مستدام

79	تمهيد
80	المبحث الأول: أهمية البحث عن مصادر طاقة بديلة.....
80	المطلب الأول: ضرورة البحث عن مصادر طاقة بديلة
80	المطلب الثاني: أسباب البحث عن مصادر الطاقة البديلة وأهميتها
81	الفرع الأول: أسباب البحث عن مصادر الطاقة البديلة
81	الفرع الثاني: أهمية مصادر الطاقة البديلة
84	المبحث الثاني: مفهوم الطاقات الجديدة والمتجددة وأهم أنواعها
84	المطلب الأول: الطاقة الشمسية.....
84	الفرع الأول: تعريف الطاقة الشمسية.....
85	الفرع الثاني: أهمية الطاقة الشمسية
86	الفرع الثالث: استخدامات الطاقة الشمسية.....

المطلب الثاني: طاقة الرياح	87
المطلب الثالث: الطاقة الحرارية الجوفية "الطاقة الجيوحرارية"	91
الفرع الأول: مفهوم الطاقة الحرارية الجوفية	91
الفرع الثاني: مصادر الطاقة الحرارية الجوفية	93
الفرع الثالث: تطبيقات الطاقة الحرارية الجوفية	93
المطلب الرابع: المصادر المائية للطاقة	98
الفرع الأول: مفهوم المصادر المائية للطاقة	98
الفرع الثاني: المصادر البحرية	98
الفرع الثالث: الطاقة المرتبطة بالمجاري النهرية	101
المطلب الخامس: الطاقة المستمدة من الكتلة الحيوية (الإحيائية) والإيثانول ..	104
الفرع الأول: مفهوم الطاقة الإحيائية والإيثانول	104
الفرع الثاني: حجم الإنفاق على الطاقة الإحيائية	106
المطلب السادس: طاقة الهيدروجين	106
الفرع الأول: تعريف الهيدروجين	106
الفرع الثاني: طرق إنتاج الهيدروجين	108
الفرع الثالث: خزن الهيدروجين	110
الفرع الرابع: استعمالات الهيدروجين	111
المبحث الثالث: عيوب الطاقات المتجددة والقيود التي تعوق تطويرها	113
المطلب الأول: عيوب الطاقات المتجددة	114
الفرع الأول: الطاقة الشمسية	114
الفرع الثاني: طاقة الرياح	114
الفرع الثالث: الطاقة الجيوحرارية	116
الفرع الرابع: المصادر المائية للطاقة	118

119.....	الفرع الخامس: طاقة الكتلة الحيوية والإيثانول
120.....	الفرع السادس: طاقة الهيدروجين
121	المطلب الثاني: العوائق التي تحول دون تطوير الطاقات المتجددة
123	المبحث الرابع: استراتيجية تنفيذ نظام طاقة مستدام
123	المطلب الأول: ترشيد استخدام الطاقة
125.....	الفرع الأول: ترشيد استهلاك الطاقة في الأجهزة الخدمية
128.....	الفرع الثاني: تحسين استخدام الطاقة في القطاع الصناعي
130.....	الفرع الثالث: ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع النقل والمواصلات
132.....	الفرع الرابع: ترشيد استهلاك الطاقة في المباني
134	المطلب الثاني: دفع وتشجيع تطبيقات الطاقات المتجددة
136	المطلب الثالث: ملخص للاستراتيجيات والسياسات والتدابير الموصى بها
136.....	الفرع الأول: الاستراتيجيات والسياسات
138.....	الفرع الثاني: نقل التكنولوجيا والتوعية لبناء القدرات
140	خلاصة الفصل الثاني

الفصل الثالث: واقع وآفاق قطاع الطاقات الجديدة والمتجددة في العالم

142	تمهيد
143	المبحث الأول: واقع الطاقات الجديدة والمتجددة في العالم
143	المطلب الأول: الطاقة الشمسية
145	المطلب الثاني: طاقة الرياح
146.....	الفرع الأول: الصين
146.....	الفرع الثاني: الولايات المتحدة الأمريكية
146.....	الفرع الثالث: ألمانيا

147.....	الفرع الرابع: الهند
148.....	الفرع الخامس: إسبانيا
148.....	الفرع السادس: المملكة المتحدة
148.....	الفرع السابع: كندا
149.....	الفرع الثامن: فرنسا
149	المطلب الثالث: الطاقة الجيوحرارية
150.....	الفرع الأول: الصين
150.....	الفرع الثاني: السويد
151.....	الفرع الثالث: الولايات المتحدة الأمريكية وأيسلندا
152	المطلب الرابع: المصادر المائية للطاقة
152	الفرع الأول: أيسلندا
152.....	الفرع الثاني: النرويج
153.....	الفرع الثالث: السويد
153	المطلب الخامس: طاقة الكتلة الإحيائية
154.....	الفرع الأول: بريطانيا
155.....	الفرع الثاني: البرازيل
156	المطلب السادس: طاقة الهيدروجين
158	المبحث الثاني: آفاق الطاقات الجديدة والمتجددة في العالم
158	المطلب الأول: مستقبل الطاقة الشمسية
159	المطلب الثاني: مستقبل طاقة الرياح
160.....	الفرع الأول: الصين
161.....	الفرع الثاني: الولايات المتحدة الأمريكية
162.....	الفرع الثالث: ألمانيا

163.....	الفرع الرابع: الهند
163.....	الفرع الخامس: إسبانيا
164.....	الفرع السادس: المملكة المتحدة
164.....	الفرع السابع: كندا
165.....	الفرع الثامن: فرنسا
166	المطلب الثالث: مستقبل الطاقة الجيوتحرارية
167.....	الفرع الأول: الصين
167.....	الفرع الثاني: السويد
168.....	الفرع الثالث: الولايات المتحدة الأمريكية
168.....	الفرع الرابع: أيسلندا
169	المطلب الرابع: مستقبل المصادر المائية للطاقة
170.....	الفرع الأول: أيسلندا
170.....	الفرع الثاني: النرويج
170.....	الفرع الثالث: السويد
171	المطلب الخامس: مستقبل طاقة الكتلة الإحيائية
171.....	الفرع الأول: بريطانيا
172.....	الفرع الثاني: البرازيل
173	المطلب السادس: مستقبل طاقة الهيدروجين
176	خلاصة الفصل الثالث

الفصل الرابع: واقع وآفاق قطاع الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر

تمهيد	178
المبحث الأول: واقع الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر	179
المطلب الأول: الإطار التشريعي والمؤسساتي للطاقات المتجددة في الجزائر ...	179
الفرع الأول: الإطار المؤسساتي	180
الفرع الثاني: الإطار التشريعي	181
المطلب الثاني: الإمكانيات الطاقوية المتجددة في الجزائر	182
الفرع الأول: الإمكانيات الشمسية	183
الفرع الثاني: إمكانيات الرياح	185
الفرع الثالث: إمكانيات الطاقة الجبوجحرارية	187
الفرع الرابع: الإمكانيات المائية	189
الفرع الخامس: إمكانيات الطاقة الحيوية	190
المطلب الثالث: تطبيقات الطاقة المتجددة في الجزائر	193
الفرع الأول: المشاريع المنجزة	193
الفرع الثاني: مشاريع في طور الإنجاز	200
المبحث الثاني: آفاق الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر	204
المطلب الأول: بعض المشاريع المستقبلية التي يتم التخطيط لها	204
الفرع الأول: تهجين محطات إنتاج الكهرباء بالديزل في أقصى الجنوب	205
الفرع الثاني: إنتاج وتصدير الهيدروجين الشمسي	206
الفرع الثالث: قطب الطاقات الجديدة والمتجددة	207
المطلب الثاني: معوّقات استغلال الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر	209
الفرع الأول: معوّقات استغلال الطاقة الشمسية في الجزائر	209
الفرع الثاني: معوّقات استغلال طاقة الرياح في الجزائر	209

210.....	الفرع الثالث: معوّقات استغلال الطاقة الجيوحرارية في الجزائر
210.....	الفرع الرابع: معوّقات استغلال الطاقة المائية في الجزائر
211.....	الفرع الخامس: معوّقات استغلال طاقة الكتلة الإحيائية في الجزائر
211.....	الفرع السادس: معوّقات استغلال طاقة الهيدروجين في الجزائر
212	خلاصة الفصل الرابع
214.....	خاتمة
218.....	قائمة المراجع

قائمة الجداول:

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
01	احتياطات الفحم في العالم في نهاية عام 2016م	15
02	البلدان الرئيسية المنتجة للفحم في العالم (مليون طن مكافئ نفط) لعام 2016م	17
03	البلدان الرئيسية المستهلكة للفحم في العالم (مليون طن مكافئ نفط) لعام 2016م	19
04	إنتاج منظمة أوبك من النفط لسنة 2016م (آلاف البراميل في اليوم)	24
05	الاحتياطي المثبت من النفط في العالم لعام 2016م حسب المناطق (بملايين البراميل)	29
06	الإنتاج العالمي من النفط (2015م - 2016م).	31
07	الاستهلاك العالمي من النفط خلال الفترة (2015م - 2016م). (آلاف البراميل في اليوم)	34
08	النسب المئوية للعناصر الداخلة في تركيب الغاز الطبيعي	36
09	التحليل الكيميائي لمثال من أنواع الغاز الثلاثة	38
10	الإنتاج العالمي من الغاز الطبيعي خلال الفترة (2015م - 2016م) (مليون طن مكافئ نفط)	40
11	الاستهلاك العالمي للغاز الطبيعي (2015 - 2016م) (مليون طن مكافئ نفط)	42
12	نسبة مشاركة العناصر المختلفة في تكلفة إنتاج وحدة الكهرباء (كيلو وات/ساعة)	52
13	أهم التأثيرات البيئية لمصادر الطاقة التقليدية	70
14	توزيع أولى محطات توليد الطاقة الكهربائية من الحرارة الأرضية	97
15	الطاقة الشمسية الكامنة في الجزائر	183

قائمة الجداول

190	مختلف مراكز توليد الطاقة الكهرومائية في الجزائر	16
197	القرى التي تم تزويدها بالكهرباء في إطار مشروع الجنوب الكبير	17
198	تطبيقات الطاقة الشمسية الفوتوفولطية لبعض ولايات الوطن	18
201	خصائص القرى الـ 16 المخطط لتزويدها بالكهرباء الفوتوفولطائية في إطار البرنامج الوطني للإضاءة الريفية 2006-2009م	19

قائمة الأشكال:

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
01	التوزيع النسبي لاستهلاك الطاقة الأولية في العالم	44
02	انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الدول الرئيسية المستهلكة للفحم في العالم (مليون طن)	61
03	عدد حالات الإصابة بالسرطان بسبب السقط النووي في مواقع مختلفة من العالم حسب دوائر العرض حتى سنة 2000. (+): نصف الكرة الأرضية الشمالي. -: نصف الكرة الأرضية الجنوبي).	74
04	تشجيع كفاءة الطاقة وفرض معايير أعلى لها يمكن أن يحدث فارقا ضخما.	128
05	المتوسط السنوي لشدة الإشعاع الشمسي في مختلف مناطق الوطن (كيلووات في الساعة في م ² الواحد في اليوم)	184
06	السرعة المتوسطة للرياح على ارتفاع 10 أمتار من سطح الأرض	185
07	حدود الطبقة الألبية في الجزائر	188
08	توزيع الطاقة المتجددة المستغلة حسب مصدرها	191
09	توزيع الطاقة المتجددة المستغلة حسب الاستعمال	192

ملخص:

تمثل الطاقة بنوعيتها التقليدي والمتجدد أهم مصدر اقتصادي واستراتيجي في الاقتصاد العالمي، أما بالنسبة إلى الاقتصاد الجزائري فيمكن القول إن الطاقة التقليدية تهيمن على قطاع الصادرات، فنحو 98 بالمائة من مداخل البلاد ناجمة عن تصدير المحروقات، أما بالنسبة إلى الطاقات الجديدة والمتجددة فتعتبر من أهم القطاعات التي تمتلك الجزائر فيها إمكانيات هائلة إن أحسنت استغلالها تمكنت من تغطية حاجياتها الطاقوية من جهة، وحتى التصدير إلى الخارج مما يسهم في تنمية صادراتها خارج إطار المحروقات، لكن واقع هذه الطاقات لا يزال قيد البحث والتطوير حيث لا تلبى سوى 0.01 بالمائة من مجمل حاجيات البلد الطاقوية، في حين إنها أثبتت فاعلية في ما يخص تزويد قرى الجنوب الكبير بالكهرباء الشمسية، كما أن العقبة الأساسية التي تعترض طريقها بالدرجة الأولى هي العقبة المالية في ما يخص الإنفاق على تطوير تكنولوجيات التحكم في هذه الطاقة، بالإضافة إلى ارتفاع أسعارها مقارنة بأسعار الطاقة التقليدية الناجم أساسا عن تعقد تقنياتها.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الناضبة، الطاقة الجديدة والمتجددة، الطاقة الشمسية، نظام طاقة مستدام.

Résumé:

L'Energie par ses deux types, conventionnelle et renouvelable représente la source économique et stratégique la plus importante pour l'économie mondiale.

Pour ce qui est de l'économie algérienne, on peut dire que l'énergie conventionnelle prend le monopole sur les exportations, étant donné qu'environ 98% des revenus du pays sont issus des exportations d'hydrocarbures.

Concernant l'énergie, nouvelle et renouvelable, elle est l'énergie dont l'Algérie possède le plus important potentiel qui lui permet, en cas de bonne utilisation, de couvrir ses besoins en énergie d'une part, et d'exporter vers l'étranger et de développer ses exportations hors hydrocarbures, d'autre part.

Toutefois, la réalité de ces énergies est toujours en cours de recherche et de développement, puisqu'elles ne répondent qu'à 0.01% des besoins énergétiques du pays, tout en prouvant leur efficacité en couvrant les villages du grand Sud par l'énergie solaire.

Il est également utile de noter que l'obstacle principal auquel est confrontée cette énergie consiste, en premier lieu, dans l'obstacle financier, notamment, les dépenses sur le développement de la technologie de maîtrise de cette énergie, ainsi que la hausse de son prix par rapport à ceux de l'énergie conventionnelle, dû essentiellement à la complexité de ses techniques.

Mots clés: énergie sèche, énergie nouvelle et renouvelable, énergie solaire, système d'énergie durable.

Summary:

Energy, either conventional or renewable, represents the largest economic and strategic source for global economy.

Concerning Algeria's economy, it is fully dependent on conventional energy exports, as nearly 98 percent of the country's revenue come from hydrocarbon exports.

Algeria has huge potential in terms of new and renewable energy, which could allow this oil rich nation, in case of efficient use, to not only meet domestic needs in terms of energy, but also to develop a free from hydrocarbon economy, and ultimately would be able to export surplus outputs abroad.

New and renewable energy sources are still under research and development, as they meet only 0.01 percent of the country's total needs. Solarenergy, for example, is proved effective in terms of providing electricity access to villages located in remote desert regions of Algeria. However, the lack of required financial resources hinders the efforts aiming at developing and better controlling renewable energy technologies. Beside, the cost of renewable energy service is more expensive than that of conventional energy, which is most and foremost due to the costly and complex technologies used in this sustainable energy system.

Keywords: low energy, new and renewable energy, solar energy, sustainable energy system.

مقدمة

مقدمة:

تعتبر الطاقة عصب الحياة والمحرك الرئيس للتقدم الصناعي بصفة خاصة والتقدم الاقتصادي بصفة عامة، فهي تلعب دورا بالغ الأهمية بالنسبة إلى البشرية، ولقد اعتمد العالم على الطاقة ومواردها لتحويل الموارد الاقتصادية من أشكالها الأولى إلى أشكال أخرى تشبع رغبات وحاجات الأفراد والمستهلكين، كما اعتمد عليها الفرد لتحقيق الإنتاج والعمل على زيادته كوسيلة لزيادة متوسط دخله ورفع مستوى معيشته، ونظرا إلى الدور المهم والمتعاظم الذي تلعبه الطاقة في كافة الاقتصاديات سواء كانت متقدمة أم نامية فقد حظي موضوع الطاقة بالدراسة والاهتمام على مستوى دول العالم، كما أولته المؤسسات والهيئات العالمية والدولية والإقليمية المزيد من البحث والدراسة.

وبالرغم من أهمية الطاقة التقليدية (غاز، بترول، فحم) حيث إن اكتشافها قد سما بمجتمعات كثيرة إلى النهضة الصناعية التي ساعدت بدورها على التنمية والإبداع ورفاهية الشعوب، إلا أن إدراك الإنسان المتزايد لمخاطر التلوث البيئي من أمطار حمضية واحتباس حراري وغيرها الناجمة أساسا عن زيادة الاستهلاك من مصادر الطاقة الحفرية، هذا من جهة، وخطر نضوبها من جهة ثانية، جعله يفكر جديا في التقليل من استهلاكها واللجوء إلى مصادر أخرى للطاقة أكثر ديمومة ونظافة، وعليه أن يعمل على تطوير كفاءة هذه المصادر الجديدة وتقليل أسعار منظوماتها، هذه المصادر هي مصادر الطاقة البديلة أو مصادر الطاقات الجديدة والمتجددة، ولقد بدأ التفكير جديا في هذا النوع من الطاقات عام 1973م حيث أقيمت المختبرات البحثية المتخصصة لإجراء التجارب والبحوث النظرية والتطبيقية التي من شأنها أن تخلق تقنيات ملائمة ذات جدوى اقتصادية وبيئية، ومن أهم أنواع الطاقات الجديدة والمتجددة نذكر: الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الجيوحرارية وطاقة الكتلة الإحيائية... إلخ.

والجزائر على غرار باقي بلدان العالم، فإنها ستعاني حتما من مشكلتي نضوب الطاقة وتلويثها للبيئة، بل ربما بصفة أشد لكون هذا القطاع قطاعا حساسا في الاقتصاد الجزائري،

ويكفي التدليل على أهميته أن نحو 98 بالمائة من مداخل الجزائر ناجمة عن تصدير المحروقات، ومنه كان لزاما عليها أن تفكر في البديل المناسب اقتصاديا وبيئيا، ولقد حظيت فكرة الطاقات الجديدة والمتجددة بالاهتمام في الجزائر منذ 1982م، وذلك بالصادقة على ميلاد المحافظة السامية للطاقات المتجددة، ومن ثم بدأت في إعداد الوسائل الأساسية من أجل الانطلاق في نشاطها، ومن مهامها الرئيسة المسطرة ضمن السياسة الوطنية والطاقوية القيام بجميع الأعمال المتعلقة بالبحث والتكوين والإعلام في مجال الطاقات المتجددة، وقد توالى في ما بعد إنجاز عدة هياكل متخصصة، كما تمت المصادقة على عدد من النصوص القانونية من أجل تأطير هذا القطاع وهذا وصولا إلى نظام طاقة مستدام.

أسباب اختيار الموضوع: إن أهم الأسباب التي دفعتنا إلى اختيار هذا الموضوع هي:

1. قلة الدراسات الاقتصادية التي تناولت الموضوع.
2. الرغبة الشخصية في البحث والاستكشاف في موضوع الطاقة المستدامة، وبخاصة الطاقات الجديدة والمتجددة كأحد تحديات العصر.
3. التخصص أكثر في البحث الذي تناولته في رسالة الماجستير المعنون بـ "الطاقة المستدامة - دراسة حالة الجزائر -".

إشكالية البحث:

تدور إشكالية هذا البحث حول أهمية الطاقات الجديدة والمتجددة، ودورها في تحقيق نظام طاقة مستدام لاسيما في الاقتصاد الجزائري، ومن ذلك يبرز التساؤل الرئيس التالي:

• إلى أي مدى تسهم الطاقات الجديدة والمتجددة في تحقيق نظام طاقة

مستدام؟

ويندرج ضمن هذا التساؤل الرئيس الأسئلة الفرعية التالية:

- هل يمكن للطاقات الجديدة والمتجددة أن تحل محل الطاقة التقليدية خلال المستقبل المنظور؟

- هل يمكن اعتبار الطاقة الشمسية هي البديل الطاقوي الأفضل؟
- هل تملك الجزائر مقومات اقتحام مجال استغلال الطاقات الجديدة والمتجددة؟
- إلى أي مدى تستطيع مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة تمكين الصناعة من الاستمرار إذا ما نضبت مصادر الطاقة الحفورية؟

فرضيات البحث:

لمعالجة الإشكالية السابقة، قمنا بوضع الفرضيات التالية:

1. الاستعانة بالطاقات المتجددة لا يعني الاستغناء عن الطاقة التقليدية.
2. تمتلك الجزائر من الحوافز والطاقات ما يمكّنها من الانتقال من اقتصاد يعتمد على موارد طاغوية ناضبة إلى اقتصاد يعتمد على موارد طاغوية متجددة.
3. يمكن اعتبار مشكلي التمويل والتحكم في التكنولوجيا هما العائقين الأساسيين أمام اقتحام الجزائر مجال استغلال الطاقات الجديدة والمتجددة.
4. يمكن اعتبار الطاقة الشمسية أهم الطاقات البديلة.
5. تعتبر الطاقة المستدامة هي نفسها الطاقات الجديدة والمتجددة في حالة ما أثبتت هذه الأخيرة جدواها الاقتصادية.

منهجية البحث:

اعتمدنا في دراستنا هذه على المنهج الوصفي التحليلي لملائمته طبيعة الموضوع، إذ يعنى هذا المنهج بوصف الظاهرة المدروسة وهي مدى قدرة الطاقات الجديدة والمتجددة على تحقيق نظام طاقة مستدام، وأيضا بتحليل المعطيات (الاحتياطي من مصادر الطاقات المتجددة والنسبة المستغلة من هذا الاحتياطي في إنتاج الطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية... إلخ) وربط دلالاتها للوصول إلى جملة من الاستنتاجات إضافة إلى أسلوب دراسة الحالة الجزائرية من خلال دراسة واقع وآفاق الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر.

وأيضاً نستعين بتقديرات وتنبؤات الهيئات الوطنية والدولية المتخصصة لمحاولة تحليل واقع وآفاق الطاقات الجديدة والمتجددة لاسيّما في الجزائر، إضافة إلى الاعتماد على المراجع المتمثلة في: الكتب والبحوث، والمجلات والدوريات والتقارير المتخصصة، وبيانات مستقاة من منظمات دولية ذات علاقة بموضوع البحث.

حدود الدراسة:

تتخصر دراستنا زمنيا خلال الفترة الحالية والمستقبلية، أمّا الإطار المكاني لهذه الدراسة فيتمثل أساسا في الجزائر خاصة إضافة إلى عرضنا لأهم دول العالم المنتجة والمستهلكة للطاقة الحفريّة، وأيضاً لمجموعة من الدول الرائدة في مجال الطاقات المتجددة.

أهداف البحث: تتمثل أهداف البحث في العناصر التالية:

1. معرفة مكانة الطاقات الجديدة والمتجددة في قطاع الطاقة الجزائري.
2. تشجيع تطوير الطاقات الجديدة والمتجددة لتحقيق نظام طاقة مستدام.
3. زيادة الوعي بإدراك أهمية الطاقة التقليدية وخطورتها في الوقت ذاته ومنه ضرورة البحث عن البديل الطاقوي المناسب.

خطة البحث:

سنتطرق في الفصل الأول إلى أهم أنواع الطاقات الناضبة وتبيان الآثار الإيكولوجية لها، أمّا في الفصل الثاني فسننتطرق إلى أهم أنواع الطاقات الجديدة والمتجددة وإستراتيجية تنفيذ نظام طاقة مستدام، أما في الفصل الثالث فسنعرض إلى واقع وآفاق قطاع الطاقات الجديدة والمتجددة في العالم وذلك بإبراز تجارب الدول الرائدة في هذا المجال، أمّا في الفصل الرابع فسننتطرق إلى واقع وآفاق قطاع الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر وذلك بعرضنا لأهم الإمكانيات الطاقوية المتوفرة، وأهم الإنجازات في هذا المجال والآفاق المرتقبة لهذا القطاع.

الدراسات السابقة: هناك عدد لا بأس به من الدراسات ذات العلاقة بموضوع البحث، نذكر منها:

- "مصادر الطاقة المستقبلية: الهيدروجين وخلايا الوقود والتوقعات لكوكب أنظف"، كتاب من تأليف بيتر هوفمن وترجمة ماجد كنج تم إصداره عام 2009م عن دار الفارابي، يتحدث المؤلف عن المخاطر الأمنية والاقتصادية والتهديدات البيئية الناجمة أساساً عن تزايد استهلاك النفط، كما يلفت هوفمن النظر إلى أنه علينا أن نتذكر أن الشمس والرياح ومصادر الطاقة المتجددة كافة هي متقطعة وموزعة على مناطق معينة، وقد تصبح مصدراً أساسياً للكهرباء، إذا وجدنا الطريقة لتخزين طاقتها ونقلها بفاعلية، أما الهيدروجين فقد يجعل تصور التجديد واقعياً عن طريق تخزين الطاقة المتجددة لتكون متاحة متى وحيثما تدعو الحاجة، فالهيدروجين هو الجزء الأبسط، إنه غير سام ويمكن صنعه من الماء الصّرف باستعمال الكهرباء من المصادر المتجددة.
- "رياح التغيير في أنظمة الطاقة العالمية والعربية"، من كتابة وإعداد المهندس ماجد كرم الدين محمود، المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، القاهرة، مصر، 2012، ويبرز الكاتب من خلال دراسته هذه أهمية الطاقات المتجددة ويتساءل أيها أجد بالدراسة بداية، ويقترح طاقة الرياح لكونها الأكثر نضجاً حالياً من الناحيتين الفنية والاقتصادية، كما يعطينا نظرة حول خصائص الرياح في عالمنا العربي ويرى أنها تتميز بخصائص رائعة من حيث إمكانية إنتاجها لطاقة الرياح، ثم يبين لنا مدى تقدم وتطور تقنيات استغلال طاقة الرياح مقارنة بالحقب الماضية ليقدم لنا بعدها مختلف أنواع التوربينات وليتساءل مرة أخرى عن أفضلها فيجد أن التوربينات الضخمة أفقية المحور هي أفضلها كما يقدم لنا طريقة توزيع وربط التوربينات في مزارع الرياح وكيفية صيانة هذه الأخيرة ليختم بحثه بأن طاقة الرياح تزداد نسبة مساهمتها في المزيج الطاقوي يوماً بعد يوم.

- "استخدام الطاقات المتجددة ودورها في التنمية المحلية المستدامة"، دراسة حالة الطاقة الشمسية في الجزائر، أطروحة دكتوراه من إعداد الباحث عمر شريف، جامعة الحاج لخضر، باتنة، 2007م، من أهم ما هدفت إليه الدراسة هو التوصل إلى أحسن الطرق البديلة لإحلال الطاقة التقليدية بالطاقات المتجددة، أيضا معرفة الإمكانيات المتاحة من الاستثمارات الوطنية والأجنبية التي تخدم وتشجع استخدام الطاقات المتجددة، وأهم ما توصلت إليه هذه الدراسة أن الآثار الإيكولوجية الناجمة عن استخدام الطاقات المتجددة لا تقارن بآثار الطاقة الحفريّة بالرغم من ضرورتها وتبقى الطاقات المتجددة رغم نظافتها وعدم نفادها غير مجدية اقتصاديا في الوقت الراهن مقارنة بالطاقة الحفريّة، ولقد اعتمدت في دراستي إلى حد بعيد على هذه الدراسة مع تحيين المعطيات وإضافة واقع وآفاق الطاقات المتجددة في العالم.

الفصل الأول:

أنواع الطاقة الناضبة والآثار
الإيكولوجية الناجمة عنها

الفصل الأول: أنواع الطاقة الناضبة والآثار الإيكولوجية الناجمة عنها

عندما عرف الإنسان النار، عرف أول طريقة لاستغلال الطاقة واستخدامها في مختلف أغراضه الحياتية مثل طهي الطعام وتدفئة الكهف وإنارته، وهكذا كان الحجر هو أول مصدر خارجي للطاقة، ثم تلاه الخشب وغيره للحصول على الطاقة الحرارية.

ومما لا شك فيه أن الطاقة أصبحت اليوم سمة من سمات العصر الذي نعيش فيه، مما دفع بالبعض إلى أن يطلق على عصرنا الحالي "عصر الطاقة"، بل أصبح ما يستهلكه الفرد من طاقة مقياساً لتقدم الأمم والشعوب، إذن فما هي الطاقة؟⁽¹⁾

تعرف الطاقة بأنها الشغل المنجز بواسطة استعمال الأجهزة والماكينات التي تعمل باستخدام أحد أنواع الوقود كالنفط والغاز والكهرباء والخشب، أو غيرها لتقديم الخدمات الضرورية للحياة. وببساطة هي القدرة على أداء شغل أو عمل. والطاقة الكلية لأي جسم تعتمد على موضعه، وحالته الحركية، وحالته الداخلية، وتركيبته الكيميائية، وكتلته.⁽²⁾

وباختصار، "لأشياء في الوجود الطبيعي إلا للمادة والطاقة"، فالمادة لا تفنى والطاقة كذلك، ولكن يمكن أن تتحول من شكل إلى آخر.⁽³⁾

ويمكن تصنيف الطاقة إلى أربعة أشكال -حسب مصدرها واستخدامها- هي:

1. طاقة أولية **Energie Primaire**: وهي المصدر الرئيس للطاقة سواء كانت مستخرجة من تحت الأرض (البترول، الغاز الطبيعي، الفحم) أم موجودة في الكون عموماً (كالطاقة الشمسية والرياحية والحرارية وغيرها).

2. طاقة ثانوية **Energie Secondaire**: وهي ناتجة عن تحول الطاقة الأولية بهدف استعمالها مثل المنتجات البترولية، الغاز الطبيعي، الكهرباء.

3. طاقة نهائية **Energie Finale**: وهي الطاقة الثانوية بعد الضياع الطاقوي الناتج عن عمليات النقل والتوزيع.

(1) حسن أحمد شحاتة، التلوث البيئي ومخاطر الطاقة، الدار العربية للكتاب، القاهرة، مارس 2003، ص. 22.

(2) عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، ترشيد استهلاك الطاقة، دار مجدلاوي للنشر والتوزيع، عمان، 1996، ص. 11.

(3) حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص. 23.

4. الطاقة النفعية **Energie Utile**: وهي الطاقة الجاهزة للاستعمال من طرف المستهلك

مثل الطاقة الميكانيكية لسيارة أو شدة الضوء.(1)

ويمكن تصنيف الطاقة إلى نوعين - حسب إمكانية تجدها واستمراريتها - أحدهما الطاقة الناضبة أو المستنفدة والأخرى المتجددة، وتشمل الأولى مصادر الطاقة المستخدمة منذ القدم من فحم وبتروول وغاز طبيعي، إضافة إلى بعض الأنواع الحديثة مثل الطاقة النووية، وقد سميت كذلك لمحدودية موادها الأولية واقترب زمن نفاذها حيث لا يمكن تعويضها مجددا في زمن قصير، أمّا النوع الثاني، فهو طاقات متجددة، نظيفة غير ناضبة مثل الطاقة الشمسية، الحرارية، طاقة المياه والرياح... إلخ، إنّ مستوى وحياة مختلف الشعوب متعلقة إلى حد كبير بالطاقة المتوفرة لديهم كمّا ونوعا، هذه الطاقة مبنية على أساس اختيار طرق الإنتاج، التوزيع والاستهلاك الكفيلة بتحقيق التنمية المستدامة، ومنه فتنفيذ التنمية المستدامة من خلال نظام الطاقة يستلزم وضع استراتيجية تنفذ على مراحل.

وسوف نتعرض في هذا الفصل لأهم أنواع الطاقات الناضبة واقتصادياتها والآثار الإيكولوجية الناجمة عنها، وهذا من خلال المبحثين التاليين:

المبحث الأول: الطاقة الناضبة ومختلف مصادرها.

المبحث الثاني: الآثار الإيكولوجية الناجمة عن استخدام الطاقة الناضبة.

(1) Djamila Ait Akil, Etude de développement de l'infrastructure électrique en Algérie, Contribution a la résorption des déséquilibres régionaux, Analyse rétrospective (1970-1995) et perspectives, Thèse de magistère, Institut des sciences économiques, Alger, 1999, p.11.

المبحث الأول: الطاقة الناضبة ومصادرهما

إن الطاقة الناضبة سميت كذلك لعدم تجددتها خلال زمن قصير، ففي عصور ما قبل التاريخ استخدمت الأشجار والنباتات المختلفة كمصدر لتوليد الطاقة، ثم تحولت هذه النباتات تدريجياً إلى وقود كالفحم والنفط والغاز الطبيعي، علماً أن الطاقة المتحصل عليها من استعمال الوقود التقليدي هي نفس الطاقة التي وصلت إلى الأرض من الشمس في العصور الغابرة، فقد كانت مخزنة في بقايا الكائنات العضوية على شكل طاقة كيميائية، ومنذ نحو خمسين سنة اكتشف الإنسان مصدراً جديداً للطاقة لايزال في مرحلة التطوير هو الطاقة النووية.

سنحاول من خلال هذا المبحث أن نبيّن أهم مصادر الطاقة الناضبة من طاقة تقليدية حفرية و طاقة نووية من خلال تعريفها وخصائصها وتقديم إحصائيات حول النسب العالمية للاحتياطي والإنتاج والاستهلاك منها، أيضاً أهم الدول التي يوجد بها احتياطيّات مهمة من هذه الطاقات، وأهم الدول المنتجة والمستهلكة لها.

المطلب الأول: مصادر الطاقة التقليدية

الفرع الأول: مفهوم الطاقة التقليدية

لقد اكتشف البشر على امتداد القرنين الماضيين جبالات من الفحم الحجري وبحاراً من البترول والغاز الطبيعي مدفونة في طبقات القشرة الأرضية وموزعة في أماكن متفرقة من سطح الأرض، ولقد تكوّنت هذه الثروات قبل مئات الملايين من السنين نتيجة انحباس كميات كبيرة من النباتات والطحالب والحيوانات البرية والبحرية تحت طبقات من الرمال والصخور بسبب الزلازل والبراكين وبسبب انحسار البحار عن بعض أجزاء اليابسة وانغمار بعضها بمياه البحار.

ولقد تحللت المواد العضوية الموجودة في بقايا هذه الكائنات الحية بسبب الضغط الشديد والحرارة العالية إلى مركبات عضوية بسيطة تحتوي على كميات كبيرة من الطاقة

سبق للنباتات أن استمدتها من الشمس، ولقد تكوّن داخل الطبقات الصخرية ثلاثة أنواع من الوقود في حالات المادة الثلاث، وهي الفحم الحجري الصلب والبتروال السائل والغاز الطبيعي، حيث حدد سمك وعمق الطبقات الصخرية ونوع الصخور فيها وشدة الضغط ودرجة الحرارة طبيعة الوقود الناتج، حيث يوجد في النوع الواحد عدة أصناف تتفاوت في شكلها ولونها ومحتواها الحراري تبعاً إلى خصائص المواد العضوية التي تكوّنت منها فيما إن كانت بقايا حيوانية أو نباتية أو خليطاً من ذلك، وكذلك تبعاً إلى الظروف التي تكوّنت فيها هذه الأصناف.⁽¹⁾

إن الأنواع السابقة تعرف باسم الطاقة التقليدية أو "الوقود الحفري" وهي عبارة عن المصادر الناضبة أي إنها سوف تنتهي عبر زمن معين لكثرة الاستخدام، وهي متوافرة في الطبيعة بكميات محدودة وغير متجددة - أو يمكن القول إنها متجددة على المدى البعيد جداً وتشمل النفط والغاز والفحم بكل الأنواع التي تكوّنت عبر السنين الماضية في جوف الأرض، وهي ذات أهمية لأنها تخزن طاقة كيميائية من السهل إطلاقها كطاقة حرارية أثناء عملية الاحتراق، وكذلك نجد أن مصادر هذه الطاقة بجانب أنها ناضبة فإنها ملوثة للبيئة.⁽²⁾

الفرع الثاني: مصادر الطاقة التقليدية

وتشمل النفط والغاز الطبيعي والفحم، وتعرف بالمصادر غير المتجددة لأنها ناضبة، وتقول النظرية الشائعة في تفسير تكوّن هذه المصادر إنها تكوّنت جميعاً من تحلل كائنات حية في بيئة معدومة الهواء، وقد نتج عن هذا التحلل تكوّن مواد عديمة التأثير بعمليات التحلل اللاحقة، بمعنى أنّ عمليات التحلل اللاحقة لم تؤثر في مخزون الطاقة في هذه المواد وإن كانت قد أحدثت بعض التغيير في تراكيبها العضوية، وتشارك مصادر الطاقة الأحفورية في أنها تتكون جميعاً من مواد هيدروكربونية (مركبات تتكون من عنصري الكربون "C"

(1) منصور العبادي، الطاقة، جامعة العلوم والتكنولوجيا الأردنية:

<http://blogsstatic.maktoob.com/userFiles/m/a/mansourabbadi/office/18.doc> 01/05/2009 16:30

(2) سعود يوسف عياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة، إصدارات المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، 1981، ص 15-16.

والهيدروجين "H" لا غير)، إضافة إلى نسب مختلفة من شوائب أخرى كالماء والكبريت والأكسجين والنيتروجين وأكاسيد الكربون، وتختلف نسبة الكربون والهيدروجين في المصادر الأحفورية من مصدر إلى آخر، فالفحم مثلاً يتكون من الكربون بشكل أساسي، ويشكل عام كلما ارتفعت نسبة الكربونات أو الهيدروكربونات في المادة ارتفعت كمية الطاقة المخزونة فيها، وسوف نلقي الضوء على هذه المصادر في النقاط التالية:

أولاً: الفحم الحجري

يمثل الفحم أقدم مصادر الطاقة الحفورية، حيث يمثل أول مصدر عالمي للطاقة، وقد كان وجوده سبباً من الأسباب المباشرة للحضارة الصناعية،⁽¹⁾ حيث ظهرت أهميته كمصدر للوقود في عصر الثورة الصناعية (في القرن الثامن عشر) بأوروبا، ومن ثم انتشر استعماله إلى بقاع أخرى من الأرض.

فالفحم الحجري ناتج عن تفحيم الطبيعة، حيث تقوم بجمع الكثير والكثير من الأخشاب (الأشجار والنباتات) ثم تفحمها بطريقتها الخاصة (حيث تتم العملية بمعزل عن الهواء) على عكس الفحم النباتي الذي هو من صنع الإنسان (حيث يقوم الإنسان بجمع الحطب ثم يقوم بحرقه في مكان بمعزل عن الهواء حتى لا يشتعل كلياً فيصير رماداً، وهذا الفعل يعد محاكاة للطبيعة)، إذن الفحم الحجري هو من صنع الطبيعة، وهو خبيء الأرض وعلى أعماق بعيدة جداً من سطحها حيث يندر وجوده بالقرب من السطح فهو يستخرج من مناجم عميقة تبلغ مئات الأمتار في باطن الأرض.⁽²⁾

1. أهم أنواع الفحم:⁽³⁾

أ- الخث: ويعتبر الحلقة الأولى في سلسلة تكوّن الفحم، بمعنى أنه لم يتحول إلى فحم بصورة نهائية، حيث يعتبر مادة طرية مقارنة مع أنواع الفحم الأخرى، يحتوي على نسبة كبيرة من الماء (90%)، ونسبة قليلة من الكربون وبعض المواد المتطايرة،

(1) حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص. 45.

(2) المرجع نفسه، ص. 46.

(3) سعود يوسف عياش، مرجع سابق، ص ص. 16-17.

وتتركز استعمالاته الحالية على تزويد المنازل ببعض احتياجاتها من الطاقة الحرارية، وفي محطات توليد الطاقة الكهربائية.

ب- الفحم البني: يأتي في الحلقة الثانية في سلسلة تكوّن الفحم بعد الخث، يحمل الكثير من خصائصه كاحتوائه على نسبة عالية من الماء والمواد المتطايرة.

ج- الفحم القطراني "الحجري": يدعى بهذا الاسم لأنه ينتج مادة قطرانية عند تقطيره لإنتاج الغاز وفحم الكوك، ويحتوي على (30-40%) من المواد المتطايرة المتكونة من مواد هيدروكربونية تستعمل في إنتاج الغاز، كما يحتوي على نسبة قليلة من الماء، ويشكل الجزء الأكبر من احتياطي العالم من الفحم، وهو أكثر الأنواع استعمالاً وانتشاراً.

2. احتياطات الفحم في العالم:

عند استخراج الفحم من مناجمه، فإنه يكون على هيئة وحالة لا يمكن معهما استخدامه بطريقة مباشرة في الأغراض المختلفة، فهو يكون على هيئة قطع كبيرة ومتفاوتة في الحجم، وتحتوي- في الوقت نفسه- على نسب عالية من الشوائب والأتربة والرمال، ولذلك تتم معاملة الفحم -عقب استخراج- في مصانع خاصة، حيث يتم تكسيره إلى كتل متجانسة من حيث الحجم، كذلك يتم التخلص ممّا فيه من شوائب عن طريق غسله بواسطة تيار من المياه⁽¹⁾، وتقدر احتياطات الفحم المؤكدة في العالم حسب تقديرات شركة البترول البريطانية في نهاية عام 2016م بنحو 1 تريليون و 139 مليار و 331 مليون طن، ويقدر عمر احتياطات الفحم في العالم حسب معدلات الإنتاج السائدة حالياً بنحو 200 سنة. وإليك الجدول التالي الذي يوضح أهم أماكن وجود احتياطات الفحم في العالم في نهاية عام 2016م.⁽²⁾

(1) حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص ص 47-48.

(2) مصادر الطاقة

الجدول رقم: (01)

احتياطيات الفحم في العالم في نهاية عام 2016م (مليون طن)

البلد	الاحتياطي	النسبة من الاحتياطي العالمي (%)
الولايات المتحدة الأمريكية	582 251	22 ,1
الصين	244 010	21 ,4
روسيا	160 364	14,1
أستراليا	144 818	12,7
الهند	94 769	8,3
ألمانيا	36 212	3,2
أكرانيا	34 375	3
كازاخستان	25 605	2,2
جنوب إفريقيا	9 893	0,9
كندا	6 582	0,6
كولومبيا	4 881	0,4
بقية دول العالم	126 240	11,1
الاحتياطي العالمي	1 139 331	100

SOURCE: BP Statistical Review of World Energy, Pureprint, London, 2017, p.36.

وعلى عكس ما يشاع من قبل بعض الجهات ذات الارتباط بمصالح صناعة الفحم من أن احتياطيات الفحم هي الأكثر انتشاراً في أرجاء المعمورة من بقية مصادر الطاقة الهيدروكربونية، فإنّ ما يقارب 80% من احتياطيات الفحم في العالم تتركز في خمس دول وهي: الولايات المتحدة الأمريكية، الصين، روسيا، أستراليا، الهند. وتعتبر الولايات المتحدة الأمريكية أكبر دولة في احتياطيات الفحم حيث تمتلك 22,1% من إجمالي احتياطيات الفحم في العالم، وتأتي الصين في المرتبة الثانية إذ تبلغ حصتها 21,4% ويلاحظ من ذلك أن دولتين فقط تمتلكان ما يقارب نصف الاحتياطيات المؤكدة في العالم في نهاية

عام 2016م، وتحتل روسيا المرتبة الثالثة بحصة تصل إلى 14,1% وتليها أستراليا بحصة تبلغ 12,7 % ثم الهند بحصة 8,3 %، وتوجد احتياطات مؤكدة من الفحم في الجزائر تقدر بـ 40 مليون طن.⁽¹⁾

3. إنتاج الفحم في العالم:

هناك نقطة إحصائية مهمة تجدر الإشارة إليها منذ البداية، وهي أن بيانات إنتاج واستهلاك الفحم تتباين بصورة لافتة عند النظر إليها من حيث الكميات المطلقة أو عند النظر إليها من حيث الكميات التي تم احتسابها على أساس المكافئ النفطي، ويعود هذا التباين إلى اختلاف أنواع الفحم وجودته ومحتوياته الحرارية من منطقة إلى أخرى، كما أن ترتيب الدول حسب حجم إنتاجها قد لا ينسجم مع ترتيبها من ناحية حجم احتياطياتها، فعلى سبيل المثال تأتي الصين في المرتبة الأولى عالمياً من ناحية حجم إنتاجها بينما تأتي في المرتبة الثانية من ناحية حجم احتياطياتها، وفي الوقت نفسه تأتي روسيا في المرتبة الثالثة من ناحية حجم احتياطياتها بينما تأتي في المرتبة السادسة من ناحية حجم إنتاجها. ومن الناحية الواقعية توجد دولة أساسية واحدة في إنتاج الفحم في العالم، وهذه الدولة هي الصين التي وصلت حصتها إلى ما يعادل 46% من إجمالي إنتاج العالم من الفحم في عام 2016 م، ويبيّن الجدول التالي البلدان الرئيسة المنتجة للفحم في العالم.

(1) الطاقة والتعاون العربي، الورقة القطرية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية، مؤتمر الطاقة العربي العاشر، أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة، 21-23 ديسمبر 2013، ص. 19.

الجدول رقم: (02)

البلدان الرئيسة المنتجة للفحم في العالم (مليون طن مكافئ نفط) لعام 2016م

البلد	الإنتاج	النسبة من الإنتاج العالمي
الصين	1685,7	46,1%
الولايات المتحدة الأمريكية	364,8	10%
أستراليا	299,3	8,2%
الهند	288,5	7,9%
إندونيسيا	255,7	7%
روسيا	192,8	5,3%
جنوب إفريقيا	142,4	3,9%
كولومبيا	62,5	1,7%
بولونيا	52,3	1,4%
كازاخستان	44,1	1,2%
ألمانيا	39,9	1,1%
أكرانيا	17,1	0,5%
بقية دول العالم	211,3	5,7%
الإنتاج العالمي	3656,4	100%

SOURCE: BP Statistical Review of World Energy, Op Cit, p.38.

وتوجد ست دول رئيسة أخرى ذات إنتاج ملموس من الفحم وهي الصين والولايات المتحدة الأمريكية وأستراليا والهند وإندونيسيا وروسيا. وتصل حصة هذه الدول مجتمعة إلى ما يقارب 80% من إجمالي إنتاج العالم من الفحم في عام 2016م، وتأتي الولايات المتحدة الأمريكية في المرتبة الثانية من ناحية حجم إنتاجها من الفحم علما أنها أكبر دولة في العالم من حيث احتياطات الفحم.

وعلى كلٍّ، هناك توجه عالمي نحو تخفيض إنتاج الفحم بداية من عام 2013م ويستمر هذا الانخفاض إلى غاية عام 2016م، مع الإشارة إلى أن هذا الانخفاض يأتي كسابقة منذ ما يزيد عن قرابة 200 عام زمن البدء في استغلال الفحم، ويرجع السبب الرئيس وراء هذا الانخفاض إلى التوجهات البيئية كمحاولة التخفيض من انبعاث الغازات الدفيئة، ومنه التقليل من استهلاكه والبحث عن البدائل الطاقوية غير المضرة بالبيئة.

4. استهلاك الفحم في العالم:

لقد انخفض استهلاك الفحم في العالم بدءا من عام 2013م بسبب محاربة ظاهرة الاحتباس الحراري مما أدى بالبلدان المستهلكة له بصفة رئيسة إلى خفض نسب استهلاكها مما أثر بدوره على الاستهلاك العالمي، حيث انخفض استهلاك العالم من الفحم خلال الفترة 2014-2015 بمعدل سنوي بلغ 2% بينما بلغ المعدل السنوي لانخفاض استهلاكه 1.7% خلال الفترة 2015-2016، ليصل استهلاك الفحم إلى 3738 مليون طن مكافئ نفط لعام 2016 بمقارنة مع 3784,7 مليون طن مكافئ نفط لعام 2015م.

ولا تختلف الصورة الإجمالية للدول الرئيسة المستهلكة للفحم بصورة جذرية عن الصورة الإجمالية للدول الرئيسة المنتجة للفحم، وتصبح الصورة الإجمالية للدول الرئيسة أكثر وضوحا واكتمالا إذا أضيفت ثلاث دول فقط إلى قائمة الدول الرئيسة المنتجة للفحم، وهذه الدول هي: اليابان وكوريا الجنوبية وتايوان.

وتتكرر أنماط التوزيع الجغرافي لاستهلاك الفحم بصورة مقاربة لأنماط التوزيع الجغرافي لإنتاج الفحم، إذ تستحوذ الصين على 50,6% من إجمالي استهلاك العالم من الفحم في عام 2016م حيث تستهلك 1887,6 مليون طن مكافئ نفط. وإليك الجدول التالي الذي يبين الدول الرئيسة المستهلكة للفحم على مستوى العالم خلال عام 2016م.

الجدول رقم: (03)

البلدان الرئيسية المستهلكة للفحم في العالم (مليون طن مكافئ نفط) لعام 2016م

البلد	الاستهلاك	النسبة من الاستهلاك العالمي
الصين	1887,6	50,6%
الهند	411,9	11%
الولايات المتحدة الأمريكية	358,4	9,6%
اليابان	119,9	3,2%
جنوب إفريقيا	87,3	2,3%
روسيا	85,1	2,3%
كوريا الجنوبية	81,6	2,2%
ألمانيا	75,3	2%
إندونيسيا	62,7	1,7%
بولونيا	48,8	1,3%
أستراليا	43,8	1,2%
تاوان	38,6	1%
أكرانيا	31,5	0,8%
باقي دول العالم	399,5	10,8%
الاستهلاك العالمي	3732,0	100

SOURCE: BP Statistical Review of World Energy, Op Cit, p.39.

5. آفاق صناعة الفحم:

بالرغم من الأضرار الناجمة عن استخدام الفحم من جهة، وبالرغم من الضغوط الدولية للحد من تلوث البيئة من جهة ثانية، إلا أن هناك توجهها نحو التوسع في استخدامه لضمان إنتاج الطاقة من مصادر متعددة، وذلك عن طريق ما يعرف بتكنولوجيا الفحم النظيفة، حيث تتركز هذه التكنولوجيا بشكل رئيس على طريقتين: الأولى تتمثل في استخلاص ثاني أكسيد الكربون وتخزينه بعد عملية حرق الفحم حيث إن التقنية يمكن إضافتها

إلى أي من محطات الفحم العاملة حالياً دون الحاجة إلى إدخال تعديلات كبيرة عليها، أما الثانية فتتمثل في تحويل الفحم إلى غاز أو وقود سائل وهي تعرف بعملية تغويز الفحم، حيث يتم حرق الفحم في مفاعلات خاصة، فيستفاد من الحرارة الناتجة في إنتاج بخار الماء اللازم لإدارة توربينات بخارية، في الوقت نفسه فإن الغاز الناتج يعمل على إدارة توربينات غازية لإنتاج الكهرباء أو يتم تحويله إلى هيدروجين أو وقود سائل، لذلك يطلق على هذه العملية: **Integrated gasification combined cycle (IGCC)**، ومنه فهذا النوع من المفاعلات يعطي فرصة للتحكم في كمية انبعاث أكاسيد الكربون والنيتروجين والكبريت في دورة واحدة، كما يرفع من كفاءة إنتاج الكهرباء، لكن لا تزال كلتا الطريقتين قيد البحث والتطوير كما تواجهها العديد من العقبات الاقتصادية والفنية التي يعمل الباحثون على حلها، كما تعتبر تكاليف إنشاء نموذج لوحدة استخلاص وتخزين ثاني أكسيد الكربون التي تتركز أبحاثها في أوروبا، وبصفة خاصة في بريطانيا، مكلفة جداً بالإضافة إلى وجود تحفظات حول سلامة طرق التخزين إن كان في باطن الأرض أو في أعماق البحار.⁽¹⁾

ثانياً: البترول

1. اكتشاف البترول وتزايد أهميته

النفط أو البترول (كلمة مشتقة من الأصل اللاتيني "بيترا" الذي يعني صخر و"أوليوم" التي تعني زيت)، ويطلق عليه أيضاً الزيت الخام، كما أن له اسماً دارجاً "الذهب الأسود"، وهو عبارة عن سائل كثيف، قابل للاشتعال، بني غامق أو بني مخضر، يوجد في الطبقة العليا من القشرة الأرضية، وأحياناً يسمى نافتا من اللغة الفارسية ("نافت" أو "نافتا" التي تعني قابليته للسريان، وهو يتكون من خليط معقد من الهيدروكربونات، وبخاصة من سلسلة الألكانات، ولكنه يختلف في مظهره وتركيبه ونقاوته بشدة من مكان إلى آخر، وهو مصدر

(1) يأسرطه مكاوي، إنتاج الطاقة النظيفة من الفحم: الفوائد والسلبيات والآثار:

من مصادر الطاقة الأولية المهمة للغاية، والبتترول هو المادة الخام للعديد من المنتجات الكيماوية، بما فيها الأسمدة، مبيدات الحشرات، اللدائن وغيرها.⁽¹⁾

أما اكتشافه - وفي الحقيقة، فإنه من الصعب تحديد بداية اكتشاف الإنسان للنفط واستخدامه - فلقد وجد النفط طريقه إلى سطح الأرض على هيئة رشوحات لفتت انتباه الإنسان من خلال الرائحة المميزة واللون والطعم لذلك السائل، وتشير الآثار إلى أن سكان الشرق الأوسط هم أول من عرف النفط⁽³⁾، حيث تعد مصر من أعرق دول الشرق في اكتشافه عام 1898م أثناء التنقيب عن الكبريت بمنطقة جمسة⁽⁴⁾، وقد توسع استعمال النفط في العالم بعد الحرب العالمية الثانية بشكل كبير وتضاعفت معدلات إنتاجه واستهلاكه بحيث أصبح في مقدمة مصادر الطاقة من حيث الإنتاج والاستهلاك، وتعود أسباب انتشاره بهذا الشكل السريع إلى الخصائص التي يتميز بها من حيث سهولة نقله وتخزينه وارتفاع كمية الطاقة المخزونة في وحدة الوزن منه وتعدد استعمالاته.⁽⁵⁾

وقد تمكن الإنسان من معرفة أهمية البترول وطبيعته، وخصائصه وكيفية وجوده، وتكوّنه في العصر الحديث، وبخاصة في أواخر القرن التاسع عشر، حيث بدأ الاستغلال الاقتصادي لهذه الثروة الحيوية بصورة واسعة، وبسبب مساهمة هذه الثروة في تكون نشاط اقتصادي متنوع تمكن الباحثون من مختلف الاختصاصات من معرفة البترول، وبشكل خاص كيفية تكوّنه ووجوده، وبالرغم من تزايد معرفة الإنسان وخبرته عن البترول، ووضوح العناصر المكوّنة لهذه المادة ومناطق وجودها إلا أنّ آراء ونظريات المختصين بشؤون البترول من جيولوجيين وكيميائيين حول أصل البترول ونشأته وتكوّنه في الطبيعة قد تنوعت، فبعضها يركز على أن نشأته وتكوّنه كان من عناصر غير عضوية، والبعض الآخر يركز على أن العناصر العضوية هي الأساس في تكوينه، وقد بينت الأبحاث النظرية

(1) <http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%86%D9%81%D8%B7> 22/04/2015 14:00

(2) حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص 51.

(3) رمضان محمد مقلد وآخرون، اقتصاديات الموارد والبيئة، الدار الجامعية، الإسكندرية، 2003، ص 265.

(4) سعود يوسف عياش، مرجع سابق، ص 17-18.

(5) سعود يوسف عياش، مرجع سابق، ص 17-18.

التي تمت في مناطق مختلفة في جميع أنحاء العالم أن تكون البترول في القشرة الأرضية يرتبط ارتباطا وثيقا بالصخور الرسوبية التي اكتشفت فيها أكثر من 99.9% من تراكومات النفط.⁽¹⁾

ويحتوي البترول على آلاف المركبات المختلفة، ولكن الجزء الرئيس فيها هو المركبات الهيدروكربونية مبتدئة من غاز الميثان الخفيف CH_4 إلى الهيدروكربونات الصلبة، التي تحتوي جزيئاتها على أعداد كبيرة من ذرات الكربون والهيدروجين، وتختلف صفات الهيدروكربونات باختلاف وزنها الجزيئي، فأقلها وزنا هي جزيئات تكون في حالة غاز وتستعمل كوقود لأفران المطابخ وغيرها، أما المركبات الأثقل وزنا فتستعمل كوقود خام أو كزيوت تشحيم أو كإسفلت.⁽²⁾

وهناك عدة أنواع من النفط الخام لكنها لا تختلف عن بعضها بشكل واضح كما في حالة الفحم، وتعزى الاختلافات بين أنواع النفط إلى كمية المواد الهيدروكربونية فيها، وإلى التركيب الكيميائي العضوي لهذه المواد وأوزانها الجزيئية، وبالإضافة إلى المواد الهيدروكربونية توجد كميات متفاوتة من الكبريت والنيروجين والأكسجين، ويعتبر وجود الكبريت من الخصائص السلبية في المشتقات النفطية، بسبب ما ينتج عنه من تلوث عند حرقها، إضافة إلى أن وجوده يؤثر على مقدار الطاقة في وحدة الوزن من النفط، ولذلك كلما قلت المواد غير الهيدروكربونية في النفط كانت نوعيته أفضل، وتقل تبعاً لذلك الخطوات المطلوبة لتصفيته وتكريره إلى مشتقاته المختلفة، وبشكل عام، فإن النفط حديث التكون نسبياً يحتوي على نسبة عالية من الهيدروكربونات ذات الوزن الجزيئي الكبير، وأما النفط قديم التكوين فيحتوي على نسبة عالية من الهيدروكربونات الخفيفة.⁽³⁾

وتحتوي منطقة الشرق الأوسط على أغنى مخزون للبترول في العالم، وتعتبر المملكة العربية السعودية أول دولة في العالم تحتوي على أعلى نسبة من مخزون البترول في

(1) عمر شريف، استخدام الطاقات المتجددة ودورها في التنمية المستدامة، دراسة حالة الطاقة الشمسية في الجزائر، رسالة

دكتوراه، جامعة الحاج لخضر، باتنة، 2007، ص.9.

(2) حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص.51-52.

(3) سعود يوسف عياش، مرجع سابق، ص.18.

أراضيها، وتشير بعض التوقعات إلى أن الإنتاج العالمي للبترول سوف يزداد خلال السنوات القادمة وذلك في حالة اكتشاف مكامن جديدة للبترول، وكذلك تطوير طرق حفر الآبار، ففي معظم الحالات يتم استخراج نحو 40% من البترول والجزء المتبقي داخل باطن الأرض يصعب استخراجه.

وعموماً يعتبر البترول من الثروات الطبيعية المحدودة والناضبة، ولذلك تسارع الدول الصناعية والمتقدمة إلى الهيمنة على مناطق، وزيادة استيراده من الدول النامية المنتجة له التي لا تستهلك إلا كميات قليلة منه نظراً إلى محدودية التنمية الصناعية لديها، ولقد حاولت هذه الأخيرة التكتل في ما بينها لزيادة قوتها التفاوضية مقابل الدول المستوردة للبترول، ولمواجهة الشركات النفطية بصفة خاصة مكونة ما يسمى بمنظمة الدول المصدرة للبترول "أوبك". إذن ما هي ظروف نشأة هذه المنظمة، وما أهدافها، وما هو دورها في السوق البترولية؟ هذا ما سنحاول معرفته من خلال النقطة الموالية.

2. نشأة الأوبك ودورها في السوق البترولية:

ولدت منظمة البلدان المصدرة للنفط (O.P.E.C) في بغداد، سبتمبر (1960م) في نهاية المؤتمر الذي انعقد لمجابهة تخفيض الأسعار الذي قرره الشركات النفطية، ومن بين مبادئها نذكر: (1)

1. أن البلدان الأعضاء تحقق عدة برامج تطويرية ضرورية ينبغي تمويلها بصورة

أساسية من العائدات النفطية، لتحقيق التوازن في موازنتها السنوية.

2. أن النفط مادة سائرة في طريق النفاد، وينبغي تهيئة بدائل له.

ومنذ نشأة المنظمة اكتسبت مكانة في العلاقات الاقتصادية الدولية، وأصبح لها دورها في التجارة الدولية، حيث اعترف المجلس الاقتصادي والاجتماعي التابع إلى منظمة الأمم المتحدة (O.N.U) في 30 يونيو سنة 1965م بمنظمة الأوبك كهيئة دولية نتيجة الدور الحيوي الذي يلعبه البترول في تطوير البلدان النامية اقتصادياً واجتماعياً. (2)

(1) عبد الرزاق المخادمي، الحوار بين الشمال والجنوب" نحو علاقات اقتصادية عادلة، دار الفجر للنشر والتوزيع، القاهرة، 2004، ص.30.

(2) المرجع نفسه، ص.31.

وتتضمن المنظمة حالياً ثلاث عشرة دولة من الدول المنتجة والمصدرة للبترول إذ يبلغ إنتاجها نحو 30.450.000 برميل يومياً، في حين يبلغ الإنتاج العالمي من النفط حسب الوكالة الدولية للطاقة نحو 97.166.000 برميل يومياً، والجدول الموالي يبين الدول المكونة للمنظمة وحصتها من إنتاج البترول لعام 2016م.

الجدول رقم: (04)

إنتاج منظمة أوبك من النفط لسنة 2016م (آلاف البراميل في اليوم)

البلد	كميات الإنتاج	النسبة المئوية
المملكة العربية السعودية	9.400	31,20
العراق	3.080	10,22
الإمارات العربية المتحدة	2.760	9,16
إيران	2.680	8,89
الكويت	2.550	8,46
فنزويلا	2.500	8,29
نيجيريا	1.950	6,47
أنغولا	1.720	5,71
الجزائر	1.150	3,81
ليبيا	0.900	2,98
قطر	0.730	2,42
الإكوادور	0.520	1,72
الإجمالي	30122	100

Source: Organisation des pays exportateur de pétrole, sur le siteweb: https://fr.wikipedia.org/wiki/Organisation_des_pays_exportateurs_de_p%C3%A9trole 29/11/2017 20:20.

واعتباراً من جانفي 2017م انضمت الغابون إلى المنظمة ليصبح عدد أعضائها 13 عضواً، علماً أنّ الغابون كانت عضواً سابقاً منذ 1975م وإلى غاية 1994م. وتستعمل دول المنظمة حصص الإنتاج كوسيلة لضبط الأسعار، والحفاظ على استقرارها، فتعتمد إلى تخفيض الإنتاج كلما أحست بانخفاض الأسعار والعكس. وعموماً، فمنذ سنة 2000م فإنّ أوبك كانت تتولى دور التنظيم حيث تبنت طريقة تعديل آلية للإنتاج، دون الحاجة إلى اجتماع أعضائها، وتقتضي هذه الطريقة أنه كلما انخفض مستوى الأسعار عن 22 دولاراً للبرميل لمدة عشرة أيام متتالية فإنّ دول أوبك في مجموعها تقوم بتخفيض إنتاجها اليومي بمقدار 500.000 برميل، وعلى العكس كلما ارتفعت الأسعار فوق 28 دولاراً للبرميل ولمدة عشرين يوماً متتالية فإنّ أوبك تعمد إلى الرفع من الإنتاج، ولكن في عام 2008م ما فتئت الأسعار في الارتفاع إلى أن بلغت في ماي (135) دولار للبرميل⁽¹⁾، وقد كان يُتّرقب ارتفاعه ليلبلغ 150 دولار للبرميل في جويلية 2008م هذا الارتفاع كان لعدة عوامل منها الازدهار الاقتصادي المفاجئ الذي حدث في الصين **Boom Economique** ارتفاع في طلب الولايات المتحدة الأمريكية على البترول ومنه أصبحت كل الدول المنتجة للبترول (أوبك وغيرها كالمكسيك مثلاً) تسعى للإنتاج بأقصى طاقتها، وعليه أصبح دور أوبك للتحكم في الأسعار عن طريق الإنتاج منعماً تقريباً، ولكن وبسبب الأزمة المالية فقد انخفضت أسعار الخام إلى أقل من 60 دولاراً في نوفمبر 2008م ولم تنزل في الانخفاض لتبلغ أقل من 40 دولاراً في نهاية عام 2008م،⁽²⁾ حيث بلغت الأسعار أدنى قيمة لها في ديسمبر 2008م التي قدرت بـ 32.4 دولار للبرميل،⁽³⁾ وبسبب قرارات أوبك في تخفيض الإنتاج فإنّ الأسعار أخذت في الارتفاع بشكل طفيف لتتراوح ما بين 40 إلى 50 دولاراً في الفترة من جانفي إلى أفريل 2009م⁽⁴⁾.

(1) <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/dossiers/petrole/role-opec.shtml> 26/04/2009 15:00.

(2) Market sentiment improve despite weak fundamentals, Monthly Market report, OPEC, April 2009.p.5.

(3) Indice des prix des produits de base de la banque SCOTIA, 22 mars 2009, sur le site web : <http://www.banque.scotia.com> 01/05/2009 09:15

(4) Market sentiment Improve despite weak fundamentals, Op.cit, p.5.

ففي ظرف ثلاثة أشهر فقط قامت أوبك بتخفيض إنتاجها إلى نحو 4.2 مليون برميل يوميا (بنصف مليون برميل يوميا في شهر سبتمبر 2008م وأعقبه تخفيض آخر بـ 1.5 مليون برميل يوميا في نهاية شهر أكتوبر 2008م 2.2 مليون برميل يوميا في أول يناير من عام 2009م)، والتوجه إلى قرار آخر للتخفيض خلال الفترة المقبلة،⁽¹⁾ وقد عرفت أسعار البترول استقرارا في سنة 2010م عند سعر 77.45 دولارا للبرميل، ويشار إلى أن معدل سعر السلة المسجل طيلة سنة 2011م كان في حدود 107.46 دولار للبرميل ليصل في أوت 2012م إلى 112.2 دولار للبرميل، ويبقى هذا السعر أعلى من السعر المحقق في الأشهر السبعة الأولى من سنة 2012م، المقدّر بـ 110.71 دولار للبرميل،⁽²⁾ وقد جاء هذا القرار ليعيد الاستقرار إلى أسواق النفط وليوقف انهيار الأسعار التي تدنت إلى مستويات قياسية نتيجة الأزمة الاقتصادية من جهة ولحفاظ على مصالح الدول أعضاء المنظمة من جهة أخرى إذ إنها تأثرت هي الأخرى بارتفاع الأسعار (كأسعار المواد الغذائية والأجهزة الكهربائية وغيرها) الذي واكب ارتفاع برميل النفط في السنوات الأربع الماضية وتبقى مستويات الأسعار نفسها لعام 2013م، لتحدث نوبة هبوط مفاجئة أخرى لعام 2014م ليبلغ سعر البرميل في شهر ديسمبر 2014م وبداية عام 2015م 50 دولارا، ليرتفع قليلا ليبلغ 60 دولارا في جوان 2015م وينخفض مرة أخرى ليصل إلى نحو 35 دولارا للبرميل في نهاية 2015 وبداية 2016م ويعزى السبب الرئيس لهذا الانخفاض أو الانهيار إلى زيادة إنتاج النفط من طرف البلدان غير الأعضاء في المنظمة، وكذلك إجراءات اتخذتها أوبك سعيا منها للمحافظة على حصتها في السوق، ومن جهة أخرى انخفاض الطلب العالمي بسبب بطء النمو الاقتصادي

(1) أنور مضحي الخالدي أوبك والتطلع للمستقبل

<http://www.moo.gov.kw/magazine/ar/index.asp?More=yes&NewsID=699&mode=0&day=31&page41> 101/05/2009

12:20

(2) سليم بن عبد الرحمان، سعر سلة منظمة أوبك يتراجع إلى 112.2 دولار، جريدة الخبر، يومية جزائرية، العدد 6814، 24 أوت

2012

في أوروبا وأجزاء من آسيا ليستمر هذا التدهور في الأسعار قرابة ثلاثة أعوام أي إلى غاية 2016م،⁽¹⁾ أما السعر الحالي للبرميل فيبلغ 57,41 دولاراً.⁽²⁾

وعلى الرغم من التطور الهائل في الأبحاث حول إمكانية تخفيض تكلفة الطاقة من المصادر المنافسة للنفط إلا أنه سوف يبقى المصدر الرئيس للطاقة، على الأقل لمدة 50 سنة القادمة، وذلك لعدة أسباب نذكر منها:⁽³⁾

1. يعتبر المصدر الرئيس في استخدامات الطاقة في العديد من القطاعات، مثل قطاع النقل والمواصلات، ويعتبر كمادة أولية لإنتاج الزيوت المعدنية والشموع وغيرها.
 2. أهميته في معظم الصناعات الحديثة.
 3. أهميته في الصناعات البتروكيمياوية.
 4. يدخل كمادة خام في صناعة البلاستيك والأصباغ.
 5. يعتبر أنظف مصادر الطاقة مقارنة بالفحم الحجري والوقود النووي.
 6. سهولة نقله وتخزينه (يكون نقل الوقود السائل اقتصادياً أكثر سهولة من الصلب مثل الفحم، ومن الغازات مثل الميثان، كما يمكن نقله بواسطة السفن بصورة أسهل بكثير من الغازات).
 7. كثافة الطاقة (إذ يعطي الغازولين كمية طاقة تقدر بنحو 40 كيلو وات/ساعة لكل غالون).
 8. يمكن تصفيته ليعطي عدة أنواع من الوقود، بما فيها الغازولين والكيروسين والمازوت، وهي أشكال تستخدم في عدة تطبيقات.
- كل هذه الأسباب أدت إلى زيادة الطلب على النفط، وجعلته يمنح المنظمة بعض الأوراق الراجعة.

(1) ليلي متقي، أسعار النفط .. إلى أين؟ الموجز الاقتصادي الفصلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، البنك الدولي للإنشاء والتعمير، واشنطن، العدد 7، جويلية 2016، ص.3.

(2) Prix du baril - Le cours officiel du baril de pétrole, sur le site web : <http://prixdubaril.com> 29/11/2017 21:47.

(3) ريتشارد هاينبرغ، "سراب النفط" "النفط والحرب ومصير المجتمعات الصناعية"، ترجمة أنطوان عبد الله، الدار العربية للعلوم، لبنان، الطبعة الأولى 2005، ص.11-12.

3. احتياطي البترول: (1)

توجد آراء مختلفة حول احتياطي البترول الموجود في باطن الأرض، ويمكن تقسيم الاحتياطي البترولي إلى ثلاثة أنواع هي:

1. الاحتياطي المؤكد (الثابت) Réserve prouvée: ونعني بذلك كميات البترول الثابت

وجودها فعلا في باطن الأرض، حيث تؤكد لنا الدراسات والبيانات الجيولوجية إمكانية استخراج هذه الكميات في المستقبل، وذلك على أساس التكنولوجيا السائدة والوسائل المستعملة حاليا، ونرمز لهذا النوع من الاحتياطي بالرمز (F95)، حيث إن رقم 95 يعني أن احتمال وجوده في باطن الأرض يبلغ 95%.

2. الاحتياطي المحتمل أو المتوقع Réserve Probable: وهو يمثل الكميات الإضافية التي

يمكن استخراجها بعد استخراج كميات الاحتياطي المؤكد من البترول، حيث يشمل الكميات التي يمكن الحصول عليها عن طريق تطوير الحقول البترولية بحيث تنتج بطاقتها الكاملة إلى جانب استكشاف وسائل تقنية حديثة في هذا المجال، ويرمز له بالرمز (F50)، حيث إن الرقم 50 يعني أن احتمال وجود هذه الكميات في باطن الأرض فعلا هو 50%.

3. الاحتياطي الممكن Réserve Possible: وهو يمثل كميات البترول التي لم يتم اكتشافها

بعد، التي يتصور الجيولوجيون وجودها في أماكن لم يتم مسحها جيولوجيا، ولا البحث فيها عن البترول، وتكون هذه الاحتياطات غير محددة، ويرمز لها بالرمز (F5)، حيث يعبر الرقم 5 عن احتمال وجود هذه الاحتياطات.

والجدول التالي يوضح لنا الاحتياطات العالمية من البترول لعام 2016م.

(1) رمضان محمد مقلد وآخرون، مرجع سابق، ص. 204

الجدول رقم: (05)

الاحتياطي المثبت من النفط في العالم لعام 2016م حسب المناطق
(بملايين البراميل)

الاحتياطي	المنطقة
36,218	أمريكا الشمالية
339,645	أمريكا الجنوبية
119,856	أوروبا الشرقية
11,353	أوروبا الغربية
807,730	الشرق الأوسط
128,359	إفريقيا
49,003	آسيا - الباسيفيك
1,492,164	الاحتياطي العالمي
1,216,780	أوبك
81,5%	نسبة احتياطي أوبك في الاحتياطي العالمي

Source :Annual Statistical Bulletin, OPEC, Vienne, Austria, 2017, p.26.

ونلاحظ من خلال الجدول السابق أن الشرق الأوسط يسهم بما يتجاوز نصف الاحتياطي العالمي من النفط، أما أوبك فإنها تسهم بـ 81,5 بالمائة في الاحتياطي العالمي. وعلى الصعيد الدولي، نجد أن فنزويلا تحتل المرتبة الأولى باحتياطي مؤكد للنفط يقدر بـ 302,250,000,000 برميل بعدما كانت تحتل المركز السادس في عام 2007م، تليها السعودية في المركز الثاني بـ 266,208,000,000 برميل، ثم إيران بـ 157,200,000,000 برميل، ثم العراق بـ 148,167,000,000 برميل والكويت هي صاحبة خامس أكبر احتياطي في العالم، يقدر بـ 101,500,000,000 برميل، وتأتي الإمارات في المركز السادس بـ 97,800,000,000 برميل، ثم روسيا بـ

80,000,000,000 برميل، ثم ليبيا بـ 48,363,000,000 برميل، ثم نيجيريا بـ 37,453,000,000 برميل، وأخيرا كازاخستان بـ 30,000,000,000 برميل.

4. إنتاج البترول:

يوضح الجدول التالي إنتاج البترول في العالم خلال عامي 2015م و2016م، ونلاحظ من خلال زيادة إنتاج البترول بـ 0,5 بالمائة من نحو 91.904.000 برميل في اليوم لعام 2015م إلى نحو 92.150.000 برميل في اليوم لسنة 2016م، ولكنه بمعدل زيادة أقل عن الفترة 2014-2015م (3.2 بالمائة) ويرجع هذا الانخفاض في معدل ارتفاع الإنتاج العالمي من النفط إلى مشاكل أمنية أو من أجل تحسين مستويات الأسعار على غرار بعض دول أوبك كروسيا مثلا التي قررت تخفيض إنتاجها، في حين نجد أن بعض الدول قد رفعت من إنتاجها لأسباب جيوسياسية مثل ما هي الحال في إيران والعراق.

الجدول رقم: (06)

الإنتاج العالمي من النفط (2015م - 2016م).

البلد	2015	2016	النسبة من الإنتاج العالمي
العربية السعودية	11.986	12.349	13.4%
الولايات المتحدة الأمريكية	12.757	12.354	13.4%
روسيا	10.981	11.227	12,2%
إيران	3.897	4.600	5.0%
كندا	4.389	4.460	4.8%
العراق	4.031	4.465	4,8%
الإمارات العربية المتحدة	3.928	4.073	7,345.8
الصين	4.309	3.999	4.4%
الكويت	3.068	3.151	4.3%
البرازيل	2.525	2.605	2.8%
المكسيك	2.587	2.456	2.7%
فنزويلا	2.644	2.410	2.6%
نيجيريا	2.329	2.053	2.2%
النرويج	1.948	1.995	2.2%
قطر	1890	1899	2.1%
أنغولا	1826	1807	2.0%
كازاخستان	1659	1672	1.8%
باقي دول العالم	14.914	14.575	24.9%
الإنتاج العالمي	91.704	92.150	100

Source: Annual statistical bulletin, Op.cit, p. 30.

كما نلاحظ من خلال هذا الجدول أيضا أنّ أعلى نسبة إنتاج ضمن الإنتاج العالمي إنما تستحوذ عليها ثلاث دول وهي العربية السعودية والولايات المتحدة الأمريكية وروسيا بما يقارب 36 مليون برميل يوميا، أما أهم الدول المنتجة للنفط عالميا والسابق ذكرها في الجدول أعلاه فتستحوذ على نحو 75 بالمائة من الإنتاج العالمي.

5. الاستهلاك العالمي للبترو:

أما على صعيد الاستهلاك، فتبقى الولايات المتحدة بالمركز الأول، وبفارق كبير عن أي بلد آخر، إذ بلغ استهلاكها من النفط ما يقارب 19 مليون برميل يوميا، وهو ما يعادل تقريبا 20 بالمائة من الاستهلاك العالمي، ويتجاوز تقريبا معدل الاستهلاك في الصين والهند واليابان مجتمعة، ويذكر أنّ الولايات المتحدة تستورد الغالبية العظمى من نفطها، على الرغم من امتلاكها لأكبر احتياطي في العالم إذ يفوق 727 مليون برميل.

وتأتي الصين في المرتبة الثانية بالنسبة إلى الاستهلاك، وقد ازدادت نسبة الاستهلاك في الصين بمعدلات هائلة بسبب عدد السكان الكبير، والصناعات المزدهرة، بالإضافة إلى الصحوة الاقتصادية التي تشهدها البلاد، فبعد أن اقتصر معدل الاستهلاك في عام 2015م على 11.986.000 برميل في اليوم، وصل في عام 2016م إلى 12.381.000 برميل في اليوم، أي ما يعادل 12.8 بالمائة من الاستهلاك العالمي، أما الهند التي تشهد بدورها نموا اقتصاديا هائلا، فقد بلغ معدل الاستهلاك فيها في عام 2016م إلى 4.489.000 برميل يوميا، بعد أن اقتصر المعدل على 4.164.000 مليون برميل في اليوم في عام 2015م، وتأتي الهند في المرتبة الثالثة عالميا بالنسبة إلى استهلاك النفط، بعد الصين، وعموما إن وتيرة الاستهلاك العالمي لا تزال ترتفع بمعدل يتراوح ما بين 1.5 بالمائة إلى 2 بالمائة، وهي أكبر بكثير من ألف مرة من وتيرة تجديد البترول الذي نستهلكه، الذي تشكل في عصور غابرة (ما قبل 500 مليون سنة)، وإذا استمر هذا الاستهلاك في الارتفاع فإن أقصى حد لانتهاء هذه الثروة هو سنة 2060م، وحسب تقرير وكالة الطاقة الدولية في حال ما تم الحفاظ على نفس الوتيرة في الاستهلاك فسيتجاوز معدل الاستهلاك العالمي 100

مليون برميل يوميا في عام 2019م، علما أن معدل الاستهلاك العالمي الحالي من البترول يتجاوز 96 مليون برميل يوميا.

وإليك الجدول التالي الذي يبين الاستهلاك العالمي للنفط خلال عامي 2015م و2016م لأهم الدول المنتجة للبترول ونسبتها من الاستهلاك العالمي.

الجدول رقم: (07)

الاستهلاك العالمي من النفط خلال الفترة (2015م - 2016م).

(آلاف البراميل في اليوم)

النسبة من الاستهلاك العالمي	2016	2015	البلد
20.3%	19.631	19.531	الولايات المتحدة الأمريكية
12.8%	12.381	11.986	الصين
4.6%	4.489	4.164	الهند
4.2%	4.037	4.139	اليابان
4.0%	3.906	3.868	العربية السعودية
3.3%	3.203	3.137	روسيا
3.1%	3.018	3.170	البرازيل
2.9%	2.763	2.577	كوريا الجنوبية
2.5%	2.394	2.340	ألمانيا
2.4%	2.243	2.299	كندا
1.9%	1.869	1.923	المكسيك
1.9%	1.848	1.850	إيران
1.7%	1.602	1.616	فرنسا
34.4%	33.074	32.403	باقي دول العالم
100%	96.558	95.003	الاستهلاك العالمي

Source: Annual Statistical Bulletin, Op.cit, p. 46.

كما نلاحظ من الجدول السابق أن الاستهلاك العالمي للدول الصناعية التابعة إلى منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية قد عرفت ارتفاعات متواضعة في الاستهلاك، هذا إن لم تكن انخفاضات، ويرجع ذلك أساساً إلى التحول إلى مصادر الطاقة البديلة للنفط وأيضاً تحسين كفاءة استخدام الطاقة، وتجدر الإشارة إلى أن هذا النقص في الاستهلاك قد تم تعويضه بارتفاعات ملحوظة من طرف البلدان الناشئة خاصة الهند والصين.

ثالثا: الغاز الطبيعي

1. أهمية الغاز الطبيعي:

يطلق اسم الغاز الطبيعي على التجمعات الغازية التي توجد في باطن الأرض وهي إما أن تكون قريبة من التجمعات البترولية، أو بعيدة عنها في حقول تعرف بحقول الغاز كما هي الحال في غرب سيبيريا، وفي جنوب الجزائر، وفي شمال الدلتا بجمهورية مصر العربية. ولقد كانت الدول المنتجة للبترول تتخلص من الغاز المصاحب لاستخراج البترول بحرقه، نظرا إلى عدم وجود طلب كاف عليه من ناحية وصعوبة الاستفادة به من ناحية أخرى، لكن مع ازدياد الطلب على المنتجات البترولية وارتفاع أسعارها، ومع التقدم التقني واستحداث وسائل اقتصادية لتسييل الغاز ونقله إلى حيث يشتد الطلب عليه وترتفع قيمته، نجد أن الغاز الطبيعي قد دخل أسواق الطاقة كمصدر اقتصادي من مصادرها، بل من أهم مصادرها في الوقت الحاضر لكونه وقودا نظيفا نسبيا ولاحتوائه على وحدات حرارية أعلى مما يحتويه الفحم أو البترول.

ويتفوق الغاز الطبيعي على النفط من حيث قلة مخاطره الصحية والبيئية، بسبب قلة المخلفات الصلبة والسائلة الناتجة عن احتراقه، وانخفاض معدلات انطلاق غازات ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين، إذن يبدو الغاز الطبيعي الوقود المثالي البديل للفحم بل وحتى للنفط إلى حد ما، فهو يحترق بشكل نظيف أكثر من البترول، كما يطلق طاقة عالية ومتعددة الاستعمالات، وإن الطاقة الناتجة عنه في مقابل الطاقة المصروفة لاستخراجه عالية، وقد استخدم طويلا في صنع مخصّبات النيتروجين المستخدمة في الزراعة وفي عمليات صناعية كصنع الزجاج وفي المولدات الكهربائية، وللتدفئة والطبخ المنزليين نظرا إلى خفة وزنه وسهولة نقله.⁽¹⁾ وقد دفع ذلك الدول المنتجة للغاز الطبيعي إلى التفكير في إنشاء منظمة دولية تضم الدول المنتجة للغاز الطبيعي على غرار منظمة الدول المصدرة للبترول "أوبك".

(1) ريتشارد هاينبرغ، مرجع سبق ذكره، صص. 194-195.

الخلاصة إن سوق الغاز الطبيعي في توسع مستمر، والاعتماد على هذا المصدر النظيف من الطاقة يتزايد في العديد من القطاعات، وبمرور الوقت سيتم التغلب على عقبة ارتفاع تكاليف عمليات إنتاج وتصدير الغاز الطبيعي، وستحقق الاستثمارات في هذا المجال عائداً مجزياً مما يعوض نفقات التأسيس الأولية.⁽¹⁾

2. تركيب الغاز:

يتكون الغاز الطبيعي من خليط من مركبات هيدروكربونية (الميثان والإيثان والبروبان، البيوتان...) - علماً أن الميثان يشكل الجزء الأساسي - حيث تكون نسبة وجوده أعلى بكثير من باقي المركبات غير الهيدروكربونية كالكبريت الذي يوجد بنسب ضئيلة جداً، والنيتروجين... لذلك يعد الغاز أفضل من البترول عند احتراقه نظراً إلى انعدام أو ضآلة كميات غازات أكسيد الكبريت المتكونة والمنبعثة، ويوضح الجدول التالي النسب المئوية للعناصر الداخلة في تركيب الغاز الطبيعي.

الجدول رقم: (08)

النسب المئوية للعناصر الداخلة في تركيب الغاز الطبيعي

النسبة المئوية (بالوزن) %	العنصر
65 - 80	الكربون
01 - 80	الهيدروجين
آثار - 0.2	الكبريت
01 - 15	النيتروجين

المصدر: د. حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص. 59.

3. أنواع الغاز الطبيعي:⁽²⁾

جرى العرف على تقسيم الغاز الطبيعي تبعاً لسلوكه أثناء صعوده داخل البئر إلى سطح الأرض إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

(1) أحمد محمد طاشكندي، اقتصادي سعودي وخبير في شؤون الطاقة، الغاز الطبيعي يزاحم البترول على عرش الطاقة العالمي، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.ecoworld-mag.com/> 24/04/2009 16:00

(2) رمضان محمد مقلد وآخرون، اقتصاديات الموارد والبيئة، الدار الجامعية، الإسكندرية، 2003، ص. 250-251.

أ- الغاز الجاف Dry Gas:

وهذا الغاز يوجد داخل المكنن الطبيعي في حالة غازية ويظل محتفظا بها إلى أن يصل إلى سطح الأرض، لذا تجري معاملته على السطح باعتباره غازا خالصا، ويتراوح متوسط نسبة الميثان فيه 96-98 % من الحجم.

ب- الغاز الغني Rich Gas:

ويحتفظ هذا الغاز بحالته الغازية طوال تدفقه خلال مسام البئر، إلا أنه تحت ظروف الفصل على السطح - من حيث الضغط ودرجة الحرارة- تتفصل كمية ضئيلة من المكثفات الهيدروكربونية، ويتميز هذا النوع -بالمقارنة مع النوع الأول- باحتوائه على كمية أكبر من الهيدروكربونات الأثقل وزنا من الميثان .

ج- مكثفات الغاز Gas Condensate:

ويوجد هذا النوع من الغاز في حالته الابتدائية داخل المكنن كطور غازي، ويتميز بأنه مع تدفقه وانخفاض ضغطه ينفصل عنه - داخل المكنن- طور سائل تتزايد كميته باستمرار مع انخفاض الضغط حتى يصل الضغط في المكنن إلى حد معين تبلغ فيه هذه الكمية أقصاها، ثم يبدأ هذا الطور السائل في التحول إلى طور غازي مرة أخرى مع استمرار انخفاض الضغط، وتعرف هذه الظاهرة باسم "التكثيف الرetroجرادي"، ويحتوي هذا الغاز على نسبة عالية من الهيدروكربونات الأثقل وزنا من البيوتان، وتكون على هيئة أبخرة الجازولين أو النافثا أو الكيروسين... وغيرها، وتعرف هذه إجمالا بالمكثفات البترولية، كما يتضح لنا من جدول رقم (09).

الجدول رقم: (09)

التحليل الكيميائي لمثال من أنواع الغاز الثلاثة

نوع الغاز	غاز جاف	غاز غني	غاز كثيف
النسبة المئوية للجزيئات			
النيتروجين	–	7.41	–
ثاني أكسيد الكربون	0.3	0.72	–
الميثان	96.65	72.88	80.95
الإيثان	2.05	9.97	4.47
البروبان	0.47	5.09	3.13
البيوتانات	0.17	2.48	3.32
البنتانات	0.05	0.99	1.49
الهكسانات	0.31	1.46	1.30
هبتانات وأعلى	–	–	5.62
المجموع	100.00	100.000	100.000

المصدر: د. رمضان محمد مقلد، مرجع سابق، ص. 251.

4. احتياطات الغاز الطبيعي:

لقد شهدت احتياطات الغاز الطبيعي زيادة مستمرة في معظم دول العالم، بسبب الاكتشافات الجديدة، ووفقا لشركة بريتيش بتروليوم للطاقة فقد نمت الاحتياطات العالمية من الغاز الطبيعي بمعدل 50% خلال 20 سنة الماضية وهو يغطي احتياجاتنا المتزايدة أيضا، وتقدر الاحتياطات من الغاز الطبيعي لعام 2016م بـ 186.900 مليار متر مكعب ما يتوافق عمريا مع 55 سنة مستقبلية⁽¹⁾.

(1) Nathalie Mayer, qu'en est-il des réserves mondiales de gaz naturel, <http://www.futura-sciences.com/sciences/questions-reponses/matiere-que-n-il-reserves-mondiales-gaz-naturel-7143/> 08/12/2017 05 :13.

وتتركز هذه الاحتياطات بصفة رئيسة بثلاث دول هي على التوالي إيران، روسيا، قطر بنسبة تقارب 49 بالمائة من الاحتياطي العالمي لعام 2016م، تليها تركمانيا والولايات المتحدة الأمريكية والعربية السعودية ثم الإمارات العربية المتحدة ثم فنزويلا ثم نيجيريا ثم الجزائر باحتياطات معتبرة

من الغاز الطبيعي،

هذا من حيث البلدان

أما بالنسبة إلى المناطق فنجد أن أكبر نسبة احتياطي توجد بالشرق الأوسط وتقارب 43 بالمائة حسب إحصائيات 2016م.

5. إنتاج الغاز الطبيعي:

يوجد الغاز الطبيعي في مناطق كثيرة من العالم، وبخاصة في الأماكن التي يوجد بها البترول، وقد بلغ الإنتاج العالمي من الغاز سنة (2016م) 3212,9 مليون طن مكافئ نفط، وتعد الولايات المتحدة الأمريكية وروسيا من أكبر منتجي الغاز الطبيعي في العالم، فهما يحتلان المرتبتين الأولى والثانية عالميا على التوالي حيث تنتج الولايات المتحدة الأمريكية 690,8 مليون طن مكافئ نفط أما روسيا فتنتج ما مقداره 521,5 مليون طن مكافئ نفط (حسب إحصائيات عام 2016م)، تليهما إيران وكندا بكميات إنتاج تقدر بـ 182,2 مليون طن مكافئ نفط، 136,8 مليون طن مكافئ نفط على التوالي، كما تعد قطر والسعودية والجزائر من كبار الدول العربية المنتجة للغاز الطبيعي.

وبصفة عامة، فإن إنتاج الغاز الطبيعي كان ارتفاعه مستقرا في عام 2016م مقارنة بالسنوات الماضية، كما نلاحظ أن الولايات المتحدة الأمريكية قد انخفضت حصتها من الإنتاج وهذا راجع أساسا إلى رفع إنتاجها من الغاز الصخري وبالرغم من هذا تبقى المنتج الأول عالميا للغاز الطبيعي، والجدول التالي يوضح إنتاج أهم البلدان المنتجة للغاز الطبيعي عالميا خلال (2015-2016م).

الجدول رقم: (10)

الإنتاج العالمي من الغاز الطبيعي خلال الفترة (2015م - 2016م).

(مليون طن مكافئ نفط)

البلد	2015	2016	النسبة من الإنتاج العالمي (%)
الولايات المتحدة الأمريكية	707,1	690,8	21,5
روسيا	517,6	521,5	16,2
إيران	170,4	182,2	5,7
قطر	160,6	163,1	5,1
كندا	134,2	136,8	4,3
الصين	122,5	124,6	3,9
النرويج	105,4	105,0	3,3
العربية السعودية	94,0	98,4	3,1
الجزائر	76,1	82,2	2,6
ماليزيا	64,1	66,5	2,1
إندونيسيا	67,5	62,7	2,0
تركمانستان	62,6	60,1	1,9
أوزبكستان	52,0	56,5	1,8
المكسيك	48,7	42,5	1,3
مصر	39,8	37,6	1,2
البلاد المنخفضة	39,7	36,1	1,1
باقي دول العالم	733,4	746,3	22,9
الإنتاج الكلي	3195,0	3212,9	100

Source: BP Statistical Review of World Energy 2017, Op cit,p .28.

كما يتبيّن من الجدول أنّ هناك مناطق أخرى بخلاف الولايات المتحدة الأمريكية انخفضت نسبة استغلالها للغاز الطبيعي، نذكر منها المكسيك. وهذا راجع أساساً إلى عوامل بيئية (إعصار هارفي)، أما مصر فهدفها الأساسي من وراء هذا التخفيض هو تعديل الأسعار، أما البلاد المنخفضة (أكبر منتج في الاتحاد الأوروبي) فخفضت إنتاجها بسبب فرض قيود على الإنتاج. هذه الأخيرة تمّ فرضها لكون هولندا استنفدت نحو 80 بالمائة من احتياطاتها الغازية بالإضافة إلى تعديل الأسعار التي تراجعت مؤخراً بسبب تقلبات السوق النفطية وما يترتب عليها من تغيرات، أما بالنسبة إلى انخفاض إنتاج الغاز الطبيعي في إندونيسيا فيرجع أساساً إلى تراجع احتياطيات النفط الإندونيسية وغياب الاكتشافات النفطية الكبيرة.

وعموماً، فهناك وفرة نسبية على صعيد الاحتياطيات الدولية للغاز، إلا أن صناعة الغاز إنتاجاً لا تتناسب مع هذه الوفرة.

6. استهلاك الغاز الطبيعي

لقد تزايد استهلاك الغاز الطبيعي في العالم، وأخذ نصيبه في الاستهلاك العالمي من الطاقة في التزايد منذ الثمانينيات من القرن الماضي، وتبيّن لنا بيانات الجدول التالي حصص استهلاك الغاز الطبيعي في أكثر الدول استهلاكاً له خلال عام 2016م.

الجدول رقم: (11)

الاستهلاك العالمي للغاز الطبيعي (2015 - 2016م)

(مليون طن مكافئ نفط)

البلد	2015	2016	النسبة من الاستهلاك العالمي (%)
الولايات المتحدة الأمريكية	710,5	716,3	22,4
روسيا	362,5	351,8	11,0
الصين	175,3	189,3	5,9
إيران	171,7	180,7	5,6
اليابان	102,1	100,1	3,1
العربية السعودية	94,0	98,4	3,1
كندا	92,2	89,9	2,8
المكسيك	78,4	80,6	2,5
ألمانيا	66,2	72,4	2,3
المملكة المتحدة	61,3	69,0	2,2
الإمارات العربية المتحدة	66,4	69,0	2,2
إيطاليا	55,3	58,1	1,8
مصر	41,2	46,1	1,4
الهند	43,0	45,1	1,4
فرنسا	35,1	38,3	1,2
أكرانيا	25,9	26,1	0,8
باقي دول العالم	965,6	972,9	30,3
الاستهلاك الكلي	3146,7	3204,1	100

Source: BP Statistical Review of World Energy 2017, Op cit,p .28.

ونلاحظ من بيانات الجدول السابق ما يلي:

- أن الولايات المتحدة الأمريكية تعتبر أكبر مستهلك للغاز الطبيعي في العالم، بنسبة استهلاك 22,4% من الاستهلاك العالمي لعام 2016م.

وتبقى روسيا في المرتبة الثانية بعد الولايات المتحدة الأمريكية في استهلاك الغاز بنسبة 11% من الاستهلاك العالمي في نفس السنة سابقة الذكر، بالرغم من انخفاض نسبة استهلاكها مقارنة بعام 2015م وهذا يعود إلى الأزمة الاقتصادية التي مرت بها البلاد، أما بالنسبة إلى اليابان فجاء هذا التخفيض عقب قرارها بغلق محطاتها النووية بعد كارثة فوكوشيما مما أثقل كاهلها بفاتورة طاقة مرتفعة نتيجة زيادة استهلاكها من الغاز الطبيعي خاصة في عام 2014م.

ويتوقع أن يرتفع الاستهلاك العالمي للغاز الطبيعي ليصل في عام 2040م إلى نحو 5.5 تريليون متر مكعب ليصبح المصدر الأول لتوليد الطاقة الكهربائية بالعالم متخطيا الفحم الحجري، وينمو الطلب على الغاز الطبيعي بوتيرة عالية نظرا إلى عدة عوامل إيجابية يتميز بها الغاز منها أنه أقل تلويثا للبيئة مقارنة بالفحم الحجري والنفط وأكثر سلامة مقارنة بالطاقة النووية وأقل كلفة مقارنة بالطاقة الشمسية وتوفره بكميات كبيرة.

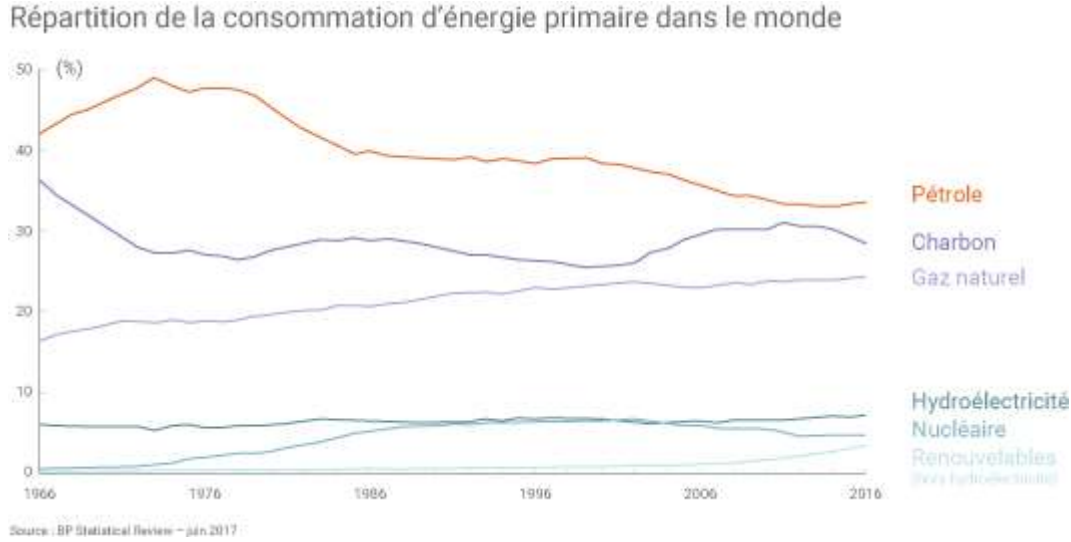
وبالرغم من هذا سيبقى النفط مصدر الطاقة الأول بالعالم ولعقود قادمة نظرا إلى استخداماته المتنوعة كوقود لوسائل النقل وكمصدر رئيس للصناعات البتروكيمياوية.⁽¹⁾

(1) سليمان الخطاف، دور الغاز الطبيعي في مستقبل الطاقة بالعالم.

<http://alphabeta.argaam.com/article/detail/100428> 11/12/2017 01:20 .

الشكل رقم: (01)

التوزيع النسبي لاستهلاك الطاقة الأولية في العالم



Source: BP Statistical Review of World Energy 2017, Op cit, p .11.

نلاحظ من خلال الشكل السابق أن أعلى نسبة استهلاك عالميا لعام 2016م من نصيب البترول مقدرة بنحو 35 بالمائة يليه الفحم بنسبة 30 بالمائة ثم الغاز الطبيعي بنسبة 23 بالمائة ثم الطاقة الكهرومائية بنسبة 5 بالمائة تليها الطاقة النووية بنسبة 4 بالمائة وأخيرا الطاقات المتجددة بنسبة 3 بالمائة، وإن حاولنا قراءة تطور استهلاك الطاقة منذ عام 1966م فنلاحظ أنه بالنسبة إلى البترول والفحم، فهناك توجه نحو خفض الاستهلاك من كل منهما على خلاف الغاز الطبيعي الذي نلاحظ أن هناك توجهها نحو زيادة استهلاكه - بوتيرة أكثر انتظاما من استهلاك الفحم والبترول - لأسباب بيئية بالدرجة الأولى أما بالنسبة إلى استهلاك الطاقة الكهرومائية والطاقة النووية والطاقات المتجددة فهناك توجه نحو الزيادة من الاستهلاك منها لكن بدرجة أقل بكثير من درجة استهلاك الغاز الطبيعي، وسنحاول معرفة تفسير ذلك في المطالب الآتية.

إذن، فبعد اكتشاف الإنسان للوقود الحفري بنحو قرن كامل، اكتشف نوعا آخر من الطاقة لا يقل أهمية عن النوع الأول، ولا يقل خطورة عنه أيضا، هذا النوع هو الطاقة النووية، التي سنتناولها من خلال المطالب الموالي.

المطلب الثاني: الطاقة النووية

إنّ الطاقة النووية تعتبر النوع الثاني من أنواع الطاقة الناضبة، علماً أنّ هناك من يصنفها كطاقة جديدة ومتجددة، إلّا أنّنا رأينا أنّها أقرب إلى الطاقات الناضبة منها إلى الطاقات المتجددة، وهذا ما سنراه من خلال الفروع التالية في هذا المطلب.

الفرع الأول: مفهوم الطاقة النووية

إنّ الطاقة النووية هي الطاقة التي تربط بين مكونات النواة أي البروتونات والنيوترونات، وهي تنتج نتيجة تكسير تلك الرابطة، وتؤدي إلى إنتاج طاقة حرارية كبيرة جداً، وفكرتها الأولى هي عندما وضع أينشتاين معادلته الرياضية التي تقرر أن المادة قد تتحول إلى طاقة عند تفكك ذراتها، ولفت بذلك الانتباه إلى ما يسمى بالطاقة النووية، وقد ظلت هذه الفكرة دون دليل حتى تمكن العالمان الألمانيان "أوتوهان" و"فريتز شتراسمان" من اكتشاف انشطار ذرة اليورانيوم الثقيلة إلى نصفين تقريباً عند قذفها ببعض النيوترونات عالية الطاقة، ويوجد عنصر اليورانيوم على هيئة نظيرين^(*) هما يورانيوم 235 ويورانيوم 238، ويصحب عملية انشطار النواة انطلاق قدر هائل من الطاقة، يمكن استغلاله بعد التحكم فيه لتوليد الطاقة الكهربائية خصوصاً⁽¹⁾، ولا يمكن حصر الطاقة النووية في عملية الانشطار فقط بل هناك عملية الاندماج النووي أيضاً، حيث إن العمليات الانشطارية النووية تكون للعناصر الثقيلة نسبياً وهي عمليات طاردة للطاقة، أما العمليات الاندماجية فتكون للعناصر الخفيفة نسبياً وتكون عمليات طاردة للطاقة هي أيضاً.⁽²⁾

ولقد برزت الدعوة إلى استخدام الوقود النووي في إنتاج الطاقة الكهربائية كبديل للوقود التقليدي في أواخر الخمسينيات وبداية الستينيات رغم أن أسعار البترول والفحم آنذاك تميزت بالانخفاض النسبي، لكن جو الرعب النووي الذي أحدثه هذا المصدر الذي لم يوجد في بادئ

(*) النظائر (ISOTOPES3) هي عناصر تتفق في عددها الذري وتختلف في عددها الكتلي (مجموع عدد بروتونات ونيوترونات العنصر) مثلاً u فإن 235 تمثل عددها الكتلي و92 عددها الذري.

(1) عمر شريف، مرجع سابق، ص 29-30

(2) عباس مصطفى معرفي، مبادئ الطاقة، مطبوعات جامعة الكويت، مجلس النشر العلمي، الكويت، 1999، ص 174

الأمر للأغراض السلمية، الذي ازدادت مخاوفه في الفترة الأخيرة نتيجة أخطار الإشعاعات النووية، كان سببا في عدم انتشار الطاقة النووية بشكل سريع، ومع هذا فالإنسان وجد نفسه أمام أمر لا مفر منه لأنه رأى أنه مهما حاول تطوير وتوسيع مصادر الطاقة التقليدية، التي كانت منتشرة بشكل واسع فإنها لن تكون كافية لسد حاجاته من الطاقة على المدى البعيد بل وحتى على المدى المتوسط، ولهذا توجهت الدراسات والأبحاث نحو تطوير هذا المصدر الطاقوي المهم، ومحاولة اجتياز المشاكل الناجمة عنه.⁽¹⁾

إن نقطة البداية التي فتحت الطريق أمام إنتاج الطاقة النووية كانت مع نهاية عام 1938م، وذلك عندما اكتشف انشطار عنصر اليورانيوم من طرف العالمين السابق ذكرهما- ويعتبر عنصر اليورانيوم المادة الأساسية لهذه الطاقة- وانطلاق طاقة هائلة منه نتيجة التفاعل الانشطاري، وفي سنة 1941م تم إنشاء أول مجمع نووي في جامعة كولومبيا بنيويورك لأغراض البحث وكانت الجهود موجهة آنذاك إلى الأغراض العسكرية، حيث تم تفجير أول قنبلة نووية في صحراء مكسيكو في 16 أبريل عام 1945م، وفي نفس السنة تم إسقاط قنبلتين نوويتين على مدينتي هيروشيما وناغازاكي في اليابان،⁽²⁾ والقنابل النووية تمثل طاقة نووية خارج السيطرة، أما الطاقة النووية المستخدمة في المفاعلات النووية فهي طاقة مسيطر عليها لإنتاج الطاقة المطلوبة، ومع مرور الزمن وتقدم البحث في هذا الميدان تم تسخير هذه الطاقة للأغراض السلمية، وأهمها إنتاج الطاقة الكهربائية، حيث كانت أول محطة نووية تجريبية لإنتاج الطاقة الكهربائية قد بنيت في الاتحاد السوفييتي (السابق) عام 1954م، وسعتها 5 ميغاوات ساعة، ثم تلتها بريطانيا في 1956م ببناء المحطة الثانية في العالم، ومنه تركز الاهتمام بعد ذلك بإقامة المحطات النووية في الكثير من الدول المتقدمة، إلا أن ما أعقب ذلك من استراتيجيات في منع ترخيصات إقامة مثل هذه المحطات، وظهور قضايا السلامة والمحافظة على البيئة أدت إلى ضعف تدريجي في سير انتشار الطاقة

(1) أحمد بلمرابط، البترول ومصادر الطاقة البديلة خلال الفترة 1960-1989، رسالة مقدمة لنيل شهادة الماجستير في العلوم الاقتصادية، جامعة الجزائر، 1993، ص.100

(2) شذى سلمان الدركلي، الطريق النووي في نصف قرن "ما له وما عليه"، الدار العربية للعلوم، بيروت، 1997، ص.151

النوية، ونتيجة الارتفاع الحاد في أسعار للبترول في سنة (1973م) اضطرت معظم دول العالم والأكثر استهلاكاً لمصادر الطاقة خاصة إلى الإقلال من الاعتماد على البترول والاتجاه إلى استخدام بدائل أخرى لتوليد الطاقة وخاصة الكهربائية منها.⁽¹⁾

ولا تختلف محطة لتوليد الكهرباء بالطاقة النووية عن محطة تدار بالفحم أو الزيت أو الغاز الطبيعي إلا من حيث إن التفاعل النووي يكون المصدر الحراري المستخدم في توليد البخار الذي يدير توربينات توليد الكهرباء، ويستخلص الوقود النووي عادة من اليورانيوم - كما سبق ذكره- الذي يوجد في الطبيعة بنسبة تتراوح ما بين 1 إلى 4 أرتال لكل طن من المادة الخام المستخرجة⁽²⁾، وقد شاع استعمال المفاعلات النووية التي تستخدم نظائر اليورانيوم المشعة ^{235}U ، التي تقبل الانشطار المتسلسل، وهذه النظائر موجودة بحدود أقل من 1% من اليورانيوم الطبيعي⁽³⁾، حيث لا تزيد نسبة تركيزه في المادة الخام عن 0.7%، ولذلك يلزم رفع فاعليته أو إغناؤه برفع نسبة التركيز إلى نحو 3% حتى يصلح كوقود نووي، ونظراً إلى ارتباط عملية الإغناء بإنتاج السلاح النووي فقد حرصت الدول النووية الكبرى على الاحتفاظ بها تحت إشراف أو رقابة الحكومة لضمان عدم انتشار الأسلحة النووية، ذلك أن صنع السلاح النووي يتطلب استخدام يورانيوم تتجاوز نسبة إغناؤه 20% أو استخدام البلوتينيوم الذي يمكن استخلاصه من الوقود النووي قبل أو بعد استخدامه ووجه الخطورة بالنسبة إلى البلوتينيوم أن العالم لم يتوصل بعد إلى وسيلة يمكن بها إبطال صلاحيته لصنع السلاح النووي.⁽⁴⁾

(1) أحمد بلمرابط، مرجع سابق، ص. 101

(2) حسين عبد الله، البترول العربي "دراسة اقتصادية وسياسية"، دار النهضة العربية، القاهرة، 2003

(3) عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، مرجع سابق، ص. 21

(4) حسين عبد الله، مرجع سابق، ص. 204.

الفرع الثاني: أنواع الطاقة النووية

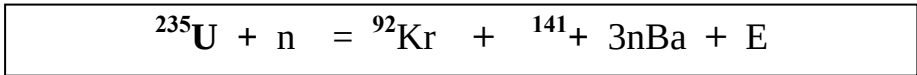
يمكن تقسيم الطاقة النووية من حيث تكنولوجياتها إلى ثلاثة أنواع:

1. الطاقة النووية المستمدة من الانشطار النووي:

حيث تعتمد هذه الطاقة على اليورانيوم كوقود لها، وهي التي تعمل بها المفاعلات الحالية⁽¹⁾، وتعتمد الفكرة الرئيسة في تشغيل المفاعل النووي الانشطاري على إحداث تفاعل نووي انشطاري متسلسل يمكن التحكم في معدله، ويمكن إيقافه كلياً إن اقتضت الحاجة، وذلك عن طريق التحكم في النيوترونات المسببة لاستمرارية التفاعل كاستعمال ألواح الجرافيت أو أنابيب من مادة البورون المعروف عنه قابليته الكبيرة لامتصاص النيوترونات، وتدخل هذه الأنابيب بصورة رأسية من أعلى جسم المفاعل.⁽²⁾

ويمكن تلخيص عملية الانشطار النووي فيما يلي:

إنّ التفاعل النووي عادة ما يتم باستخدام نظير اليورانيوم ^{235}U وذلك بتوجيه سيل من النيوترونات على اليورانيوم المركز، ويؤدي هذا التفاعل إلى شطر نواة اليورانيوم ^{235}U إلى نواتين العدد الكتلي للأولى في حدود (140) من مثل نظير الباريوم ^{141}Ba ، والأخرى عددها الكتلي في حدود 90 من مثل نظير الكريبتون ^{92}Kr ، إضافة إلى ذلك ينطلق نيوترونان حران أو ثلاثة نيوترونات حرة في المتوسط مع انطلاق طاقة تكافئ 200 مليون إلكترون فولت - ترتب هذا على انشطار نواة واحدة من اليورانيوم - على شكل طاقة حركية لنواتج التفاعل بجانب بعض الإشعاعات الكهرومغناطيسية وطاقة حرارية، وللمقارنة فإن توليد هذه الكمية من الطاقة باستخدام الفحم يستدعي حرق (2500 كغ)، ويكتب التفاعل النووي رمزياً كما يلي:⁽³⁾



(1) رمضان محمد مقلد وآخرون، مرجع سابق، ص. 113.

(2) مصطفى عباس معرفي، مرجع سابق، ص ص. 178-179.

(3) المرجع السابق، ص. 179.

أما النيوترونات المنتجة فإنها تكون ذات طاقة حركية عالية مما يعني عدم استطاعتها فلق أنوية ^{235}U أخرى، ولذلك توضع في المفاعل أنواع من الجرافيت تعمل على امتصاص جزء من طاقة حركة النيوترونات عند اصطدامها بها حتى تكون صالحة في عملية استمرارية التفاعل النووي الانشطاري أي في إحداث تفاعل نووي متسلسل.

2. الطاقة النووية بنظام مفاعل المولد السريع "Fast Breeders Reactor":

وهو الذي يجري تطويره لاستخدامه حالياً، وهذا النوع من المفاعلات يتميز بعدم وجود مادة مهدئة فيه، وتكون مادة التبريد في الغالب هي مادة الصوديوم السائل، إذ إنّ تبطيتها للنيوترونات يكون قليلاً جداً، وهذا يؤدي إلى حدوث وفرة في النيوترونات الثانوية، حيث يقوم بعضها بالمحافظة على التفاعل المتسلسل، ويقوم الباقي بإحداث تفاعل نووي مع نظير اليورانيوم ^{238}U فيحوّله إلى نظير البلوتينيوم الذي يمكن استخدامه كوقود مثل اليورانيوم ^{235}U تماماً. (1).

3. الطاقة النووية المستمدة بالاندماج (الانصهار) النووي:

تنتج الطاقة النووية أيضاً من اندماج بعض النوى الخفيفة لتكوّن نوى أثقل، وهذا يشبه ما يحدث في الشمس حيث تنتج الطاقة من اندماج نوى الهيدروجين لتكوّن الهيليوم، لذلك يسمى إنتاج الطاقة من الاندماج النووي "شمس من صنع الإنسان"، فنواة ذرة الهيدروجين تحمل شحنة كهربائية موجبة وعند اقتراب ذرة هيدروجين أخرى منها يحصل تناثر كهربائي بسبب تشابه الشحنات، أما إذا تقاربت ذرات الهيدروجين من بعضها تحت مؤثرات معينة فالتسخين مثلاً يؤدي إلى درجات حرارة عالية، نحو 100 مليون درجة مئوية، وهذه تزيد بـ 14 مرة على درجة حرارة مركز الشمس، فإن القوة النووية التجاذبية ستتغلب على قوة التناثر المغناطيسية، وتندمج النواتان مكونتين نواة أثقل مع انبعاث طاقة الاندماج، وهذا ما يسمى بالاندماج الحار. (2).

(1) حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص. 174.

(2) شذى سلمان الدركزلي، مرجع سابق، ص. 154.

ويمكن أن يتم الاندماج باستخدام أشعة الليزر بدلا من التسخين، وتتسم بحوث الاندماج بالليزر بالسرية لأنها مخصصة للأغراض العسكرية ومشروعات الأسلحة النووية، وتتميز هذه البحوث بارتفاع تكاليفها، ففي الثمانينيات كانت كلفة الأبحاث في أمريكا 1.5 بليون دولار، والدول التي تجري هذه البحوث إضافة إلى أمريكا هي بريطانيا وفرنسا واليابان وألمانيا.⁽¹⁾

ولذرة الهيدروجين ثلاثة نظائر هي الهيدروجين (الماء الاعتيادي H_2O) والديتريوم (الماء الثقيل H_2O_2) والتريتيوم T ، وتتشابه النظائر الثلاثة بالصفات الكيميائية وتختلف بالصفات الفيزيائية، إذن الوقود اللازم لعمليات الاندماج النووي يتكون في الغالب من الهيدروجين والديتريوم، وهما عنصران متوفران في الطبيعة بكميات تكفي لتلبية حاجتنا إلى الطاقة ملايين السنين، وذلك مقارنة بوقود الطاقة النووية الانشطارية، أيضا مردود العمليات الاندماجية أعلى من مردود العمليات الانشطارية أي إن الغرام المستهلك في التفاعل الاندماجي يوفر طاقة تزيد كثيرا عن الطاقة الناتجة عن استهلاك غرام واحد في التفاعل الانشطاري (نحو عشرة أضعاف)، أيضا نواتج العمليات الاندماجية تتكون في الغالب من الهيليوم وطاقة حرارية وأشعة كهرومغناطيسية بينما تشمل مخلفات التفاعلات الانشطارية مواد مشعة تشكل خطرا على الإنسان والبيئة ويستدعي التخلص منها تقنية عالية وتكاليف باهظة، إذن هذه الميزات جعلت جهود الباحثين تنصب على وضع الحلول الملائمة لتصميم مفاعلات نووية اندماجية، لكن وعلى الرغم من الجهود المبذولة والأموال المصروفة، مازالت مسألة إنتاج الطاقة عبر هذه الوسيلة في مراحلها التجريبية، حيث تتمثل المشكلة الرئيسة في أن التفاعلات الاندماجية لا تتم إلا تحت درجة حرارة عالية وضغط مرتفع، ويستدعي الإنتاج التجاري لهذه الطاقة الإبقاء على هذه الظروف لفترات طويلة، وهو أمر لم يتمكن الباحثون من وضع حلول عملية له.⁽²⁾

(1) المرجع نفسه، ص. 154.

(2) عباس مصطفى معرفي، مرجع سابق، ص ص. 182-183.

هذا بالنسبة إلى الاندماج النووي الحار أما الاندماج النووي البارد فتعتمد هذه الفكرة على تقريب نوى الهيدروجين من بعضها بواسطة خلية كهربائية - بدلا من التسخين كما يتم في الاندماج النووي الحار - تختلف عن الخلايا الكهربائية المعروفة⁽¹⁾، لكن يبقى الاندماج البارد رمزا للأمل البعيد في الطاقة الرخيصة والمتجددة وقليلة التلوث.

الفرع الثالث: استخدامات الطاقة النووية⁽²⁾

للطاقة النووية استخدامات عدة أهمها إنتاج الطاقة الكهربائية: حيث تعد الكهرباء أكثر مصادر الطاقة استخداما في عصرنا الحالي، فهي التي تدير الآلات في المصانع، وهي التي تستخدم في الإضاءة، وإدارة جميع الأجهزة المنزلية... وغيرها بالطاقة اللازمة لتشغيلها، ومن ثمّ كان البحث عن مصادر بديلة للوقود الحفري لتوليد الكهرباء، وفي النصف الثاني من القرن العشرين تمكن العلماء من إنتاج وتوليد الكهرباء من مصدر جديد وهو المفاعلات النووية.

الفرع الرابع: اقتصاديات الطاقة النووية⁽³⁾

تتمثل تكاليف إقامة محطة نووية لتوليد الكهرباء في التكاليف الرأسمالية، وتكاليف التشغيل والصيانة، وتكاليف الوقود المستخدم، وتعتبر التكاليف الرأسمالية أهم عنصر في تكاليف المحطات النووية مقارنة ببقية التكاليف، إذ تتراوح هذه التكاليف ما بين 55-80 % من تكلفة إنتاج وحدة الكهرباء (كيلووات/ساعة) في المحطات النووية، بينما تمثل هذه التكلفة 25-55 % في محطة تدار بالفحم، و 10-25 % في محطة تدار بالبترول. وتتحدد التكلفة الرأسمالية بعدة عوامل نذكر منها:

(1) شذى سلمان الدركزلي، مرجع سابق، ص 163.

(2) حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص 176.

(3) رمضان محمد مقلد، مرجع سابق، ص 116-117.

- حجم المشروع، حيث كلما زاد حجم المحطة النووية، انخفضت نفقة الوحدة المنتجة من الكهرباء، وفيما إذا كان يضم وحدة نووية أو وحدتين، إذ تتخفف التكلفة في الحالة الثانية عنها في الحالة الأولى بنحو 10-15%.

أما من حيث تكلفة الوقود، فإنه يمكن القول إن تكلفة الوقود النووي المستخدم في محطات توليد الكهرباء أقل من تكلفة الوقود الحفري المستخدم في محطات توليد الكهرباء بنفس السعة، حيث تمثل تكلفة وقود في المحطة النووية من 15-30 % من تكلفة إنتاج وحدة الكهرباء، وتصل هذه التكلفة ما بين 40-65 % في محطة تدار بالفحم، وما بين 70-80 % في محطة تدار بالبترول كما يوضحه لنا الجدول التالي:

الجدول رقم: (12)

نسبة مشاركة العناصر المختلفة في تكلفة إنتاج وحدة الكهرباء (كيلو وات/ساعة)

محطة تدار بالبترول	محطة تدار بالفحم	محطة نووية	
10-25%	25-55%	55-80%	التكاليف الرأسمالية
70-80%	40-60%	15-30%	تكاليف الوقود
5%	5-10%	5-15%	تكاليف التشغيل والصيانة

المصدر: د. رمضان محمد مقلد وآخرون، مرجع سابق، ص. 117.

إذن كما نلاحظ من الجدول السابق أن التكاليف الرأسمالية تمثل الحصة الأكبر من ضمن مجموع تكاليف إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية، ولأول وهلة يمكن أن نقول إنه بمجرد أن يغطي المنتج تكاليفه الرأسمالية فإن أسعار الكهرباء المولدة من الطاقة النووية ستكون منافسة لأسعار الكهرباء الأخرى المولدة من باقي مصادر الطاقة، ولكن المنتجين لا يحتسبون غالباً السعر الحقيقي للكهرباء المنتجة من الطاقة النووية، فإغلاق محطة نووية يكلف المبلغ ذاته تقريباً الذي يحتاجه بناء محطة جديدة، وهذا ما يجعل شركات الطاقة النووية تضغط الآن في أنحاء العالم لتأخير المواعيد المقررة لإغلاق المحطات.

ختاماً، لقد تناولنا في هذا المطلب أهم أنواع الطاقات الناضبة، المتمثلة أساساً في الطاقة الحفريّة من فحم وبترول وغاز، والطاقة النووية كنوع ثانٍ ناضب وحديث نسبياً مقارنة

بالطاقة الحفريّة، كما حاولنا تبين واقع وأهمية هذه الطاقات على المستوى العالمي من حيث الاحتياطي والإنتاج والاستهلاك لكلّ منها، لكن إذا كانت هذه الطاقات على هذا القدر الكبير من الأهمية فما هو مستوى تأثيرها على البيئة؟ هذا ما سنحاول أن نعرفه من خلال المطلب الموالي.

المبحث الثاني: الآثار الإيكولوجية للطاقة الناضبة

إنّ البعد الإيكولوجي وثيق الارتباط بمستوى ونمط التصنيع واستخدام الطاقة خاصة التقليدية منها، فيبدو من الدراسات أنّ هذا القطاع "قطاع الطاقة" قد احتل اهتماماً عالمياً أكبر في إجراءات التنمية البيئية المطردة وحماية البيئة، لذا سنحاول في هذا المبحث أن نوضح الآثار الإيكولوجية الخطيرة للطاقة الناضبة.

المطلب الأول: الآثار البيئية للطاقة التقليدية.

المطلب الثاني: الآثار البيئية للطاقة النووية.

المطلب الأول: الآثار البيئية للطاقة التقليدية

يعتمد النمو الاقتصادي، وما يتبعه من نمو صناعي على استخدام كميات متزايدة من الطاقة احتل الفحم مكان الصدارة بين مصادرها حتى الخمسينيات من هذا القرن، ثم ترك هذه المكانة الآن للبترول والغاز الطبيعي كأهم المصادر الرئيسة للطاقة. وبينما يهدف النمو الاقتصادي والصناعي إلى الارتفاع بمستوى الرفاهية الاقتصادية للإنسان، وتحسين ظروف ونوعية الحياة، إلا أنّه يؤدي إلى تلوث البيئة محلياً عن طريق تلوث الماء والهواء والتربة والصوت، وعالمياً عن طريق التأثير على المناخ العالمي. ولم تعد الدعوة إلى التخفيض من التلوث إلى أدنى حد ممكن نوعاً من الترف أو الرفاهية، وإنّما أصبحت ضرورة لما للتلوث من آثار بيئية على صحة الإنسان وإنتاجيته، فضلاً عن تأثير التلوث على الحياة النباتية والحيوانية بشكل عام.⁽¹⁾ وفيما يلي سنناقش أهم هذه الآثار:

(1) سلافة طارق عبد الكريم الشعلان، الحماية الدولية للبيئة من ظاهرة الاحتباس الحراري، منشورات الحلبي الحقوقية، بيروت،

الفرع الأول: الاحتباس الحراري

ويؤدّ احتراق الوقود عددا من الانبعاثات تختلف نوعياتها وأحجامها تبعا لنوع الوقود المستعمل، ويرتبط استخدام الوقود لتوليد الطاقة ارتباطا مباشرا بتفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري،⁽¹⁾ إذ إنّ هناك إجماعا علميا مفاده أن طقس العالم يتغير، وأنّ كميات غاز ثاني أكسيد الكربون المتزايدة الناتجة عن احتراق الوقود الأحفوري، تسهم بصفة كبيرة في هذا التغير حيث تقوم برفع درجة حرارة سطح الأرض وجوها، وأنّ هذه النسبة تعادل 380 جزء في المليون حجما، ويعتقد الخبراء أن هذا التركيز هو الأعلى منذ ثلاثة ملايين سنة، وفي أغلب التقدير أن ارتفاع تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون إلى قيمة أعلى من هذه القيمة، سيضع عددا كبيرا من هذه الدول في مواقف بيئية صعبة، ناتجة عن ارتفاع درجة الحرارة بتأثير الغازات الدفيئة، وما يرافقها من ظواهر بيئية متطرفة، وعليه فاعتمادا على الفهم العلمي المتوافر لآليات التغير المناخي فإنّ تقرير " الهيئة البريطانية" (*) أقر أنّ تركيزا لثاني أكسيد الكربون في الجو قدره 550 جزء في المليون حجما يجب اعتباره الحد الأقصى الذي يجب عدم تجاوزه.⁽²⁾

وتجدر الإشارة إلى أن غاز ثاني أكسيد الكربون يبقى في الجو مدة من 50 إلى 200 سنة، كما أن التصورات المنطقية تبين بجلاء أنّ التطور الاقتصادي العالمي المستقبلي سيترافق بانبعثات غازية جديدة.⁽³⁾

إذن يجب أن يكون هناك تفعيل لقرارات خفض انبعاث هذه الغازات، واستعمال الطاقات النظيفة لمحاولة تقليل تلك الآثار، لأنّ هذا التخفيض قد يبطئ تأثير ظاهرة الاحتباس الحراري.

(1) أحمد محمد مندور، د. أحمد رمضان نعمة الله، اقتصاديات الموارد والبيئة، مؤسسة شباب الجامعة، الإسكندرية، 1995، ص ص 214-215.

(*) الهيئة البريطانية: وهي هيئة شعارها محاربة تلوث البيئة، أصدرت تقريرا في 16 يوليو 2000م (وهو الثاني والعشرون منذ نشأتها) بعنوان "الطاقة والمناخ المتغير" بهدف دراسة الإجراءات اللازمة لتطوير سياسة دائمة للتزود بالطاقة واستعمالها.

(2) هناء دوزوم، تغير طقس الأرض في سيناريوهات، مجلة أخبار النفط والصناعة، مرجع سابق، العدد 377، فبراير 2002، ص 20.

(3) المرجع نفسه، ص 20.

الفرع الثاني: الأمطار الحمضية

على الرغم من أنّ مشكلة الأمطار الحمضية تبدو مشكلة حديثة إلاّ أنّها - في حقيقة الأمر - قديمة نسبياً، ويعود ظهورها كمسكلة بيئية إلى بداية الثورة الصناعية.⁽¹⁾

وقد جاء ذكر هذه الأمطار لأول مرة في تقرير كتبه الكيميائي البريطاني روبرت أنجوس سميث **Robert Angus Smith** عام 1872 م، حيث ربط هذا الكيميائي - لأول مرة في تاريخ العلم - بين الدخان والرماد المتصاعد في الهواء من مداخل المصانع في مدينة مانشستر بإنجلترا، وبين الحموضة التي لوحظت في مياه الأمطار المتساقطة على المناطق المحيطة بهذه المدينة، ولم ينتبه أحد إلى هذا التقرير وطوي في زوايا النسيان.

فلم يهتم العالم الغربي بهذه المشكلة إلاّ منذ أعوام قليلة، وبالتحديد في عام 1967 م، وذلك عندما لاحظ العالم السويدي **سفانت أودين Svante Oden**، وهو من علماء التربة، أنّ الأمطار التي تتساقط فوق بعض مناطق السويد تزيد نسبة حموضتها مع الزمن.⁽²⁾

وقد بيّن هذا العالم أنّ هذه الأمطار تنتج من ذوبان الغازات الكبريتية والنيتروجينية - التي تتصاعد من مداخل المصانع - في بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي، ونبّه هذا العالم إلى أخطار هذه الأمطار الحمضية، وإلى آثارها المدمرة في مختلف عناصر البيئة الطبيعية المتوازنة،⁽³⁾ وقد أطلق عليها ذلك الاسم الدرامي "حرب الإنسان الكيميائية ضد الطبيعة"، وقد تبين الآن بما لا يدع مجالاً للشك أنّ السبب الرئيس في تكوين الأمطار الحمضية هو محطات توليد الكهرباء والمراكز الصناعية الضخمة التي تنتشر في كثير من الدول، التي تحرق كميات ضخمة من الوقود⁽⁴⁾، إذن تتفاعل الأكاسيد الكبريتية والنيتروجينية مع بخار الماء المكوّن للسحب، ويتكوّن نتيجة لذلك حمضي الكبريتيك والنيتريك، وهما حمضان يتصفان بقوة تأثيرهما الأكّال **Corrosion Effect** للصخور والأجسام

(1) محمد عبد القادر الفقي، مرجع سابق، ص. 117.

(2) المرجع نفسه، ص. 117.

(3) المرجع نفسه، ص. 117.

(4) عبد الرازق المخادمي، التلوث البيئي "مخاطر الحاضر وتحديات المستقبل"، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 2000، ص. 15.

والمعادن، وتكون النتيجة تساقط حبات المطر ملوثة بهاذين الحمضين، وحين تتساقط هذه الأمطار الملوثة على المسطحات المائية-كالمحيطات والأنهار والبحار والبحيرات-فإنها تؤدي إلى إصابة الكائنات البحرية بأضرار جسيمة، وربما أدت إلى هلاك الأسماك والدلافين وباقي الأحياء التي تعيش في الماء.⁽¹⁾

وقد تسببت هذه الأمطار في زيادة حموضة الكثير من البحيرات والأنهار مما أدى إلى خلوها من الكائنات الدقيقة والأسماك، وهناك نحو ألفي بحيرة في منطقة أونتاريو بكندا تحولت مياهها من مياه متعادلة إلى مياه حمضية بسبب هذه الأمطار، أيضا عندما تسقط هذه الأمطار على التربة فإنها تحمل قدرا كبيرا من عنصر الكالسيوم الموجود فيها، وتحمله معها إلى مياه الأنهار مما يؤدي إلى حدوث:

1.نحر في التربة.

2.زيادة في تركيز الكالسيوم في مياه الأنهار.

3.ضعف النباتات، إذ إنّ ذوبان بعض العناصر الموجودة في التربة-كالكالسيوم والبوتاسيوم- بفعل الأمطار الحمضية يتسبب في إبعاد هذه العناصر المهمة عن جذور النباتات حيث تحملها الأمطار إلى المياه الجوفية.⁽²⁾

كما تؤدي الأمطار الحمضية إلى إذابة نسب كبيرة من بعض الفلزات الثقيلة والأتربة وتحملها معها إلى البحيرات، هذه الفلزات قد تكون رصاصا أو زئبقا أو ألومنيوما، وهي فلزات سامة تتسبب في تسمم الكائنات الحية عند شربها مياه هذه البحيرات، ولا تتوقف أضرار الأمطار الحمضية على تلوث المسطحات المائية فقط، بل تمتد هذه الأضرار إلى المحاصيل الزراعية والغابات، فقد تسببت في هلاك مساحات كبيرة من المزروعات والغابات في بعض الدول الزراعية، فقد تبين أنّ ذلك المطر أدى إلى القضاء على ما لا يقل عن 50.000 هكتار من غابات جبال "أورو" بتشيكوسلوفاكيا في السنوات الأخيرة، وأتته يهدد بالقضاء على

(1) محمد عبد القادر الفقي، البيئة، مرجع سابق، ص.121.

(2) المرجع نفسه، ص.121-122.

60.000 هكتار أخرى من تلك الغابات في المستقبل القريب، علماً بأنّ الخراب الذي حلّ بهذه المساحة الثانية قد بلغ حداً من السوء لا تصلح معه أي عملية للإنقاذ أو الإصلاح. كما تعاني ألمانيا الغربية من هذه الظاهرة، ما تخسره سنوياً من أشجار الغابات والأخشاب بنحو 800 مليون دولار، بالإضافة إلى ما يتلف من المحاصيل الزراعية الأخرى، التي تقدر قيمتها بنحو 600 مليون دولار في العام، كما يتسبب المطر الحمضي في القضاء على نحو 25% من غابات بفاريا الشهيرة، ويشملها هذا الدمار بشتى أنواعها، إذ تسقط أوراق الأشجار ومن ثمّ تذبل وتموت.

وعلى الرغم من التقدم السريع الذي حدث وتحقق في فهم طبيعة التفاعلات التي تؤدي إلى تكوين الأمطار الحمضية فإنّ الخطط والسياسات الواجب اتباعها لتقليل أخطار الأمطار الحمضية مازالت عند خط البداية.

ختاماً، تعتبر هاتان الظاهرتان تمثلاً لأثرين بالغين الخطورة نتيجة استعمال الوقود الحفري عموماً، أمّا في ما يأتي فسنحاول تبيان الآثار الناجمة عن استعمال كلّ نوع منها (فحم، بترول، غاز).

الفرع الثالث: الآثار الإيكولوجية الناجمة عن إنتاج ونقل واستهلاك الفحم

يعتبر الفحم من أكثر أنواع الوقود الأحفوري وفرة حيث يتوافر بكميات كبيرة في أجزاء كثيرة من الكرة الأرضية وبأسعار رخيصة نسبياً، وفي الوقت ذاته أكثر الأنواع إثارة للجدل بسبب تدمير البيئة الذي تحدثه أعمال التنجيم وبسبب الانبعاثات الناجمة عن حرقه -ثاني أكسيد الكربون بصفة خاصة- وعدم كفاءته كمصدر للطاقة، ويحارب منتج الفحم كل المحاولات الهادفة إلى تنظيم الانبعاثات وتحسين كفاءته.⁽¹⁾

كما ذكرنا سابقاً، فإنّ الفحم يوجد على هيئة رواسب تحت قشرة الأرض، وعندما تكون رواسب الفحم على عمق كبير من سطح الأرض، فإنه في هذه الحالة تستعمل طريقة باسم "طريقة التعدين الأرضي" لاستخراجه، وتتلخص هذه الطريقة في حفر أنفاق رأسية للوصول

(1) ريتشارد هاينبرغ، مرجع سابق، ص. 201.

إلى هذه الرواسب ثم البدء بعد ذلك في تكسير هذه الرواسب، وقد تستخدم بعض المتفجرات التي تشتعل بلهب قصير في تكسير هذه الرواسب داخل المنجم، أو تستخدم أنابيب من الغاز المضغوط لنفس الغرض، وفي بعض الحالات الأخرى يستخدم ضغط الماء أيضا لتكسيرها. (1)

وفي جميع الحالات السابقة تنشأ عدة مخاطر، فهناك خطر اشتعال غاز الميثان الناتج عن تفتيت الفحم حيث يكون خليطا متفجرا عند اختلاطه بالهواء، كذلك قد يشتعل غبار الفحم عند اختلاطه بالهواء (حيث يكون معه خليطا متفجرا مثل غاز الميثان). (2)

ويؤثر كل من غاز الميثان وغبار الفحم المتطاير تأثيرا كبيرا على سلامة ونظافة البيئة المحيطة بموقع المنجم، كما قد يؤدي اشتعال الغاز أو الغبار مع الهواء إلى انهيار المنجم وإلحاق الضرر بالمنطقة المحيطة به.

كذلك، فإن الماء المستخدم في تفتيت رواسب الفحم يحمل معه الكثير من غبار الفحم وبعض الشوائب الأخرى، وعند إلقاء هذا الماء في المجاري المائية الطبيعية يؤدي إلى تلوثها والقضاء على ما بها من كائنات حية، بالإضافة إلى هذا فإن الماء قد يساعد على تفتيت الصخور في جدران المنجم وسقفه، ما قد يؤدي أيضا إلى انهياره، فضلا عن كون إلقاء هذا الماء على الأراضي المحيطة بالمنجم قد يسبب تلوث التربة بما يحمله من محتويات. (3)

وتؤدي عملية تصنيف الفحم إلى قطع ذات أحجام متقاربة وتنقيتها مما بها من شوائب وأتربة ورمال إلى تطاير غبار الفحم وبعض الأتربة والرمال التي قد تسبب الكثير من الأضرار بالمناطق المحيطة بالمكان الذي تتم فيه هذه العمليات ما لم تتخذ الوسائل الكفيلة بمنع ذلك. (4)

وتقع مناجم الفحم عادة في مناطق منعزلة بعيدة عن الأسواق والمدن التي تستهلك هذا الفحم مما يستوجب نقله إلى أماكن استخدامه، وقد يحدث تلوث البيئة أثناء عمليات نقل

(1) حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص. 67.

(2) المرجع نفسه، ص. 67.

(3) حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص. 68.

(4) المرجع نفسه، ص. 68.

الفحم، وذلك كتلوث الوسائل المخصصة لنقله، كما تصبح الموانئ والأماكن المستخدمة في شحن الفحم غير صالحة للاستخدام في أي شيء آخر، بسبب ما يحدثه تراب الفحم من تلوث في هذه الأماكن.⁽¹⁾

ويعتبر الفحم أكبر ملوث للجو، وقد قدر أنه لإنتاج طاقة كهربائية قدرها مليون كيلو وات/ساعة من محطة توليد كهرباء تحصل على طاقتها من الفحم، فإن تلك المحطة سوف تبتث في الجو 6 ملايين طن من غاز ثاني أكسيد الكربون سنوياً، وإلى جانبه شوائب تؤدي إلى تصاعد أكاسيد الكبريت والنيتروجين،⁽²⁾ ويتفوق الفحم على البترول في بثه للغازات الكربونية بنسبة 35% بينما يتجاوز الغاز الطبيعي في إطلاقه لهذه الغازات بنسبة 72%،⁽³⁾ ويمثل الفحم من حيث المخاطر الصحية والبيئية أخطر مصادر الطاقة على الإطلاق، حيث تتجم عنه كميات هائلة من النفايات الصلبة والسائلة الضارة بالإنسان والبيئة، كما تسهم الحوادث العنيفة الناتجة عن استخراج الفحم بأكثر نصيب في معدل الوفيات كما تتطوّل عند احتراقه كميات ضخمة من الغازات الملوثة والحابسة للحرارة، فضلاً عن انبعاث كميات من النويات المشعة الطبيعية التي تسهم في حدوث التلوث الإشعاعي للبيئة.

ويمكن أن نجمل المخاطر الصحية والمهنية في دورة الفحم فيما يلي: ⁽⁴⁾

أ- حوادث مميتة بسبب انهيار مناجم الفحم.

ب- أمراض عمال المناجم بسبب تعرضهم للغبار كأمراض الرئة وضيق الأوعية الدموية وغيرها.

ج- الوفيات والإصابات بسبب نقل الفحم بطرق النقل المختلفة.

(1) المرجع نفسه، ص. 68.

(2) عمر شريف، مرجع سابق، ص. 69.

(3) Acroitre la production énergétique nécessaire d'ici 2050, Op.cit.

(4) حسن أحمد شحاتة، المرجع السابق، ص ص. 67-68.

وعموما فبالرغم من أنّ الفحم يمثل أكثر أنواع الوقود الأحفوري تلويثا للبيئة إلاّ أنه لا يستبعد في أن يكون بديلا للنفط في المستقبل في حال عدم وجود البديل المناسب بيئيا والمجدي اقتصاديا.

الفرع الرابع: الآثار الإيكولوجية الناجمة عن إنتاج ونقل واستهلاك البترول

وفيما يلي سوف نناقش مشاكل تلوث البيئة الناجمة عن إنتاج ونقل واستهلاك البترول كأهم مصدر للطاقة في الوقت الراهن، وأيضاً لكون التلوث النفطي أكثر أنواع التلوث شيوعاً وأشدّها خطراً على البيئة بشكل عام، والحياة المائية بشكل خاص.

إذن لا تخلو الصناعة النفطية كغيرها من الصناعات الأخرى من تأثيراتها السلبية على البيئة، في كافة مراحل هذه الصناعة بدءاً من الاستكشاف والتنقيب حتى الاستهلاك، فقد ترتب على الزيادة السريعة في استهلاك النفط الخام انتقال مصافي التكرير من البلدان المنتجة إلى البلدان المستهلكة، وفي نهاية الخمسينيات وبداية الستينيات سلطت الأضواء على المشاكل البيئية المتعلقة بتكرير النفط الخام ونقله، وخاصة تلك التي لها تأثيرات على المناطق السكنية المجاورة، وتطور هذا الاهتمام ليشمل كافة النواحي البيئية للهواء، والماء والضجيج، والأدخنة والأبخرة التي تصاحب إنتاج واستهلاك المنتجات النفطية في وسائل النقل والمصانع والمنازل، فضلاً عن التوسع في استخدام الناقلات والأنابيب لنقل النفط الخام، والمنتجات البترولية.⁽¹⁾

وقد حاولت الصناعة النفطية إيجاد الحلول الكفيلة بالمحافظة على نظافة البيئة، وتقليل الملوثات الصادرة منها إلى مستويات مقبولة، بحيث يمكن للطبيعة أن تتولى إعادة التوازن البيئي إلى ما كان عليه، طالما لا تستطيع الصناعة بأيّ حال أن تصل إلى مرحلة عدم التلوث "Zéro Pollution".⁽²⁾

(1) أحمد محمد مندور، د. أحمد رمضان نعمة الله، مرجع سابق، ص 215.

(2) المرجع نفسه، ص 216.

1. مرحلة التنقيب:

حيث يتدفق زيت البترول أثناء عمليات التنقيب عن النفط في المناطق المغمورة، كما حدث في شواطئ كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية في نهاية الستينيات من القرن العشرين، حيث كان الزيت يتدفق ليليلغ 20 ألف جالون يوميا، واستمرت الحال كذلك لمدة 12 يوما، وكان نتيجة ذلك أن تكونت بقعة زيت كبيرة قدر طولها آنذاك بثمانمائة ميل في مياه المحيط الهادي، وقد أدى ذلك إلى موت أعداد لا تحصى من طيور البحر، والدلافين، والأسماك والكائنات البحرية بسبب التلوث بالنفط.⁽¹⁾

أيضا يمكن أن يندفع زيت البترول بقوة شديدة تشبه الانفجار كما حدث في بحر الشمال سنة 1977 م، وقد أدت هذه الحادثة إلى حدوث تلوث شديد في مياه البحر، نتيجة لاندفاع نحو 25 ألف طن من الزيت الخام إلى سطح البحر، وقد حدث انفجار مماثل في بئر بترول في قناة "سانتا باربارا" بكاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية حيث أدى هذا الانفجار إلى انسكاب كميات هائلة من الزيت غطت سطح المياه في هذه المنطقة، وتسببت في قتل الكثير من الكائنات الحية، حيث أصبحت هذه المنطقة جرداء، تشبه البيئة الصحراوية في خلوها من كل أنواع الحياة الحيوانية والنباتية.⁽²⁾

كما يمكن أن تحدث هناك تسريبات أو انفجارات بالآبار النفطية البحرية، أو بأجهزة إنتاج النفط الموجودة في البحر أو على الشواطئ.⁽³⁾

2. النقل:

يُنقل النفط الخام من مناطق الإنتاج إلى مراكز التكرير بواسطة خطوط الأنابيب أو الناقلات، أما المشتقات النفطية فمن المعتاد نقلها بالأنابيب أو السكك الحديدية والسيارات إلى مناطق الاستهلاك، وبصفة عامة فإنّ درجة الأمان بالنسبة إلى خطوط الأنابيب تكون أكبر من الوسائل الأخرى، حيث تقل الاحتمالات الممكنة للتلوث من عملية النقل.⁽⁴⁾

(1) محمد عبد القادر الفقي، مرجع سابق، ص.88.

(2) حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص.69.

(3) محمد عبد القادر الفقي، مرجع سابق، ص.91.

(4) أحمد محمد مندور، د. أحمد رمضان نعمة الله، مرجع سابق، ص.216-217.

كما يمكن القول إنّ المشكلات المتعلقة بنقل النفط عبر البحار والمحيطات ظهرت منذ اكتشافه، وامتدت خلال كل مراحل إنتاجه، وقد أدت الزيادة المستمرة في هذه الأنشطة إلى ظهور كميات متزايدة من الملوثات النفطية بمياه الشواطئ والبحار والمحيطات، ولذلك فلا نستغرب عندما نعرف أنّ مياه البحار والمحيطات تستهدف بالتلوث بملايين عدة من النفط كل عام، وخاصة أنّ معظم المصانع والمصافي مُقامة بمحاذاة الشواطئ، الأمر الذي بات يهدد وينذر بمشكلات بيئية خطيرة قد تؤثر على التوازن البيئي في البحر واليابسة على حد سواء، والإشكالية الكبرى أنّه يصعب التحكم في التلوث البحري بالنفط، أو منع انتشاره، حيث إنّ خطر عائم ومتحرك يتحكم فيه اتجاه الرياح وعوامل المد والجزر، وشدة الأمواج، وبذلك تصعب السيطرة عليه، حيث ملوثات منطقة ما تنتقل بعد فترة إلى منطقة أخرى إما مباشرة أو بطريقة غير مباشرة عن طريق الأسماك الملوثة.⁽¹⁾

وتعد ناقلات البترول بحوادثها المتكررة وبممارساتها الخاطئة، من الملوثات الخطيرة للمياه وللبيئة عموماً، وأنّ مصادر تلوث البحار والمحيطات أثناء نقل النفط كثيرة نذكر منها: أ- قيام بعض ناقلات النفط بتفريغ محتويات صهاريجها في مياه البحر، حيث تقوم بغسل خزاناتها وتصريف مياه الغسيل إلى البحر بعيداً عن الشواطئ، وعادة ما تكون مياه الغسيل هذه محتوية على بقايا نفطية، وما يزيد الأمر سوءاً، أنّ المد والجزر يجرفان هذه البقايا والبقع العائمة من البترول إلى الشواطئ فتلوثها، وهو الأمر الذي دفع ببعض الحكومات إلى فرض غرامات مالية كبيرة على كل ناقلة يثبت تسببها في مثل هذه العمليات.⁽²⁾

ب- الحوادث البحرية، التي من أهمها ارتطام ناقلات النفط بالشعاب المرجانية، أو بعضها ببعض أو غرقها. وعلى ذكرنا الغرق، فإنّ غرق ناقلات النفط يأتي في مقدمة أسباب تلوث البحار والمحيطات بالنفط، فالناقلات الغارقة وحدها تتسبب في تسرب ما يصل إلى مليوني طن سنوياً من الزيت الخام إلى مياه البحار والمحيطات، والأمثلة كثيرة

(1) عبد الرحمان حمادي، مرجع سابق، ص. 8.

(2) محمد عبد القادر الفقي، مرجع سابق، ص ص. 88-89.

جدا، منها على سبيل المثال لا الحصر ما حدث من تسرب لكميات هائلة من النفط على مقربة من الساحل الشمالي الغربي لإسبانيا في 19 نوفمبر 2002 م، إذ انشطرت ناقلة النفط اليونانية "بريستيج" إلى نصفين بسبب عاصفة شديدة غرقت على إثرها في المحيط الأطلسي حاملة 77 ألف طن من زيت الديزل إلى قاع المحيط، مما أدى إلى حدوث أضرار بالغة بالحياة البرية والمصائد البحرية، بعد تسرب البترول الذي كانت تحمله الناقلة إلى السواحل الإسبانية، فقد تدفقت آلاف الأطنان من الناقلة بعد غرقها مما أدى إلى تلويث أكثر من 100 شاطئ، وأصبحت الحياة البحرية في إسبانيا في خطر كبير إضافة إلى منع الصيد في مساحة تتجاوز 400 كيلومتر مربع من السواحل.⁽¹⁾

وقد هدد انتشار تسرب زيت الديزل من تلك الناقلة بانقراض مخزون الأسماك والمحار المهم للاقتصاد المحلي في منطقة واسعة بالقرب من سواحل إسبانيا، وهي منطقة يعتمد فيها نحو 60% من السكان على الصيد كمصدر رئيس لرزقهم، وقتها أدى هبوب الرياح والطقس السيئ إلى إفشال جهود السلطات الإسبانية لمنع بقعة الزيت نحو الشواطئ واليابسة في إقليم جاليسان⁽²⁾، وعلى سبيل المثال نذكر أيضا، في عام 2001م غرقت ناقلة النفط العراقية "زينب" قرب سواحل دبي، وهي تحمل 1300 طن من النفط، وفي عام 2002م غرقت ناقلة النفط الفرنسية "كول" قرب اليمن وهي محملة بـ 350 ألف برميل من النفط.

إنّها أمثلة لسلسلة لم ولن تتوقف، من حوادث غرق ناقلات النفط في عمق البحار والمحيطات، إنّها الضريبة المسبقة التي يدفعها البشر قبل استهلاك النفط.⁽³⁾

إذن على الرغم من قلة عددها مقارنة بالكوارث الصناعية والطبيعية الأخرى، فإن كوارث البحار الناجمة عن انسكاب النفط من الناقلات أو محطات الإنتاج يمكنها أن تقع في

(1) عبد الرحمان حمادي، مرجع سابق، ص.9.

(2) المرجع نفسه، ص.9.

(3) عبد الرحمان حمادي، المرجع السابق، ص.9.

أيّ وقت، وفي أيّ مكان من العالم مسببة خسائر لا يستهان بها، وبخاصة على الصعيد البيئي، وقد تصل تكلفة معالجة آثارها إلى بلايين عدة من الدولارات.

أ- اشتعال النيران والحرائق بناقلات النفط بعرض البحر.

ب- تسرب النفط الخام بسبب حوادث التآكل في الجسم المعدني للناقلة.

ج- إلقاء ما يعرف بمياه الموازنة الملوثة في مياه البحر، حيث يتم ملء الناقلة بعد تفريغ

شحناتها من النفط بنسبة لا تقل عن 60% من حجمها، للحفاظ على توازن أو اتزان

الناقلة أثناء سيرها في وسط البحر خلال رحلة العودة إلى ميناء التصدير.

3. صناعة التكرير: (1)

تعتبر صناعة تكرير النفط الخام من الصناعات المهمة والحديثة، التي تطورت تطورا كبيرا بسبب الحاجة إلى تلبية الطلب على بعض المشتقات النفطية، وقد أدى التوسع الهائل في تكرير النفط الخام إلى زيادة المخلفات والملوثات الناجمة عن صناعة التكرير، ويمكن تقسيمها إلى:

أ- الملوثات الهوائية: تتكون هذه الملوثات من مركبات الكبريت، والهيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين، جسيمات دقيقة بالإضافة إلى الدخان وأول أكسيد الكربون، ولهذه الملوثات ضرر كبير على صحة الإنسان، وباقي الكائنات الحية الأخرى: الحيوان والنبات، وحتى المباني، فضلا عن تأثيرها على المناخ.

ب- الملوثات المائية: تحتاج المصافي بغض النظر عن درجة تعقيدها والوحدات التي تحتويها إلى المياه لأغراض التبريد وتوليد البخار، وللتسخين ومكافحة الحرائق، وتتلوث بعض هذه المياه بمكونات النفط الخام أو بالمواد الكيميائية الأخرى المستخدمة، ويجري تجميعها في أماكن خاصة لمعالجتها وإعادة استعمالها أو تصريفها إلى الأنهار والبحار.

ج- الملوثات الصلبة: يحتوي النفط الخام على بعض المواد الصلبة كالرّمال والأطيان التي تترسب في قاع الخزانات، فضلا عن المواد الصلبة التي تقوم وحدات التكرير

(1) أحمد محمد مندور، أحمد رمضان نعمة الله، مرجع سابق، ص 220-221

المختلفة بإنتاجها، مثل فحم الكوك والصدأ، والترسبات الصلبة من وحدات معالجة المياه، بالإضافة إلى كميات الرمال والأطيان التي تتجمع بسبب عمليات الغسل والتنظيف.

د- التلوث الحسي: حيث يضاف هذا النوع إلى الملوثات السابق ذكرها، وهو عبارة عن التأثيرات غير المرغوبة على الملكات الحسية للإنسان كالضجيج والروائح الكريهة، والإزعاج البصري كضوء الشعلات الساطع، وارتفاع المنشآت وغيرها، وتؤثر هذه الملوثات بدرجة أكبر على الساكنين بالقرب من مناطق الصناعات النفطية.

4. الملوثات الناشئة عن استهلاك المنتجات النفطية:⁽¹⁾

أ- المحركات التي تعمل بالبنزين: يعتبر البنزين أهم المشتقات النفطية، نظرا إلى استخدامه في ماكينات الاحتراق الداخلي المستخدم في وسائل النقل، حيث يتولد عن عملية الاحتراق هذه أول أكسيد الكربون، وهيدروكربونات غير محترقة أو محترقة جزئيا، أكاسيد النيتروجين ومواد دقيقة أغلبها من مركبات الرصاص، ويتوقف معدل تصاعد هذه الملوثات على ظروف التشغيل ونوعية أنظمة الاحتراق، وتسهم المواد الهيدروكربونية مع أكاسيد النيتروجين في تكوين الضباب الأسود، أما تأثير أول أكسيد الكربون السام فيتوقف على درجة تركزه، وظروف التعرض له.

يضاف إلى ذلك تأثير كميات الرصاص (أكسيد الرصاص وكربوناته) التي تتحول في الجو إلى أترية مكونة من مواد دقيقة، وصغيرة جدا ولا تترسب، ويستنشقها الإنسان، حيث يبلغ معدل تركيزها ما بين 2-3 ميكروجرام/متر مكعب في المدن المزدحمة، وينخفض إلى 0.2 ميكروجرام/متر مكعب في الضواحي، وأقل من ذلك في المناطق الريفية، ونظرا إلى الخطورة الشديدة لمركبات الرصاص على الصحة العامة، فقد وضعت العديد من القيود على معدلاته في العديد من الدول الأوروبية، بل إن بعض الدول قررت اعتماد البنزين الخالي من الرصاص كوقود، بهدف توفير بيئة صحية وهواء نظيف.

(1) أحمد محمد مندور، أحمد رمضان نعمة الله،، مرجع سابق، ص 220-221.

ب- المحركات التي تعمل بالديزل: على الرغم من أن كميات أول أكسيد الكربون والمواد الهيدروكربونية تكون أقل في حالة محركات الديزل بالنسبة إلى محركات البنزين، إلا أن أكاسيد النيتروجين المتصاعدة تكون أكبر فضلاً عن وجود الدخان الأسود والرائحة الكريهة بكثرة.

ج- فضلات البترول: يمكن أن ينشأ تلوث خطير جزاء التخلص من مخلفات المنتجات البترولية، من محطات خدمة المستهلكين، الصناعات البترولية وغيرها، وتوجد في العديد من الدول المتقدمة جهات معيّنة تقوم بجمع هذه المخلفات والتأكد من حرقها، أو استخدامها مرة أخرى إذا كان ذلك ممكناً.

ختاماً، فمن المتفق عليه أنّ من أهم الاكتشافات التي حققها الإنسان في مجال مصادر الطاقة، هو اكتشافه النفط، وتطوير منتجاته واستخدامها في مختلف الأغراض، حيث أصبح النفط شريان الحضارة الإنسانية في كثير من مرافقها، وبخاصة في مجال النقل وتوليد الكهرباء، وتحلية مياه الشرب، إضافة إلى استخدامه كوقود في مختلف الصناعات، كذلك تحققت اكتشافات كبيرة في مجال تحويل النفط والغازات الطبيعية إلى منتجات بتروكيماوية، حيث إنّ أكثر من 90% من المواد الكيميائية العضوية أصبحت تنتج الآن من البترول، وبالتالي كان من الطبيعي أن يكون النفط هو المتهم الأول في عملية تلويث البيئة⁽¹⁾، حيث إنّ معدل ما تبثه سيارة خاصة متوسطة أثناء سيرها 60 متراً مكعباً من العوادم في الساعة، وأنّ كل لتر تستهلكه من البنزين ينتج عنه بث نحو 2.3 كيلوغرام من غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، وتقدر أعداد السيارات التي تجري في شوارع العالم اليوم بنحو 500 مليون سيارة، 75% منها تسير داخل المدن، و95% من وسائل النقل تستخدم البترول كوقود.⁽²⁾

(1) عبد الرحمن حمادي، أخطر ضرائب النفط على البيئة، مجلة أخبار النفط والصناعة، شركة أبوظبي للطباعة، الإمارات العربية المتحدة، العدد 421، أكتوبر 2005، ص.8
(2) عمر شريف، مرجع سابق، ص.70

الفرع الخامس: الآثار الإيكولوجية للغاز الطبيعي

يتكون الغاز الطبيعي أساساً من غازي الميثان وأول أكسيد الكربون، ومعهما آثار من كبريتيد الهيدروجين، عند الاحتراق التام يتحول غاز الميثان إلى غاز ثاني أكسيد الكربون وماء، ويتحول أول أكسيد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون، وتكمن خطورة الغاز الطبيعي عند تسريه دون احتراق نظراً إلى السمية الشديدة لغاز أول أكسيد الكربون، ويعتبر أقل أنواع الوقود الحفري تلويثاً،⁽¹⁾ حيث يتفوق الغاز الطبيعي على النفط من حيث قلة مخاطره الصحية والبيئية بسبب قلة المخلفات الصلبة والسائلة، وكذلك انخفاض معدل إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين،⁽²⁾ ويشترك الغاز الطبيعي مع النفط في بعض الآثار البيئية سابقة الذكر، كحوادث الانفجار والحرائق أثناء عمليات النقل التي تسبب تلوثاً كبيراً، فضلاً عن الأضرار التي تصيب الإنسان (حروق، جروح، اختناق...)، أما خطوط نقل الغاز فإضافة إلى ذلك تكون عرضة لانفجارات مدمرة تلوث الماء والهواء والأرض وتضرر بالكائنات الحية خاصة الإنسان، ويمكن أن نوجز أهم التأثيرات البيئية لمصادر الطاقة التقليدية في الجدول التالي:

(1) المرجع نفسه، ص. 70.

(2) حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص. 71-72.

الجدول رقم: (13)

أهم التأثيرات البيئية لمصادر الطاقة التقليدية

مصدر الطاقة	التأثيرات البيئية
الفحم	1. تلوث المياه السطحية والجوفية. 2. اضطراب وتغيرات في استخدام الأراضي، وتخریب بعيد المدى للنظام البيئي. 3. انبعاثات غازات ثاني أكسيد الكربون، وأكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين. 4. تلوث سطح التربة بالغازات الثقيلة، ومخلفات الرماد . 5. تغيرات عالمية في المناخ، بسبب انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون، والغازات الحابسة للحرارة. 6. تلوث البحار والمحيطات.
النفط	1. تلوث البحار والشواطئ بسبب كميات النفط المتسربة . 2. انبعاثات من غازات ثاني أكسيد الكربون، وأكاسيد الكبريت والنيتروجين . 3. تلوث المياه السطحية والجوفية بالنفط. 4. تغير المناخ العالمي بسبب الغازات الحابسة للحرارة
الغاز الطبيعي	1. انبعاثات من غازات ثاني أكسيد الكربون، وأكاسيد الكبريت والنيتروجين. 2. تغير المناخ العالمي بسبب الغازات الحابسة للحرارة.

المصدر: د. حسن أحمد شحاتة، المرجع السابق، ص. 66.

إن الآثار البيئية للطاقات التقليدية السابق ذكرها فبالرغم من خطورتها إلا أنها لم تكن إلا صورة موجزة عن مخاطر هذا النوع من الطاقة.

إذن مما سبق يتضح لنا أننا أمام مشكلة بيئية بالغة التعقيد، ومتداخلة العناصر ولا يوجد لحلها وصفة سحرية ناجعة يمكن تعميمها على الجميع، كما أنه لا يمكن إجبار كل الدول على استخدام نفس الأساليب، ولكن حجم الكوارث البيئية هو ما سيدفع الجميع إلى التكاثر سواء من أجل إيجاد البديل لهذه الطاقة، أم بترشيد استهلاكها وإنتاجها.

إذا كانت هذه هي الآثار الإيكولوجية الناجمة عن استخدام الطاقة التقليدية، فما هي الآثار الناجمة عن استخدام الطاقة النووية؟ هذا ما سنحاول الإجابة عنه من خلال المطلب الموالي.

المطلب الثاني: الآثار البيئية للطاقة النووية

إن كل ما في أيدي العلماء الآن هو اتباع ما يسمى بالتجربة والخطأ، إذ لا يوجد أساس علمي متين لما يقومون به سواء كان ذلك في مجال بحوث الاندماج الحار المكلف أم البارد الرخيص، فكلاهما حلم بعيد عن التحقيق، والبحث المستمر عن مصادر الطاقة هذه أولى به أن يتوجه نحو الحد من التبذير في العالم، وتوفير بعض مصادر الطاقة للأجيال القادمة التي لن تواجه شحا في مصادر الطاقة فحسب، بل ستواجه مخلفات استخدام الطاقة النووية من نفايات مشعة ومفاعلات مغلقة⁽¹⁾.

وتختلف آثار الإشعاع النووي باختلاف مصدره، وكذلك باختلاف شدة هذا الإشعاع، والحد الأقصى الذي يجب ألا يتعرض إليه الإنسان هو (800 ريم)*، فهذا المقدار حتما سوف يؤدي إلى الإصابة بالسرطان وحدث الوفاة، ويعتبر حادث مفاعل تشرنوبيل (سنة 1986م) بجمهورية أوكرانيا (بالاتحاد السوفييتي سابقا) أكبر وأقوى شاهد على المخاطر التي قد تنتج عن استخدام الطاقة النووية والمفاعلات النووية، حتى ولو للأغراض السلمية.

(1) شذى سلمان الدركزلي، مرجع سابق، ص. 167.

* ريم: وحدة تستخدم في قياس الإشعاع، هي تكافئ وحدة "رونغن" من وحدات الأشعة السينية.

ويمكن إجمال الملوثات النووية فيما يلي: (1)

1. نفايات سائلة مشعة تتصاعد من قلب المفاعل نتيجة اصطدام النيوترونات الحرة مع الشوائب التي قد توجد في المبرد.

2. نفايات غازية وسائلة تتسرب من النظائر التي توضع في أنابيب من الحديد الصلب نتيجة تصدعات في تلك الأنابيب.

3. نواتج انشطارية تتجمع مع الوقود النووي في قلب المفاعل، حيث يعالج الوقود النووي في عملية منفصلة تتم خارج المفاعل، لتنتجته من تلك النفايات التي تقلل من سلسلة تفاعلات اليورانيوم، وتعرف النواتج الانشطارية باسم النفايات النووية، وهي خطيرة جداً، ويعد التخلص من النفايات النووية إحدى المشكلات التي تواجهها الدول الكبرى بسبب تكلفتها الباهظة، بجانب توافر تقنيات عالية تساعد على دفن هذه النفايات بالطريقة التي تمنع تسربها.

فمثلاً مادة البلوتينيوم، مادة خطيرة جداً على البشرية، إذ يكفي حجم كرة صغيرة منها لصنع قنبلة نووية تفكك بحياة الآلاف من الناس، وذلك لأنها الوقود الأساسي في صنع الأسلحة النووية، كما أنه يظل إشعاع هذه المادة لمدة تصل إلى خمسين ألف سنة، ويعمل العلماء على اكتشاف طرق أحدث للتخلص من هذه النفايات، عن طريق دفنها في البحر، أو معالجتها بأشعة الليزر، أو في باطن الأرض حيث يتم نقلها في أوعية من الفولاذ وتدفن في حفر مبنية تحت الأرض، وذلك حتى يمكن التخلص من إشعاعها دون أن يتسرب. (2)

هذا، فضلاً عن الكوارث والخسائر التي تلحق البيئة نتيجة وقوع حوادث كإذابة المفاعل أو تدميره، فقد تقلت السيطرة على التفاعل النووي بسبب ارتفاع درجة الحرارة مثلاً - فوق مستوى الأمان - أو لتعرض أجهزة المفاعل للإجهاد الشديد، مما يؤدي في النهاية إلى انصهار الأنابيب المحتوية على الوقود النووي، وهذا يؤدي إلى تسربه إلى الجو، مثال ذلك ما حدث من تسرب للإشعاع من محطة نووية ببنسلفانيا بالولايات المتحدة الأمريكية

(1) حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص 177-178.

(2) رمضان محمد مقلد وآخرون، مرجع سابق، ص 115-116.

(1989م)، وحادثة تشيرنوبيل (1986 م) السابق ذكرها⁽¹⁾، فقد كان من المتوقع أن تكون الطاقة النووية أحد المصادر الرئيسة في إنتاج الطاقة الكهربائية ولكن هذا لم يتم بسبب المعارضة الواسعة التي تواجه نصب هذه المحطات في مختلف أنحاء العالم خاصة بعد حادثة تشيرنوبل حيث إنَّ أخذ أقصى درجات الحيلة والحذر في عدم تسرب الإشعاع أدى إلى استخدام أجهزة معقدة وعالية الكلفة، ولهذا السبب فإن كلفة إنشاء هذه المحطات أعلى من كلفة إنشاء محطات توليد الطاقة بواسطة الوقود، كما أن كلفة إنتاج الطاقة الكهربائية فيها مرتفعة.⁽²⁾

بالإضافة إلى أن استخراج خامات اليورانيوم، وتكريرها وتركيزها لجعلها قابلة للانطلاق عملية تسبب تلوثاً كبيراً، فينتج جراءها بث كميات كبيرة من غازات ثاني أكسيد الكربون يفوق بعدة مرات ما تنتجه مصادر الطاقة القابلة للتجدد⁽³⁾، وإليك الرسم البياني التالي الذي يبين عدد حالات الإصابة بالسرطان بسبب السقط النووي في مواقع مختلفة من العالم إلى غاية سنة (2000).

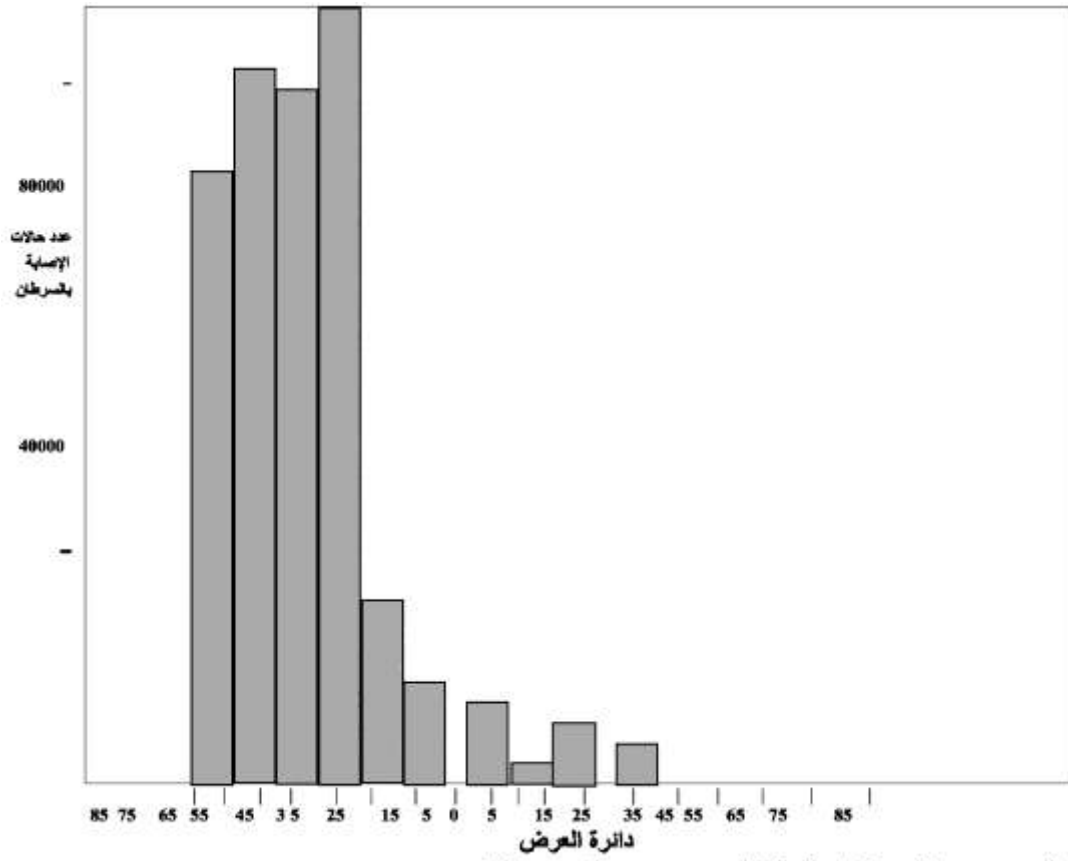
(1)ريتشارد هاينبرغ، مرجع سابق، ص. 210.

(2)الآثار البيئية الناتجة عن استخدام مصادر الطاقة، مرجع سابق.

(3)ريتشارد هاينبرغ، مرجع سابق، ص. 211.

الشكل رقم: (03)

عدد حالات الإصابة بالسرطان بسبب السقط النووي
في مواقع مختلفة من العالم حسب دوائر العرض حتى سنة 2000. (+: نصف الكرة
الأرضية الشمالي. -: نصف الكرة الأرضية الجنوبي).



المصدر: د. شذى سلمان الدركزلي، مرجع سابق، ص. 77.

نلاحظ من الرسم البياني أن أكثر البشر تضررا في العالم من داء السرطان الذي يسببه السقط النووي هم سكان نصف الكرة الأرضية الشمالي، والسبب واضح بالطبع وهو أن كل التجارب النووية تقريبا تجرى في الشمال، كما نلاحظ أن عدد الإصابات بداء السرطان تبلغ أقصاها عند دائرة عرض 25 فيمكن القول إنه بالإضافة إلى السبب السابق ذكره فإن هناك سببا آخر، ألا وهو أن أعلى كثافة سكانية في الكرة الأرضية تقع عند دائرة العرض 25.

إذن، فلا عجب حين توصف الطاقة النووية بأنها الجني الذي حرره الإنسان دون أن يعرف المدى الهائل لقدرته، ولم يتمكن من السيطرة عليه كما كان يشتهي، ففي الوقت الذي

توفر فيه الطاقة حلاً جزئياً لا يتجاوز 7% لمشكلة نضوب مصادر الطاقة الحفرية فضلاً عن نضوبها هي أيضاً، فإنها في الوقت ذاته تسبب هذا الإرث الوخيم وباهظ الكلفة من النفايات النووية والتلوث الإشعاعي البيئي .

إنّ الطريق الذي سلكه الإنسان باستخدامه الطاقة النووية لا يتضمن فقط التجارب التفجيرية والمفاعلات النووية، لكنه يتضمن أيضاً تلك الاستخدامات السلمية الرائعة في الطب (تشخيصاً وعلاجاً) وفي الصناعة والزراعة والآثار والكشف عن الجرائم وغيرها، إذن شق الإنسان هذا الطريق ولم يعرف العودة منه.

عموماً، يكاد لا يختلف اثنان على أن الطاقة كانت ومازالت تعد العصب الأساسي لتطور المجتمعات الصناعية لما لها من دور حيوي في الصناعة -خصوصاً- وفي تحريك بقية القطاعات الاقتصادية -عموماً- نظراً إلى دورها المحوري في عملية التنمية على وجه أشمل، ولما بدأت مؤشرات حقيقية وخطيرة تظهر مع تنامي الطلب على الطاقة والمصادر الطبيعية لها (النفط والغاز) إن على مستوى البيئة أو على مستوى وصولها إلى مرحلة الخطر باستنزافها على النحو الحاصل، كان لابد من البحث عن مصادر طاقة بديلة، وكان لابد من إعلان الحكومات دعمها الجاد والمسؤول للبحث العلمي وتطويره وصولاً إلى تحسين ورفع كفاءة الآلات والتجهيزات المستهلكة للطاقة⁽¹⁾، حيث إن الطاقة الموجودة في الفحم الحجري والبتروول والغاز واليورانيوم طاقة غير متجددة أي إنها ستنتهي مع انتهاء المخزون المتوفر في الأرض، الذي يتوقع أن ينفد خلال إحدى وأربعين سنة في حالة البتروول، واثنين وستين سنة كما في حالة الغاز، وما بين 150 إلى مائتي سنة بالنسبة إلى الفحم، أمّا اليورانيوم فقد يمد البشرية بالطاقة لعدة مئات من السنين (توقعات الخبراء لسنة 2000م).

(1) على نصر الله، الطاقة المستدامة، 2009/02/24

إن البديل لهذه المصادر غير المتجددة هو مصادر الطاقة المتجددة، التي سنحاول أن نعرفها من خلال الفصل الموالي، الذي يتناول أهم أنواع هذه المصادر البديلة وأهمية البحث عنها.

خلاصة الفصل الأول:

لقد تناولنا في هذا الفصل دراسة الطاقة الناضبة بنوعيتها التقليدي والحديث، من خلال تبيان خصائص كلٍّ منها، محاولين البحث عن البديل الأفضل، وخلصنا إلى أن الطاقة التقليدية (الحفرية) تمثل شريان وعصب الاقتصاد العالمي - لاسيما البترول-، ولها الأثر بالغ الخطورة على البيئة في الوقت نفسه، ويضم هذا النوع من الطاقة ثلاثة أنواع رئيسة من الوقود هي الفحم والبترول والغاز الطبيعي، وبالرغم من الأضرار الناتجة عن استخدام الفحم إلا أن هناك توجها نحو استخدامه لضمان إنتاج الطاقة من مصادر متعددة، أما البترول فبالرغم من التطور الهائل حول إمكانية تخفيض تكلفة الطاقة من المصادر المنافسة للنفط إلا أنه يبقى المصدر الرئيس للطاقة، وأما الغاز الطبيعي فقد أخذ نصيبه في الاستهلاك العالمي من الطاقة في التزايد منذ الثمانينيات من القرن الماضي، وهذا نظرا إلى كونه أنظف أنواع الوقود الأحفوري، ونوع آخر أكثر حداثة نوعا ما من الأول هو الطاقة النووية باستخدامها المتناقضين، أولهما طاقة نووية ذات أغراض سلمية رائعة، والأخرى طاقة نووية ذات استخدامات غير سلمية مرعبة وآثار بيئية الأكثر خطورة - حسب ما سبق ذكره- من الطاقة الحفرية، وفي ما بين هذه المفارقات ارتأينا البحث عن بديل آخر يكون أكثر نظافة وصداقة مع البيئة من جهة، وأكثر ديمومة من جهة أخرى، وهذا البديل لن يكون إلا الطاقات الجديدة والمتجددة، هذا ما سنتناوله من خلال الفصل الموالي بإبرازنا أهم أنواعها، وأهمية البحث عنها.

الفصل الثاني:

أنواع الطاقات الجديدة والمتجددة
وإستراتيجية تنفيذ نظام طاقة مستدام

الفصل الثاني: أنواع الطاقات الجديدة والمتجددة واستراتيجية تنفيذ نظام

طاقة مستدام

إن إدراك الإنسان المتزايد لمخاطر التلوث البيئي الناجم عن زيادة الاستهلاك من مختلف مصادر الطاقة الحفرية (خاصة النفط) من جهة، ونضوب هذه الأخيرة من جهة أخرى، جعله يفكر جدياً في التقليل من الاستفادة منها، واللجوء إلى مصادر أخرى للطاقة أكثر ديمومة ونظافة.

وسنحاول أن نقدم في هذا الفصل أهمية البحث عن مصادر الطاقة البديلة (المتجددة) ومفهومها مع ذكر أهم أنواعها التي شملها البحث والتطبيق بصورة واسعة، وتبيين خصائص كلٍّ منها.

المبحث الأول: أهمية البحث عن مصادر طاقة بديلة

مما تقدم أعلاه يتبين أنه إذا كان هدفنا هو تقليل كمية الوقود التقليدي الذي يتم حرقه لغرض إطالة عمره ولتقليل المخاطر البيئية التي يسببها، فإنه يتوجب علينا البحث عن مصادر جديدة غير ناضبة وصديقة للبيئة، وتطوير كفاءتها، وتقليل أسعار منظوماتها، وهذه المصادر هي مصادر الطاقة المتجددة التي سنتحدث عنها بشيء من التفصيل فيما بعد.

المطلب الأول: ضرورة البحث عن مصادر طاقة بديلة

فمنذ أزمة الطاقة (1976م) بدأ التفكير الجدي في البحث عن مصادر طاقة بديلة، في ذلك الوقت كان يقصد بمصادر الطاقة البديلة أنها مصادر بديلة للبترول، حيث إن هذا الأخير أصبح المصدر الرئيس للطاقة، ولعل الشيء الذي جعله يحتل هذا المركز هو سهولة نقله، ودرجة احتراقه العالية وما إلى ذلك من الميزات التي يمتاز بها، وقد أدى هذا المركز الذي يحتله إلى زيادة إنتاجه واستهلاكه، بل تضاعف استهلاكه في سنوات قليلة، ونظرا إلى محدودية الاحتياطات البترولية، وما أثير حولها من تساؤلات حول عدم مسايرة المكتشف منها لمعدلات الاستهلاك أثرت قضية أو أزمة الاعتماد على البترول، لكن الإشكال الآن لم يعد إشكال نضوب فقط، وإنما رافق تزايد معدلات استهلاك الطاقة إشكال آخر لا يقل خطورة عن الأول ألا وهو تزايد مشاكل تلوث البيئة، ومن هنا تتضح لدينا ضرورة البحث عن مصادر طاقة بديلة ليست للبترول فحسب، وإنما للطاقة الحفرية بصفة عامة.

المطلب الثاني: أسباب البحث عن مصادر الطاقة البديلة وأهميتها

في حين تعتمد كافة الدول على مصادر الطاقة غير المتجددة، بدأ العالم أخيراً التنبّه إلى المشاكل البيئية التي تسببها تلك المصادر، فضلاً عن احتمال نضوبها بعد فترة من الزمن، ليست ببعيدة، الأمر الذي كان وراء البحث عن مصادر تحقق التنمية المستدامة ولا تؤثر سلباً على صحة الإنسان والبيئة، وهذا ما يتحقق في الاعتماد على مصادر الطاقة

المتجددة التي تتولد بصورة طبيعية، وبصفة مستدامة، دون أن ينتج عنها أي نوع من أنواع التلوث.⁽¹⁾

الفرع الأول: أسباب البحث عن مصادر الطاقة البديلة

أ- إنّ البحث عن موارد متجددة لموارد الطاقة أمر حاسم، بسبب توجه الموارد غير المتجددة (الناضبة) نحو الاستنزاف،⁽²⁾ وللتقليل من حدة الآثار البيئية الخطيرة الناتجة عن استعمال مصادر الطاقة الحفرية، وفي مقدمتها ظاهرة الاحتباس الحراري، والأمطار الحمضية، والطاقة النووية.

ب- زيادة الطلب على الطاقة لتلبية متطلبات التطور التقني، وزيادة عدد السكان.

ج- المحافظة على المخزون النفطي.

د- التخلص من عبء ارتفاع أسعار البترول.

الفرع الثاني: أهمية مصادر الطاقة البديلة

إنّ المصادر البديلة مصادر غير ناضبة، لأن الطبيعة تعيد تكوينها بسرعة على عكس مصادر الطاقة الحفرية من غاز وبتترول وفحم، ذات الاحتياطات التي تكونت منذ آلاف السنين، وقد تستمد هذه الطاقات من الشمس أو الرياح أو الماء وغيرها..⁽³⁾ بالإضافة إلى ميزة مهمة وهي نظافة هذه المصادر وصدقتها مع البيئة. إذن ممّا سبق طرحه يمكن أن نجمل أهمية هذه المصادر في النقاط التالية:

أولاً: أنّ المصادر البديلة للطاقة مرشحة لأن تلعب دوراً مهماً في حياة الإنسان، وأن تسهم في تلبية نسبة عالية من متطلباته الطاقوية، وهي مصادر دائمة طويلة الأجل إن لم نقل

(1) مايا نادر، الطاقة البديلة كلفة بيئية أقل...فرص عمل جديدة وتحسين معيشة الإنسان، مارس 2016، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://greenarea.me/ar/119004> اطلع عليه يوم 2016/08/23 على الساعة 23:18.

(2) ريتشارد هاينبرغ، مرجع سابق، ص.336.

(3) Hania AMARDJIA-ADNANI, Algérie. Energie Solaire et Hydrogène: Développement Durable, Office des Publications Universitaires, Alger, 2007, p.48.

أبدية لارتباطها بالشمس، والرياح والحرارة وغيرها. فاحتياجات الطاقة المتجددة التي يمكن الوصول إليها عالميا من الناحية الفنية كبيرة بما يكفي لتوفير نحو ستة أمثال الطاقة التي يستهلكها العالم حاليا وإلى الأبد.⁽¹⁾

ثانيا: نظافة هذه المصادر على عكس الوقود الحفري، الذي تزايدت التأكيدات حول تسببه في الكثير من المشاكل البيئية، فالجدير بالذكر أن جميع مصادر الطاقات الجديدة والمتجددة أو معظمها آمنة ونظيفة بيئيا، ومنه عدم تخصيص مبالغ إضافية لمعالجة ما يمكن معالجته من المضار الجانبية للطاقة التقليدية.

ثالثا: تعدد أشكال الطاقة في هذه المصادر يتفق مع تعدد احتياجات الإنسان من الطاقة، ويمثل في الوقت ذاته نقطة إيجابية في جانب استغلال هذه المصادر، فبدل الدخول في متاهات تحويل الطاقة من شكل إلى آخر عبر سلسلة من العمليات، التي تؤدي إلى إهدار نسبة عالية من مخزون الطاقة الأساسي في المواد الأحفورية، فإن مصادر الطاقة البديلة هذه تتيح إمكان إنتاج الطاقة المطلوبة مباشرة، فالحلّيا الشمسية مثلا تتيح إمكان إنتاج الطاقة الكهربائية مباشرة، والمجمعات الشمسية تتيح إنتاج طاقة حرارية مباشرة أيضا، بينما تنتج الطواحين الهوائية طاقة حركية.⁽²⁾

رابعا: إن عملية استغلال الطاقات الجديدة والمتجددة وإحلالها محل الطاقة التقليدية، ستوفر مردودات اقتصادية مهمة، فقد أعطت التقييمات الاقتصادية لاستعمال منظومات الطاقات الجديدة والمتجددة، وبالأخص منظومات الطاقة الشمسية مردودات اقتصادية فعالة خلال فترة التشغيل الصغرى، فإذا ما زادت عن ذلك زادت مردوداتها الاقتصادية،⁽³⁾ فأسواق خلايا الوقود مثلا تضاعفت خلال فترة قصيرة نتيجة للتقدم الكبير الذي تحقق في هذا المجال حيث أمكن رفع كفاءة تلك الخلايا مع خفض تكلفة إنتاجها، كما أن الدول النامية تواصل طريقها

(1) هل تصلح الطاقة المتجددة ما أفسدته الطاقة التقليدية؟ مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.annabaa.org>

اطلع عليه يوم 2016/08/15. على الساعة 14:03.

(2) سعود يوسف عياش، مرجع سابق، ص.325.

(3) عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، مرجع سابق، ص.57.

قدما للتوسع في استخدام طاقة الهيدروجين، فيما شهد سوق السخانات التي تعمل بالطاقة الشمسية، توسعاً بنسبة أكثر من 25 في المائة، خلال السنوات القليلة الماضية.¹

خامساً: إنّ استعمال هذه المصادر سوف يؤدي إلى ترشيد استهلاك الطاقة الحفوية، وخاصة النفط ومشتقاته مما يؤدي إلى وفرته حيث يمكن تصديره إلى سوق النفط العالمية، ومنه جلب العملة الصعبة لدعم الاقتصاديات الوطنية - هذا بالنسبة إلى الدول المنتجة للنفط - وإقامة المشاريع التنموية.

سادساً: المردودات الاجتماعية الناتجة عن استعمال مصادر الطاقة البديلة، وذلك من خلال توفير الطاقة اللازمة للاستعمالات اليومية لسكان المناطق النائية، كالطبخ والتدفئة وتسخين الماء، ومنه النهوض بمتطلبات الحياة الضرورية لهؤلاء السكان.

هذا فضلا عن خلق فرص عمل جديدة، مما يؤدي إلى زيادة الدخل السنوي، والراحة النفسية التي يوفرها استعمال هذه المصادر للعنصر البشري لما يتمتع به من جو طبيعي.

(1) هل تصلح الطاقة المتجددة ما أفسدته الطاقة التقليدية؟ مرجع سابق.

المبحث الثاني: مفهوم الطاقات المتجددة وأهم أنواعها

وهي عبارة عن مصادر طبيعية متجددة، غير ناضبة، نظيفة لا ينتج عن استخدامها أي تلوث، أو ينتج بقدر قليل منه، فنجد أنّ الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، والماء والحرارة لا تطرح ملوثات، أمّا احتراق الكتلة الحيوية (la Biomasse) فإنها تطرح بعض الغازات الملوثة لكنّها أقل كمية من تلك الناتجة عن احتراق الوقود الحفري.⁽¹⁾

ومنذ أن بدأ العمل ببروتوكول كيوتو في عام 1995 م، ووتيرة الاهتمام بالبحث عن مصادر للطاقة النظيفة في تصاعد مستمر، فتعددت الأبحاث التي لم تترك مجالا إلاّ وبحثت فيه، فالطاقة الشمسية، الهوائية، المائية، النووية، الحرارية، والآن الهيدروجين... عناوين أصبحت تتداولها وسائل الإعلام بكثرة، وكأنّ العالم الذي يبحث عن بديل للطاقة الحفرية بات على وشك الوصول إلى ضالته، إذن ما هي خصائص هذه الطاقات، وهل ستكون بديلا فعلا خلال المستقبل المنظور؟ هذا ما سنحاول الإجابة عنه في هذا المطلب.

المطلب الأول: الطاقة الشمسية

الفرع الأول: تعريف الطاقة الشمسية:

إنّ الشمس هي مصدر الحياة على كوكب الأرض، وهي كرة غازية يبلغ نصف قطرها نحو 696000 كيلومتر، وكتلتها نحو 2×10^{29} طن، ومكوّناتها الأساسية هي غاز الهيدروجين (نحو 75%)، وغاز الهيليوم (نحو 25%)، بالإضافة إلى كميات ضئيلة من بعض العناصر الأخرى مثل الحديد والسليكون والنيون والكربون، وتتولد الطاقة الشمسية نتيجة التحول المستمر لكل أربع ذرات من الهيدروجين إلى ذرة واحدة من الهيليوم في تفاعل اندماجي، ولما كانت كتلة ذرة الهيليوم الناتجة من التفاعل أقل من مجموع كتل ذرات الهيدروجين الداخلة فيه، فإنّ فرق الكتلة هذا يتحلل إلى ضوء وحرارة تنتقل على هيئة أشعة

(1) CHems Eddine CHITOUR , Pour une stratégie énergétique de l'Algérie a l'horizon 2030, Office des publication universitaire, Alger, 2003, p.41.

شمسية يبلغ معدل شدة انبعاثها 3.8×10^{23} كيلو وات، وتنتقل هذه الكمية في جميع الاتجاهات، ولا يصل إلى كوكب الأرض منها إلا مقدار ضئيل يتناسب مع مساحة الأرض، ومع المسافة بين الأرض والشمس، ولا يصل الإشعاع الشمسي الساقط على الغلاف الجوي كله إلى سطح الأرض حيث إنّ جزءاً منه يقدر بنحو 13% ينعكس إلى الفضاء خارج الغلاف الجوي، وجزء آخر يقدر بنحو 26% يمتص من قبل مكونات الغلاف الجوي والغيوم، أما ما يصل إلى سطح الأرض من الإشعاع الشمسي على شكل إشعاع مباشر، وإشعاع منتشر (مبعثر) فهو لا يزيد عن 34% من الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على الغلاف الجوي.⁽¹⁾

الفرع الثاني: أهمية الطاقة الشمسية:

ربما لا يكفي القول إنّ الشمس هي مصدر متجدد للطاقة، وإنّما هي المورد الدائم الوحيد للطاقة في الكون، فهي موجودة منذ أن خلق الله - سبحانه وتعالى - الكون، وهي باقية إلى ما شاء الله، وهي المصدر الرئيس لمعظم الطاقات على سطح الأرض، ومما يؤكد على ذلك ما يلي:⁽²⁾

- أ- الشمس هي مصدر الضوء والحرارة على سطح الأرض.
- ب- الشمس هي المسؤولة عن عملية التركيب الضوئي التي تقوم بها الأجزاء الخضراء في النباتات، حيث يصنع النبات غذاءه.
- ج- الشمس هي المسؤولة عن تبخير مياه الأنهار والبحار والمحيطات لتكوّن السحب.
- د- الشمس هي التي تحرك الرياح التي تسوق السحاب إلى حيث تهطل الأمطار.
- هـ- الشمس هي المسؤولة عن نمو النباتات والأشجار، التي دفنت منذ العصور القديمة في باطن الأرض مع غيرها من بقايا الكائنات الحية، حيث تحولت هذه البقايا وتلك

(1) عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، مرجع سابق، ص. 63.

(2) حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص 77-81.

الأشجار والنباتات بفعل الضغط والحرارة المرتفعة إلى بترول وفحم وغاز طبيعي، وتعد الآن من أهم المصادر التقليدية للطاقة.

وكذلك تعد طاقة المد والجزر نوعا من أنواع الطاقة الحركية المستمدة من الشمس، إذن من الممكن تمثيل الشمس على أنها فرن هائل تتطلق منه كميات كبيرة من الطاقة في كل الاتجاهات، والطاقة الشمسية طاقة نظيفة متجددة، مما يجعلها مصدرا مثاليا للطاقة التي نحتاجها ونتطلع إليها، ولقد أدرك الإنسان أهميتها، فوجهت العديد من المراكز البحثية اهتمامها وأبحاثها لدراسة إمكانية استخدام الطاقة الشمسية في كافة الأغراض الحياتية، مثل تسخين المياه، وطهي الطعام، وكوقود للسيارات والشاحنات وباقي وسائل النقل.⁽¹⁾

كما نلاحظ أنّ الطاقة الشمسية قد احتلت مكان الصدارة في اهتمامات العلماء مقارنة بباقي المصادر، فأصبحت عنصرا ثابتا في مخططات الطاقة في معظم دول العالم، ولقد استخدمت هذه الطاقة منذ زمن في أوروبا وأمريكا واليابان، وذلك لأغراض التدفئة المنزلية وتسخين المياه، علما بأنّها دول ليست مشمسة في كثير من أيام السنة، أمّا دول الوطن العربي فقد أصبحت هي الأخرى تولي اهتماما لهذا المصدر، بالرغم من وفرة مواردها البترولية، وذلك لتمتعها بجو مشمس في أغلب الأوقات.⁽²⁾

الفرع الثالث: استخداماتها:⁽³⁾

أصبح استعمال الطاقة الشمسية مألوفاً، وموسعا في الوقت الحاضر في مجالات عديدة منها، في المباني لتسخين المياه والهواء، وتوليد الكهرباء وتحتلية المياه، وفي الزراعة المحمية في البيوت البلاستيكية وتجفيف المحاصيل الزراعية، وحتى توليد الهيدروجين... وإلى استعمالات فرعية أخرى.

(1) المرجع نفسه، ص. 81.

(2) رمضان محمد مقلد وآخرون، مرجع سابق، ص. 123.

(3) عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، مرجع سابق، ص. 68-69.

فبالنسبة إلى استعمال الطاقة الشمسية في مجال تكييف المباني، وتوفير الجو الطبيعي للسكان فهذا يتم باستعمال منظومات الطاقة الشمسية، حيث تشيد المباني خصيصا لاستخدام منظومات الطاقة الشمسية، ومن أبسط هذه الاستعمالات تحديد اتجاه المبنى والاستعمال الأمثل لمساحات الشبائيك... أمّا تجهيز الماء الساخن للاستعمال المنزلي والصناعي الذي شاع استعماله في الوقت الحاضر، فيتم بواسطة منظومات تسخين الماء الشمسية التي تتكون من المجمع الشمسي المستوي والخزان الحراري ومجموعة أنابيب الرّبط، وبنفس الطريقة يمكن تجهيز الهواء الحار، أما عملية توليد الكهرباء فتتم مباشرة بواسطة الخلايا الضوئية الشمسية المعرضة لأشعة الشمس مباشرة، وهناك تطبيقات واسعة للطاقة الشمسية في مجال الزراعة المحمية في البيوت الخضر البلاستيكية والزجاجية، وتجفيف المحاصيل الزراعية، وقد تحقق في هذا المجال نجاح متقدم، كما يمكن استعمالها لتحلية المياه، وتوفيرها للاستعمال البشري والصناعي، وخاصة في المناطق الصحراوية التي تشكو من كثرة نسبة الملوحة في المياه.

المطلب الثاني: طاقة الرياح

إنّ الرياح هي إحدى نعم الله... وآياته الساطعة، فالكرة الأرضية التي نعيش عليها، يحيط بها غلاف غازي من الهواء، حيث يعرف الهواء وهو في حالة سكون باسم الجو، أمّا إذا تحرك الهواء من مكان إلى آخر عرف باسم الرياح، والرياح هي الهواء المتحرك بسرعة يرسله - الله سبحانه وتعالى - ليسوق به نعمًا كثيرة، ولتعم رحمته الناس أجمعين.⁽¹⁾

قال تعالى: {وَمِنْ آيَاتِهِ أَنْ يُرْسِلَ الرِّيَّاحَ مُبَشِّرَاتٍ وَلِيُذِيقَكُمْ مِنْ رَحْمَتِهِ وَلِتَجْرِيَ الْفُلُكُ بِأَمْرِهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلِعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ}.⁽²⁾

تنشأ الرياح من تسخين الشمس غير المتساوي للغلاف الجوي الأرضي، ومن دوران الأرض حول محورها، وتكون الرياح أقوى ما يمكن في المعابر الجبلية، وعلى طول

(1) حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص. 83.

(2) سورة الروم، الآية 46.

الشواطئ، وتعتبر الدنمارك وهولندا وكاليفورنيا والهند وجنوب الأرجنتين، والصين من أهم المصادر للرياح الساحلية، وقد تم إقامة مزارع تستفيد من طاقة الرياح في هذه الأماكن⁽¹⁾ وتقدر الطاقة الحركية المخزنة في الرياح بنحو 9% من الطاقة الشمسية الممتصة من قبل الأرض، وقدرت منظمة الأرصاد الجوية الدولية، بأنه تم اختيار الأماكن ذات الرياح المتكررة في العام كله، فمن الممكن توليد طاقة كهربائية تعادل 13 ضعف الطاقة السنوية التي ينتجها العالم⁽²⁾.

ولقد استخدم الإنسان طاقة الرياح منذ فترة طويلة، حيث استعملها في تسيير السفن الشراعية، وطحن الحبوب وضخ المياه، وتعود أولى تطبيقات استخدام طاقة الرياح في توليد الطاقة الكهربائية إلى عام 1910م في الدنمارك، ثم توالى الأبحاث حول هذا الموضوع في النصف الأول من القرن العشرين، وتم إقامة محطات عديدة لتوليد الكهرباء، منها محطة ريحية التي أقيمت في دول الاتحاد السوفييتي السابق في عام 1932م بطاقة 200 ألف كيلو وات في الساعة.

وفي عام 1941م أقامت الولايات المتحدة الأمريكية محطة كبيرة طاقتها 1250 كيلو وات/ساعة⁽³⁾، وفي السبعينيات من القرن العشرين تم تطوير توربينات* جديدة تولد طاقة كهربائية بأسعار معقولة في المناطق التي تتراوح فيها سرعة الرياح ما بين 20-35 كلم في الساعة التي توجد غالبا في المناطق الجبلية والساحلية، وفي عام 1974م بني أكثر من 20 ألف توربين في كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية والدنمارك من النوع الصغير والمتوسط، فالنوع الصغير طاقته (10-50) كيلو وات/8 ساعة، والمتوسط (60-1000) كيلو وات/ساعة، وهذه الأنواع جيدة الصنع وتنتج كميات كبيرة⁽⁴⁾.

(1) ريتشارد هاينبرغ، مرجع سابق، ص.216.

(2) صالح وهي، قضايا عالمية معاصرة عرض وتحليل لأهم المشكلات العالمية المعاصرة، دمشق، 2001، ص.221.

(3) المرجع نفسه، ص.221.

* التوربين: مروحة هوائية تتكون من الريشة وهي عبارة عن أذرع من خشب أما حاليا فهي معدنية، والصرة وهي المكان الذي يثبت فيه الريش، والمولد وهو الجزء الذي يتولى تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، وآلية الدوران وهي توجه التوربينة ناحية الرياح، والبرج تثبت التوربينة على قمته، ولوحة التحكم تعمل حسب ظروف عمل التوربينة.

(4) المرجع السابق، ص.222.

وكلما زاد طول ذراع المروحة كلما زادت القوة الكهربائية المولدة، كما تزداد كلما زادت سرعة الرياح، ومثال ذلك إذا كان طول جناح المروحة 20 متراً فإن الطاقة التي يعطيها تزيد أربع مرات عن التوربين الذي يبلغ جناحه 15 متراً، وفي حال كانت سرعة الرياح 16 كلم/ساعة فإن القوة الناتجة تعادل ثمانية أضعاف القوة الناتجة عن رياح ذات سرعة 8 كلم/ساعة، وقد تمّ إنتاج توربينات كبيرة نحو 60 متراً، إلاّ أنّه من الأفضل استخدام طواحين هواء صغيرة ومتوسطة الحجم حيث تكون أعطابها أقل، وتصلحها أسهل، ولا تحتاج إلى أيّد عاملة كثيرة.⁽¹⁾

ولقد تقدمت تقنية توربين الرياح بشكل كبير في السنوات القليلة الماضية، فمنذ عقد مضى قام المهندسون بتصميم توربينات باستطاعة 300 كيلو وات /الساعة، وبسبب سرعة دوران شفراتها منع إقامتها في بعض الأماكن لأسباب بيئية (إذ تتسبب شفراتها في قتل الطيور التي تهاجر على طول الشواطئ)، وإن سرعة الرياح المثلى لتشغيل التوربينات هي من 15 – 25 ميلاً /الساعة، وفقط نحو 20% من طاقة الرياح الفعلية يمكن تحويلها إلى طاقة كهربائية، وتمتلك التوربينات التي تمّ تطويرها وتركيبها في السنوات القليلة الماضية استطاعة تتراوح ما بين 2-3 ميغاواط، وسرعة دوران الشفرات أبطأ بكثير (حتى لا تتسبب في قتل الطيور)، وتمّ تطوير كفاءتها وأكثر من ذلك فإنّ التوربينات الحديثة تعمل في الرياح المتقلبة بسرعة تتراوح من 7-50 ميلاً بالساعة.⁽²⁾

ولغرض معرفة كفاءة المراوح الهوائية تمّ وضع معامل لقياسها، يعرف بمعامل الأداء، وبحسب وفقاً للمعادلة التالية:⁽³⁾

$$CP = \frac{P}{P_{max}} = \frac{P}{\frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3}$$

حيث إنّ:

P: الطاقة المتولدة عن المروحة.

(1) صالح وهي، المرجع السابق، ص.222.

(2) ريتشارد هاينبرغ، مرجع سابق، ص.217.

(3) عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، مرجع سابق، ص ص.25-26.

:Pmax الطاقة الكلية الكامنة في الرياح.

:ρ كثافة الهواء في درجة حرارة الهواء عند قياس سرعته (Kg/m^3).

:A مساحة دوران الريشة (m^2).

:V³ سرعة الرياح (m/s).

وطبعا كلما زاد هذا المعدل كانت كفاءة الأداء أفضل، والعكس (بالمقارنة فيما بين التوربينات).

ولقد بذلت محاولات عديدة لتحويل طاقة الرياح إلى طاقة كهربائية منذ بدايات القرن العشرين، إلا أن انخفاض تكلفة الطاقة الكهربائية المولدة من مصادر الوقود الحفري قلل من سرعة الجهود المبذولة لاستغلال طاقة الرياح، وبخاصة أن هذه الأخيرة يمكن استغلالها خلال فترات زمنية متقطعة في الغالب، إلا أن بعض الأحداث العالمية في مجالي السياسة والاقتصاد، أعاد طرح أهمية استغلال الرياح، التي يمكن استغلالها دون مقابل كمصدر للطاقة، لذلك بدأ يظهر على خارطة العالم، وبخاصة في أوروبا بعض معامل توليد الكهرباء من طاقة الرياح، ومن أوائل هذه المحطات المحطة السابق الإشارة إليها في الدنمارك،⁽¹⁾ حيث إنه بفضل تقدم التقنية فإنه أصبح من الممكن إنتاج 50% من الطاقة الكهربائية انطلاقا من الطاقة الكامنة في الرياح ومنه أصبحت الدنمارك تلبّي نحو 20% من احتياجات الطاقة الكهربائية عن طريق الكهرباء المولدة من الرياح (في سنة 2009م).

أما كيفية توليد التيار الكهربائي باستخدام المراوح الهوائية التي تحركها الرياح، فإن قوة الرياح تؤدي إلى إدارة المروحة الهوائية "التوربين" التي تتصل بخلية تحليل كهربائية للماء، فتولد غازي الهيدروجين والأكسجين اللذين يتحدان في غرفة الاحتراق التي يتولد منها التيار الكهربائي، وعموما فليضمن تشغيل معامل توليد الكهرباء من طاقة الرياح بشكل منتظم ومستمر يتم ربطها آليا بمحطات توليد الكهرباء من مصادر أخرى (قد تكون حرارية أو مائية) ليستعان بها خلال فترات ضعف قوة الرياح،⁽²⁾ وحيث تزيد سرعة الرياح في البحر إلى

(1) محمد خميس الزوكة، جغرافية الطاقة "مصادر الطاقة بين الواقع والمأمول"، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، 2001، ص. 324.

(2) المرجع نفسه، ص. 234.

ضعف ما هي عليه على البر، فقد بدأت اليابان تنتظر الآن - بعدما فشلت محطات استغلال الرياح على البر لتوليد الكهرباء في خفض الانبعاثات وفقا لبروتوكول كيوتو - إلى استغلال طاقة الرياح من البحار مقتفية آثار أوروبا الرائدة في هذا المضمار وشرعت في وضع تخطيط لإنشاء شبكة من محطات الرياح البحرية مستغلة قوة رياح المحيط الهادي، وتمثل بلدة هوكايدو في شمال اليابان أول شبكة بحرية لاستغلال طاقة الرياح خارج أوروبا وتقوم منذ عام 2003 م باستئناس رياح البحر بالاستعانة بتوربينات تصل قدرة الواحد منها إلى 600 كيلووات وتقع التوربينات بالقرب من الشاطئ وعلى بعد أقل من كيلومتر واحد وهو ما يكفي لإنارة ألف منزل سنويا في المتوسط.⁽¹⁾

أيضا يقدر مختبر الطاقة المتجددة القومي "الأمريكي" أنه بحلول عام 2010 م ستكون أسعار الكهرباء المولدة من الرياح في حدود 3.5 سنت/كيلووات في الساعة، كما تستخدم مزرعة (Lake Benton) العاملة بطاقة الرياح في منيسوتا (Minnesota) توربينات باستطاعة 1 ميغاواط لتوليد كهرباء بكلفة 3.2 سنت للكيلو وات في الساعة، وسيتم مشروع ضخم في أوريغون (Oregon) على حدود واشنطن نفس الخطى، ويتوقع أن يولد كهرباء بكلفة 3.2 سنت للكيلووات في الساعة.⁽²⁾

إنّ نلاحظ أنّ تكلفة الطاقة الكهربائية التي تولدها الرياح تتخفض بسرعة، كما تعد هذه الأسعار منافسة مع مصادر التشغيل الأخرى، ومع انخفاض الطاقة الصافية لمصادر الوقود الحفري، فإنّ طاقة الرياح على ما يبدو ستكون أكثر جاذبية.

المطلب الثالث: الطاقة الحرارية الجوفية "الطاقة الجيوحرارية"

الفرع الأول: مفهوم الطاقة الحرارية الجوفية

إنّ الأرض هي خزان واسع من الحرارة، فهي منذ بدأت بالتكوّن قبل مئات ملايين السنين مازالت تبرد وتفقد حرارتها الجوفية المتجهة نحو السطح، وإلى الغلاف الغازي المحيط

(1) صباح جاسم، ملف الطاقة البديلة: العالم أمام ثورة صناعية ثالثة، مرجع سابق.

(2) محمد خميس الزوكة، مرجع سابق، ص.325.

بالكرة الأرضية، ومعلوم أنّ جوف الأرض على أعماق تصل إلى مئات الكيلومترات يتكون من مواد منصهرة حارة جداً، تتراوح درجة حرارتها في ما بين 2500 إلى 3000 م°، أمّا قشرة الأرض الصلبة فإنها لا تتعدى عشرات قليلة من الكيلومترات، لكن حتى في هذه القشرة الصلبة مازال هناك الكثير من المناطق التي تثور فيها البراكين، وتتفجر فيها الينابيع الساخنة، بينما يندفع البخار بقوة كبيرة في مناطق أخرى، إذن كل هذه الظواهر تمثل شواهد على وجود مخزون كبير من الطاقة الحرارية في قشرة الأرض الصلبة⁽¹⁾، وللطاقة المستمدة من هذا المصدر ميزة عدم تلويثها للجو، أما طريقة استخراجها فتشمل أعمالاً جيولوجية شبيهة بعمليات استكشاف النفط.⁽²⁾

ولقد عرف الإنسان الطاقة الجيوحرارية منذ آلاف السنين، واستخدمها في تلبية بعض أغراضه بشكل يتلاءم ومستوى المعرفة التي امتلكها الإنسان في ذلك الوقت، ورغم أنّ الإنسان في السابق لم يكن على معرفة بطبيعة هذا المصدر الحراري وأسبابه، إلاّ أنه مع ذلك استطاع التعامل معه وتسخيره لخدمة احتياجاته، وليس أدل على ذلك من حقيقة أنّ الإنسان عرف فوائد الاستسقاء في ينابيع المياه المعدنية، ومارسها منذ فترات بعيدة، ومازال يمارسها إلى وقتنا الحاضر، وقد امتد وجود الينابيع الساخنة عبر معظم مناطق العالم من أوروبا مروراً بالشرق الأوسط وشمال إفريقيا إلى الهند والصين،⁽³⁾ ومازالت هذه الينابيع موجودة وقيد الاستعمال لأغراض السياحة والاستسقاء في أنحاء مختلفة من العالم، فلو نظرنا إلى العالم العربي لوجدناها تتوفر في فلسطين والعراق ومصر والجزائر، وأما خارج العالم العربي فهناك وسط أوروبا، حيث توجد مثل هذه الينابيع الساخنة في هنغاريا وتشيكوسلوفاكيا، وفي شمال أوروبا توجد في أيسلندا بشكل مكثف، ثم هناك الولايات المتحدة الأمريكية واليابان والاتحاد السوفييتي سابقاً، ومناطق مختلفة من أمريكا اللاتينية ونيوزلندا.⁽⁴⁾

(1) سعود يوسف عياش، مرجع سابق، ص. 117.

(2) تقرير عن أزمة الطاقة وبدائل النفط، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، الكويت، 1974، ص. 44.

(3) سعود يوسف عياش، مرجع سابق، ص. 118.

(4) المرجع نفسه، ص. 118.

الفرع الثاني: مصادر الطاقة الجيوحرارية:⁽¹⁾

يمكن تقسيم مصادر الطاقة الجيوحرارية على أساس علاقة الوسط الناقل للحرارة "الماء أو البخار" بالمصدر الحراري من باطن الأرض إلى ثلاثة أقسام:

1. **القسم الأول:** وهو الأكثر شيوعا واستعمالا، تكون فيه المياه الساخنة في وسط صخري مسامي ونفاذ وبذلك يكون من الممكن لهذه السوائل الصعود إلى السطح لتكوّن الينابيع الساخنة وغيرها من الظواهر الدالة على وجود الطاقة الجيوحرارية، ويجري بناء أول محطة طاقة من هذا النوع في بادايراتش في جنوب غربي ألمانيا.
2. **القسم الثاني:** تكون فيه السوائل محبوسة داخل وسط صخري مسامي وغير نفاذ، وتكون عادة على أعماق بعيدة، وتحتاج غالبا إلى عمليات حفر لتخرج إلى سطح الأرض.
3. **القسم الثالث:** تكون فيه غير موجودة، ولكن وجود الوسط الصخري ذي درجات الحرارة المرتفعة يحتاج إلى ضخ المياه وإعادة استقبالها، وهو موقع جاف صخري ساخن.

الفرع الثالث: تطبيقات الطاقة الجيوحرارية:

مهما يكن نوع المصدر الحراري فإن الاستخدام لابد من أن يكون بانتقال الحرارة عن طريق الماء أو البخار الساخن، ويمكن استخدام الطاقة الجيوحرارية على نوعين:

1. استخدام غير مباشر:

وهو الأهم والأقل شيوعا، وفيه تستعمل المياه والأبخرة الساخنة في تدوير المولدات لتوليد الكهرباء، ويستلزم هذا النوع درجات حرارة عالية لا تقل عن 120م°، ويسمى نظاما من درجة عالية، وهناك بعض الجدول فيما إذا كان إنتاج الكهرباء من الحرارة الجوفية مصدر طاقة متجددة، فباستخدام البخار أو المياه الساخنة لإدارة التوربينات فإنها تستنفد بشكل

(1)عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، مرجع سابق، ص 34-35.

تدريجي، وقد تم تقدير اللحظة التي يصل فيها الاستنفاد نقطة تصبح عندها المصادر غير مفيدة تجاريا بفترة تتراوح ما بين 40-100 سنة لمعظم حقول الحرارة الجوفية.

إن هذه الحقول قد تعيد شحن نفسها مع مضي الزمن (ربما قرونا أو ألوف السنين)، وذلك سيكون بفائدة محدودة على الأجيال القادمة، ففي حقول جيسرز (Geysers) شمالي كاليفورنيا فقد تم بذل الجهود لإعادة ملء المخزونات الباطنية بواسطة ماء صرف معالج يتم ضخه من مدينة سانتاروزا مع ذلك فمن المبكر أن نعرف ما ستكون عليه النتائج، إذا كانت ناجحة فهذا قد يجعل مخطط إنتاج الطاقة الحرارية الباطنية متجددا، على الرغم من أن تكاليف البنى التحتية، وتكاليف التشغيل ستقل بشكل كبير من الطاقة الصافية الناتجة عن هذا المصدر، أما إذا فشلت جهود إعادة الملء فإن احتمالات توليد الكهرباء من الحرارة الجوفية ستبدو غير واضحة المعالم، وفيما بدأت دول مثل إندونيسيا وروسيا في تطوير مصادر الحرارة الجوفية، ولكن من دون إعادة ملء اصطناعي ستكون هذه المصادر مفيدة لفترات محدودة.⁽¹⁾

على كل فالطاقة الحرارية الجوفية مصدر لا ينفد، لكن المشكلة هي أنه ليس من الهين استغلالها خاصة في توليد الكهرباء.

2. استخدام مباشر:

وهنا تستخدم المياه الساخنة مباشرة في الكثير من الأغراض مثل التجفيف، التسخين، التدفئة، الاستحمام (العلاج الطبيعي)، تحلية المياه، وإنتاج المعادن والكيماويات، أما مدى درجة الحرارة في الاستخدام المباشر فهما بين 20 إلى 150 درجة مئوية.⁽²⁾

ولقد تم في معظم دول العالم تصميم خرائط لتحديد مواقع وحصر كميات ودرجات حرارة مصادر المياه الحرارية الجوفية، وأقيمت دراسات ومشاريع تطبيقية عديدة من جهات

(1) ريتشارد هاينبرغ، مرجع سابق، ص.235.

(2) عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، مرجع سابق، ص.35.

حكومية وشركات خدمية لاستغلال الحرارة الجوفية، والمياه المعدنية الحارة لأغراض التدفئة، والاستعمالات المنزلية والخدمية المختلفة، وإليك بعض هذه الاستعمالات:⁽¹⁾

تستخدم الطاقة الجيوحرارية في المياه الحارة بدرجة 149م مستخرجة من 17 بئرا لتجهيز الماء الحار إلى مصنع سكر البنجر في الولايات المتحدة الأمريكية، وكذلك استخدمت في تدفئة المباني في ولاية داكوتا الأمريكية، وكندا، وفي مناطق متفرقة من العالم، وكانت أهم المشاريع التطبيقية للمياه الجيوحرارية في توليد الكهرباء في كل من إيطاليا ونيوزلندا والفلبين، وكذلك تستخدم في تدفئة بيوت الخضر (الصوبات الزراعية)، يقول فيرنير بوسمان من جمعية الحرارة الأرضية الألمانية نقلا عن بيانات بحثية حكومية "إن الإمكانيات الكهربائية المتاحة تحت أرض ألمانيا يمكن أن تغطي احتياجاتنا 600 مرة، لكن الأمر ليس ببساطته كما في أيسلندا-الجزيرة تقع مباشرة على خط الصدوع في كوكب الأرض- فاستغلال مصادر الحرارة الأرضية في ألمانيا يتطلب حفر لأعماق كبيرة، يضيف بوسمان أنه مع ذلك فإن استغلال طاقة الحرارة الأرضية يمضي قدما في ألمانيا، وفي الوقت الحاضر يصل إنتاج طاقة الحرارة الأرضية من المنشآت الكبيرة والصغيرة إلى 700 ميغاوات، ويتم تركيب مضخات تدفئة حرارية بعمق 400 متر لكي يمكن الوصول إلى ما يسمى بمصادر الطاقة الحرارية "القريبة من السطح" لتدفئة البيوت الخاصة والمدارس والمباني العامة، وتعمل هذه المضخات بعكس الطريقة التي تعمل بها الثلاجات فهي تمتص حرارة الأرض وتضخها في البيوت أعلاها"⁽²⁾ كما تستخدم للعلاج الطبيعي في مناطق عديدة من العالم، نذكر منها في العالم العربي العراق، الجزائر، تونس، الجماهيرية الليبية ومصر على نطاق ضيق جدا.

إنّ المردودات الاقتصادية التي حققتها استعمالات المياه الجيوحرارية في المجالات المختلفة أصبحت من أحد الأساسيات المهمة التي تؤخذ بعين الاعتبار عند التخطيط لوضع التصميم الأساسي لتوزيع وإنشاء المدن والمجمعات السكانية الجديدة، ومازالت الأبحاث

(1) المرجع السابق، ص ص. 234-235.

(2) محمد المبارك، مرجع سابق.

جارية في هذا الموضوع للوقوف على أساسيات ومحددات الجدوى الاقتصادية،⁽¹⁾ فقد كشف أوسورسكا رفينيسون، وزير الطاقة والصناعة الأيسلندي، أن بلاده، التي تنتج 99.95 في المائة من طاقتها باستخدام وسائل صديقة للبيئة، تجري حالياً تجارب على آبار عميقة يتم حفرها للاستفادة من حرارة الحمم البركانية في الطبقات العميقة لإنتاج الطاقة، وأكد على أن بلاده ستواصل الاستثمار في هذا المجال، مشدداً على قناعتها بإمكانية نقل نموذجها إلى عشرات الدول في العالم.⁽²⁾

(1) عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، مرجع سابق، ص ص. 236-237.

(2) صباح جاسم، مرجع سابق.

والجدول التالي يبين توزيع أولى محطات توليد الطاقة الكهربائية من الحرارة الأرضية

جدول رقم: (14)

توزيع أولى محطات توليد الطاقة الكهربائية من الحرارة الأرضية

اسم المحطة	سنة التشييد	طاقاتها الإنتاجية (ميغاوات)
إيطاليا		
لارديرولو	1904م	370
مونتي أميتا	1962م	19
المكسيك		
باتي	1958م	3.5
سيروبريتو	1971م	7.5
نيوزلندا		
ويراكي	1958م	290
الولايات المتحدة الأمريكية		
جيسرز بكاليفورنيا	1960م	82
أيسلندا		
هقيراجيردى	1960م*	30.7
روسيا الاتحادية		
كمتشكا	1966م	30.7
اليابان		
مانسوكاوا	1966م	20
أوتاكا	1967م	13
جوشوجاتي	1970م	10

المصدر: د. محمد خميس الزوكه، مرجع سابق، ص. 383.

المطلب الرابع: المصادر المائية للطاقة

الطاقة المائية هي أكبر مصدر للطاقة المتجددة في العالم، إذ تعتبر من أرخص وأنظف المصادر لتوليد الكهرباء، وسنحاول أن نقدم في هذا المطلب مفهوم هذه الطاقة وأنواعها وتاريخ استعمالها.

الفرع الأول: مفهوم المصادر المائية للطاقة

الماء هو أصل الحياة، وحسبنا قول المولى عز وجل: {أَمَّنْ جَعَلَ الْأَرْضَ قَرَارًا وَجَعَلَ خِلَالَهَا أَنْهَارًا وَجَعَلَ لَهَا رَوَاسِي وَجَعَلَ بَيْنَ الْبَحْرَيْنِ حَاجِزًا أَلَيْسَ مَعَ اللَّهِ بِلْ أَكْثَرُهُمْ لَا يَعْلَمُونَ}،⁽¹⁾ والماء أيضا يمثل أحد المصادر المتجددة للطاقة، فمياه الأنهار الجارية في الأماكن الطبيعية تعلن عن طاقة حركتها بصوت عال مرتفع، وحيث ينحدر الماء ويسقط بسرعة كبيرة من فوق مرتفعات شديدة الصلابة، فإنه يحدث في طريقه صوتا يحاكي الرعد في شدته، وتعرف مساقط المياه هذه باسم الشلالات، وتختلف شدة المياه المتدفقة عند الشلالات حسب فرق منسوب انحدار المياه، أي حسب الارتفاع الذي تسقط منه.

وتبدو طاقة المياه واضحة على شكل ظواهر مائية أخرى يمكن أن يستفاد منها في توليد الكهرباء، ويمكننا تصنيف المصادر المائية للطاقة إلى مجموعتين فرعيتين، سنلخصهما في الفرعين التاليين:⁽²⁾

الفرع الثاني: المصادر البحرية

تتمثل أساسا في حركة كل من الأمواج وحركتي المد والجزر، وهي تعد أوسع المصادر المائية للطاقة انتشارا على سطح الكرة الأرضية، بحكم ارتباطها أساسا بالمسطحات البحرية والمحيطية، التي تشغل مساحة تقدر بـ 367.2 مليون كلم²، وهو ما يقابل 72 % تقريبا من جملة مساحة الكرة الأرضية، ويبلغ حجم مياه المسطحات البحرية والمحيطية 1347.7

(1) سورة النمل، الآية 61.

(2) محمد خميس الزوكة، مرجع سابق، ص. 333.

مليون كلم³ وهو ما يعادل 97.3 % من جملة حجم المياه في مجالات الكرة الأرضية الثلاثة: سطح الأرض وجوفها، والغلاف الجوي،⁽¹⁾ ويمكن تقسيم المصادر البحرية إلى نوعين آخرين هما:

أولاً- طاقة حركة الأمواج:⁽²⁾

حركة الأمواج من الظواهر الطبيعية التي تحدث في مجاري المياه مثل البحار والمحيطات، وتعرف حركة الأمواج بأنها اضطراب في المياه بسبب سرعة المياه، حيث يؤدي ذلك الاضطراب إلى ارتفاع وانخفاض جزئيات المياه في حركة جيبيه موجبة منتظمة تنتشر وتستمر حتى تصطدم الأمواج بصخور الساحل، ويتناسب ارتفاع الموج طردياً مع مربع سرعة الرياح، علماً بأن سرعة الإعصار تصل أحياناً إلى 320 كلم/ الساعة، ولذلك ترتفع الأمواج كالجبال عند هبوب الأعاصير.

وتكتسب الأمواج طاقة الحركة من الرياح بفعل القصور الذاتي الذي يعني الاستمرار في الحركة في خط مستقيم، ولكن تتبدد هذه الطاقة عند ارتطام الأمواج بالساحل.

ولقد تمكنت بعض الدول من الاستفادة من طاقة المياه الكامنة في حركة الأمواج، فلقد نجحت اليابان في استخدامها في تشغيل معدات الإرشاد الملاحي مثل الأضواء الكاشفة، وصفارات التحذير من التصادم خلال الأوقات التي يسود فيها الضباب، وهي معدات تثبت عادة فوق الشمندورات*، وفي الحقيقة فإنه من الصعب بمكان ضمان استمرارية تغذية هذه المعدات بالكهرباء اللازمة من البطاريات المعتادة، وتعتمد ميكانيكية مولد الكهرباء المستخدم في هذه الحالة على أن حركة الأمواج - ارتفاعاً وانخفاضاً - هي حركة توافقية منتظمة تحدث في اتجاه رأسي، ولذلك تستخدم عوامة تتدلى ذراعها من فوق الشمندورة بالطول الذي يسمح للعوامة بالهبوط والارتفاع مع حركة الأمواج الملامسة لها حيث تنتقل الحركة من ذراع العوامة إلى ذراع محرك آلي فيدور المحرك ويعمل على تشغيل المولد الكهربائي، وعلى

(1) المرجع نفسه، ص.333.

(2) حسن أحمد شحاتة، مرجع سابق، ص ص.163-164.

*الشمندورات: هي منصات طافية فوق براميل عند مداخل الموانئ.

الرغم من أن القدرة الكهربائية المتولدة من طاقة حركة أمواج مياه البحر محدودة إلا أنها تكفي للأغراض المخصصة لها وكفاءة تشغيل عالية، ويمكن الاستفادة أيضا من قوة ارتباط الأمواج، وذلك باستخدام مولد كهربائي آخر يستثمر هذه الضربات ويحولها إلى طاقة كهربائية، ويعتمد عمل هذا المولد على تلقي الصدمات الناشئة عن الأمواج فوق سطح معدني يتأرجح حول محور، حيث تنتقل حركة السطح المعدني "التوافقية البسيطة" إلى ذراع محرك الذي يدير المولد لينتج الطاقة الكهربائية، وعموما تعتبر الطاقة الموجية من مصادر الطاقة النظيفة الخالية من المضار الجانبية إلا أنه لا يمكن جمعها لأسباب عديدة منها تذبذب الترددات الموجية واختلاف ارتفاعها وسرعتها، وتغير اتجاهاتها، وبالرغم من كل الصعاب والمشاكل مازالت الدراسات والبحوث جارية في بلدان عديدة من العالم، خاصة تلك التي تتمتع بشواطئ طويلة حيث تمّ بناء محطات مخبرية لتوليد الطاقة الكهربائية، وإذا ما تم التوصل إلى نتائج مشجعة فإن الطاقة المتولدة سوف تسهم في تلبية حاجة الطاقة للمجمعات السكنية الموجودة على الشواطئ، وتعتبر المملكة المتحدة من الدول الرائدة في مجال البحث واستغلال الطاقة الموجية في العالم،⁽¹⁾ كما تم استخدام أنظمة متعددة في اليابان والنرويج والدانمرك وبلجيكا والهند للحصول على الطاقة من الأمواج.⁽²⁾

ثانيا - طاقة حركتي المد والجزر:⁽³⁾

المد والجزر ظاهرة تنشأ نتيجة للتجاذب المتبادل بين كل من الشمس والقمر والأرض، ولكن جاذبية القمر أكبر من جاذبية الشمس لمياه البحر نظرا إلى قربه من الأرض بنحو 385 ألف كلم، حيث تبلغ جاذبية الشمس نحو 46 % من قوة جذب القمر لمياه البحر. وتتغير جاذبية القمر لمياه البحر تبعا لموقعه في مداره البيضوي، حيث تزداد قوة جذبته بنحو 40% عند أدنى نقطة له من الأرض على قوة جذبته عندما يكون في أبعد نقطة له من الأرض، ويبلغ المد أقصاه عندما يكون القمر والشمس على محور واحد، ويزداد المد في

(1) عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، مرجع سابق، ص ص. 47-48.

(2) ريتشارد هاينريخ، مرجع سابق، ص. 238.

(3) صالح وهي، مرجع سابق، ص ص. 229-230.

الخلجان وبعض الجزر المحيطية، وبعض مداخل الأنهار، ويتراوح المد ما بين ثلث متر و15 مترا، ويمكن أن يندفع المد على شكل حائط من الماء نحو الشاطئ بسرعة تصل إلى نحو 20 كلم في الساعة، وللحصول على طاقة المد يتم بناء سد فيه أنفاق توضع فيها توربينات وعند ارتفاع الماء أثناء المد يعمل التوربين، وعند عودة الماء (الجزر) يعمل التوربين أيضا.

وفي العالم نحو 20 موقعا تتوفر فيها ظروف ملائمة لإقامة محطات لتوليد الكهرباء بطاقة المد والجزر، ونجحت فرنسا في بناء محطة لتوليد الكهرباء من المد والجزر، وبلغت كمية الكهرباء المولدة منها بنحو 240 ألف كيلو وات، وبلغت كفاءة هذه المحطة 25% وتعد مقبولة، وأقيمت هذه المحطة على مدخل نهر "La Rance" عام 1965 م، وفي الاتحاد السوفييتي السابق تمّ بناء محطة على مدخل نهر "كيلسايا" ولكنها أصغر من المحطة الفرنسية فلا تزيد قدرتها على نحو 400 كيلو وات.

وأهم مزايا توليد الكهرباء من المد والجزر، هي أنها طاقة مجانية، ونفقات التشغيل قليلة، وتعد صديقة للبيئة بالإضافة إلى تجدها.

وأهم المساوئ أن هناك مواقع قليلة صالحة لإقامة محطات توليد الكهرباء بهذه الطريقة، كما يمكن للمواد المعدنية المستعملة أن تصدأ، كما يمكن أن تدمر الرياح والعواصف السدود التي تبنى على السواحل، ومنه فإنها لن تسهم في زيادة مصادر الطاقة العالمية.

الفرع الثالث - الطاقة المرتبطة بالمجاري النهرية:⁽¹⁾

تستغل كل من الشلالات الطبيعية التي تعترض مجاري بعض أنهار العالم، والمساقط الاصطناعية عن طريق بناء السدود على الأنهار التي تتوفر فيها بعض الشروط في تشغيل توربينات خاصة لتوليد الطاقة الكهربائية.

(1) محمد خميس الزوكه، مرجع سابق، ص 343-344.

وتتباين المجاري النهرية بالعالم في مدى ومستوى وإمكانية استغلالها في توليد الطاقة الكهربائية، التي تتوقف على عدة متغيرات منها ما يتعلق بخصائص المياه التي تجري في المجرى وبخاصة فيما يتعلق بمدى التوافر الدائم طول العام، وهي خاصية تتوافر في الأنهار المدارية وغيرها من الأنهار التي تجري في الأقاليم المناخية ذات الأمطار الدائمة طول العام، لذلك تمتلك هذه الأنهار بروفاندا المختلفة مصادر كامنة كبيرة لتوليد الطاقة الكهرومائية في حالة توافر عوامل أخرى مساعدة تتعلق ببعض الخصائص الطبيعية والبشرية والاقتصادية.

ومن أمثلة هذه الأنهار نذكر، نهر الأمازون في أمريكا الجنوبية، الكونغو في أفريقيا، البو والراين والعديد من أنهار غربي القارة الأوروبية.

وتختلف الصورة بالنسبة إلى خاصية موسمية الأمطار في أحواض بعض الأنهار، وبخاصة عند المنابع مما يعني توافر المياه في المجرى خلال فترة محددة من السنة تتفق وموسم سقوط الأمطار على حوض النهر، في حين ينخفض منسوب المياه في المجرى خلال باقي شهور السنة، كما هي الحالة بالنسبة إلى معظم مجاري الأنهار الواقعة في الأقاليم ذات الأمطار الموسمية كما في شرق وجنوب شرق آسيا، ومعظم حوض البحر المتوسط، فمثل هذه الأنهار تكون إمكاناتها محدودة في مجال توليد الطاقة الكهرومائية.

إذن من المتغيرات المحددة لمستوى إمكانية توليد الطاقة الكهرومائية هو الجريان الدائم لمياه الأنهار، بالإضافة إلى متغيرات متعلقة بأشكال السطح (مدى اتساع مجرى النهر، درجة واتجاه كل من سطح الأرض وقاع النهر)، والتركيب الجيولوجي الذي يحدد أنسب المسافات التي يمكن اختيارها كمواقع مقترحة لبناء السدود، إذ يفضل أن يكون بناء السد في موقع تتصف تراكيبه الجيولوجية على جانبي النهر بالصلابة حتى تكون غير نفوذة للمياه، وقادرة على تحمل الضغوط الناتجة عن الحجم الكبير للمياه التي يحجزها السد، وأحيانا تشيد على بعض الأنهار - الواقعة في أقاليم تتصف بتباين خصائص ملامحها الطبيعية، وخاصة المناخية منها - محطات ناجحة لتوليد الكهرباء، ومن أمثلتها المحطات المشيدة على مجاري الأنهار الواقعة في نطاق مرتفعات الألب بشمال إيطاليا، إلى جانب نهر البو، فالمحطات

هنا تعتمد على توافر المياه طول العام ممثلة في مياه الأمطار خلال فصلي الخريف والشتاء، والمياه الناتجة عن ذوبان الثلوج فوق القمم والسفوح الجبلية خلال فصلي الربيع والصيف.

تاريخ استخدام الأنهار كمصادر للطاقة:⁽¹⁾

يرجع استخدام المجاري النهرية كمصادر للطاقة إلى عصور تاريخية قديمة، وخاصة في الدول الرومانية، إذ شاع استخدام قوة المياه في طحن الغلال منذ القرن الأول قبل الميلاد، وتوسع الإنسان في استخدام مجاري الأنهار في توليد الطاقة بالقارة الأوروبية خلال العصور الوسطى عندما استغلت قوة اندفاع المياه الجارية في إدارة الطواحين والآلات، لذلك تركز استغلال هذا المصدر المائي للطاقة على النطاقات المجاورة للمجاري النهرية التي تتوفر فيها بعض المندفعات والشلالات، مع عدم تجمد مياهها، كما شاع استخدام الطاقة المائية في منشآت إنتاج النسيج ومناشير الأخشاب في أمريكا الشمالية.

ويعد استغلال قوة المياه في توليد الطاقة الكهربائية بشكل مباشر حديث العهد بعض الشيء، فقد تحقق الحلم وأصبح حقيقة لأول مرة في قارة أوروبا، وبالتحديد على مجرى نهر بوش Bush بمنطقة أنتريم Antrim بإيرلندا الشمالية وكان ذلك عام 1883م، تلاه تشييد محطة لتوليد الطاقة الكهربائية من قوة المياه المندفعة من شلالات نياجرا بأمريكا الشمالية وذلك عام 1895 م، وكانت الطاقة الإنتاجية لهذه المحطة نحو 3750 كيلو وات.

ختاماً، تعد الطاقة الكهرومائية أهم عناصر الطاقة المائية وأكثرها إنتاجاً وأوسعها انتشاراً واستخداماً، وساعد على ذلك نظافة هذه الطاقة وسهولة نقلها وعدم حاجتها إلى التخزين.

(1) المرجع السابق، ص ص. 346-347.

المطلب الخامس: الطاقة المستمدة من الكتلة الحيوية (الإحيائية) والإيثانول

الفرع الأول: مفهوم الطاقة الإحيائية والإيثانول

إنّ مصطلح الكتلة الحيوية يشمل كل المواد ذات الأصل النباتي مثل الأشجار والنباتات والمنتجات الزراعية الغنية بالنشاء مثل الذرة والقمح، أو الغنية بالسكريات مثل قصب السكر، والمخلفات الزراعية، والمخلفات ذات الأصل الحيواني، بجانب المخلفات الصلبة الصناعية والبشرية، التي يمكن إطلاق طاقتها الكامنة عن طريق الحرق المباشر أو بالتخمير*... إلخ، وتعتبر الطاقة الحيوية مصدرا مهما من مصادر الطاقة في كثير من البلدان العربية، مثل تونس والسودان والجزائر والعراق، كما أنها تمثل الطاقة الأساسية في كثير من بلدان العالم النامي، وتتوفر نسبة 85% من الطاقة الحيوية في الدول النامية في شكل حطب، و13% في شكل مخلفات حيوانية، و2% في شكل مخلفات زراعية، وإنّ الجزء الأكبر من استعمالات الطاقة الحيوية يكمن في الاستهلاك المنزلي في الأرياف، (80% من البلدان النامية تستخدم الخشب في: التدفئة والطهي وتسخين المياه)، ثم الصناعات التقليدية الأخرى، والاحتياجات الزراعية للطاقة مثل تجفيف التبغ، وأحيانا إنتاج الكهرباء.⁽¹⁾

كما يمكن تحويل المواد العضوية إلى وقود مثل غاز الميثان (CH_4) والإيثانول، وذلك بتخمير المواد العضوية، فمنذ عقود كان يتم حرق المواد العضوية مباشرة بعد تجفيفها من أجل توليد الطاقة، ولكن هذه الطريقة تحرم الأراضي الزراعية من السماد العضوي مما يؤثر سلبا على الإنتاج الزراعي، حيث قدر أنّ حرق طن من الفضلات الحيوانية يسبب خسارة تقدر بنحو كيلوغرام من الحبوب، ولتفادي هذه المشكلة تم الاعتماد على تقنية إنتاج الغاز الحيوي (غاز الميثان CH_4) عن طريق عملية التخمير دون وجود التسخين.⁽²⁾

أمّا الإيثانول فهو أحد أشكال الكحول المستخرج من تخمر الحبوب، ويراه البعض مصدر طاقة نظيفا لأنه ينتج ثلوثا أقل عندما يحترق، وفي البرازيل يستخرج الإيثانول من

* التخمير: عبارة عن تكسير المواد العضوية التي تحتويها المواد البيولوجية. هذه المواد العضوية تتمثل أساسا في المواد السكرية والبروتينات والأحماض الدهنية، ويقوم بعملية التكسير هذه نوعان من البكتيريا يكمل بعضها عمل البعض الآخر.

(1) محمد إيهاب صلاح الدين، الطاقة... وتحديات المستقبل، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، 1994، ص. 367.

(2) عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، مرجع سابق، ص. 28.

قصب السكر ويستعمل كوقود للسيارات بنسبة تزيد عن 60%، و 90% من السيارات الجديدة تسير بالإيثانول.⁽¹⁾

ولقد وجد **ديفيد بمنتل** وهو بروفيسور في جامعة كورنيل بالولايات المتحدة الأمريكية، بعد أن حلل الطاقة الصافية للإيثانول أن أكرا (أربعة آلاف متر مربع) من الذرة ينتج نحو 328 غالون من الإيثانول، وهذه الكمية تطلبت 1000 غالون من الوقود الحفري لزراعتها وتتميتها وحصادها، كما أنّ هناك طاقة إضافية لتقطير الإيثانول، بالمختصر يلزم 131000 وحدة حرارية بريطانية لإنتاج غالون واحد من الإيثانول الذي يحوي طاقة مقدارها 77000 وحدة حرارية بريطانية، وهذا يعطي الإيثانول طاقة صافية مقدارها 0.59، مما يعني أنّ هناك نقصاً في الطاقة بمقدار 41%، ولو عمل كامل الأسطول الأمريكي على الإيثانول، فتقريباً سيكون هناك حاجة لكل القارة الأمريكية إلى تنمية الغذاء، ولن يبقى هناك مكان لبناء مسكن.⁽²⁾

وتقول مجلة "صنّدي تايمز" البريطانية إن استخدام الإيثانول بنسبة 85% في تشغيل السيارة سيؤدي إلى انخفاض انبعاث غازات الاحتباس الحراري بمعدل 91% مقارنة بالبترول كوقود، والمعروف أن هذه الغازات ترفع درجة حرارة الأرض وعلى الجانب الآخر فإن الوقود المستخلص من النباتات يمتص ثاني أكسيد الكربون من الجو أثناء عملية التصنيع، ولأنّ الوقود الجديد بخلاف أهميته من الناحية البيئية سيكون مصدر دخل جديد، فقد بدأ بعض المزارعين في بريطانيا بالفعل بزراعة "عشب الفيل" لتغذية محطة طاقة بجوار كمبريدج.⁽³⁾

(1) صالح وهي، مرجع سابق، ص. 235.

(2) ريتشارد هاينبرغ، مرجع سابق، ص. 241-242.

(3) خالد رستم، مستقبل استخراج الوقود الحيوي كطاقة جديدة ونظيفة من النباتات، مجلة أخبار النفط والصناعة، شركة أبو ظبي للطباعة، الإمارات العربية المتحدة، العدد 428، أبريل 2006، ص. 5.

الفرع الثاني: حجم الإنفاق على طاقة الكتلة الحيوية⁽¹⁾

يبلغ الإنفاق الحكومي على أنظمة طاقة الكتل الحيوية في العالم بليون دولار سنويا بينما تبلغ التكاليف والإعانات المالية التي تتفق على إنتاج الفائض من الغذاء أكثر من 60 بليون دولار سنويا في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا وحدهما، ومن المتوقع أن يزداد هذا الفائض نتيجة لعدة عوامل منها التغيرات الحادثة في أنماط الغذاء الغربية، واستبدال بعض السلع مثل السكر، والزيادة السريعة في إنتاجية النبات، ومع ذلك فطاقة الكتل الحيوية ليست بالضرورة الدواء الناجع لمشكلات الطاقة في أي دولة، فالظروف المحلية الخاصة بمتطلبات الطاقة والغذاء المتعلقة بأنماط استغلال الأراضي هي العوامل الغالبة عند التخطيط لأنظمة الطاقة.

المطلب السادس: طاقة الهيدروجين

يحظى الهيدروجين باهتمام واسع كوقود مستقبلي، وكوريث لأنواع الوقود الحفري خاصة، إذن ما هو الهيدروجين؟ كيف يتم إنتاجه؟ وما مزاياه مقارنة بأنواع الطاقة الحفري منها أو المتجددة؟ هذا ما سنحاول الإجابة عنه فيما يلي:

الفرع الأول: تعريف الهيدروجين:

الهيدروجين غاز موجود بوفرة في الكون، فهو يكوّن ثلاثة أرباع الكون، ويشكل الهيدروجين 75% من مكونات الشمس، ويتحد بسهولة مع الأكسجين، عندما يفعل ذلك فإنه يحترق مصدرا حرارة وينتج عن ذلك الماء، من دون انبعاث غازات الدفيئة ومن دون أي ملوثات أخرى، لأجل هذه الأسباب ولأسباب أخرى يبدو الهيدروجين بديلا مناسباً للوقود المستخرج من باطن الأرض.

(1) منور العربي سظام، أهمية الكتل الحيوية وآفاق استخدامها، مجلة القافلة، أرامكو السعودية، المملكة العربية السعودية، العدد 5، أغسطس 2000، ص 45.

إنّ فكرة استخدام الهيدروجين كحامل للطاقة ليست جديدة، ففي سنة 1780م أنتج لأول مرة غاز مكوّن من 50% هيدروجين، 40% أول أكسيد الكربون، وآثار لبعض الغازات الأخرى، وقد توقف استخدام هذا الغاز في الستينيات فقط حيث استبدل بالغاز الطبيعي، وقد تنبأ العالم الفرنسي **جول فرن*** في عام 1874 م في كتابه "جزيرة الألباز" بأن الماء سيستخدم كوقود في المستقبل، واقترح تحليل الماء في خلايا التحليل الكهربائي لإنتاج الأكسجين والهيدروجين، ومن ثمّ استخدام الهيدروجين منفرداً عن الأكسجين، للحصول على مصدر لا ينضب من الطاقة، وبالتالي حل مشاكل الطاقة المستقبلية.⁽¹⁾

والهيدروجين يمتلك أصغر ذرة كما أنّه أخف العناصر كثافة، وهو قابل للاشتعال، ويمكن إسالته بالضغط والتبريد، ويدخل في تركيب مواد كيميائية كثيرة من أهمها الماء والمركبات العضوية التي تكوّن الأجسام الحية من نباتات وحيوانات، فهو يتحد مع الكربون لتكوين المواد الهيدروكربونية، كما يتحد مع الكربون وعناصر أخرى مثل الأكسجين والنيتروجين والحديد والماغنسيوم والكبريت والفوسفور ليكون مركبات حيوية عديدة، أما وجوده كعنصر منفرد فهو نادر على سطح الأرض، وغاز الهيدروجين من أكثر الغازات وفرة في الكون، ولكن الغلاف الجوي يفتقر إلى وجوده كعنصر طليق، ويوجد بنسبة قليلة متحداً مع بعض العناصر على هيئة مركبات في القشرة الأرضية ويوجد بنسبة عالية متحداً مع الأكسجين في الماء الذي يملأ البحار والمحيطات.⁽²⁾

لذلك تعتبر المياه المتوفرة في البحار والمحيطات المصدر الرئيس لوقود المستقبل، وحرق الهيدروجين للحصول على طاقة حرارية - كما سبق ذكره - لا ينتج عنه سوى الماء، كما أن استخدامه في مولدات الطاقة الكهربائية من أنظف وأكفأ الأنظمة المستخدمة في الوقت الحاضر، حيث يتأكسد الهيدروجين ويختزل الهواء أو الأكسجين في خلايا بعد عزل

* جول فرن: عالم وكاتب لقصص الخيال العلمي. في عهده لم يكن البترول قد اكتشف بعد، فقال: "ما الذي سيحرقه الناس حين لا يتبقى هناك فحم؟ الماء، نعم. أيها الأصدقاء، أعتقد أن الماء سيستخدم اليوم كوقود، وأن الهيدروجين والأكسجين سيزوداننا بمصدر لا ينضب من الحرارة والضوء.

(1) عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، مرجع سابق، ص.38.

(2) المرجع السابق، ص.38.

كلّ من منها على أقطاب مسامية خاصة، وعند سريان الإلكترونات في دائرة كهربائية خارجية يتم الحصول على الطاقة الكهربائية.⁽¹⁾

وللهيدروجين دور مهم في إنتاج الغذاء والطاقة والماء، التي هي من الأساسيات الضرورية للحياة، وقد بدأت فكرة استخدامه كمصدر بديل للطاقة منذ بداية القرن العشرين، وذلك بعد إنتاجه بتحليل الماء إلى عنصري الأكسجين والهيدروجين، وتعتبر طريقة التحليل الكهربائي باستخدام الطاقة الشمسية من أنسب وأسهل الطرق المستخدمة حالياً، وتستخدم تقنيات أخرى لإنتاج الهيدروجين سيتم التحدث عنها لاحقاً.

إن الهيدروجين وقود ملائم جداً لاحتياجاتنا، لكنه ليس مصدراً أولياً للطاقة بل هو مصدر وسيط، حيث إن إنتاجه يتطلب توفر مصادر أولية، إذن كيف يمكن إنتاج الهيدروجين؟

الفرع الثاني: طرق إنتاج الهيدروجين

هناك عدة طرق لإنتاجه، سنكتفي بذكر أهمها:

أولاً - التحليل الكهربائي:

تعتمد هذه الطريقة على إمرار تيار كهربائي في الماء فيتحلل الماء إلى مكوناته الأصلية (الهيدروجين والأكسجين)، وتصل كفاءة هذه الطريقة إلى 80%، لكن حين نأخذ في الاعتبار كفاءة تحويل الطاقة الأولية إلى كهرباء ثم إلى هيدروجين، فإن الكفاءة العامة، أي كفاءة التحويل من مصدر الطاقة الأولية حتى إنتاج الهيدروجين لا تزيد عن 30%، كما أن تكلفة إنتاج الهيدروجين بواسطة التحليل الكهربائي أعلى من تكلفة إنتاجه بواسطة الوقود الحفري، خاصة في حال استعمال الطاقة الحفريّة كطاقة أولية لإنتاجه، إذن نظراً إلى ارتفاع التكلفة من جهة، ومحدودية المصادر الحالية (التقليدية) من جهة أخرى فإن الجهود تتجه نحو إنتاج الهيدروجين من مصادر الطاقة الطبيعية المتجددة كمصادر أولية، ومن بين

(1) المرجع السابق، ص.39.

المصادر المؤهلة لأن تستخدم لتوليد الكهرباء، ومن ثم إنتاج الهيدروجين نشير إلى الطاقة الشمسية، ثم طاقة الرياح، والطاقة الحرارية في البحار والمحيطات.⁽¹⁾

ثانياً - إعادة تشكيل البخار (تهذيب البخار) عن طريق وسيط:

وهي إحدى الطرق منتشرة الاستخدام منذ عدة عقود من الزمن لإنتاج الهيدروجين وأكفاً الطرق وأكثرها اقتصاداً، وتتمثل هذه الطريقة في تحويل المواد الهيدروكربونية وبخار الماء إلى هيدروجين وأكسيد الكربون بالتحفيز، وتستخدم في هذه الطريقة المواد الهيدروكربونية الخفيفة مثل الميثان والنافثا، التي يمكن أن تتبخر دون أن تتفكك إلى الكربون، ويكون 50% من الهيدروجين المنتج بهذه الطريقة من بخار الماء في حالة استخدام الميثان، و64.5% في حالة استخدام النافثا، ولإطالة عمر العامل المساعد يجب إزالة الكبريت من المواد الهيدروكربونية في عملية التهذيب.⁽²⁾

ثالثاً - إنتاج الهيدروجين بتغويز الفحم:

يؤكد الفحم المسحوق جزئياً بواسطة الأكسجين وبخار الماء، ويتكوّن الغاز الصناعي الناتج من النسب التالية: 29% هيدروجين، 60% أول أكسيد الكربون، 10% ثاني أكسيد الكربون، 1% أرجون ونيتروجين، تبرّد هذه الغازات وتمرّر في وحدة تحويل الغاز لتحوّل أول أكسيد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون، وأيضا زيادة كمية الهيدروجين، وبعدها ينقى غاز الهيدروجين من الشوائب، وتصل درجة نقاوته في هذه العملية إلى 97.5%.⁽³⁾

رابعا - توليد الهيدروجين من الطاقة الشمسية:

تمر طريقة توليد الهيدروجين بالطاقة الشمسية على الخطوات الآتية:

د-1- تحويل طاقة الإشعاع الشمسي الضوئية إلى طاقة كهربائية عن طريق ما يسمى بالألواح الكهروضوئية، وهي تضم مصفوفات من الخلايا الشمسية بداخلها.

(1) سعود يوسف عياش، مرجع سابق، ص ص. 163-164.

(2) عبد الرسول العزاوي، مرجع سابق، ص. 39.

(3) المرجع السابق، ص. 41.

- د-2- استخدام التيار الكهربائي المباشر في تحليل المياه داخل محلات كهربائية، واستخلاص عنصري الهيدروجين والأكسجين المكونين لجزيء الماء.
- د-3- تجفيف الهيدروجين الناتج من المحلات، حيث إنه يكون مخلوطا ببعض بخار الماء.
- د-4- تسيل الهيدروجين الناتج، ووضعه داخل أسطوانات، أو دفع الهيدروجين في شبكة كشبكة الغاز الطبيعي لاستخدامه في أماكن بعيدة عن مصدر إنتاجه.

الفرع الثالث: خزن الهيدروجين:⁽¹⁾

إن استعمال الهيدروجين مستقبلا سيتطلب بالتأكيد توفر إمكانات خزنه بأحجام مختلفة حسب الاستعمالات المتوقعة، ففي حال استعماله كوقود في السيارات فإن ذلك يتطلب تعبئته في خزانات وقود السيارات، غير أن عملية الخزن هذه ستحتاج إلى خزانات ذات أحجام كبيرة، بسبب قلة الطاقة في وحدة الحجم من الهيدروجين مقارنة بأنواع الوقود الأخرى، غير أن خزن الهيدروجين قد لا يشكل عقبة في استعمالات أخرى للطبخ أو التدفئة، على كلٍّ بالإمكان خزن الهيدروجين بشكل غاز أو سائل، غير أن هناك طريقة أخرى للخزن لها العديد من الفوائد وهي خزن الهيدروجين بشكل هيدريدات Hydrides، والهيدريد هو عبارة عن مركب كيميائي يتكون من الهيدروجين وأحد المعادن التي تمتلك خاصية امتصاص الهيدروجين كالمغنيسيوم، ومزيج النيكل والتيتانيوم، أو الحديد والتيتانيوم وغيرها، فالمغنيسيوم مثلا يستطيع امتصاص كمية من الهيدروجين يبلغ حجمها أكبر من حجم المغنيسيوم نفسه بأكثر من ألف مرة، ومنه فخن الهيدروجين بشكل هيدريد يؤدي إلى التغلب على صعوبات خزنه بشكل غاز أو سائل، إذ إنه سيؤدي إلى تقليص أحجام الخزانات المطلوبة.

وحين يتم امتصاص الهيدروجين بواسطة أحد المعادن أو مزيج منها، فإن ذلك يؤدي إلى إطلاق كمية من الحرارة، ومنه ففي حالة الحاجة إلى الهيدروجين، فإن استخلاصه من

(1) (سعود يوسف عياش، مرجع سابق، ص ص. 169-170).

الهيدريد يتطلب أن نقوم بتعويض كمية الحرارة التي انبعثت في المقام الأول، ولذا فإن امتصاص الهيدروجين واستخلاصه يتضمن عمليات شحن وتفريغ حراري.

الفرع الرابع: استعمالات الهيدروجين

الهيدروجين وقود ملائم للحلول محل أنواع الوقود المتوفرة حالياً، وبالإمكان إحلاله محلها في كافة المجالات، منها الاستعمالات المنزلية المختلفة (الطبخ، التدفئة، تسخين المياه..)، خاصة أن شبكات الغاز المتوفرة في بعض الدول تصلح لنقل الهيدروجين، أو تعبئته في أسطوانات وبيعه إلى المستهلكين، يمكن أيضاً استعماله في صناعة الأسمدة الكيماوية -حيث يدخل الهيدروجين في صناعة الأمونيا التي تشكل جزءاً أساسياً في صناعة الأسمدة الكيماوية -وحتى المواد الإلكترونية (بلورات السيليكون)، كما يمكن استعماله كوقود لوسائل النقل ومنه فالفوائد المستقاة من استخدام الهيدروجين جعلت مردوداته البيئية والاقتصادية متميزة، بحكم قابليته للنقل والخزن، وتوليد درجات حرارة عالية، لذا فإنه يعتبر الوقود المستقبلي لوسائل النقل. وأيضاً ينتج كما كبيراً من التفاؤل المحيط بموضوع اقتصاد الهيدروجين فيما يخص استعماله كوقود للتوربينات في محطات توليد الطاقة الكهربائية، أو استعماله لتوليد الطاقة الكهربائية في خلايا الوقود،⁽¹⁾ حيث تعتبر هذه الأخيرة أداة لتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية أي أنها تقوم من خلال تفاعلات كيميائية بتحويل الهيدروجين والأكسجين إلى ماء وينتج عن هذه العملية طاقة كهربائية، وبالمقارنة مع البطارية التقليدية المعروفة فإن الاختلاف يكمن في أن المواد الكيميائية الداخلة في التفاعل لتوليد الكهرباء هي جزء من تركيب البطارية وتوجد في داخلها، وبانتهاء المواد الكيميائية هذه فإن البطارية تصبح عديمة الفائدة ويتم استبدالها أو إعادة شحنها مرة أخرى، في حين إن خلايا الوقود لا يمكن أن تنتهي فهي تعمل باستمرار لأن مصدر المواد الكيميائية هي من الهواء، لذا أصبح يطلق على هذه التقنية مصدر طاقة القرن الحادي والعشرين، ولهذه التقنية عدة مزايا نذكر منها: عدم وجود عوادم جانبية ضارة سواء على صحة الإنسان أم على

(1) المرجع السابق، ص. 169.

البيئة بالإضافة إلى أنها هادئة في عملية تشغيلها فلا يمكن أن تسمع أي صوت لخلية الوقود أثناء عملها، آمنة للغاية، ارتفاع كفاءة التشغيل حيث يتم تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية مباشرة، عمرها أطول وتكلفة صيانتها أقل.⁽¹⁾

وفي الأخير، يمكن القول إنَّ الفوائد المستقاة من استخدام الهيدروجين جعلت مردوداته البيئية والاقتصادية متميزة.

عموماً، يمكننا تبويب استخدامات الطاقات الجديدة والمتجددة بالنسبة إلى دول العالم بالاتجاهات التالية:⁽²⁾

أولاً: الدول الفقيرة إن استخداماً للطاقة المتجددة جاء نتيجة ضرورات حياتية ملحة بالدرجة الأولى.

ثانياً: الدول النامية فقد جاءت هذه الاستخدامات نتيجة الأولويات الضرورية لمواجهة زيادة الطلب على الطاقة، وفي جانب آخر في مجالات التطبيقات البحثية، وتجدر الإشارة إلى عدم ووجود تخطيط وتنسيق إقليمي بين الدول المتجاورة في هذا المجال.

ثالثاً: الدول المتقدمة أما الدول المتقدمة، فإنها تقوم بدراسة متطلبات الطاقة في الوقت الحاضر، كما تقوم بدراسة متطلبات الطاقة المستقبلية، أيضاً دراسة المردودات الاقتصادية والبيئية السليمة القريبة والبعيدة المدى، بالإضافة إلى وضع الخطط العملية لمراحل التنفيذ المطلوبة.

وإذا كانت الطاقات المتجددة تتميز بكل هذا القدر من الميزات، فهل هذا يعني أنها تخلو من أي عيب، هذا ما سنحاول أن نعرفه من خلال المطلب الموالي.

(1) حازم فلاح، كيف تعمل خلايا الوقود؟ مجلة زيزوون الأردنية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

اطلع عليه يوم http://www.hazemsakeek.com/QandA/fuel_cell/fule_cell.htm

م 2016/03/16 على الساعة 00:59.

(2) عبد الرسول العزاوي، محمد عبد الغني، مرجع سابق، ص 55-56.

المبحث الثالث: عيوب الطاقات المتجددة والقيود التي تعوق تطويرها

فرغم أن الطاقة المولدة من مصادر جديدة ومتجددة في أشكالها الحديثة، فيما عدا الطاقة المائية، تضطلع بدور ضئيل نسبياً في نظم الطاقة العالمية، فإن دورا المتزايد تدريجياً يعتبر دوراً حاسماً الأهمية في حالة تحقيق أهداف الطاقة لأغراض التنمية المستدامة.

ومنذ انعقاد مؤتمر الأمم المتحدة المعني بمصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في نيروبي عام 1981م، تحاول الدول كافة اعتماد استراتيجيات لتشجيع مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة بشتى الوسائل، ومع توافر الخصائص المميزة لكل مصدر من مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة، يواجه نشر التكنولوجيات اللازمة لتسخير كل مصدر منها حواجز وقيوداً مميزة لعل أهم هذه القيود هو ارتفاع تكلفتها مقارنة بتكاليف الطاقة التقليدية، وطاقة الرياح هي الأقرب إلى التكافؤ مع أسعار الطاقة التقليدية، فقد كلف توليد الطاقة من الفحم أو الغاز في السنوات الثلاثين الماضية قرابة 2.5 سنت لكل كيلووات ساعي في المتوسط وفي المقابل، تكلف طاقة الرياح الآن أقل من 4 سنتات لكل كيلووات ساعي، في مقابل 10 سنتات عام 1980، وكلف إنتاج كيلووات ساعي من الطاقة الشمسية في عام 1980 دولاراً واحداً، وهو يكلف الآن ما بين 20 و 25 سنتاً، ويتوقع بحلول سنة 2010، أن تصبح كلفة الكيلووات من طاقة الرياح بين 2 و 4 سنت، ومن الطاقة الشمسية ما بين 10 و 25 سنتاً، ومن حرارة جوف الأرض والكتلة الحيوية ما بين 2 و 3 سنت.(1)

ولعرض عيوب وباقي قيود الطاقات المتجددة ارتأينا تقسيم هذا المطلب إلى فرعين، نتناول في الأول منهما العيوب الخاصة بكل مصدر من مصادر الطاقات المتجددة، ثم نتناول في الفرع الثاني التحديات التي تواجه تطوير هذه المصادر إجمالاً.

(1) محمد المبارك، مرجع سابق.

المطلب الأول: عيوب الطاقات المتجددة

إذن بالرغم من نظافتها وتجدها مقارنة بالطاقة الناضبة، إلا أنها -الطاقات المتجددة- لا تخلو من بعض العيوب أو النقائص، التي سنحاول تصنيفها تبعا لكل نوع من أنواع الطاقات المتجددة السالف ذكرها.

الفرع الأول: الطاقة الشمسية

إن الطاقة الشمسية تعد أفضل الطاقات المتجددة سواء من حيث نظافتها المطلقة أم من حيث ديمومتها، وحتى تقنيات التحكم فيها باتت بسيطة مقارنة بتقنيات استخدام الطاقة النووية، لكن يمكن القول إن أهم ما يعوق استخدام هذا النوع من الطاقة هو مشكل خزنها في الصيف لاستعمالها في الشتاء حيث تكون التكاليف مرتفعة جدا بسبب ارتفاع نسبة الفاقد من الطاقة أثناء عملية الخزن،⁽¹⁾ وتعد بحوث تخزين الطاقة الشمسية من أهم مجالات التطوير اللازمة في تطبيقات الطاقة الشمسية وانتشارها على مدى واسع، حيث إن الطاقة الشمسية رغم أنها متوفرة إلا أنها ليست في متناول اليد وليست مجانية بالمعنى المفهوم، فسعرها الحقيقي عبارة عن المعدات المستخدمة لتحويلها من طاقة كهرومغناطيسية إلى طاقة كهربائية أو حرارية، وكذلك تخزينها إذا دعت الضرورة، ورغم أن هذه التكاليف حالياً تفوق تكلفة إنتاج الطاقة التقليدية إلا أنها لا تعطي صورة كافية عن مستقبلها بسبب أنها آخذة في الانخفاض المتواصل بفضل البحوث الجارية والمستقبلية.

الفرع الثاني: طاقة الرياح

- إن أول ما يعاب على هذه المصدر أنه مصدر متقطع غير ثابت.
- طول المسافات التي تفصل ما بين موارد العالم الريحية الكبيرة ومراكز الصناعة الرئيسة التي يمكن أن تستخدم فيها معظم الطاقة الناتجة، فعلى سبيل المثال يوجد نحو 90 % من موارد الولايات المتحدة الأمريكية من الرياح في السهول العظمى التي تبعد عن

(1) كامل بكري وآخرون، الموارد واقتصادياتها، دار النهضة العربية للطباعة، بيروت، 1986، ص.135.

نيويورك وشيكاغو وأطلنطا ولوس أنجلوس بأكثر من 2000 كيلومتر، ما يعني ضرورة إنشاء خطوط إمداد طويلة لتحمل طاقة الرياح إلى المواقع التي تحتاج إليها، وهو أمر ممكن عمليا ولكنه يستلزم وقتا ومالا.⁽¹⁾

- الافتقار بوجه عام إلى الخطط والمعلومات والإحصاءات، والهياكل التنظيمية والخدماتية للتصنيع والتوزيع والصيانة والتردد حتى الآن في دمج الطاقة بالشبكات العامة الكهربائية.⁽²⁾

- تعثر نقل التكنولوجيا إلى الدول النامية، التي هي في حاجة ماسة إليها في ظل حجم الفاتورة النفطية التي تنقل كاهلها - هذا بالنسبة إلى الدول غير المنتجة للنفط طبعا.⁽³⁾

- التأثير البصري لدوران التوربين، والضوضاء الصادرة عنها قد تزعج الأشخاص القاطنين بجوار حقول الرياح، حيث إن البيئيين يقولون إن عدد التوربينات الكثير يلوث المنظر ويغير مشهد الأرض.⁽⁴⁾

- تتسبب التوربينات العملاقة في قتل الطيور المهاجرة على طول الشواطئ بسبب سرعة دوران شفراتها،⁽⁵⁾ وللتغلب على هذا المشكل تمّ تطوير أنواع من التوربينات بشفرات أقل سرعة وأذرا أقل طولا.

وعموما فإن هذا المصدر للطاقة ينمو ببطء، ويكفي للتدليل على ذلك أنه رغم مرور قرون عديدة على استخدامه في توليد الطاقة إلا أنّ مساهمته في الطاقة الكلية لا تكاد تذكر. وبينما يبقى الوقود الحفري مختزنا في الأرض لملايين السنين، فإن الطاقة المتجددة تظل في تدفق مستمر، وتزود باستمرار طالما تشرق الشمس، ولما كان هذا الإشراق متقطعا بالطبع والرياح كذلك وبينما لا توجد قيود على استخدامها في المستقبل القريب، فإن استخدام هذه الطاقة المتجددة لا بد من أن يستند على نوع من التخزين بكل تأكيد، ويظل تطوير

(1) محمد عبد الكريم عبد ربه، مرجع سابق، ص.157.

(2) عادل مدور، المصادر الجديدة والمتجددة للطاقة، مجلة أخبار النفط والصناعة، شركة أبوظبي للطباعة، الإمارات العربية المتحدة، العدد 430، يوليو، 2006، ص.23.

(3) المرجع نفسه، ص.23.

(4) صالح وهي، مرجع سابق، ص.222.

(5) ريتشارد هاينبرغ، مرجع سابق، ص.217.

أنظمة اختزانة جديدة ومحسنة أمرا حيويا ويمثل تحديا يواجه اقتصاد يقوم على مصدر ثابت للطاقة.⁽¹⁾

الفرع الثالث: الطاقة الجيوحرارية

للطاقة الجيوحرارية عدد من المزايا مقارنة بمصادر الطاقة المتجددة الأخرى مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية، ومن هذه المزايا أنها متاحة بشكل دائم حيث إنه لا علاقة لها بالأحوال الجوية أو ساعات اليوم لكن لها مشاكلها الخاصة بها أيضا، والواقع أنّ هذه المشاكل تختلف باختلاف نوعية الحقول الحرارية، فالمشاكل الموجودة في حقول البخار والماء الساخن تختلف عن مشاكل حقول الصخور الحارة، ومشاكل الصخور الحارة الصلبة تختلف عن مشاكل الصخور الحارة المسامية، ولتسهيل الأمر سنناقش مشاكل حقول البخار والمياه الساخنة على حدة ثم نتبعها بنقاش حول مشاكل الحقول الصخرية الحارة.

أولا - مشاكل حقول البخار والمياه الساخنة:

ويمكن إجمالها فيما يلي.⁽²⁾

1. مشاكل البحث: إن طرق البحث عن مصادر المياه الساخنة والأبخرة تشبه تلك المستعملة في البحث عن البترول، إلا أن البحث عن المصادر الجيوحرارية أكثر صعوبة لأن الدلائل التي قد تشير إلى وجود خزانات من البخار والماء الساخن لا تعطي حكما قطعيا إلا بعد القيام بالحفر، والتأكد من وجود هذه المصادر، كما أن عملية الحفر تستلزم الحفر إلى أعماق تصل إلى مئات الأقدام.

2. مشاكل الحفر: إن الأدوات المستعملة في عملية الحفر هي نفسها تلك الأدوات التي تم تطويرها طوال البحث والتنقيب عن البترول وحفر آباره، وإذا كانت هذه الأدوات ملائمة للحقول البترولية فالأمر ليس كذلك في الحقول الحرارية، إذ تواجه هذه الآلات درجات

(1) كريستوفر فلافين، نيكولاس لينسن، ما بعد عصر النفط "تصميم اقتصاد قائم على الطاقة الشمسية"، ترجمة محمد الحديدي، معهد مراقبة البيئة العالمية، الدار الدولية للنشر والتوزيع، القاهرة، 1992، ص.34.
(2) سعود يوسف عياش، مرجع سابق، ص.136-137.

حرارة عالية في الطبقات الأرضية الجوفية، وتواجه أيضا ضغوطا عالية تحد من فعاليتها، بل ومن صلاحيتها للحفر.

3. مشكلات علمية: المشكلة هنا أن معرفة ما يجري في المصادر الحرارية في باطن الأرض قليلة (فيما يخص حركة المياه وتياراتها)، أيضا الآبار التي يجب حفرها وبأي ترتيب، ومعدلات الإنتاج التي يجب الالتزام بها من أجل إطالة عمر استغلال الخزان الحراري بصورة فعالة، حيث إن نقص المعلومات هذا يعني في النهاية عدم القدرة على تطوير نماذج نظرية تساعد في عملية تحديد الحالة المثلى لعملية استغلال هذه الآبار، ولذا فإن تطوير المعرفة بخصائص الخزانات الحرارية يعني زيادة كفاءة استخدامها.

4. مشكلات التلوث: من المعروف أنه يخرج مع البخار من باطن الأرض غازات غير قابلة للتكثيف تحت نفس الظروف التي يتكثف فيها البخار، وتختلف نسبة هذه الغازات من 0.5-5 % من كمية البخار المتصاعد، وتتكون هذه الغازات بدرجة رئيسة من أول أكسيد الكربون، أيضا هناك غاز كبريتيد الهيدروجين والأمونيا والميثانول، والمعروف أن لغاز كبريتيد الهيدروجين علاوة عن سميته رائحة غير مستحبة، وإذا تجمع بكميات كبيرة قد يشكل خطرا على حياة الإنسان والحيوان.

ثانيا- مشاكل الحقول الصخرية الحارة: (1)

المشكلة الرئيسية هنا هي عدم وجود المياه أو أي سائل آخر يعمل على نقل الحرارة من باطن الأرض إلى السطح، لكن من الجانب الآخر فإن مشكلات الحفر في الصخور الحارة أقل منها في حالة الحقول البخارية أو المائية ذلك أن أدوات الحفر لن تواجه المشاكل الناجمة عن الضغوط العالية أو تدفق تيارات المياه الحارة القوية.

ومن المعروف أن الصخور هي الموصلات السيئة للحرارة، حيث يتطلب الأمر ضخ المياه لتغطية السطح الواسع من الصخور ثم إعادة استخراجها، ويزداد الأمر سوءا في حالة الصخور الصلبة حيث يستلزم ذلك إجراء تفجيرات على سطح الأرض لتفتيت هذه الصخور وإحداث الشقوق والتصدعات فيها، التي تسمح للماء بالتسرب إلى مساحات كبيرة، غير أن

(1) المرجع السابق، ص. 138.

استعمال مواد التفجير التقليدية يجعل الأمر مكلفا جدا، لذا تم اقتراح القيام بتفجيرات نووية من أجل إحداث هذه التشققات، وكما أسلفنا ذكره فإن هذا الأسلوب محفوف بالمخاطر الكثيرة الناتجة عن التلوث النووي المحتمل.

الفرع الرابع: المصادر المائية للطاقة

إنَّ أهم عيوب هذا النوع من الطاقة أن إمكانية توليد الطاقة الكهربائية من المساقط المائية إنما تتوفر في نقاط محددة فقط، حيث يتم إقامة السدود على معظم الأنهار القريبة من المراكز السكانية الكبيرة، وللسدود عمر محدود حيث تمتلئ بالرسوبات بعد فترة زمنية، كما أن المياه خلف السدود تدمر الحياة البرية وتجبر الناس على ترك منازلهم، وفي فترات الجفاف لا تولد أي قوة كهربائية،⁽¹⁾ فنجد أن البرازيل مثلا كانت تعتمد بكثافة على الطاقة الكهرومائية، وإذ بها تواجه أسوأ جفاف يصيبها عام 2001 م، مما أدى إلى انخفاض مستوى المياه بنسبة 28% في الخزانات المستغلة لتوليد الكهرباء، وألجأها إلى فرض نظام صارم لترشيد الكهرباء وخفض أيام العمل إلى ثلاثة أيام في الأسبوع، ولذلك ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار تقلبات الطبيعة عند تحديد درجة الاعتماد على هذا المصدر، كما أنها لا تصلح كوقود لمحركات السيارات بشكل مباشر.

أما بالنسبة إلى الطاقة المولدة من المحيطات فأهم مساوئها هي صعوبة نقل الكهرباء إلى اليابسة لأن المحطات تقام في المياه العميقة البعيدة عن اليابسة، أيضا تآكل المواد المعدنية الطافية فوق سطح الماء نتيجة الأملاح الموجودة في المياه البحرية، أيضا ندرة المواقع الملائمة -وهي مناسبة في المناطق المدارية- كما يمكن أن تصاب المحطات بأضرار أو تدمير نتيجة العواصف الهوائية والمائية، كما أن صافي الطاقة الناتجة قليل، ولا تزال هذه التكنولوجيا مرتفعة الثمن، تقريبا نفس الشيء يقال عن الطاقة الموجية حيث إن إنتاج هذا النوع من مصادر الطاقة قليل، وصافي الإنتاج من الطاقة قليل أيضا، كما أن

(1) محمد صالح وهي، مرجع سابق، ص. 224.

المعدات المستعملة تتعرض للتلف جراء المياه المالحة والعواصف، ونفس العيوب تعاني منها طاقة المد والجزر.⁽¹⁾

الفرع الخامس: الكتلة الحيوية (الإحيائية) والإيثانول:

تعد الكتلة الحيوية مصدرا متجددا للطاقة لكن نجد أن معظم استخداماتها تتم بأساليب لا تسمح لا بالتجديد ولا بالاستدامة، فكميات الحطب المتاحة في أنحاء كثيرة من العالم تتناقص باستمرار خاصة مع تحويل السكان - الذين تزداد أعدادهم - حيث يحولون الغابات إلى أراض زراعية، واتخاذهم ما يبقى من أشجار وقودا يحرقونه،⁽²⁾ ومنه فإن زيادة الطلب على طاقة الكتلة الحيوية تمثل أحد أسباب اختلال التوازن البيئي، أيضا فقدان التربة لخصوبتها بسبب استعمال فضلات الحيوانات كوقود عوض استعمالها كسماد للتربة.⁽³⁾ كما أن حرق كل أشكال الكتلة الحيوية يؤدي إلى تلوث الهواء، وقد يكون حادا في بعض الحالات، فحرق الأخشاب لا يؤدي فقط إلى إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون، بل إلى مزيج من المواد السامة بما فيها أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون وغازات عضوية ومواد جسيمية،⁽⁴⁾ هذا فضلا عن انخفاض صافي الطاقة الناتجة عن الإيثانول، كما أسلفنا ذكره.

إذن، إذا كان لدى الإنسان الرغبة في زيادة إسهام الكتلة الحيوية في اقتصاد الطاقة العالمي، فإن هناك حاجة ماسة إلى ابتكارات تكنولوجية تسمح بتحويل الكتلة الحيوية إلى طاقة يمكن استخدامها بأساليب أعلى كفاءة وأقل تلويثا من الأساليب المتبعة الآن.

(1) المرجع السابق، ص ص. 227-228.

(2) محمد عبد الكريم علي عبد ربه، د. محمد عزت محمد إبراهيم، اقتصاديات الموارد والبيئة، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، 2000، ص. 160.

(3) محمد إيهاب صلاح الدين، مرجع سابق، ص ص. 374-375.

(4) ريتشارد هاينبرغ، مرجع سابق، ص. 239.

الفرع السادس: الهيدروجين

يعتبر الهيدروجين أكثر المصادر ملائمة وتتوفر فيه كل الصفات المرغوبة في الوقود المراد استخدامه كبديل للطاقة الناضبة، كما أن كفاءة تحويله تفوق كفاءة المصادر الأخرى، فمثلا للهيدروجين ثلاثة أمثال الطاقة التي يحويها نفس الوزن من الجازولين...إلى غيرها من المزايا السابق ذكرها، ولكن - للأسف - هناك عيوب أيضا لا يمكن تجاهلها، ويمكن تلخيصها فيما يلي:

- أن البنى التحتية لطاقة الهيدروجين مختلفة بشكل كلي عن البنى التحتية للطاقة الحالية، لذلك فالتحول إليها يحتاج إلى وقت واستثمار كمية كبيرة من الأموال والطاقة، وسيتم دعم هذا الانتقال بشكل كبير إذا توجب علينا نقل الإعانات المالية الحكومية الحالية من الطاقة النووية والنفط والفحم إلى المصادر القابلة للتجدد وخلايا الوقود والهيدروجين.⁽¹⁾

- وتكمن المشكلة الأكبر في الاعتماد المستمر على الغاز الطبيعي لإنتاج الهيدروجين.⁽²⁾

- قلة الطاقة في وحدة الحجم من الهيدروجين، مما يعني أن عملية خزنه ستحتاج إلى خزانات ذات أحجام كبيرة.

- فقدان الطاقة الصافية بسبب تحويل الطاقة من شكل إلى آخر.

أما بالنسبة إلى خلايا الوقود فإن أهم المشاكل التي تواجهها فهي عدم إمكانية توفير غاز الهيدروجين، لأنه لا توجد محطات لتوزيعه - في حين إن الأكسجين يتم سحبه مباشرة من الهواء - إذن بتطوير طرق إنتاج وتخزين ونقل الهيدروجين سيتم تطوير هذه التقنية، وحاليا تعقد الكثير من الأبحاث لتطوير تطبيق هذه التقنية لتصبح بديلا لكل صور الطاقة في المستقبل.⁽³⁾

(1) المرجع السابق، ص.230.

(2) المرجع نفسه، ص.230.

(3) حازم فلاح، مرجع سابق.

المطلب الثاني: العوائق التي تحول دون تطوير الطاقات المتجددة

يكن التحدي الرئيس في ما بين هذه العوائق في تطوير تكنولوجيات الطاقة الجديدة والمتجددة، والاستفادة منها على نطاق واسع يكفي للتأثير على حالة الطاقة وطنيا وعالميا، رغم التقدم المحرز في تشجيع تطبيقات الطاقة المتجددة مازال هناك العديد من القيود والحواجز رغم التغلب على بعضها في السنوات الأخيرة، ونذكر منها: (1)

1. ضعف الأولوية التي تولى لتطوير الطاقة المتجددة في التخطيط للطاقة ووضع السياسات العامة على الصعيد الوطني.

2. اختلال التوازن بفعل الإعانات المقدمة إلى نظم الطاقة التقليدية.

3. عدم كفاية الدعم المقدم لتطوير تكنولوجيا الطاقات المتجددة.

4. ارتفاع التكلفة التي تقتضيها نظم الطاقة المتجددة مسبقا، مما ينعكس على الأسعار النهائية للطاقة، حيث إن هذه المصادر الجديدة تعتمد على تقنيات معقدة وعالية التكلفة.

5. عدم كفاية استحداث المعايير وأفضل الممارسات بالنسبة إلى جميع نظم الطاقة المتجددة.

6. انعدام الهياكل التصنيعية الأساسية.

7. ندرة الموارد البشرية الماهرة.

إنّ تحليل العوائق والقيود يبيّن أن ثمة حاجة إلى عمل المزيد على كل من الصعيد الوطني والإقليمي والدولي، ويلمح إلى وجود الكثير من الخيارات التي يمكن النظر فيه بغرض التغلب عليها كربط سياسات الطاقة الجديدة والمتجددة بسياسات التنمية المستدامة، والإجراءات المتسقة مع الاتفاقات الدولية وتيسير عملية التعلم من الخبرات لدى البلدان الصناعية في مجال إقامة روابط أوثق بين البحوث والتنمية والصناعة وفي إبرام الاتفاقات والشراكات من أجل التعاون الدولي.

(1) تقرير الأمين العام للأمم المتحدة، جويلية 2001، مقال منشور على الموقع الإلكتروني:

http://www.un.org/arabic/documents/GADocs/56/A_56_129.pdf اطلع عليه يوم 201/04/16 - على الساعة 21:14

لقد تم عرض أهم أنواع الطاقات الجديدة والمتجددة بصورة عامة وفي جميع أنحاء العالم، مجالات استخداماتها ومزايا وعيوب كلّ منها.

ومن هنا نستخلص ضرورة دراسة وتحديد الأولويات نتيجة لحجم الحاجة الفعلية الحالية إلى الطاقة والتخطيط لاستعمال الطاقات الجديدة والمتجددة، الملائمة والمتوفرة، والعمل على التطبيق المباشر للطرق والوسائل والمعدات الجاهزة والمستعملة بنجاح تام في هذا المجال، ويجب أيضا الأخذ بعين الاعتبار الحاجة المستقبلية للطاقة، والتخطيط لسدها بإدخال الأنواع المتوفرة والملائمة تقنيا من مصادر الطاقات المتجددة إلى جنب الطاقة التقليدية في كل المجالات الممكنة مستقبلا، إلى حين إحلالها محل الوقود الحفري نهائيا، وحتى وصول ذلك الوقت لابد من التمهيد له حتى يمكن الوصول إليه بأمان، وذلك لن يكون إلا باستراتيجية واضحة الخطوات تتبعها كل دول العالم لضمان سلامة كوكب الأرض بكل نظمته الطبيعية، هذا ما سنحاول أن نبرزه في المبحث الموالي.

المبحث الرابع: إستراتيجية تنفيذ نظام طاقة مستدام

كما أسلفنا ذكره، فإن تنفيذ التنمية المستدامة من خلال نظام الطاقة يستلزم وضع إستراتيجية أو سياسة تنفذ على مراحل، استلهمنا هذه الخطوات أو هذه المراحل من خلال ما تمّ طرحه من جهة، ومن جهة أخرى من المجالات الجوهرية ذات الصلة بالطاقة المستدامة التي حددها "جدول أعمال القرن الحادي والعشرين"^{*}، حيث تناول قضايا الطاقة في أجزاء عديدة كانعكاس لأهميتها وقيمتها كمدخل ضروري في عمليات وأهداف التنمية المستدامة، وسنحاول في هذا المبحث أن نشرح هذه المراحل من خلال المطالب التالية:

المطلب الأول: ترشيد استخدام الطاقة

من الجدير بالذكر أن الاستنتاجات المتعلقة بمستقبل الطاقة هي استنتاجات غير قاطعة أو غير مؤكدة، لأن مثل هذه الاستنتاجات تعتمد على التنبؤ بوضع الطلب والعرض من مصادر الطاقة المختلفة في المستقبل، حيث تكون متفائلة تارة ومتشائمة تارة أخرى وفقاً لما تستند إليه من افتراضات، وما تتأثر به من تطورات في مجال الطاقة، ويلاحظ على سبيل المثال أن الدراسات التي تمت قبل أزمة البترول عام 1973 م، كانت نتائجها متفائلة من حيث وجود وفرة أو عرض كاف من البترول لمقابلة معدل الإنتاج المتزايد وذلك لفترة طويلة قادمة، وما إن حدثت أزمة البترول أو ما اصطلح على تسميتها بأزمة الطاقة بعد 1973م فكانت الدراسات هذه المرة تحذر من نضوب أو نفاد موارد الطاقة في المستقبل القريب، وهكذا يكون من الخطأ الاعتماد أو التسليم بصورة كاملة على مثل هذه الاستنتاجات عند مناقشة مشكلة نفاد أو نضوب موارد الطاقة وخاصة في الأجل الطويل، وعلى أي حال فأياً كانت الصورة في المستقبل فإن إتباع وسائل معينة لعلاج المشاكل الناشئة من

^{*} جدول أعمال القرن 21 هو خطة أقرها مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية (UNCED) عام 1992.

الاستخدام غير الرشيد أو الكفاء للطاقة سيؤدي في النهاية إلى إمكانية استمرار قدرة موارد الطاقة على الوفاء بالاحتياجات من الطاقة لفترة أطول.⁽¹⁾

كما يتفق الجميع تقريبا على أن الطريقة المثلى لتجنب أو للحد من نقص الطاقة هو ببساطة أن نقلل من استهلاكها، أي نحفظها ونصونها، وكلمة الحفظ تتضمن عادة الإشارة إلى استراتيجيتين متوازيتين ورئسيتين ومختلفتين، الأولى يمكن أن نطلق عليها اسم التقنين، ويمكن تلخيصها بالقيام مثلا بإطفاء المصباح لدى الخروج من الغرفة، الثانية ويمكن أن نطلق عليها اسم الكفاءة وتتلخص باستبدال المصباح الوهجي بآخر يصدر نفس الكمية من الضوء ولكن بربع كمية الكهرباء.⁽²⁾

إن الحفاظ على الطاقة بترشيد استهلاكها يعد إحدى الاستراتيجيات المهمة واللازمة لمواجهة التلوث إضافة إلى إطالة عمر الوقود الأحفوري، إذن هناك مكسب مزدوج من خلال زيادة كفاءة استخدام الطاقة،⁽³⁾ ولقد اتجهت الوكالة الدولية للطاقة AIE إلى التفكير على الفور في إجهاض محاولات المصدرين لتحسين المركز السوقي للبترول، وإحداث تغييرات في جانب الطلب عن طريق الحفاظ أو ترشيد استعمال الطاقة (بالإضافة إلى محاولة تطوير بدائل أخرى)، حيث دعمت وكثفت الجهود الموجهة إلى مكافحة الإسراف في استهلاك الطاقة، أي تخفيض الاستهلاك دون تخفيض ملموس في الناتج الوطني للدول المستهلكة، أو في مستوى المعيشة أو في مستوى الراحة الشخصية للمستهلك النهائي، وكانت هذه الإجراءات واضحة خلال الأزمة النفطية المعاكسة 1986م، إذ تعتبر هذه الإجراءات من أهم أسباب هذه الأزمة فقد انخفض استهلاك النفط ونسبته في مزيج الطاقة العالمي خلال الفترة 1973-1986م من 53 إلى 42%،⁽⁴⁾ ومن المعلوم أن مستوى الكفاءات الحالية في إنتاج واستهلاك الطاقة لم يصل بعد وبدرجات متفاوتة إلى المستوى المطلوب، وبالتالي

(1) أحمد محمد مندور، د. أحمد رمضان نعمة الله، مرجع سابق، ص 199-200.

(2) ريتشارد هاينبرغ، مرجع سابق، ص 247.

(3) دوجلاس موسشيت، مرجع سابق، ص 45.

(4) بورنان الحاج، السوق البترولية في ظل الحوار بين المنتجين والمستهلكين، رسالة مقدمة ضمن متطلبات الحصول على درجة الماجستير في العلوم الاقتصادية، جامعة الجزائر، 2001-2002، ص 138.

فهناك تحدٍّ واضح يتمثل في تطوير فرص استخدام أكثر كفاءة للطاقة في معظم القطاعات الاقتصادية مع الاعتراف بوجود معوقات تواجه تحقيق ذلك مثل نقص القدرة على الوصول إلى التكنولوجيات المطلوبة وبناء القدرات ونقص الموارد المالية، وينصب التركيز في جانب القطاعات المستخدمة للطاقة على رفع كفاءة الأجهزة والمعدات التي تستخدم الطاقة مثل معدات التدفئة ومكيفات الهواء والمحركات وأجهزة الإضاءة، وسنحاول أن نلقي نظرة على ترشيد استهلاك الطاقة حسب أهم القطاعات في ما يلي:

الفرع الأول: ترشيد استهلاك الطاقة في الأجهزة الخدمية

لقد شاع استعمال الأجهزة الخدمية بوصفها جزءا من متطلبات الحياة العصرية، ولا يزال التقدم التقني مستمرا في استحداث أنواع جديدة تقدم خدمات أفضل وأكثر راحة للمستهلك، إن عدم معرفة كيفية اختيار هذه الأجهزة واستخدامها يعني هدرا كبيرا في الطاقة، لذلك فإن تقليل الاستهلاك غير الضروري أو تنظيمه يعني توفيراً في الطاقة وتقليلاً للكلفة المدفوعة عنها، وقد استعملت طرق ووسائل عديدة يمكن بواسطتها ترشيد استهلاك الطاقة، وخاصة عند اختيار الأجهزة والمعدات ذات الكفاءة العالية من حيث استهلاك الطاقة عند اشتغالها دون التأثير في مستوى الخدمات المطلوب توفرها في المبنى. ويمكن تصنيف الأجهزة الخدمية المستعملة في المباني حسب مصدر الطاقة المستعمل في تشغيلها إلى:

1. الأجهزة الخدمية التي تستعمل الوقود السائل (النفط والغاز) والصلب.

2. الأجهزة الخدمية التي تستخدم الطاقة الكهربائية.

وسنتناول فيما يأتي شرحاً للوسائل والتقنيات الممكن اتباعها في تشغيل مثل هذه الأجهزة بكفاءة عالية ترشد استهلاك الطاقة.

1- الأجهزة الخدمية التي تستخدم الوقود السائل (النفط والغاز) والوقود الصلب:⁽¹⁾

ويمكن تقسيمها هي الأخرى إلى:

- أجهزة التدفئة.

- أجهزة تسخين الماء.

- أجهزة تسخين الهواء.

- أجهزة الطبخ المختلفة وغيرها.

ومع تعدد أنواع هذه الأجهزة وأشكالها ومصادرها وجبت مراعاة اختيار قدرة الجهاز الملائمة لتوفير كمية الطاقة المطلوبة، وتركيب الجهاز في المكان الملائم، وعدم وضع مثل هذه الأجهزة قرب مصادر التهوية، والاعتناء بنظافة أجزاء الجهاز، وتبديل القطع التي تستهلك في أوقاتها المحددة للحصول على كفاءة تشغيل عالية، ومن المهم جدا عزل أنابيب الماء ومجاري الهواء بواسطة عازل حراري جيد مقاوم للظروف الجوية، ووضع خزانات الماء الحار المعزولة جيدا أقرب ما يمكن إلى نقاط الاستعمال وذلك لتقليل الحرارة المفقودة من الأنابيب، أيضا لابد من ضرورة استعمال المسيطرات الآلية الذاتية للتحكم في درجات الحرارة وأوقات التشغيل.

2- الأجهزة الخدمية التي تستخدم الطاقة الكهربائية:⁽²⁾

ومن بين هذه الأجهزة نذكر أجهزة تسخين الماء وأجهزة تسخين الهواء وأجهزة تبريد الماء وأجهزة حفظ المواد الغذائية الطبية وغيرها.

إن الطاقة الكهربائية أكثر كلفة من بقية أنواع الطاقة التقليدية كما أن استعمالها شائع في الوقت الحاضر لكثرة استخدام الأجهزة الكهربائية، وتعدد أنواعها وأشكالها حسب الخدمات المختلفة، وعند شراء جهاز كهربائي يجب مقارنة ما يستهلكه من الطاقة مع جهاز آخر مماثل له، ولكن من منشأ وصناعة أخرى، ويعتمد في شراء الأجهزة الكهربائية على أساس كلفة الشراء مضافة إليها الكلفة التشغيلية بدلا من الاعتماد على سعر الشراء فقط، إن

(1) عبد الرسول العزاوي، محمد عبد الغني، مرجع سابق، ص.220.

(2) المرجع السابق، ص.221.

الأجهزة الأكثر كفاءة في استخدام الطاقة أغلى سعرا من الأجهزة الأخرى، وعند التشغيل الطويل سوف توفر ما يزيد على الفرق في السعر بينها وبين الأجهزة الأخرى التي لا تملك نفس المستوى من الكفاءة، وعند شراء الأجهزة الكهربائية يجب قراءة تعليمات استعمال الجهاز قبل توصيله إلى مصدر القوة الكهربائية، فإن التعليمات وضعت أصلا لمساعدة المستهلك لغرض التعرف على طريقة التشغيل المثلى والصيانة الدورية، ومما يجدر ذكره أن بعض الأجهزة الكهربائية يمكن استعمالها خارج حدود الذروة القصوى حتى لا يؤثر استخدامها في عمل الأجهزة الكهربائية الضرورية في تلك الفترة، وعند استعمال هذه الأجهزة يجب مراعاة الطرق الصحيحة لاستعمالها والمحافظة على صيانتها، ومراقبة عمل المسيطرات الذاتية المستعملة فيها وتبديل القطع التي تستهلك في أوقاتها المحددة لغرض تحصيل كفاءة أداء عالية، وتعد أجهزة الإنارة إحدى الوسائل الرئيسة المطلوب الاهتمام بها في ترشيد استهلاك الطاقة في المباني، فمن الضروري تقدير شدة الإضاءة المثالية إلى الحد الطبيعي المطلوب توفره في أجزاء المبنى، كل حسب حاجته، وكذلك مراعاة شدة الإنارة الخارجية وعدم الإسراف فيها زيادة عن المستوى المطلوب، ويفضل أن تطفأ الأجهزة الكهربائية مثل التلفزيون والمذياع وأجهزة التكييف وغيرها عند مغادرة الغرفة وقطع التيار الكهربائي من المصدر عن الجهاز لأن انقطاع التيار الكهربائي المفاجئ يؤدي إلى تلف سريع في الجهاز أو قد يسبب حوادث كهربائية خطيرة.

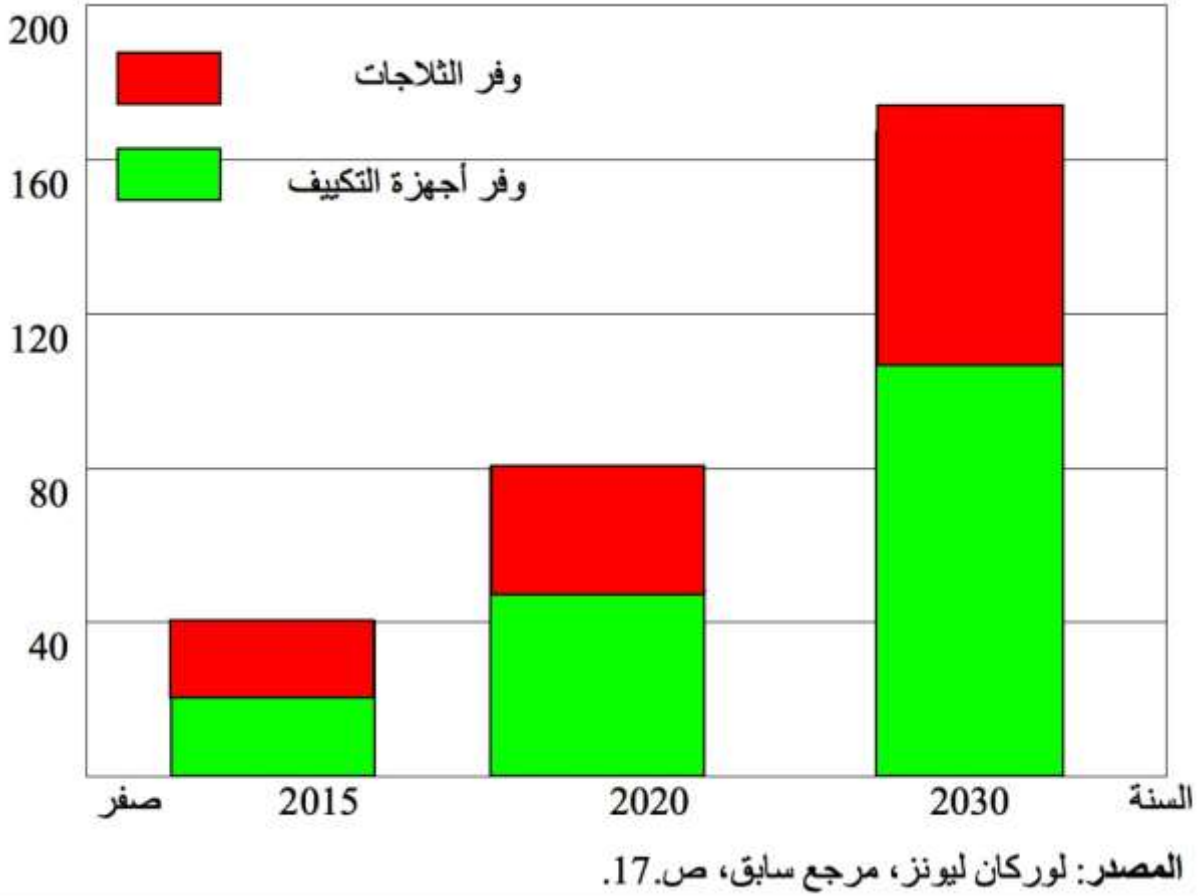
ولنر مثلا عن تحسين فعالية الطاقة في الأجهزة الخدمية في الصين باعتبارها من أبرز الدول المتسببة في ازدياد عدم قابلية الطاقة العالمية للاستدامة، بحكم حجمها السكاني فحسب، إذ سيكون لديها 270 مليون مركبة تسير في شوارعها بحلول عام 2030 م، وهو ما سيزيد من التلوث ووارداتها من النفط على حد سواء، ولكن بتطبيق معايير أكثر تشددا لكفاءة أجهزة تكييف الهواء والثلاجات يمكن أن يساعد الصين في توفير طاقة تفوق 160 تيراوات /الساعة (160 مليون ميغاوات /الساعة)⁽¹⁾، وهذا ما يوضحه الشكل الموالي:

(1) لوركان ليونز، الطاقة العالمية: ازدياد عدم قابليتها للاستدامة، مجلة التمويل والتنمية، صندوق النقد الدولي، واشنطن، العدد 1، مارس 2008، ص.17.

الشكل رقم: (04)

تشجيع كفاءة الطاقة وفرض معايير أعلى لها يمكن أن يحدث farkا ضخما.

تيارات ساعة / سنويا



الفرع الثاني: تحسين استخدام الطاقة في القطاع الصناعي

إن الاستخدام الأفضل لموارد الطاقة من قبل القطاع الصناعي له أهمية اقتصادية وبيئية حيوية، ومن الطرق العملية التي تكفل إدارة أفضل للاستهلاك والاستخدام الصناعي للطاقة يبرز التوليد المشترك، واستخدام الطاقة الحرارية الضائعة، والدمج الصناعي كأتملة بارزة في هذا المجال، وبإمكان التشريعات الحكومية أن تحسن من استخدام الطاقة، وذلك عن طريق إيجاد حوافز للصناعات التي تتميز بكفاءة استخدامها للطاقة، وبالإمكان توفير التكاليف الأولية لتوليد الطاقة عبر تقليص التفاوت في استهلاكها، وخفض معدل الاستهلاك

وقت الذروة عبر وضع هيكل للتسعيرة تبعا لحدوث توقيتها أثناء اليوم، وفيما يلي شرح لبعض طرق إدارة الطاقة في القطاع الصناعي:⁽¹⁾

1. التوليد المشترك:

تقوم معامل توليد الطاقة بالتخلص من كميات هائلة من الطاقة، وذلك بطرحها في البيئة المحيطة خلال مراحل التبريد، ونتيجة لذلك فإن أفضل محطات التوليد المعتمدة على التوربينات الغازية ذات الدورات المركبة لاتصل إلى 50% من حيث كفاءتها في استخدام الطاقة، وهناك العديد من الصناعات التي تحتاج إلى مستويات منخفضة من الطاقة التي يمكن تلبيتها عبر إعادة استخدام الطاقة المهملة الناتجة عن دورات توليد الطاقة، ومن الأمثلة على هذه الصناعات نذكر محطات تحلية المياه ومصافي البترول والصناعات الغذائية.

فمثلا محطات تحلية المياه من الممكن أن تكون ثنائية الغرض أي تقوم على أساس التوليد المشترك، وفي هذه المعامل يتم توليد الكهرباء أولا باستخدام غلايات وتوربينات بخارية، ومن ثم يقوم الجزء الخاص بتحلية المياه باستخدام البخار ذي الضغط المنخفض والخارج من التوربينات.

2. توظيف الطاقة الحرارية الضائعة:

إن استخدام الطاقة الضائعة من قبل صناعات مختلفة كالبتترول والزجاج والمعادن يعد مثالا جيدا للتكامل الصناعي الذي يوفر فرصا لاستخدام أمثل للطاقة، وفي المملكة العربية مثلا عادة ما تتركز المصانع في مدن صناعية مما يسمح بالتنسيق والتكامل في ما بين الصناعات.

3. الدمج الصناعي:

تنتج الصناعات الأساسية مواد متوسطة تحتاج إلى معالجة إضافية للحصول على المنتجات النهائية، وبسبب استقلال هذه العمليات عن بعضها البعض فإن المنتج الأولي

(1) فهد عبد العزيز الخالدي، باسل فتحي أبو شرخ، تحسين استخدام الطاقة في القطاع الصناعي، مجلة القافلة، أرامكو السعودية، المملكة العربية السعودية، العدد2، مايو 2001، ص.32.

ربما يحتاج إلى معالجة إضافية غير ضرورية، وكمثال للدمج الصناعي فإن صناعة الحديد والصلب في اليابان تعتمد على دمج عمليات قولبة الحديد مع العمليات التصنيعية غير المباشرة في تشكيل الصلب الساخن المنتج من عمليات صناعة الصلب الأولية.

وهناك العديد من الأمثلة الناجحة لتخفيض كمية الطاقة المطلوبة لإنتاج وحدة معينة من السلعة، فقد نجحت شركة بولمان كيلوج الأمريكية - وهي من الشركات التي تمتلك تكنولوجيا خاصة بصناعة الألمونيا- في تخفيض كمية الطاقة المطلوبة في هذه الصناعة بنسبة 16%، كما تمكنت شركة مونسنو للكيماويات من تخفيض استهلاك الطاقة عن كل عملياتها في العالم بنسبة 20% في عام 1982م بالمقارنة بعام 1972م وذلك بتخفيض كمية المحتوى الحراري BTU المستخدم في إنتاج كل طن من المنتجات الكيماوية التي تنتجها الشركة.⁽¹⁾

كما يتطلب الأمر مراجعة طرق الإنتاج في الصناعات بصفة عامة، والصناعات كثيفة الطاقة بصفة خاصة، حيث إن هذه الطرق لم تكن تهتم بتخفيض استهلاك الطاقة لرخص ثمنها.

الفرع الثالث: ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع النقل والمواصلات⁽²⁾

لا شك في أن تقدم قطاع النقل والمواصلات يعتبر أحد المعايير الرئيسة التي يقاس بها تحضر الدول، والمؤشر لهذا التحضر هو نسبة استهلاك الطاقة في هذا القطاع من المجموع الكلي.

يعتبر قطاع النقل والمواصلات من أكبر القطاعات المستهلكة للطاقة وإنتاجا لمسببات تلوث البيئة، ويستهلك هذا القطاع في الدول النامية ما مجموعه من 29.9 إلى 38.2% من الطاقة الكلية، وتختلف هذه النسبة من دولة إلى أخرى، حسب التطور الذي يشهده هذا

(1) أحمد محمد مندور، د. أحمد رمضان نعمة الله، مرجع سابق، ص ص. 202-203.

(2) عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، مرجع سابق، ص ص. 245-246.

القطاع، والحجم الذي يسهم به هذا القطاع في تلبية متطلبات القطاعات الأخرى في المجتمع.

إن كمية الوقود السائل (البنزين والجازولين) والزيوت المختلفة المستهلكة في وسائط النقل تعد كمية كبيرة جدا لا يستهان بها من مجموع الطاقة الكلية المستهلكة في قطاع النقل ابتداء من الدراجات النارية والمركبات (السيارات) الصغيرة وإلى لغاية الناقلات العملاقة والطائرات المختلفة، ويمكن تقسيم أهم وسائل ترشيد استهلاك الطاقة في هذا القطاع إلى ما يلي:

1. اعتماد المواصفات التقنية لترشيد استهلاك الطاقة كإقتناء المركبة الأقل استهلاكاً للوقود والأخف وزناً، وعدم تشغيل أجهزة التبريد عند وقوف المركبة لمدة تزيد على الدقيقة في الأيام الحارة جداً، إجراء الصيانة الدورية للمركبة... إلخ.
2. اعتماد الصيانة الشاملة والدقيقة لترشيد استهلاك الطاقة: (1) حيث إن الصيانة الشاملة والدقيقة والدورية تعمل على المحافظة على اشتغال المحركات بصورة مثالية، والمحافظة على الهيكل وعلى الأجزاء الأخرى في حالة أداء عالية مما يؤدي إلى تقليل استهلاك الوقود وإطالة عمر المحرك والاحتراق التام للغازات العادمة، كما أن الأجور المصروفة على الصيانة وتبديل القطع المستهلكة قليلة جداً مقارنة بهذه الامتيازات.
3. اعتماد طرق التنظيم والتنسيق والتخطيط في ترشيد استهلاك الطاقة: وإليك بعض طرق التنظيم والتنسيق والتخطيط التي تسهم بصورة مباشرة في ترشيد استهلاك الطاقة في وسائط النقل المختلفة.

- 1.3. تطوير نظام المواصلات وتحسين وسائط النقل العمومي بحيث تكون في المستوى المطلوب من حيث السرعة والدقة في المواعيد.
- 2.3. يفضل استخدام وسائط النقل العمومية للوصول إلى مكان العمل بدلاً من استخدام المركبة الخاصة.

(1) المرجع السابق، ص. 247.

3.3. اتباع كافة قواعد وتعليمات المرور في قيادة المركبة في سبيل تقليل صرف الوقود وإطالة عمر المركبة وتجنب الحوادث.

كما يمكن اتخاذ إجراءات أخرى كتقليل سباقات السيارات، تطوير سيارات تشحن بالكهرباء أو بالكهرباء والبتترول في آن واحد... إلخ.

الفرع الرابع: ترشيد استهلاك الطاقة في المباني

يؤدي العمل على جعل المباني أكثر كفاءة من حيث استهلاك الطاقة إلى تخفيض التلوث البيئي بدرجة كبيرة، وذلك لأن تدفئة الأماكن وتبريدها وإضاءتها وتسخين المياه وتشغيل الأجهزة المنزلية تستهلك نسبة كبيرة من الطاقة،⁽¹⁾ لذا اتجهت الأنظار إلى هذا القطاع الواسع، وأعدت له الدراسات والخطط للوصول إلى الوسائل التي تساعد على ترشيد استهلاك الطاقة وإحلال الطاقات البديلة، وفي مقدمتها الطاقة الشمسية، وذلك في المجالات القابلة للتطبيق في المباني، وقد تحقق تقدم ملحوظ في هذه المجالات، حيث أشارت الدراسات إلى أن ترشيد استهلاك الطاقة في المباني قد وصل إلى نسب لا بأس بها، فقد حقق استعمال الطاقة الشمسية نسبة متقدمة في هذا المجال، وعند الجمع بين وسائل ترشيد الطاقة واستعمال الطاقة الشمسية في المباني يمكن الوصول إلى حالة الاكتفاء الذاتي والاستغناء عن أي مصدر من مصادر الطاقة التقليدية في أغلب أيام السنة، وتعود أهمية ترشيد الطاقة في قطاع المباني إلى الآتي:⁽²⁾

1. دور الطاقة في الحياة اليومية للإنسان مما يتطلب المحافظة عليها واستغلالها الاستغلال الأمثل من أجل إطالة عمر المصادر التقليدية لضمان إمداداتها المستقبلية وخفض تكاليفها.

2. إن تعدد وتنوع استخدامات الطاقة في قطاع المباني يتيح إمكانية استخدام عدة أنواع من الطاقة بما يتناسب ومتطلبات الاستخدام ويعطي المرونة في إحلال مصادر

(1) دوجلاس موسشيت، مرجع سابق، ص ص. 281-282.

(2) عبد الرسول العزاوي، محمد عبد الغني، مرجع سابق، ص ص. 281-282.

طاقات جديدة، بالإضافة إلى توفير سبل ووسائل وطرق غير طاقوية يمكن استعمالها في المباني للحفاظ على الطاقة التقليدية.

3. ارتباط الطاقة ومسبباتها ومشاكلها بعلاقة مباشرة بالساكنين في المباني، وإن أي محاولة للحد من مسببات تلوث البيئة تكون عن طريق ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع المباني.

4. استخدام الإنارة ذات الكفاءة العالية في الخدمات العامة والمباني تعمل على توفير مبالغ ضخمة أثناء تشغيلها قد تبلغ 30% من قيمة فواتير الكهرباء.⁽¹⁾

ومن بين طرق ترشيد استهلاك الطاقة في هذا القطاع نذكر: الالتزام بالقياسات الهندسية في البناء، الحد من التسرب الحراري الذي يحدث في المباني كاستعمال الأبواب والنوافذ محكمة الغلق والتي تستعمل المطاط في أوجه التماس عند الإغلاق... إلخ
لقد حاولنا في هذا المطلب التعرض لأهم القطاعات استهلاكاً للطاقة ومنه كيفية ترشيدها، فبتوحيد الجهود بترشيد استخدام الطاقة في كل القطاعات يمكن أن يؤدي ذلك إلى نتائج اقتصادية مهمة.

ونخلص إلى أن وعي تقنيين استخدامات الطاقة أضحى مسلمة عالمية، فنجد أن الفقرة رقم (13) من خطة جوهانسبرغ قد دعت كل الدول إلى تطوير وتشجيع تطبيق أنماط الاستهلاك المستدام وعلى الدول المتقدمة أن تأخذ بزمام المبادرة وتفيد منها كل الدول الأخرى، إذن هذا بأخذنا بعين الاعتبار أن الوقود الأحفوري سيبطل مسيطراً على خليط الطاقة خلال العقود القادمة، فكان التحدي عندئذ هو الاستخدام الكفء لهذه الطاقة ومنه تقليص التأثيرات البيئية على كل المستويات (المحلية والإقليمية والعالمية)، وعلى ذلك فإن الاتجاه نحو تكنولوجيات متطورة وأكثر نظافة للوقود الأحفوري يمثل حجر الزاوية في مجال تقليل الآثار البيئية الناجمة عن حرق الوقود، كتحويل وسائل النقل المختلفة إلى استخدام وقود أكثر نظافة ومن ذلك استخدام جازولين خال من الرصاص وديزل ذي نسبة كبريت منخفضة والتحول إلى الغاز الطبيعي، فمواجهة التحديات العالمية بالنسبة إلى الطاقة سوف

(1) سامية جلال سعد، الإدارة البيئية المتكاملة، المعهد العالي للصحة العامة، جامعة الإسكندرية، 2005، ص.243.

تتطلب بذل جهود عالمية جازمة ومستدامة لعقود من الزمن، وعلى الدول الصناعية أن تقيم توازنا بين الإنتاج المتزايد للطاقة وبين الاستخدام النظيف والفعال لها عن طريق تطوير شركات دولية وتنويع إمداداتها وتشجيع الأسواق التنافسية وتعزيز السياسات العامة السليمة، وترتكز الجهود على التكنولوجيات الجديدة الواعدة بتغيير الطريقة التي تنتج بها الطاقة وتستهلكها.

لكن هل ترشيد استخدام الطاقة -على الرغم من أهميته- لوحده كاف لتحقيق نظام طاقة مستدام؟ بالتأكيد أن الإجابة ستكون بالنفي، إذن لابد من البحث عن البديل للوقود الأحفوري ولابد من ضرورة العمل الجاد على وصول الأبحاث في ميادين الطاقة البديلة والمتجددة إلى نتائج علمية مؤكدة، هذا ما سنتناوله في المطلب الموالي.

المطلب الثاني: دفع وتشجيع تطبيقات الطاقات المتجددة⁽¹⁾

تتوافر إمكانات واحتمالات مستقبلية لتكنولوجيات الطاقة المتجددة لتسهم في الوفاء بالاحتياجات الأساسية للطاقة، وفي دعم تخفيف وطأة الفقر وتحقيق التنمية المستدامة، وقد تم ابتكار وتطوير تكنولوجيات متعددة للطاقة المتجددة خلال العقدين الماضيين، وتم اختبار بعضها ميدانياً، وتم تطويرها على مستوى التطبيق، خاصة في مجال القدرات الصغيرة والمتوسطة في الأماكن النائية حيث أثبتت الطاقة المتجددة فاعلية اقتصادية، بينما مازال بعضها الآخر في حيز البحث والتطوير، إلا أنه يجدر القول إن هذه التكنولوجيات لم تستخدم بعد على نطاق واسع لتوفير خدمات الطاقة، حيث إنه مازال هناك عدد من القيود والمعوقات التي تواجه التوسع في استخدامها، منها ارتفاع التكلفة مقارنة ببدايتها المناظرة من الوقود الحفري، إذن التحدي الذي ينتظرنا في هذا المجال هو العمل على خفض تكلفة تكنولوجيا الطاقة المتجددة والانتقال إلى مرحلة تسعير الطاقة حسب التكلفة الكلية بحيث

(1) الطاقة لأغراض التنمية المستدامة في المنطقة العربية، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، السكرتارية الفنية لمجلس الوزراء العرب عن شؤون البيئة، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، المكتب الإقليمي لغربي آسيا، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.unep.org.bh> اطلع عليه يوم 2016/03/18 على الساعة 10:34.

يمكن للطاقة المتجددة المنافسة بفاعلية مع مصادر الوقود الحفري، أيضا توفير التمويل اللازم لعمليات البحث والتطوير في هذا المجال - الطاقة المتجددة - حيث إن نقص التمويل لايزال يقف كعقبة أمام تطوير واستخدام موارد الطاقة المتجددة.

وعلى الرغم من النضج التقني الذي وصلت إليه شبكات توليد الكهرباء باستخدام طاقة الرياح ونظم الطاقة الشمسية الحرارية بقدرات تصل إلى بضعة مئات من الميجاوات، إلا أنها مازالت غير قابلة للمنافسة على نطاق تجاري، إذ إن اقتصادياتها تعتمد بصورة كبيرة على طبيعة الموقع وينبغي الآن النظر بعين الاعتبار إلى برامج تطوير هذه التكنولوجيات كما يجب تقييمها بعناية في المواقع التي تتمتع بموارد متاحة كبيرة.

وعلى هذا يمكن القول بأن المزايا التقنية والجدوى الاقتصادية لنظم الطاقة المتجددة تعتمد بصورة كبيرة على عنصري المكان والزمان، فالطاقة الشمسية، على وجه الخصوص، وبفضل توافرها وانتشارها الواسع خاصة في المنطقة العربية يمكن أن تأتي في المرتبة التالية مباشرة بعد النفط والغاز الطبيعي، وتأتي بعدها موارد طاقة الرياح، وتعتبر الأساليب الحديثة لاستخدام الكتلة الحيوية من المصادر الواعدة لتوفير الوقود والكهرباء اللازمين لتلبية احتياجات الطاقة في المناطق الريفية، وتمثل الطاقة المتجددة بأنواعها مجالا ملائما لنقل التكنولوجيا إلى الدول النامية، ويمكن القول بأن تكنولوجيات الطاقة المتجددة، التي تتسم بالتنوع (من شمسية وريحية) واللامركزية، تجعلها مناسبة بشكل خاص لتنمية الطاقة في الأماكن الريفية، ويمكن في هذا الإطار الاستفادة من آلية التنمية النظيفة التي اعتمدها بروتوكول كيوتو في تطبيقات الطاقة المتجددة للحد من غازات الدفيئة.

نخلص في نهاية هذين المطلبين إلى أن تنوع مصادر الطاقة وتغيير الأنماط الاستهلاكية غير المستدامة (أي بترشيدها) هما الأمران الوحيدان الأكثر قدرة على إطالة عمر الوقود الأحفوري من جهة والحفاظ على البيئة من جهة ثانية (لبناء نظام طاقة أكثر استدامة)، ولكن ارتأينا إضافة عناصر أخرى لا تقل أهمية، وهي ملخص لسياسات واستراتيجيات وتدابير موصى بها من طرف الأهداف الألفية للتنمية، والدورة التاسعة للجنة

التنمية المستدامة التابعة للأمم المتحدة، وإطار العمل المتعلق بالطاقة الصادر عن مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة، وهذا ما سنتناوله في المطلب الثالث.

المطلب الثالث: ملخص للاستراتيجيات والسياسات والتدابير الموصى بها⁽¹⁾

إن تمكين قطاع الطاقة من الإسهام في تحقيق التنمية المستدامة يتطلب إحداث تغييرات رئيسة في النظم الحالية لتقديم خدمات الطاقة، وذلك بإحداث نقلة في نموذج إمداد الطاقة الحالي بحيث يصبح مركزاً على خدمات الطاقة، مما يتطلب عملية شاملة لإعادة ضبط السياسات العامة للطاقة من أجل دفع واعتماد السياسات الرامية إلى تحقيق أهداف الطاقة المستدامة، ويتضمن ذلك إجراء تحليلات سليمة للخيارات المطروحة من قبل صانعي السياسات، واتخاذ قرارات جيدة، وتقاسم الخبرات والمعرفة المتاحة لدى الأفراد والمنظمات والهيئات التي تصارع الواقع العملي بتحدياته العديدة التي يمثلها مثل هذا التحول المطلوب، وجدير بالذكر أن هذه الأنشطة والتغييرات مطلوبة في الدول الصناعية والدول النامية على حد سواء، وسنعرض في هذا المطلب ملخصاً مجملاً للأهداف والأنشطة التي أوصت بها الأهداف الألفية للتنمية، والدورة التاسعة للجنة التنمية المستدامة التابعة إلى الأمم المتحدة، وإطار العمل المتعلق بالطاقة الصادر عن مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة وعلى وجه الخصوص ما يتعلق بـ: الاستراتيجيات والسياسات ونقل التكنولوجيا وبناء القدرات والتوعية.

الفرع الأول: الاستراتيجيات والسياسات

1- العمل على تكامل السياسات المتعلقة بقضايا الطاقة لأغراض التنمية المستدامة داخل إطار برامج التنمية الوطنية، خاصة تلك التي لها صلة بالتخفيف من وطأة الفقر، وبتغيير أنماط الإنتاج والاستهلاك غير المستدام في القطاعات الرئيسة المستهلكة للطاقة.

(1) الطاقة لأغراض التنمية المستدامة في المنطقة العربية، المرجع السابق.

- 2- زيادة قدرة الوصول لإمدادات وخدمات الطاقة في المناطق الريفية وذلك تلبية لاحتياجات الطاقة للاستخدامات المنزلية، والأغراض الزراعية وأغراض التصنيع الزراعي، من خلال اختيار خليط مناسب لمصادر الطاقة، وبرامج استيعاب وتوطين التكنولوجيا، ورفع كفاءة استخدام الطاقة.
- 3- اعتماد خليط متوازن لمصادر الطاقة من كل من المصادر التقليدية والمتجددة المتاحة في كل دولة، ومثل هذا الخليط يجب أن يكون مناسباً لتلبية الطلب المتزايد لخدمات الطاقة لكل السكان وعلى المدى البعيد وبشكل مستدام.
- 4- زيادة نسبة مشاركة الوقود الأحفوري الأكثر نظافة، والطاقة المتجددة، ونظم الطاقة عالية الكفاءة في خليط الطاقة، كلما كان ذلك ممكناً وميسراً، ومقبولاً من النواحي الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، وبالشكل الذي يناسب ظروف وأحوال كل دولة.
- 5- تطوير ودعم مؤسسات البحوث والتطبيق الوطنية المعنية بالقضايا ذات الصلة بالطاقة لأغراض التنمية المستدامة شاملاً الدعم المالي والمؤسسي، وذلك من أجل تقوية وتدعيم الأوضاع المؤسسية والاقتصادية لزيادة إمكانات الوصول إلى خدمات الطاقة، لجميع المواطنين خاصة في المناطق الريفية والمناطق الحضرية الفقيرة.
- 6- مراجعة سياسات تسعير الطاقة وذلك بمراعاة الإدارة الاقتصادية للقطاع، وزيادة الفرص المتاحة أمام رفع كفاءة الطاقة واعتماد استخدام الوقود الأحفوري النظيف، وذلك في ظل الظروف الوطنية السائدة في الدول النامية.
- 7- تحقيق التعاون والتكامل الإقليمي من خلال تجارة الطاقة عبر الحدود، خاصة من خلال ربط الشبكات الكهربائية، وشبكات الغاز الإقليمية، هذا بالإضافة إلى دراسة إمكانية زيادة الشراكات بين القطاع العام والخاص في مشروعات الطاقة.
- 8- تدعيم الجهود الرامية إلى توفير الشفافية في مجال المعلومات المتعلقة بأسواق الطاقة في كل من جانبي العرض والطلب، وذلك من أجل تحقيق توازن تلك الأسواق وضمان أن الخدمات تصل إلى المستهلك بشروط ميسرة ومقبولة بيئياً واجتماعياً.

- 9- تحقيق استدامة قطاع النقل، وتقليل انبعاث غازات الدفيئة منه، من خلال زيادة استخدام أنواع وقود أكثر نظافة، وتطبيق تكنولوجيات متقدمة في مجال السيارات، وإدارة سليمة لنظم المرور، واستخدام أوسع لوسائل النقل العام والجماعي.
- 10- توفير بيئة مواتية لتطوير تكنولوجيات طاقة مستدامة وتطبيقها عمليا، خاصة فيما يتعلق بكفاءة الطاقة، والوقود الأكثر نظافة، والطاقة المتجددة، وسوف يتطلب ذلك بطبيعة الحال، جهوداً مركزة، وشراكة طويلة الأمد بين الحكومات والقطاع الخاص ومراكز البحث من أجل تحقيق نتائج أفضل.
- 11- إنشاء آليات تمويل جديدة بحيث تساعد الأسر وأصحاب الأعمال الصغيرة في الحصول على تسهيلات ائتمانية تمكنهم من شراء أجهزة وآلات جيدة ذات استهلاك مرتفع الكفاءة للطاقة، كما تساعد على إنشاء مشروعات صغيرة في مجال تصنيع وصيانة مثل هذه الأجهزة والآلات.
- 12- توفير الفرص أمام المرأة للحصول على تكنولوجيات الطاقة المستدامة بتكاليف ميسرة، مما يدعم تطوير المجتمعات الريفية.

الفرع الثاني: نقل التكنولوجيا والتوعية ببناء القدرات

1. تطوير شراكات ومصادر استثمار مناسبة لمساعدة الدول النامية في تعزيز نظم مستدامة للنقل، تعتمد على الاستخدام الكفء للطاقة، وعلى أنواع وقود أكثر نظافة، ووسائل متعددة للنقل بما في ذلك النقل العام والجماعي.
2. تعجيل ودفع الجهود نحو:
 - 1.2. نقل تكنولوجيات الطاقة عالية الكفاءة والسليمة بيئياً إلى الدول النامية.
 - 2.2. بناء قدرات وطنية مرتبطة بتكنولوجيات الطاقة المستدامة من خلال برامج تدريب، وتسهيلات تمويل، وتسعير مقبولة.
 - 3.2. دعم المؤسسات الوطنية المتخصصة في المجال وزيادة الإسهام الوطني في تمويل نظم الطاقة المستدامة.

3. تطوير مناهج التعليم، وفرص التدريب، وبرامج التوعية العامة على كافة المستويات في مجال الطاقة لأغراض التنمية المستدامة، خاصة ما يتعلق بالوقود الأحفوري الأكثر نظافة، وكفاءة الطاقة، والطاقة المتجددة، وذلك بالإضافة إلى تنظيم ندوات وحلقات دراسية فيما بين منتجي ومستهلكي الطاقة بغرض تسهيل تبادل المعلومات والمعرفة وذلك على المستويين الوطني والإقليمي.

4. تشجيع الصناعات الوطنية، وتعزيز قدراتها على القيام بعمليات إنتاجية أكثر نظافة من خلال زيادة استخدام تكنولوجيات طاقة مستدامة ميسرة، ونقل التكنولوجيات عن طريق التعاون الدولي والإقليمي، وكذا تطوير وإنفاذ المواصفات والإطارات ذات الصلة بالموضوع.

5. تعزيز قدرات المناطق الريفية في الحصول على تكنولوجيات طاقة مستدامة، وفي إقامة مشروعات أعمال صغيرة في مجالات التصنيع والتسويق والتركيب والصيانة. إذن لقد حاولنا أن نبرز في هذا المبحث أهم النقاط القادرة على تحقيق نظام الطاقة المستدامة في أي اقتصاد، لكن ما مدى تقدم هذا القطاع على مستوى عالمي، وما هي أهم الدول الرائدة في هذا المجال، هذا ما سنحاول الإجابة عنه في الفصل الموالي.

خلاصة الفصل الثاني:

لقد تناولنا في هذا الفصل دراسة أهم أنواع الطاقات الجديدة والمتجددة، من خلال تبيان خصائص كلّ منها، محاولين البحث عن البديل الأفضل، وخلصنا إلى أن هذا النوع هو أكثر نظافة وصداقة مع البيئة، ووفرة من حيث مادته الأولية، لكنه أقل تنافسية اقتصادياً بالرغم من أن بعضها قد أثبت فاعلية اقتصادية بينما مازال البعض الآخر في إطار البحث والتطوير، وأقل تطبيقاً أيضاً، فحتى في حالات ارتفاع أسعار النفط إلى أرقام قياسية، تبقى مصادر الطاقة النظيفة بلا جدوى اقتصادية لتحل مكان النفط، وفيما بين هذه المفارقات ارتأينا البحث عن إستراتيجية لتحقيق الطاقة في ظل التنمية المستدامة بمعنى تطوير اقتصاد هجين يقوم على تنمية الطاقات المتجددة مع استهلاك أقل وأكثر كفاءة للوقود الأحفوري.

وقد تناولنا هذا من خلال المبحث الثالث فوجدنا أن المحورين الأساسيين في هذه الإستراتيجية هما تحسين استعمال أو كفاءة الطاقة بترشيد استهلاكها -خاصة- من جهة، وتشجيع تطبيق الطاقات الجديدة والمتجددة من جهة ثانية، حيث يكون هذان الأمران هما الوحيدين الأكثر قدرة على إطالة عمر الوقود الأحفوري من جهة والحفاظ على البيئة من جهة ثانية (لبناء نظام طاقة أكثر استدامة)، كما حاولنا إضافة بعض العناصر الأخرى الضرورية لتنفيذ نظام طاقة مستدام، وهي ملخص لسياسات واستراتيجيات وتدابير موصى بها من طرف أهداف الألفية للتنمية، والدورة التاسعة للجنة التنمية المستدامة التابعة إلى الأمم المتحدة، وإطار العمل المتعلق بالطاقة الصادر عن مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة.

ولمعرفة مكانة هذا القطاع - قطاع الطاقة المستدامة - في الاقتصاد العالمي ارتأينا تبيان هذه المكانة من خلال الفصل الموالي.

الفصل الثالث:

واقع وآفاق الطاقات

الجديدة والمتجددة في العالم

الفصل الثالث: واقع وآفاق الطاقات الجديدة والمتجددة في العالم

في ظل أزمة الطاقة التي تعاني منها بعض دول العالم، واعتماد البعض الآخر على مصادر الطاقة غير المتجددة كالبترول والفحم لتوليد الطاقة، فإن العالم من حولنا قد بدأ بالانتباه إلى المشاكل البيئية التي تسببها هذه الوسائل، بالإضافة إلى المصير المتوقع من نضوب هذه المصادر بعد فترة ليست بالبعيدة من الزمن، وبهذا فقد استثمرت هذه الدول في البحث والتجريب في مجال توليد الطاقة باستخدام الوسائل المتجددة كالطاقة الشمسية، طاقة الرياح، الطاقة الجيوحرارية، الطاقة المائية، طاقة الكتلة الإحيائية.

وقد ارتأينا أن نقسم هذا الفصل إلى مبحثين الأول منهما بعنوان واقع الطاقات الجديدة والمتجددة في العالم، والثاني بعنوان آفاق الطاقات الجديدة والمتجددة في العالم، وذلك بإبرازنا لتجارب الدول الرائدة في هذا المجال.

المبحث الأول: واقع الطاقات الجديدة والمتجددة في العالم

إن الطلب المتزايد على مصادر الطاقة بالمقارنة بالمصادر التقليدية المتاحة يشير إلى احتمال حدوث فجوة بين الإنتاج والاستهلاك مما أدى إلى الاهتمام بمصادر الطاقة المتجددة⁽¹⁾ هذه الأخيرة وبكل أشكالها تشكل نسبة متزايدة من إنتاج الطاقة في العالم لكن هذه النسبة تختلف من نوع إلى آخر ومن بلد إلى آخر، وهذا ما سنحاول تبينه في هذا المبحث، من خلال تقديمنا لتجارب كل بلد رائد في نوع أو أكثر في الطاقات المتجددة.

المطلب الأول: الطاقة الشمسية

وتُعد ألمانيا من أكبر اقتصاديات العالم التي تعتمد على نفسها في إنتاج الطاقة وتُصدر جزءًا كبيرًا منها، إذ تقول الأرقام إن ألمانيا تحتوي على 140 محطة توليد للطاقة تعتمد على الوقود الأحفوري، و28 محطة أخرى كهرومائية، و21 محطة أخرى لإنتاج الطاقة من خلال الطاقة الشمسية، على الرغم من قلة الأيام التي تظهر فيها الشمس بشكل كاف لإنتاج الطاقة في ألمانيا مقارنة بالدول العربية أو جنوب الكرة الأرضية بشكل عام.⁽²⁾

ألمانيا الرائدة في إنتاج الطاقة عالميًا انتقلت مؤخرًا إلى النظام الأذكى عالميًا في توليد وتوفير الكهرباء، إذ يُشترط على البيوت الجديدة في ألمانيا أن تُزود بنظام توليد للطاقة الشمسية يُدعى "Photovoltaic System"، ويقوم هذا النظام بتوليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية، ويستخدم جزء منها ويُحتفظ بجزء آخر في البطاريات، ثم يُباع الفائض للدولة؛ وبذلك أصبحت البيوت في ألمانيا لا تستهلك الطاقة الكهربائية وحسب، وإنما تساهم في إنتاجها وتقوم الدولة بشراء هذه الطاقة من المواطنين، وتقول الإحصائيات إن ألمانيا أنتجت خلال عام 2012 فقط 22 جيجا واط من الطاقة خلال كل ساعة، وتعادل هذه

(1) عماد تكواشت، واقع وآفاق الطاقة المتجددة ودورها في التنمية المستدامة في الجزائر، مذكرة مقدمة ضمن متطلبات نيل شهادة الماجستير في العلوم الاقتصادية، جامعة الحاج لخضر، باتنة، 2012، ص.43.

(2) ألمانيا تنصدر دول العالم في إنتاج الطاقة الشمسية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.noonpost.net/content/4877> اطلع عليه يوم 2016/08/20 على الساعة 13:00.

الطاقة ما يمكن الحصول عليه من خلال 50 محطة نووية، وهو ما يغطي 50% من احتياج ألمانيا من الكهرباء، ويتميز هذا النظام بأنه صديق للبيئة باعتماده على مصادر "نظيفة" في توليد الطاقة دون أي حرائق أو انبعاثات، كما أنه يوفر على الدولة المزيد من المحطات أو المولدات، في الوقت ذاته فإنه ينتشر على مساحات واسعة شبه ضائعة؛ وهي أسطح منازل المواطنين، وتسعى ألمانيا لأن تصل إلى ما نسبته 80% من اعتمادها على الطاقة المتجددة في عام 2050، في طريقها للتخلص من اعتمادها على المفاعلات النووية وغيرها من المصادر التي تضر بالبيئة من بعد الضغوط الشعبية التي كانت بعد كارثة فوكوشيما النووية التي حدثت في اليابان، إذ بدأت ألمانيا منذ ذلك الوقت بخطة إغلاق محطاتها المعتمدة على الطاقة النووية، لتتمكن من إغلاق 8 محطات منذ ذلك الوقت.⁽¹⁾

وكانت ألمانيا قد تصدرت منذ عام 2010 العالم في توليد الطاقة مُعتمدة في ذلك على الطاقة الشمسية، حيث تتصدر منذ ذلك الوقت أكبر 10 دول مصدرة للطاقة الشمسية في العالم، متقدمة على الصين، إيطاليا، اليابان، الولايات المتحدة الأمريكية، إسبانيا، فرنسا، أستراليا، بلجيكا، وبريطانيا، الذين يأتون خلفها تباعا.⁽²⁾

وتجدر الإشارة إلى أنه في الولايات المتحدة الأمريكية يعمل عدد من شركات الطاقة الشمسية مع الصناعة البترولية فريقا واحدا لتوفير الألواح الشمسية والخلايا الفولتضوئية المخصصة لتوليد الطاقة في المناطق النائية لإنتاج النفط والغاز بهدف تقليل تكاليف الوقود، وبالتالي الاستغناء عن مولدات الديزل أو خطوط نقل الكهرباء، كما قامت شركة سولار كاست بتطوير ألواح شمسية محمولة مع بطاريات قابلة لإعادة الشحن لاستخدامها في تخزين الكهرباء من قبل الشركات البترولية في مواقع التنقيب عن الغاز الطبيعي، وأضحى استخدام تطبيقات الطاقة الشمسية في مواقع الحفر أكثر شيوعا باستخدام أنظمة الطاقة

(1) المرجع نفسه.

(2) المرجع نفسه.

الشمسية في مواقع الآبار لضخ الغاز أو لتزويد الأجهزة ونظم التحكم بالكهرباء وفي تشغيل المعدات الإلكترونية المثبتة على كل بئر عندما يتم تشغيل الآبار للإنتاج.⁽¹⁾

المطلب الثاني: طاقة الرياح

تنتج ثمانى دول فقط 80 % من طاقة الرياح في العالم، وهي من أهم المصادر المتجددة للطاقة وتعد أيضا من أرخص المصادر تكلفة مما يجعلها محط اهتمام متزايد من حكومات العالم، وأعد موقع Insidermonkey قائمة بالبلدان الثمانية تصدرتها الصين والولايات المتحدة وألمانيا وضمت أيضا المملكة المتحدة وفرنسا والهند لكنها خلت من أي بلد إفريقي أو من أميركا اللاتينية، واعتمد الموقع في إعداد القائمة على بيانات مجلس طاقة الرياح العالمي ونشرة Statistical Review of the World Energy التي تصدرها شركة «بي.بي» العملاقة للطاقة، وقد نما قطاع توليد الطاقة من الرياح بشكل استثنائي خاصة في العام الماضي وزاد الإنتاج العالمي الإجمالي بنسبة 17.4 % ليبلغ 841 تيرا واط في الساعة، ومن أسباب اتجاه الدول لطاقة الرياح أنها أكثر صحة وسلامة على البيئة ويمكن لدول العالم تحقيق الأهداف التي رصدتها لأنفسها فيما يتعلق بمكافحة التغير المناخي إذا نجحت في توليد الكهرباء بوسائل متجددة، ففي الاتحاد الأوروبي على سبيل المثال كان 44% من الكهرباء المولدة في 2015 من إسهام طاقة الرياح،⁽²⁾ وإليك قائمة البلدان الثمانية الرائدة في مجال استغلال طاقة الرياح.

(1) عبد الله محمد عيتاني، الاستثمارات البحثية للشركات البترولية في الطاقة المتجددة، مجلة القافلة، أرامكو السعودية، المملكة العربية السعودية، العدد 2، مجلد 64، أبريل 2015، ص.35.

(2) أكبر ثمان دول منتجة لطاقة الرياح في العالم، الوسط، يومية سياسية مستقلة، البحرين، العدد 5057، 12 يوليو 2016، نقلا عن الموقع الإلكتروني <http://www.alwasatnews.com/news/1136456.html> اطلع عليه يوم 2016/08/15 على الساعة 21:41.

الفرع الأول: الصين

- طاقة الإنتاج الإجمالية: 145362 ميجاواط

- نسبة المساهمة في الإنتاج العالمي: 33.6 %

أبهرت الصين الجميع بإقامة المزيد من محطات توليد الطاقة من الرياح في عام 2015 أكثر من كل دول الاتحاد الأوروبي، فنصف المحطات الجديدة المنتشرة في العالم تقريباً نصبتها الصين وهذا من أسباب احتلال البلد للترتيب الأول في العالم في الإنتاج. وأضافت الصين 5.33 غيغاواط إلى قدرة شبكة الكهرباء العامة باستخدام طاقة الرياح خلال الربع الأول من عام 2016، وهي زيادة نسبتها 13.4% مقارنة بالفترة نفسها من العام الماضي، حسب بيانات إدارة الطاقة الوطنية الصينية.⁽¹⁾

الفرع الثاني: الولايات المتحدة الأمريكية

- طاقة الإنتاج الإجمالية: 74471 ميجاواط

- نسبة المساهمة في الإنتاج العالمي: 17.2 %

تلعب الولايات المتحدة التي تنتج أكثر من 74 ألف ميجاواط من طاقة الرياح دوراً مهماً للغاية في تطوير الصناعة وتزويد ببطء حصة طاقة الرياح في توليد الكهرباء على مستوى البلاد، في بعض الولايات ومنها «أيوا» تأتي 31% من الطاقة من الرياح وهي قفزة كبيرة في الإنتاج مقارنة بالأعوام السابقة.

الفرع الثالث: ألمانيا

في مجال تقنية توليد الطاقة الكهربائية عن طريق استغلال قوة الرياح تتمتع ألمانيا بالسبق في هذا المجال، فهي "بطلّة العالم" في مجال إنتاج المعدات الخاصة بهذه التقنية، كما أنها تُعد من أكثر دول العالم استغلالاً لها، وتعود منزلة ألمانيا المميّزة وتفوقها

(1) الصين تتوسع في توليد الكهرباء من الرياح، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.aljazeera.net/news/ebusiness/2016/4/26> اطلع عليه يوم 20/08/2016 على الساعة 18:15.

التكنولوجي في مجال استخدام طاقة الرياح والطاقة الشمسية أيضاً إلى التفوق العلمي لقطاعها الهندسي ودور هذا القطاع في مواكبة أحدث تطورات العصر، علاوة عن الخبرة الألمانية الطويلة في التعامل المثمر والجدي مع التقنيات المحافظة على البيئة بصورة عامة.⁽¹⁾

- طاقة الإنتاج الإجمالية: 44947 ميغاواط

- نسبة المساهمة في الإنتاج العالمي: 10.4 %

زادت ألمانيا التي تملك 22 ألف توربين رياح طاقتها الإنتاجية 6000 ميغاواط في 2015 مما ساعدها في توسيع القطاع.

الفرع الرابع: الهند

تشهد طاقة الرياح مستوى عال من الاهتمام من وزارة الطاقة المتجددة وحكومات الولايات المختلفة داخل الهند، وتم ترجمة هذا الاهتمام إلى سياسة متوسطة المدى لقطاع طاقة الرياح، وتتنوع الآليات الداعمة لتعميق ارتباط صناعة طاقة الرياح المحلية والعالمية بالسوق الهندي خاصة من بعد عام 2003م، وقد جاءت تنمية طاقة الرياح نتيجة للعجز المستمر في الكهرباء ورغبة في العمل على استقلالية الطاقة، واختلفت الدوافع عن تلك الموجودة في أوروبا الغربية التي تحث على البعد عن الطاقة النووية، والتأثيرات البيئية أو الاهتمام بتغير المناخ، فالهند اتجهت إلى العمالة الماهرة والدعم الميكانيكي والهندسي الذي تمثل في حصر المصادر وخلق فرص عمل محلية وقدرات تصنيعية، ونشر سريع للخبرات المكتسبة من المشروعات الرائدة، ويتميز السوق الهندي بخاصية فريدة هي أن المصنعين من القطاع الخاص يتم دعمهم من وزارة الطاقة الجديدة والمتجددة منذ أواخر التسعينيات وكان ذلك دافعا رئيسا لنمو السوق.⁽²⁾

(1) ألمانيا رائدة تقنية استغلال طاقة الرياح، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.dw.com/ar/%D8> اطلع عليه يوم 2016/08/20 على الساعة 01:04.

(2) إيهاب إسماعيل، تطور سياسات طاقة الرياح في ثلاثين عاما الدروس المستفادة من اثني عشر سوقاً لطاقة الرياح، ص.30، مقال منشور على الموقع الإلكتروني www.energyandeconomy.com اطلع عليه يوم 2016/06/28 على الساعة 16:22.

- طاقة الإنتاج الإجمالية: 25088 ميجاواط
 - نسبة المساهمة في الإنتاج العالمي: 5.8 %
- خلال الفترة بين مارس وأغسطس هبت على الهند رياح قوية منحتها ميزة في هذا القطاع لتعتمد عليها في توليد الطاقة الكهربائية.

الفرع الخامس: إسبانيا

- طاقة الإنتاج الإجمالية: 23025 ميجاواط
 - نسبة المساهمة في الإنتاج العالمي: 5.3 %
- مما يدعو إلى الدهشة أن إسبانيا لم تطلق أي مشروع لطاقة الرياح في 2015 وقد سبب ذلك تراجعها بالترتيب لكنها لاتزال في مركز متقدم على مستوى العالم.
- طاقة الرياح ثالث أهم مصدر للكهرباء في إسبانيا.

الفرع السادس: المملكة المتحدة

- طاقة الإنتاج الإجمالية: 13603
 - نسبة المساهمة في الإنتاج العالمي: 3.1 %
- توليد الكهرباء من الرياح أرخص شكل من أشكال إنتاج الطاقة في المملكة المتحدة، وتعتبر المملكة واحدة من أفضل البلدان في تطوير محطات طاقة الرياح في العالم وتسعى للاستفادة من هذه المميزات بالتطلع إلى زيادة قدرتها الإنتاجية في المستقبل.

الفرع السابع: كندا

- طاقة الإنتاج الإجمالية: 11205 ميجاواط
- نسبة المساهمة في الإنتاج العالمي: 2.6 %

توفر كندا 5 % من الكهرباء من طاقة الرياح، وقد أقامت البلاد 36 مشروعاً جديداً لتوليد الطاقة من الرياح في 2015 لتوليد 1506 ميجاواط.

الفرع الثامن: فرنسا

- طاقة الإنتاج الإجمالية: 10358 ميجاواط

- نسبة المساهمة في الإنتاج العالمي: 2.4%

وتعتبر فرنسا ثالث منتج ومستهلك للطاقات المتجددة في الاتحاد الأوروبي، وتحتل المرتبة أوروبياً بعد ألمانيا وإسبانيا والمملكة المتحدة.⁽¹⁾

المطلب الثالث: الطاقة الجيوتحرارية

يشكّل توفير الطاقة على اختلاف أشكالها، الشغل الشاغل للإنسان حالياً، وعلى الرغم من إسهام الوقود الأحفوري على اختلاف أنواعه في تلبية معظم حاجات الإنسان اليومية من الطاقة، إلا أن استثمار مصادر الطاقة البديلة والمتجددة أصبح يحتل حالياً جانباً كبيراً من اهتمامات الباحثين والعلماء، وحتى اهتمام شركات النفط العملاقة التي أصبحت تستثمر في هذا القطاع، وتدعم الأبحاث الخاصة بتطوير تقنيات جديدة للطاقة المتجددة وتسهم في شركات الطاقة البديلة، ومن مصادر الطاقة البديلة المثيرة للاهتمام والبحث في قابليتها للاستثمار، الطاقة الحرارية في باطن الأرض.⁽²⁾

وتأتي الصين في مقدمة الدول الرائدة في مجال استغلال الطاقة الجيوتحرارية، تليها السويد والولايات المتحدة الأمريكية، وتأتي أيسلندا في المركز الرابع، ونستعرض في ما يلي واقع هذه الطاقة في كل واحدة من هذه البلدان.

(1) Chiffres clés des énergies renouvelables, commissariat générale au Thelma carrierdevelopment durables, France, 2015, p.49

(2) أمجد قاسم، كهرباء من باطن الأرض، مجلة القافلة، أرامكو السعودية، العدد 5، المجلد 64، سبتمبر- أكتوبر، 2015، ص.33.

الفرع الأول: الصين

أظهرت إحصاءات وزارة الأراضي والموارد الصينية أن إجمالي موارد الطاقة الحرارية الأرضية لدى الصين تعادل 860 تريليون طن من الفحم المكافئ وهو ما يزيد بمقدار 260 ألف ضعف على إجمالي استهلاك الصين من الطاقة سنوياً. وتدل وفرة الموارد على إمكانية توجه الصين نحو استخدام الطاقة النظيفة والتقليل من انبعاث الحرارة والغازات السامة، إن هذه الأرقام تستند إلى تقييم جديد لاحتياطيات مصادر الطاقة الحرارية الأرضية لدى الصين المدفونة على أعماق تتراوح بين ثلاثة آلاف عشرة آلاف متر تحت 287 مدينة و12 حوضاً رسوبياً و2562 ينبوعاً ساخناً، وعن مصادر الطاقة الحرارية الأرضية القريبة من سطح الأرض، أوضحت وزارة الأراضي والموارد أنها تبلغ 9.5 مليارات طن من الفحم المكافئ أي ما يعادل موارد سنوية متاحة قدرها 350 مليون طن، وفي إطار الحديث عن الحفاظ على البيئة وتقليل الانبعاث الحراري، يشير الخبراء إلى أنه إذا تم استخدام موارد الطاقة الحرارية القريبة من سطح الأرض بصورة فعالة فإن الصين يمكن أن توفر ما يعادل 250 مليون طن من الفحم العادي وتقليل الانبعاثات الكربونية بمقدار 500 مليون طن من غازات ثاني أكسيد الكربون، كما يمكن أن توفر المصادر الحرارية الأرضية في الأحواض الرسوبية 853 مليون طن من الفحم المكافئ.⁽¹⁾

يذكر أن الصين تمتلك كميات هائلة من الطاقة الحرارية الأرضية ولكن قدرتها على تطويرها والاستفادة منها ما زالت محدودة.

الفرع الثاني: السويد

يشكّل توفير الطاقة على اختلاف أشكالها، الشغل الشاغل للإنسان حالياً، وعلى الرغم من إسهام الوقود الأحفوري على اختلاف أنواعه في تلبية معظم حاجات الإنسان اليومية من الطاقة، إلا أن استثمار مصادر الطاقة البديلة والمتجددة أصبح يحتل حالياً جانباً كبيراً من

(1) موارد ضخمة للصين من الطاقة الحرارية. مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.aljazeera.net/news/ebusiness/> اطلع عليه يوم 2016/08/22 على الساعة 16:02.

اهتمامات الباحثين والعلماء، وحتى اهتمام شركات النفط العملاقة التي أصبحت تستثمر في هذا القطاع، وتدعم الأبحاث الخاصة بتطوير تقنيات جديدة للطاقة المتجددة وتسهم في شركات الطاقة البديلة، ومن مصادر الطاقة البديلة المثيرة للاهتمام والبحث في قابليتها للاستثمار، الطاقة الحرارية في باطن الأرض، وتحتل هذه الأخيرة مكانة مهمة في دول عديدة منها السويد التي تستخدمها بصفة أساسية في توليد الطاقة الكهربائية، حيثما تتوفر آبار تصل درجة حرارة مياهها إلى ما فوق درجة الغليان، وأيضاً في التسخين حيث يوجد مطار بأكمله في ستوكهولم مجهز بنظام تسخين عن طريق الطاقة الحرارية الأرضية.⁽¹⁾

الفرع الثالث: الولايات المتحدة الأمريكية وأيسلندا:

وتعد الولايات المتحدة الأمريكية من أكبر منتجي الطاقة الجيوحرارية، حيث يتعدى إنتاجها 3.000 واط/ساعي في ثماني ولايات، ويأتي 80% منه من السخانات الموجودة شمالي سان فرانسيسكو، وكاليفورنيا، هذا وتهيمن أيسلندا على سوق الطاقة الأرضية الحرارية الأوروبي؛ حيث تضم خمسة وعشرين بركاناً نشطاً على الأقل، بالإضافة إلى العديد من عيون المياه الساخنة وينابيعها، ويتم تسخين العديد من البنايات - بل وحمامات السباحة أيضاً - اعتماداً على المياه الساخنة بفعل الطاقة الجيوحرارية،⁽²⁾ كما تزود الطاقة الحرارية الأرضية المجتمع الأيسلندي بإمكانيات عديدة بخلاف توفير الكهرباء وتزويد المقاطعات بالحرارة، حيث تُستخدم على نطاق واسع من أجل إذابة الجليد عن أرصفة الشوارع وتسخين حمامات السباحة وإمداد المزارع السمكية بالطاقة وزراعة الصوبات وتجهيز الأغذية، فضلاً عن إنتاج مواد التجميل مثل المنتجات التجارية من البحيرة الزرقاء Blue Lagoon وهي منتج الطاقة الحرارية الأرضية الشهير في أيسلندا.⁽³⁾

(1) أمجد القاسم، مرجع سابق، ص.33.

(2) سارة خطاب، الطاقة الحرارية الأرضية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.bibalex.org/psc/ar/home/SCIplanetDetails.aspx?ID=82> طلع عليه يوم 2016/08/22 على الساعة 17:10.

(3) حكاية الطاقة المستدامة في أيسلندا: نموذج للعالم، مجلة الوقائع، الأمم المتحدة، العدد 3، المجلد 52، أوت، 2016، ص.15.

المطلب الرابع: المصادر المائية للطاقة

إن طاقة المصادر المائية ذات تقنية معروفة ومستخدمة منذ عقود طويلة، وكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية من هذا المصدر منافسة جدا للكلفة من المصادر التقليدية، وتستخدم الطاقة المائية حاليا في أكثر من ثلاثين بلدا في العالم ويبلغ إنتاجها من الطاقة خمس الإنتاج العالمي الكلي من الطاقة الكهربائية،⁽¹⁾ وسنحاول في ما يلي أن نقدم واقع هذه الطاقة في البلدان الرائدة فيها.

الفرع الأول: أيسلندا

تأسست المشاريع الكهرومائية المبكرة بواسطة المزارعين الأذكيا من أجل تزويد بيوتهم الريفية بالكهرباء، وفي عام 1950 تم بناء 530 محطة صغيرة للطاقة الكهرومائية في أيسلندا مما أوجد نظاماً مستقلاً للطاقة كانت متناثرة في هذا الموقع أو ذاك على صعيد البلاد، بدأت أيسلندا التركيز على تطوير المشاريع الكبرى للطاقة الكهرومائية مما اجتذب كبار المستخدمين الدوليين للطاقة الصناعية، وتمثل الهدف في اجتذاب صناعات جديدة إلى أيسلندا في تنويع اقتصادها وإيجاد فرص للعمل وإنشاء شبكة توليد للطاقة الكهربائية على المستوى الوطني.⁽²⁾

الفرع الثاني: النرويج

تعتمد النرويج بشكل كبير على توليد الطاقة الكهرومائية، وبدأت بإضافة وسائل أخرى خلال العقد الأخير لتشمل طاقة الرياح والكتلة الحيوية.⁽³⁾

يعود بعض الفضل في التقدم الصناعي الذي حققته النرويج إلى مصادر الطاقة الرخيصة المتوفرة لديها، فالتلوج وأمطار الخريف التي تسيل في مئات الجداول والأنهار،

(1) بشير صبحي أحمد، الطاقة المائية، دار النشر غير موجودة، 2014، ص. 132 على الموقع الإلكتروني <https://download-engineering-pdf-ebooks.com>

(2) حكاية الطاقة المستدامة في أيسلندا: نموذج للعالم، مرجع سابق، ص. 15.

(3) علا عنان، مرجع سابق.

تتحدّر نحو شواطئها وخلقائها، وقد عرفت النرويج كيف تستفيد من هذه المياه فأقامت السدود لتجميعها واستخدامها لتوليد الطاقة الكهرومائية التي تغطي 98 في المائة من حاجة البلاد من الكهرباء، وسيتم الاستفادة من محطات توليد الطاقة النرويجية بشكل أكبر بحيث تتحول إلى خزان الطاقة في أوروبا فعلى سبيل المثال، يهدر قسم كبير مما تنتجه ألمانيا من الكهرباء المولدة من مصادر الطاقة المتجددة كالشمس والرياح، لأنه لا يمكن تخزين الفائض من هذه الطاقة، وستقوم ألمانيا ودول أوروبية أخرى بمد كابلات في بحر الشمال لنقل الفائض من طاقة الرياح لديها إلى النرويج والحصول عليها عند الحاجة إليها.⁽¹⁾

الفرع الثالث: السويد

تأتي السويد في المرتبة الثالثة وتستغل طبيعتها الجغرافية وتوفر المصادر المائية بكثرة في توليد الطاقة اعتماداً على الرياح وحركة الأمواج على شواطئها، بالإضافة إلى الطاقة الكهرومائية المتولدة من إقامة السدود على الأنهار، وتبلغ نسبة استخدام الطاقة المتجددة في السويد ما يقارب 50 بالمائة من إجمالي الطاقة المستهلكة في البلاد.⁽²⁾

المطلب الخامس: طاقة الكتلة الإحيائية

إن مستقبل الاقتصاد الحيوي يعتمد على الإجماع العالمي حول المقاييس المستخدمة، وإنشاء مركز لفض النزاعات، فليس هناك إجماع على تعريف مصطلح "الاستدامة"، فتقييم الكتلة الحيوية يخضع لمجموعة متباينة من المعايير والتشريعات الاختيارية، ومع كثرة الخطط، لا يبدو هناك مجال للمقارنة، وأدى هذا الارتباك إلى انعدام الثقة، وتطبيق سياسات الحماية، ونشوب خلافات وعراقيل دولية، وإضعاف الاستثمار، وبطء النمو.⁽³⁾

(1) ألكسندر بودة، سدود النرويج تنقذ طاقة الرياح الألمانية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.dw.com> عليه يوم 2016/08/23 الساعة 22:51.

(2) مايا نادر، الطاقة البديلة كلفة بيئية أقل...فرص عمل جديدة وتحسين معيشة الإنسان، مارس 2016، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://greenarea.me/ar/119004> عليه يوم 2016/08/23 الساعة 23:18.

(3) رويلا ند بوش، ومائوس فان دي بول، تعريف استدامة الكتلة الحيوية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://arabicedition.nature.com/journal/2015/09/523526a> عليه يوم 2016/08/23 الساعة 23:59.

هناك العديد من الدول التي تهتم بهذا النوع من الطاقة على غرار كمبوديا، المكسيك، أستراليا، الهند، لكننا سنكتفي بذكر دولتين كانت لهما تجارب ناجحة في هذا المجال وهما بريطانيا والبرازيل.

الفرع الأول: بريطانيا

وتماشياً مع سياسة التنوع في مصادر الطاقة، تهتم بريطانيا بشكل خاص بالكتل الحيوية كمصدر للطاقة، ففي 2007م تم بنجاح تشغيل أكبر محطة في البلاد لإنتاج الكهرباء عن طريق حرق أخشاب الغابات ومخلفات صناعة الأخشاب ومحاصيل الطاقة، وتبلغ الطاقة الإجمالية نحو 30 ميغاوات، وهذا يكفي لتغطي حاجة مدينة متوسطة الحجم، أهم ما يميز هذه المحطة هو قدرتها العالية على حرق مختلف أنواع الكتل الحيوية وبكميات هائلة تصل إلى 300 ألف طن سنوياً، وبلغت التكلفة الكلية للمشروع الذي يقع في شمال شرق إنجلترا نحو 120 مليون دولار، وبلا شك يعتبر هذا مبلغ زهيدا مقارنة بالفوائد الهائلة التي تعود على سكان المنطقة، هذا النجاح دفع بالحكومة البريطانية إلى إعطاء الضوء الأخضر لإنشاء محطة جديدة تعتبر الأكبر في العالم لإنتاج الكهرباء من الكتل الحيوية بطاقة 350 ميغاوات، ومن المتوقع أن تبلغ التكلفة الإجمالية نحو 800 مليون دولار، وذكرت بعض المصادر أنه نظراً إلى ضخامة حجم المشروع قد يتم استيراد كميات إضافية من الكتل الحيوية من الولايات المتحدة وكندا لضمان استمرار الإنتاج الكهربائي على مدار العام، ومن المهم الإشارة إلى أن نجاح هذه التجربة من الناحية الاقتصادية سيكسر حاجز استحواذ الدول الزراعية على تقنية الوقود الحيوي ويفتح الباب على مصراعيه لاستيراد وتصدير الكتل الحيوية في العالم.⁽¹⁾

(1) ياسر طه مكاوي، الطاقة المتجددة تجارب ناجحة حول العالم، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.startimes.com/?t=15279612> اطلع عليه يوم 2016/08/24، على الساعة 00:59.

الفرع الثاني: البرازيل

تستخدم البرازيل قصب السكر لإنتاج وقود الإيثانول كوقود حيوي، ويعود تاريخ ذلك إلى سنة 1970م، وتعتبر البرازيل رائدة في مجال صناعة الطاقة الحيوية والاقتصاد الأول في العالم في إنتاج الطاقة الحيوية، وقد صنفت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة الوقود المنتج من قصب السكر البرازيلي بأنه وقود حيوي متطور وذلك في سنة 2010، ووفقاً لهذه الوكالة فإن هذا الوقود خفف من دورة حياة الغازات الدفيئة بنسبة 61% وهذه النسبة تتضمن الآثار المباشرة وغير المباشرة لاستخدام الأراضي في إنتاج الوقود الحيوي، يركز نجاح واستدامة إنتاج وقود الإيثانول الحيوي البرازيلي عن طريق قصب السكر على استخدام أكثر الوسائل كفاءة في تقنيات زراعة قصب السكر في العالم، حيث يتم استخدام معدات متطورة وقصب سكر رخيص كمادة أولية، كما تستخدم بقايا قصب السكر لإنتاج الحرارة والطاقة، مما ينتج عنه وقود ذو سعر تنافسي ومردود طاقي عال، يتراوح ما من 8.3 كقيمة متوسطة إلى 10.2 كقيمة لأفضل إنتاج.⁽¹⁾

وفقاً لتقرير بتكليف من الأمم المتحدة، واستناداً إلى استعراض مفصل من الأبحاث المنشورة حتى منتصف عام 2009، فضلاً عن المدخلات من قبل خبراء مستقلين في جميع أنحاء العالم، فإن الإيثانول المنتج عن طريق قصب السكر كما هي الحال في البرازيل "ينتج في بعض الظروف ما يقارب الصفر من انبعاثات الغازات الدفيئة"، وإذا ما تمت طرق معالجته بشكل صحيح، فإنه قد يؤدي إلى تقليل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بدلاً من الزيادة، وفي المقابل؛ وجد التقرير أن الولايات المتحدة الأمريكية - التي تستخدم الذرة لإنتاج الوقود الحيوي - تنتج وقوداً أقل كفاءة، وقصب السكر يمكن أن يؤدي إلى خفض الانبعاثات لأكثر من 70% حتى 100% عند الاستعاضة عنه بدلاً من البنزين، كما أظهرت عدة دراسات أخرى أن الإيثانول المنتج من قصب السكر يقلل من غازات الدفيئة بنسبة 86 إلى 90% ⁽²⁾، ومن هنا بدأت البرازيل تجربتها في إنتاج غاز الإيثانول الحيوي من قصب السكر

(1) (2) وقود حيوي مستدام، ويكيبيديا الموسوعة الحرة، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <https://ar.wikipedia.org/wiki/%>

88% اطلع عليه يوم 2016/08/24 على الساعة 00:52.

حتى أصبحت من أكبر الدول المنتجة والمصدرة لهذا الغاز حيث يوجد بها 325 مصنع لإنتاج هذا الغاز ويبلغ إنتاجها 18 مليار لتر، يوجه 15 مليار لتر منها إلى الاستهلاك المحلي، بينما يصدر الباقي إلى الخارج ليدر عليها دخلا يقدر بـ 1,6 مليار سنويا.⁽¹⁾

المطلب السادس: طاقة الهيدروجين

أصبح الهيدروجين من أكثر أنواع الطاقة الخضراء التي يتطلع إليها العالم منذ وقت طويل لكونه لا يتسبب في انبعاثات ضارة لكن صعوبات النقل والتخزين لهذا الغاز شديد التطاير وبطء عملية تطوير البنية التحتية اللازمة تعتبر عوامل أدت إلى توقف التقدم نحو استخدام الهيدروجين في مجال الطاقة.⁽²⁾

إن الاهتمام بالطاقة المتجددة والنظيفة بما فيها الهيدروجين لم يعد إلى السطح إلا في بداية التسعينيات عندما تصاعدت المخاوف على مستقبل البيئة تحديدا عام 1993م عندما أعلنت الحكومة اليابانية عن إنشاء مشروع "شبكة الطاقة العالمية"، وهو مشروع طويل الأمد للمساعدة على إطلاق الهيدروجين كطاقة عالمية ونظيفة بامتياز.⁽³⁾

وتتزعّم اليابان العالم في تنفيذ تكنولوجيا خلايا الوقود الهيدروجينية، ففي عام 2009م اتحدت باناسونيك مع طوكيو غاز وأصدرا Ene-Farm وهو منتج يعمل بخلايا وقود كهروكيميائية لتوليد الطاقة في المنازل، وفي ديسمبر 2014 كشفت تويوتا أيضا عن أول سيارة تعمل بخلايا وقود الهيدروجين في الأسواق.⁽⁴⁾

(1) الوقود الحيوي تجربة عالمية تحت الاختبار، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://alwafd.org> اطلع عليه يوم 2016/08/07 على الساعة 19:07.

(2) كيكاواتاكيو، اليابان تقود ثورة عالم السيارات الهيدروجينية في العالم، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.nippon.com/ar/currents/d00167> اطلع عليه يوم 2016/08/24 على الساعة 16:24.

(3) بيتر هوفمن، مصادر الطاقة المستقبلية، الهيدروجين وخلايا الوقود والتوقعات لكوكب أنظف، ترجمة وتقديم ماجد كنج (دار الفارابي، لبنان، 2009)، ص.35.

(4) كيكاواتاكيو، مرجع سابق.

تقنيا بلغ تطور إنتاج الهيدروجين ومعالجته وتخزينه درجة معقدة وصعبة تتخطى القدرات العادية للمستهلك العادي، ولا يزال الوضع على حاله، إذ إن التكنولوجيا مازالت غير مكتملة ولكنها تتطور. (1)

(1) بيتر هوفمن، مرجع سابق. ص. 35.

المبحث الثاني: آفاق الطاقات الجديدة والمتجددة في العالم

تزداد أهمية الطاقة المتجددة عند الحديث عن المستقبل، إذ يمثل الاستثمار فيها بعدا اقتصاديا وصحيا، وتسعى بعض الدول إلى ضمان مستقبل أبنائها من خلال السعي إلى توفير بدائل للطاقة تضمن لهم العيش الكريم والمستدام، ولم يعد الاستثمار في الطاقة المتجددة عالميا، رفاهية أو ترفا، بل أصبح حاجة لا بد منها اقتصاديا وبيئيا، فالطاقة الأحفورية المهددة بالنضوب خلال 100 عام على الأكثر، يقابلها طلب متزايد على الطاقة عالمياً.⁽¹⁾

والطاقات الخمس، الشمس والرياح والمياه والطاقة الحيوية والهيدروجين مرشحة وحدها لسد النقص العالمي لاستهلاك الطاقة المتنامي حاليا، وإحلالها تدريجيا مكان الطاقة الأحفورية لدى نضوبها، وهو ما تعمل عليه الاقتصاديات العالمية العملاقة. وسوف نستعرض في هذا المبحث آفاق الطاقات الجديدة والمتجددة في العالم معتمدين نفس الترتيب السابق في ما يخص الواقع.

المطلب الأول: مستقبل الطاقة الشمسية

وتُعد ألمانيا من أكبر اقتصاديات العالم التي تعتمد على نفسها في إنتاج الطاقة وتُصدر جزءاً كبيراً منها، إذ تقول الأرقام إن ألمانيا تحتوي على 140 محطة توليد للطاقة تعتمد على الوقود الأحفوري، و28 محطة أخرى كهرومائية، و21 محطة أخرى لإنتاج الطاقة من خلال الطاقة الشمسية، على الرغم من قلة الأيام التي تظهر فيها الشمس بشكل كاف لإنتاج الطاقة في ألمانيا مقارنة بالدول العربية أو جنوب الكرة الأرضية بشكل عام، كما تسعى ألمانيا لأن تصل إلى ما نسبته 80% من اعتمادها على الطاقة المتجددة في عام 2050م، في طريقها للتخلص من اعتمادها على المفاعلات النووية وغيرها من المصادر التي تضر بالبيئة من بعد الضغوط الشعبية التي كانت بعد كارثة فوكوشيما النووية التي

(1) الطاقة المتجددة ترسم مستقبل العالم. سكاى نيوز العربية. أبو ظبي، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.skynewsarabia.com/web/article/61347> اطلع عليه يوم 2016/07/20 الساعة 15:30.

حدثت في اليابان، إذ بدأت ألمانيا منذ ذلك الوقت بخطة إغلاق محطاتها المعتمدة على الطاقة النووية، لتتمكن من إغلاق 8 محطات منذ ذلك الوقت.⁽¹⁾

أما بالنسبة إلى مستقبل الطاقة الشمسية في الولايات المتحدة الأمريكية، فيتوقع من الحكومة الفدرالية أن تستثمر أكثر من 400 بليون دولار خلال السنوات الأربعين القادمة لإنجاز خطة عام 2050م، وهذه الاستثمارات ضخمة، ولكن مردودها أكبر، وسوف تعمل البنية التحتية على تحية 300 محطة طاقة كبيرة تعتمد على الفحم الحجري و300 محطة غاز طبيعي، إضافة إلى جميع كميات الوقود التي تستهلكها هذه المحطات، وستستغني الخطة بشكل فعال عن النفط المستورد، ومن ثم ستحدّ بشكل أساسي من العجز التجاري للولايات المتحدة، ولما كانت التقانات الشمسية خالية تقريباً مما يلوث البيئة، فإن غازات الاحتباس الحراري المنبعثة من محطات الطاقة ستتناقص بمعدل 1.7 بليون طن في السنة و1.9 بليون طن أخرى نتيجة الاستعاضة عن السيارات التي تعتمد على البنزين بأخرى هجينة تعتمد على الطاقة الشمسية، وسينخفض انبعاث ثنائي أكسيد الكربون في الولايات المتحدة إلى 62 في المائة عن مستوياته في عام 2005 محدثاً لجما رئيساً للاحتراز العالمي.⁽²⁾

المطلب الثاني: مستقبل طاقة الرياح

إنّ موارد الرياح في العالم واسعة جداً وموزعة جيّداً في كافة المناطق والبلدان، ومع استخدام التكنولوجيا الحاليّة، يمكن لطاقة الرياح أن تؤمّن نحو 53000 تيراوات ساعة في السنة، ويفوق هذا بمعدل مرتين طلب العالم المتوقع على الطاقة في عام 2020، ما يترك مجالاً هاماً للنمو في الصناعة حتى بعد عقود من الآن، وتملك الولايات المتحدة وحدها ما

(1) ألمانيا تتصدر دول العالم في إنتاج الطاقة الشمسية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.noonpost.net/content/4877> اطلع عليه يوم 2016/06/20 على الساعة 16:12.

(2) كين زوبيل وآخرون، بحلول عام 2050 ستنهي الطاقة الشمسية اعتماد الولايات المتحدة الأمريكية على النفط الأجنبي كما ستخلصها من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، مجلة العلوم الأمريكية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://3lomsena3at.net/6918.htm> اطلع عليه يوم 2016/09/08 على الساعة 03:43.

يكفي من الرياح لتغطّي أكثر من حاجاتها من الطاقة بمعدل 3 مرّات، بالرغم من نمو طاقة الرياح السريع مؤخراً، مازال مستقبل هذه الطاقة غير مضمون، وبالرغم من استخدام 50 دولة اليوم لطاقة الرياح، إلّا أنّ معظم التقدّم تحقق بفضل جهود قلة منها، وعلى رأسها ألمانيا وإسبانيا، وستحتاج الدول الأخرى إلى تحسين صناعات طاقة الرياح لديها بشكل جذري إذا ما رغبت بتحقيق الأهداف الشاملة، وبالتالي فإنّ توقّع أن تشكّل طاقة الهواء 12% من الطاقة المستخدمة في العالم، في عام 2020 لا ينبغي أن يُعتبر أمراً مؤكّداً، بل هدفاً مستقبلياً يمكننا نستطيع اختياره إذا ما رغبتنا في ذلك،⁽¹⁾ فلقد أثبتت طاقة الرياح أن الطاقة المتجددة خرجت من معامل الباحثين لتشارك بشكل فعال في الوفاء بمتطلبات الطاقة وتحدياتها وأن نسبة مساهمتها في مزيج الطاقة التي نحتاجها تنمو يوماً بعد يوم،⁽²⁾ وسنقدم في ما يلي مستقبل هذه الطاقة في البلدان الرائدة فيها على غرار ما قدمناه في المبحث الأول.

الفرع الأول: الصين

تخطط الصين لإقامة نحو أربع مزارع عملاقة لطاقة الرياح في البلاد، واستثمار مائة بليون في مجال طاقة الرياح لتوليد 30 ألف ميغاواط، وذلك بحلول 2020م.⁽³⁾ ورغم الإنجازات الكبيرة التي أحرزتها الصين في قطاع طاقة الرياح، يواجه القطاع مشكلة رئيسة لعدم قدرته على استيعاب الزيادة السريعة في عدد توربينات الرياح في المناطق النائية، نظراً إلى شبكات الكهرباء غير المتطورة، وأعلنت الحكومة الصينية، أنها بصدد وقف التصديق على مشاريع كهرباء الرياح الجديدة في 2016 في أقاليم البلاد الشمالية، حيث تواجه البلاد بعض الصعوبات في الشبكة، مثل إنتاج كهرباء طاقة الرياح ونظام الحمولة والمقدرة التنظيمية وحجم نقل الكهرباء وطرق العمليات، وربما تنقل حصّة

(1) طاقة الرياح، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.marefa.org/index.ph> اطلع عليه يوم 2016/03/24 الساعة 16:00.

(2) ماجد كرم الدين محمود، رياح التغيير في أنظمة الطاقة العالمية والعربية، المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، القاهرة، مصر، 2012، ص.35.

(3) أمجد قاسم، الصين تعزز إنتاجها من الطاقة الكهربائية من الرياح، 20 مارس 2015، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://al3loom.com/?p=14025> اطلع عليه يوم 2016/07/08 الساعة 23:53.

الكهرباء المولدة من طاقة الرياح خلال العقد المقبل، بالمقارنة مع السنوات الماضية، حيث كانت نسبة النمو السنوي المركب 24,4% في الفترة ما بين 2006 إلى 2015، لكن من المتوقع أن تظل السوق على قوتها، بمتوسط طرح سنوي يتراوح ما بين 21 إلى 22 جيجا واط حتى حلول عام 2030م.⁽¹⁾ وتتأهب الصين لزيادة قدرتها على توليد الكهرباء من الرياح إلى 100 جيجاوات بحلول عام 2020م، أي ما يعادل ثمانية أمثال معدل الطاقة الحالي، حيث تعتمد الصين حالياً على الفحم الرخيص في توليد 80 بالمائة من احتياجاتها من الكهرباء، ولا تزال الصين ماضية في طريقها للتفوق على الولايات المتحدة الأمريكية بصفقتها أكبر أسواق العالم للطواحين الهوائية الحديثة التي تعمل بطاقة الرياح وذلك بعد نجاحها في مضاعفة قدرتها على إنتاج الطاقة في السنوات الأربع الماضية.⁽²⁾

الفرع الثاني: الولايات المتحدة الأمريكية

نمت طاقة الرياح في العقد الأخير بصورة مذهشة (30 بالمائة) في السنة تقريبا حيث تقع أكبر مزرعة رياح بالعالم بواشنطن، وتتخذ طاقة الرياح على محمل الجد إذ إنها تولد طاقة الكهرباء في الولايات المتحدة الأمريكية لملايين عدة من المنازل في الضواحي على الرغم من أن الرياح تولد أقل من 1 بالمائة من الطلب العالمي على الكهرباء، ويشير معدل نموها إلى أنها ستكون موردا رئيسا للطاقة في المستقبل القريب بصورة نسبية، ويمكن أن توفر طاقة الرياح 10 بالمائة من الكهرباء العالمية في العقود القليلة المقبلة، أما على المدى البعيد فيمكن أن توفر طاقة الرياح طاقة أكبر من الطاقة المائية التي توفر حالياً ما يقارب 20 بالمائة من الكهرباء في العالم.⁽³⁾

(1) حسونة الطيب، الصين تستحوذ على نصف طاقة الرياح عالميا في 2015، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.alittihad.ae/details.php?id=33886&y=20> اطلع عليه يوم 2016/03/14 الساعة 22:10.

(2) مشروع صيني ضخمة لطاقة الرياح، رويترز، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.aljazeera.net/news/ebusiness/> اطلع عليه يوم 2016/07/18 الساعة 08:09.

(3) ادوارد أ. كيلر، الجيولوجيا البيئية، سلسلة الكتب الجامعية المترجمة، العبيكان، المملكة العربية السعودية، 2014، ص. 468.

الفرع الثالث: ألمانيا

بعد أن قاس الخبراء قبل سنوات قدرات إنتاج هذه الحقول بنحو 7 واط/متر مربع، توصل خبراء معهد ماكس بلانك الألماني المعروف إلى أن إنتاجية هذه الحقول لا يزيد في الواقع عن 1 واط/متر مربع، ويرجح أن السبب يرجع إلى قرب المراوح من بعضها البعض مما يؤثر على إنتاجيتها، ولا يمكن رفع هذه الإنتاجية في ظل التقنيات السائدة الآن، ومن غير المحتمل أن ترتفع إلى مستوى سد حاجة السوق من الطاقة، ما لم تحدث معجزة تقنية ما، ويقول خبراء معهد ماكس بلانك إن الرياح في العالم لن تتوقف عن الهبوب، وإن ألمانيا تبني المزيد والمزيد من محطات (حقول) المراوح الهوائية منذ 20 سنة، إلا أن قدرة هذا النوع من الطاقة محدودة، بحسب طريقة حسابية جديدة اعتمدها، وتحدث العلماء من مدينة ينا (شرق) عن حد أقصى "طبيعي" لإنتاج الطاقة البديلة، لا يزيد عن واط واحد لكل متر مربع، ولا يؤهل هذا النوع من التقنية لسد حاجات البشر مستقبلاً، فهناك نوع من حالة إشباع في إنتاج الطاقة من الرياح، إذ إن إنتاج الطاقة يبدأ بالارتفاع كلما زاد عدد المراوح في الحقل، لكنه يبدأ بالانخفاض عند زيادة عدد المراوح عن حد معين، وهذا يعني أن توسيع الحقول بعدد أكبر من المراوح لن يرفع الإنتاجية العامة وإنما يخفضها، لأن إنتاجية كل مروحة تتأثر سلباً بإنتاج المروحة الأخرى، وهكذا نصل إلى مرحلة انخفاض إنتاجية كل مروحة على حدة، ونشرت دراسة معهد ماكس بلانك في المجلة العلمية الأميركية "بروسيدنج" وشارك فيها علماء من الولايات المتحدة الأميركية وفرنسا، وبحسب مصادر كلايدون، هذه الحال تنطبق أيضاً على حقول مراوح الهواء على الشواطئ، وتلك المقامة في عرض البحر أيضاً، رغم أن قوة هبوب الرياح ووقت هبوبها هنا أكبر، وتم تطبيق طريقة الحساب على أراضي ألمانيا، وعلى شواطئها، وكانت النتيجة مماثلة للدراسة الأخرى، والقضية الأخرى التي تحدد مستقبل الطاقة من الرياح هي قضية المساحة التي تحتلها قياساً بالمساحات السكانية، فهذه المساحات محدودة، وسبق للحكومة الألمانية أن حددت المساحات المحتملة والمناسبة لإقامة حقول مراوح الهواء بنحو 49500 كم مربع في عام 2013، وهذا يشكل نحو 14% من

المساحات المتوفرة في ألمانيا، هذا يعني ضعف إمكانية زيادة عدد المساحات واستخدام حقول أصغر، والمشكلة الأخرى هي انتفاضة أنصار البيئة أنفسهم، وجمعيات الرفق بالحيوان، بالصد من بناء المزيد من مراوح الهواء، وخصوصاً الكبيرة منها. وإذا ترى بلديات المدن أن حقول المراوح تفسد جمال الطبيعة، يرى أنصار البيئة أن الضجيج الذي تطلقه المراوح يضر بالبشر والحيوان والبيئة البحرية والبرية، وتقف جمعيات الرفق بالحيوان ضد بناء المراوح الصغيرة بسبب تعرض آلاف الطيور للموت سنوياً بين ريشاتها.⁽¹⁾

الفرع الرابع: الهند

الطاقة المتجددة هي التقنيات الوحيدة التي توفر للهند الإمكانية النظرية لخدمة كافة متطلبات الكهرباء على المدى البعيد، وتنعم شبه القارة الهندية، بوفرة كبيرة في موارد الطاقة المتجددة، يمكن أن تحل مشكلة الكهرباء في البلاد في حالة استغلال 10% منها فقط، أما بالنسبة إلى طاقة الرياح، ووفقاً للصندوق الدولي، يمكن للهند بحلول 2050م، إنتاج نحو 170 جيجا واط من طاقة الرياح البحرية على طول ساحلها البالغ نحو 7500 كيلو متر.⁽²⁾

الفرع الخامس: إسبانيا

تعتبر طاقة الرياح مصدراً طاقوياً مهماً في إسبانيا، حيث تلعب هذه الأخيرة دوراً مهماً في تطوير تقنيات استغلال الرياح، سواء على مستوى أوروبا أم على مستوى العالم، وحسب استشراف المجلس العالمي للطاقة فإن الطاقة المولدة من الرياح في آفاق عام 2020م تقدر بـ 40.000 ميغاواط/ساعي.⁽³⁾

(1) ماجد الخطيب، الرياح لن تصمد أمام مصادر الطاقة البديلة الأخرى، 2015/08/28 مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.palestineconomy.ps/article/2487> اطلع عليه يوم 2016/07/16 على الساعة 14:52.

(2) الهند تسعى للاعتماد على الطاقة المتجددة بحلول 2050، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.alittihad.ae/details.php?id=45897&y=2014&article=fu> اطلع عليه يوم 2016/08/18 على الساعة 17:05.

(3) Energie éolienne en Espagne, https://fr.wikipedia.org/A9olienne_en_Espagne 31/08/2016 19:18.

الفرع السادس: المملكة المتحدة

لا يبدو موقع الجزر البريطانية على طرف القارة الأوروبية العاصف الجامح ميزة على الدوام، ولكنه كذلك في جانب واحد مهم، إذ تمتلك المملكة المتحدة إمكانيات أعلى من أي بلد أوروبي للاستفادة من طاقة الرياح، سواء الشاطئية أم البحرية، ولقد انتشر استخدام طاقة الرياح الشاطئية في أرجاء المملكة المتحدة على نحو منتظم خلال السنوات الأخيرة، وأصبح جزءاً رئيسياً من التزام الدولة نحو توليد الكهرباء من مصادر الطاقة النظيفة، ولكن مع ازدياد عدد التوربينات في كافة أنحاء المناطق الريفية ارتفعت أصوات المعارضة بحجة تأثير التوربينات على الشكل الجمالي للريف وأنها تزيد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وعليه أصبحت طاقة الرياح موضوعاً خلافياً للغاية في السياسة البريطانية، وإذا ما استسلمت حكومة المملكة المتحدة للضغط وخفضت طموحاتها فيما يتعلق بطاقة الرياح الشاطئية، فسوف تجعل صور توليد الطاقة من المصادر منخفضة الكربون الأكثر تكلفة ضرورة حيوية من أجل تحقيق هدف المملكة المتحدة المتمثل في إنتاج 30 في المائة من طاقتها الكهربائية من مصادر متجددة بحلول عام 2020م، وستكون نتيجة ذلك المزيد من ارتفاع قيمة فواتير الكهرباء.⁽¹⁾

الفرع السابع: كندا

أثبتت دراسة تقنية جديدة أن الطاقة المولدة من الرياح في حال ما تجاوزت 35 بالمائة ضمن المزيج الطاقوي فإن هذا حتماً سيؤدي إلى تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة، وضمن نفس الدراسة تم وضع أربع سيناريوهات مستقبلية لدمج طاقة الرياح ضمن شبكة الكهرباء وتخطط لبلوغ عدة أهداف أهمها أن تساهم طاقة الرياح ضمن المزيج الطاقوي بنسبة تتراوح

(1) ريج بلات، ترجمة أحمد شكل، طاقة الرياح: طاقة لا يستهان بها، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.hindawi.org/safahat/81827050> / اطلع عليه يوم 2016/04/22 على الساعة 02:48

بين 20 و 35 بالمائة ضمن المزيج الطاقوي في آفاق 2025م، وأن تصدر الفائض من الطاقة إلى جيرانها في الجنوب.⁽¹⁾

الفرع الثامن: فرنسا

بنسبة إنتاج تقدر ب 1073 ميغاواط/ ساعي فان طاقة الرياح تثبت نموها مما يشجع على بلوغ فرنسا أهدافها التي أقرها قانون التحول الطاقوي، أما في ما يخص مستقبل هذه الطاقة فهو يتجسد من خلال مشروع ضخم يهتم بتطوير الطاقة الريحية وتدعيمها وتشجيع الاستثمار فيها بدءا من السلطات العمومية التي أوجب عليها أن توليها الأولوية، ويمتد هذا المشروع خلال الفترة 2016م-2023م ليصل في النهاية الى تحقيق 27 جيغاوات/ساعي طاقة مولدة من الرياح.⁽²⁾

وفي ختام هذا المطلب يمكن أن نقدم الاستشراف التالي: يُستبعد استمرار الدعم الحكومي الكبير لهذا القطاع على المدى البعيد، خاصة مع ازدياد أعباء الديون على الدول المنتجة، ومع زوال هذا الدعم فإن وتيرة النمو ستتأثر بلا شك، لكن مقابل ذلك فإن التطور التقني السريع قد تكون له الغلبة في تخفيض تكلفة هذه الطاقة حتى تنافس غيرها دون الحاجة إلى الدعم. العامل الثاني في هذه المعادلة هو أن دول العالم تتجه بوضوح إلى فرض أسعار عادلة على كافة الانبعاثات الضارة من كربون وكبريت وغيره، بحيث يتحمل منتجو الطاقة التقليدية التكلفة الحقيقية للأضرار البيئية الجانبية لانبعاثات معاملهم، ضرائب الانبعاثات هذه كفيلة بجعل مصادر إنتاج الكهرباء التقليدية أقل جاذبية إذا توفر بديلا من الطاقة المتجددة كالرياح، مما يعزز فرص التوسع في مشاريعها، وإضافة إلى ذلك، فإن عامل الندرة واستنفاد مواقع الرياح المجدية اقتصاديا وخاصة في الدول كبيرة المساحة هو عامل مهم أيضاً، خاصة أنه كلما ازدادت مزارع الرياح بُعداً عن مراكز الاستهلاك،

(1) Le Canada peut intégrer de grandes quantités d'énergie, <http://www.mediaterre.org> 31/07/2016 22:33.

(2) Tiffany Allenet, Performances de l'éolien en 2015 et Perspectives d'avenir, France, dossier de presse, France, 21/01/2016, p.9.

ازدادت الحاجة إلى استثمارات ضخمة في التمديدات ومحطات التقوية والتوزيع مع ما يصاحبها من صعوبات تقنية واقتصادية، هذه الندرة قد تؤثر سلباً على وتيرة الاستثمارات الجديدة في هذا المجال، خصوصاً إذا بدأ الناس في التبرم من منظر هذه المراوح التي تسدّ الأفق وتقتل أشكالاً من الطيور والأحياء، ولا بد لتجاوز هذه العقبة من حلول سياسية وتقنية قد لا تكون بالسهولة المتوقعة، أما العامل الأهم الذي قد يحل أكثر المشاكل الحالية فهو إيجاد طريقة فعالة لتخزين طاقة الرياح، وهو ما سيمكّن شبكة الكهرباء من الاستفادة القصوى من هذه الطاقة وقت الحاجة إليها، لا الاضطرار إلى استهلاكها فوراً وتطويع باقي مصادر الطاقة من أجلها، فتقنية تخزين الطاقة ستحل مشكلة المولدات الاحتياطية وتقلل تكلفة إدارة الشبكات تحسباً لهبات الرياح العشوائية.⁽¹⁾

المطلب الثالث: مستقبل الطاقة الجيوحرارية

الطاقة الحرارية الأرضية ستوفر إمدادات الطاقة في المستقبل، إذ إن استغلالها لا يرتبط بفصل أو وقت معين، وإنما ذلك ممكن على مدار الساعة وعلى مدار السنة، كما أن الإمكانية متاحة لتغطية كل التكاليف، ولكن استغلال إمدادات الطاقة الحرارية الأرضية بشكل كامل يتطلب جهداً كبير جداً، لذلك يجب الاستمرار بجانب ذلك في استغلال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وكذلك الطاقة المائية والكتلة الحيوية، مستقبلاً ستصبح الطاقة الحرارية الأرضية جزءاً مهماً من أشكال الطاقة المتنوعة، وفي كثير من البلدان يتم استخدام الطاقة الحرارية الأرضية كأحد مصادر الطاقة الرئيسية، وتعتبر الصين هنا من الدول الرائدة في هذا المجال على مستوى العالم، تليها السويد والولايات المتحدة، وتأتي أيسلندا في المركز الرابع حيث يتم تزويد ما يقرب من 90 في المائة من المنازل في العاصمة الأيسلندية

(1) ياسر أسامة فقيه، طاقة الرياح... بين الحل والإشكالية، مجلة القافلة، أرامكو السعودية، المملكة العربية السعودية، العدد4، المجلد63، يوليو _ أغسطس 2014، ص.33.

ريكافيك بالماء الساخن عبر الطاقة الحرارية الأرضية،⁽¹⁾ وعلى غرار ما قدمناه في المبحث الأول سنحاول رؤية مستقبل هذه الطاقة في البلدان الرائدة فيها.

الفرع الأول: الصين

قامت الهيئات الصينية للأراضي والموارد بتقدير احتياطي الطاقة الحرارية الأرضية في الصين في حزام عمقه 2000 متر تحت الأرض أي ما يعادل ما ينتجه 250 مليار طن من الفحم من الطاقة، وكانت الصين قد انتهت من الموافقة على 103 حقل من حقول الطاقة الحرارية الجوفية إلى جانب التقديرات لـ 214 حقل آخر، وتستطيع الصين القيام بتطوير نحو 6.845 مليار متر مكعب من المياه بالطاقة الحرارية الجوفية أي ما يعادل ما ينتجه 32.848 مليون طن من الفحم من الطاقة حسب ما أفادته توقعات الهيئات الصينية للأراضي والموارد، ولقد شهدت الصين تقدماً سريعاً في تطوير واستخدام الطاقة الحرارية الجوفية غير أن هذا التطوير والاستخدام لا يزال في مراحله الأولى.⁽²⁾

الفرع الثاني: السويد

تأتي السويد في طليعة الدول التي تقدم أحدث التقنيات وتمتلك ثروة من الأصول الطبيعية وقدر كبير من الطاقة المتجددة، وفي فترة يتحول فيها العالم إلى أنظمة الطاقة الأكثر استدامة أعلنت السويد عن هدفها الكبير، وهو أن تقضي على استخدام الوقود الأحفوري فيها في آفاق عام 2020م على الأقل بنسبة 50 بالمائة، وتكثف فوراً الاستثمار في الطاقات المتجددة وفي مقدمتها الرياح والطاقة الكهرومائية والطاقة الجيوحرارية.⁽³⁾

(1) إرنستهيغنز، الطاقة الحرارية الأرضية مصدر غني للطاقة يجب استغلاله، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.dw.com/ar/%D8%A7%D9%> اطلع عليه يوم 2016/04/12 على الساعة 20:31.

(2) عبد الله عثمان فدا، الطاقة الحرارية الأرضية في الصين، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.mojtamai.com/taqa> اطلع عليه يوم 2016/06/23 على الساعة 8:59.

(3) توليد الطاقة من أجل مستقبل مستدام، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

http://sharingsweden.se/wp-content/uploads/2015/06/Energy_Arabic_low_res.pdf اطلع عليه يوم 2016/08/16 على

الساعة 17:47.

الفرع الثالث: الولايات المتحدة الأمريكية

للتخفيف من مشكلات الولايات المتحدة المتعلقة بالطاقة والانبعاثات تم نشر المئات من أجهزة ومعدات الحفر عبر أرجاء البلاد، ليس بهدف التنقيب عن النفط، وإنما بهدف البحث عن صخور باطنية على درجة من الحرارة بما يكفي لإنتاج الكهرباء عن طريق البخار، أما قدرات هذه التقنية فإنها قادرة على إنتاج ما يكفي من الطاقة لتغطية 10 في المائة من الكهرباء في الولايات المتحدة بحلول 2050م، ومن دون إنتاج الغازات المسببة للاحتباس الحراري، فتلك هي قدرات "الأنظمة الجيوحرارية المتقدمة" حسب ما ورد في التقرير الذي صدر مؤخراً عن "معهد ماساشوسيتس للتكنولوجيا"، بيد أن ثمة مشكلتين رئيسيتين؛ أما الأولى فتتعلق بضرورة رصد 800 مليون دولار للبحوث والتطوير على مدى العقد المقبل بهدف خفض تكلفة تكنولوجيا الحفر، في حين تكمن المشكلة الثانية في محاولة وزارة الطاقة الأميركية وأد البرنامج عبر وضع حد لتمويله.⁽¹⁾

الفرع الرابع: أيسلندا

في حقبة تشهد تغير المناخ، وقد جعل من الضروري أن تقوم البلدان حول العالم بتنفيذ حلول تتصل بالطاقة المستدامة، تعرض أيسلندا حالة فريدة في بابها، فالיום نجد أن ما يقرب من نسبة 100 في المائة من الكهرباء المستهلكة في هذا البلد الصغير، الذي يضم 330 نسمة يأتي من الطاقة المتجددة، وبالإضافة إلى ذلك فإن 9 من واقع كل 10 من المنازل أصبحت تستمد مصادرها للتدفئة من الطاقة الحرارية الأرضية مباشرة، وقد تصلح حكاية تحول أيسلندا من استخدام المحروقات الأحفورية كي تشكل إلهاماً للبلدان الأخرى التي تسعى إلى زيادة نصيبها من الطاقة المتجددة، وللحث على التوسع في استخدام الطاقة الحرارية الأرضية، أنشأت حكومة أيسلندا صندوقاً لتخفيف الحفر من أجل الطاقة الحرارية الأرضية في أواخر عقد الستينيات من القرن العشرين، وتولّى الصندوق إقراض الأموال من

(1) مارك كلايتون، الطاقة الجيوحرارية في أمريكا... مستقبل واعد لبدائل النفط، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.alittihad.ae/wajhatdetails.php?id=26184> اطلع عليه يوم 2016/07/22 على الساعة 10:04.

أجل بحوث الطاقة الحرارية الأرضية والحفر الاختباري، بينما أتاح إمكانية استرداد التكاليف في حالة المشاريع التي مُنيت بالفشل، كما أن الإطار القانوني الذي تم إقراره أضفى جاذبية دفعت الأسر المعيشية إلى أن ترتبط مع الشبكة الجديدة للتسخين المحلي باستخدام الطاقة الحرارية الأرضية بدلاً من مواصلة استخدام المحروقات الأحفورية، ومن الجوانب المهمة بالنسبة إلى مستقبل الطاقة الحرارية الأرضية ما يتمثل في أن النشاط البركاني الذي شهدته الفترات الأخيرة لا يمثل على أي نحو شرطاً لاستخدام مباشر وناجح، وبفضل الابتكارات التكنولوجية يمكن تطوير مناطق الطاقة الحرارية الأرضية على أساس درجة حرارة منخفضة وعلى نطاق واسع لأغراض تسخين المساحات وتبريدها، وعلى سبيل المثال فالقليلون باتوا يدركون أن باريس تضم واحداً من أكبر النظم في أوروبا لتسخين المناطق بالطاقة الحرارية الأرضية، وفي أوروبا وحدها يسود التصور بأن ما يقارب من 25 في المائة من السكان يعيشون في مناطق ملائمة للتسخين المحلي بالطاقة الحرارية الأرضية. ومن أجل استكشاف هذه الفرص العملية والتنفيذية، فضلاً عن فرص أخرى في العالم أصبحت معرفة وخبرة أيسلندا أمراً لا يقدر بثمن.⁽¹⁾

المطلب الرابع: مستقبل المصادر المائية للطاقة

إذا كان ظهور الطاقة الشمسية والألواح الفوتوفولطية مضى عليه عشرات السنين فيجب ألا ننسى أن الطاقة المائية كانت تستغل منذ قرون وأنها تساهم حالياً بنحو 90 بالمائة في الكهرباء المولدة مقارنة بباقي مصادر الطاقة المتجددة الأخرى.⁽²⁾

(1) حكاية الطاقة المستدامة في أيسلندا: نموذج للعالم؟ مجلة الوقائع، الأمم المتحدة، العدد3، المجلد 52، 2015، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <https://unchronicle.un.org/ar/article/1949> اطلع عليه يوم 2016/07/09 على الساعة 10:46.

(2) François Le Gall, Energie hydraulique et hydroélectricité,

<http://www.ariase.com/energie/guides/energiehydraulique.html>, 22/07/2016 15:34.

الفرع الأول: أيسلندا

تعتمد أيسلندا في توليد الكهرباء على الطاقة المائية بنسبة 73 بالمائة،⁽¹⁾ مما يعني أنّ قطاع الطاقة الكهرومائية يحتل مكانة مهمة في أيسلندا، حيث تحتل أيسلندا المرتبة الحادية عشرة أوروبا في إنتاج الطاقة الكهرومائية، والمرتبة الأولى عالميا من حيث توفير الكهرباء المولدة من مصادر مائية للفرد الواحد، وبالنسبة إلى المشاريع المستقبلية فهناك تخطيط لتصدير الفائض من الطاقة الكهرومائية نحو المملكة المتحدة وهو قيد الدراسة، أيضا إنشاء محطات كهرومائية في آفاق 2018م، مع العزم على التخلص من استعمال الوقود الأحفوري نهائيا في توليد الطاقة الكهربائية في آفاق عام 2050م.⁽²⁾

الفرع الثاني: النرويج

يشغل قطاع الطاقة الكهرومائية في النرويج مكانة مهمة ليس في النرويج فقط بل في السوق الإسكندنافية ككل، ف 96 بالمائة من الطاقة الكهربائية المنتجة في النرويج أصلها مصادر طاقة مائية، وعلى غرار أيسلندا هناك مشاريع مستقبلية لتصدير الفائض من الطاقة الكهرومائية نحو المملكة المتحدة، كما قامت بإنشاء العديد من المحطات الكهرومائية ذات الحجم المتوسط بهدف بلوغ مستوى إنتاج يقدر بـ 26,4 تيراواط في آفاق عام 2020م.⁽³⁾

الفرع الثالث: السويد

يحتل قطاع الطاقة الكهرومائية في السويد مكانة مهمة تضاهي أهميتها في أيسلندا والنرويج حيث إن ما نسبته 45 بالمائة من الكهرباء المنتجة أصلها مائي، وتقدر نسبة الطاقة الكهرومائية المنتجة عالميا بـ 12,3 بالمائة في عام 2015م، وللسويد تاريخ طويل في إنشاء المحطات الكهرومائية يعود إلى عام 1885م ليتوالى إنشاء المحطات ذات الحجم

(1) محمد حمزة، أضخم عشر مصادر للطاقة الحرارية الأرضية في العالم، مقال منشور في الموقع الإلكتروني

<http://nok6a.net/%> اطلع عليه يوم 2016/08/30 الساعة 00:45.

(2) Hydroélectricité en Islande, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Hydro%C3%30/08/2016> 01:21.

(3) Hydroélectricité en Norvège, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Hydro%C3%30/08/2016> 01:58

المتوسط إلى يومنا هذا ومستقبلاً أيضاً، والإنتاج في تزايد مستمر حيث بلغ في سنة 2015م 74 تيراواط/ساعي بنسبة زيادة في الإنتاج تقدر بـ 17 بالمائة عن الإنتاج في سنة 2014م، وهناك استراتيجية مستقبلية مشتركة بين النرويج والسويد تم وضعها في جانفي 2012م لتحقيق إنتاج الطاقة من مصادر متجددة تقدر بـ 26,4 تيراواط/ساعي في آفاق عام 2020م.⁽¹⁾

المطلب الخامس: مستقبل طاقة الكتلة الإحيائية

تظهر أبحاث الوقود الحيوي أن هناك الكثير من النباتات التي يمكن زراعتها والاستفادة منها في إنتاج الوقود الحيوي وهي كثيرة ولا تحتاج إلى الكثير من الماء أو للمساحات ونظيف للطاقة، ويمكن أن تغطي نسبة كبيرة حتى من احتياجات الطاقة العالمية،⁽²⁾ لكن في المقابل كشفت دراسة أمريكية جديدة أن المحاصيل المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي تمتص ثاني أكسيد الكربون الذي يطلق بعد ذلك في الغلاف الجوي عند حرقها مما يعني أن هذه العملية تزيد في الواقع غازات الدفيئة في الجو،⁽³⁾ وسوف نستعرض في ما يلي مستقبل هذه الطاقة في الدول الرائدة فيها.

الفرع الأول: بريطانيا

نظراً لتحويل جانب كبير من الغلال النباتية كالذرة للحصول على هذا النوع من الوقود، كما يتطلب إنتاجه استغلال مساحات زراعية شاسعة واستهلاك كميات ضخمة من المياه والأسمدة والمبيدات الزراعية وإجراء تعديلات في محركات وسائط النقل المختلفة، هذه المعوقات أدت إلى تطوير تقنيات كيميائية وحيوية لاستغلال المخلفات العضوية

(1) Hydroélectricité en suède, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Hydro%C3%2008/2016> 12:21.

(2) موسى الفياض، م. عبيد رمان، الوقود الحيوي- الآفاق والمخاطر والفرص، المركز الوطني للبحث والإرشاد الزراعي، المملكة الأردنية الهاشمية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.iraqi-datepalms.net/Uploaded/file/BiofuelCoal.pdf> اطلع عليه يوم 2016/06/14 على الساعة 17:41.

(3) دراسة أمريكية: الوقود الحيوي أسوأ من البترول، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.aljazeera.net/news/miscellaneous/2016/8/26> اطلع عليه يوم 2016/08/30 على الساعة 22:59.

والزراعية، كأعواد الذرة والرقائق الخشبية ومخلفات الزراعة وقمامة المدن لإنتاج الوقود الحيوي، والكف عن استغلال الغلال والمحاصيل الزراعية لإنتاج الطاقة، وهذا أدى إلى تطوير الجيل الثاني من مفاعلات الوقود الحيوي التي ستعمل على إنتاج وقود يمكن استعماله بشكل مباشر في المحركات أو خلطه مع الوقود الأحفوري، وقد لقيت هذه التقنية دعماً كبيراً من عدد من الشركات العالمية والجهات المهتمة بالطاقة، حيث أعلنت مؤخراً الخطوط الجوية البريطانية أنها ستزود محركات طائراتها بوقود الجيل الثاني المستخرج من النفايات والقمامة والمخلفات العضوية، وفي سبيل تحقيق هذا الهدف تم تشييد محطة "جرين سكاى" (Greensky) في لندن لمعالجة المخلفات العضوية وإنتاج الوقود الحيوي، حيث ستعمل هذه المحطة على معالجة نحو خمسمائة ألف طن من المخلفات التي تنتجها مدينة لندن والمخلفات النباتية المختلفة، لإنتاج ستين ألف طن من وقود الطائرات في مفاعلات الوقود الحيوي من الجيل الثاني التي تستطيع التعامل مع كافة أنواع المخلفات النباتية، كمخلفات الذرة والخشب والمخلفات الزراعية والمواد العضوية النباتية.⁽¹⁾

الفرع الثاني: البرازيل

يواجه قطاع إنتاج الإيثانول في البرازيل أزمة بسبب ارتفاع كلفة الإنتاج وهبوط سعره، ورغم زيادة الطلب تغلق مصانع السكر الذي ينتج منه الإيثانول، في بلد كان رائداً في التوجه إلى التوسع في إنتاج الوقود الحيوي، وتعد البرازيل من أكبر بلدان العالم المنتجة للسكر، ولطالما كانت تطمح في أن تصبح أيضاً من أكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي في العالم، ورغم زيادة المحصول هذا العام وزيادة الاستهلاك المحلي، تغرق مصانعها في الديون، حيث أغلق 40 مصنعا في السنوات الثلاث الماضية أبوابه، ومن المتوقع أن يحدث نفس الشيء لـ 60 مصنعا آخر في العامين القادمين، وتتمثل المشكلة الرئيسة التي تواجه المنتجين في الأسعار التي تصل إلى المستهلك، ويقول اتحاد المنتجين إن أسعار تأجير الأراضي لزراعة

(1) أمجد القاسم، وقود حيوي من المخلفات النباتية والقمامة، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.aljazeera.net/news/scienceandtechnology/2014/07/23> اطلع عليه يوم 2016/07/23 الساعة 18:04.

قصب السكر زادت بنسبة 57% بين العامين 2005 و2010م، بين

ما زادت كلفة العمالة 47% والميكنة بنسبة 28%، ويشير محللون إلى أن إنتاج البلاد يواجه مخاطر مستقبلية أيضا، وفي غياب سياسة دعم حكومية للقطاع فإن الطلب سيفوق العرض في عام 2020 م.⁽¹⁾

المطلب السادس: مستقبل طاقة الهيدروجين

يتميز غاز الهيدروجين بعدد من الخصائص المهمة التي تؤهله لأن يكون "وقود المستقبل"، فهو وقود نظيف وآمن بيئيا ولا يطلق غازات ضارة عند حرقه، ويمتلك طاقة عالية، لذلك يعد من المصادر المميزة للطاقة كوقود أو كناقل للطاقة في خلايا الوقود، حيث يمكن استخدامه سواء بشكل مباشر أم عند خلطه بالغاز الطبيعي بنسب محددة،⁽²⁾ وعلى الرغم من أن اليابان قد تكون الرائدة عالميا في مجال تنمية وتطوير خلايا الوقود واستخدامها، إلا أن البنية التحتية للبلاد لا تزال متأخرة عدة خطوات للوراء عن بقية دول العالم، يتم التخطيط لعام 2020م لتركيز جهود الأمة وتوفير الحافز لدفعة موحدة من الجميع لإنشاء سلسلة متكاملة من تجهيزات العمل بالهيدروجين، وإحدى طرق توسيع نطاق استخدام الطاقة الهيدروجينية هو استخدامها جنبا إلى جنب مع غيرها من مصادر الطاقة الرخيصة، وتخزين صفات الهيدروجين مع تعزيز الأداء من حيث التكلفة، حيث إنّ ربط الطاقة الهيدروجينية بكونها مكلفة لكن صديقة للبيئة، مع الفحم بكونه رخيصا لكنه ضار بالبيئة، هو من الأفكار الجيدة، ومن الأمثلة الملموسة على ذلك مشروع شركة كاواساكي للصناعات الثقيلة لإنتاج ما يطلق عليه "البنية التحتية للهيدروجين الخالي من ثاني أكسيد الكربون" والمبني على أساس إنتاج الهيدروجين من الفحم البني منخفض الجودة، وقد طرحت شركة كاواساكي مخططا لعملية صناعية تحتوي على مرحلة يطلق عليها "التحويل إلى غاز"

(1) صناعة الايثانول بالبرازيل تواجه أزمة. مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.aljazeera.net/news/ebusiness/2013/11/30> اطلع عليه يوم 2016/08/30 الساعة 22:25.

(2) م. أمجد قاسم، الهيدروجين.. وقود المستقبل، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.aljazeera.net/news/scienceandtechnology/2014/11/24> اطلع عليه يوم 2016/05/13 الساعة 23:16.

يتم فيها تحويل الفحم البني المستخرج من مناجم منطقة فكتوريا إلى خليط من الغازات، بما فيها الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون، يتم فصل ثاني أكسيد الكربون من المصدر واحتجازه في جيوب جيولوجية تحت الأرض مما يعرف بـ "عملية احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون" ويتم نقل الهيدروجين إلى اليابان في سفن ناقلات خاصة لتلبية احتياجات السيارات، تحقيق مثل هذا المشروع الذي يجمع التطبيق العملي لكل من "عملية احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون" والطاقة الهيدروجينية يمكن أن يكون له آثار إيجابية كبيرة على البيئة، أما بالنسبة إلى الشركات اليابانية المشاركة في مثل هذا المخطط، ستكون الفوائد مزدوجة، فبينما تقوم بالمساعدة في بلد آخر كنوع من تقسيم الانبعاث الكربوني، فإنها ممكن أن تساهم أيضا في الحد من الارتفاع المستمر في أسعار الوقود الذي يشكل واحدا من أكبر الأخطار التي تهدد الاقتصاد الياباني، وذلك من خلال المساهمة في نظام يتطلب محطات متطورة تستخدم الفحم في توليد الكهرباء بطريقة نظيفة، وهكذا فإن إنشاء بنية تحتية للهيدروجين الخالي من ثاني أكسيد الكربون يصبح مشروعا ذي منفعة مزدوجة، كما يمكن استخدام الطاقة الهيدروجينية جنبا إلى جنب مع النفط، والغاز الطبيعي، وطاقة الرياح، والطاقة الشمسية، وأحد الأمثلة على مثل هذا المخطط هو نظام "هيدروجين سبيرا" الذي طورته شركة تشيبودا ليستخد في مجموعة من التطبيقات الصناعية، في هذا النظام المطروح من قبل شركة تشيبودا، فإن الهيدروجين المنتج في مصانع هدرجة قريبة من حقول النفط والغاز الطبيعي، ومناجم الفحم، ومزارع طاقة الرياح الكبيرة، يتم دمج مع مادة الطولين المذيبة ليتكون المركب وهو سهل النقل حيث يكون سائلا في درجة حرارة وضغط الغرفة العادية، يمكن نقل هذا المركب إلى مصانع إزالة الهيدروجين في أماكن أخرى في اليابان أو خارجها، حيث يتم استخلاص الهيدروجين واستخدامه كوقود، وهناك تطبيق صناعي آخر بدأ في جذب الانتباه في أوروبا، "تحويل الطاقة إلى غاز" هي عملية أخرى يتم فيها استخدام الكهرباء الفائضة لتحليل المياه كهروكيميائيا إلى عناصرها الأساسية، الهيدروجين والأكسجين، يتم ضخ الهيدروجين بعد ذلك إلى شبكة الغاز واستعماله كغاز، هذا المخطط لا يستلزم خطوط نقل

كهرباء، ويستخدم الكهرباء الفائضة من مزارع طاقة الرياح والمصادر الأخرى، بدلاً من إهدارها.⁽¹⁾

(1) كيكواتاكيو، مرجع سابق.

خلاصة الفصل الثالث:

لقد أصبح البحث عن مصادر بديلة للطاقة هدفاً لدى العديد من دول العالم، التي تسعى في ظل تفاقم الأزمات الاقتصادية والسياسية والبيئية الخطيرة، إلى إيجاد طرق وبدائل جديدة تمكنها من الاستمرار والتقدم، وتخفيض مستوى الغازات المنبعثة وتقليل الاعتماد الكبير على مصادر الطاقة التقليدية المتناقصة من الوقود الأحفوري والبتروول ومشتقاته والفحم والغاز الطبيعي التي تسببت في خلق مشاكل صحية وبيئية خطيرة لم يشهد لها مثيل، حيث سعى العديد من العلماء والباحثين إلى الاستفادة من التطور العلمي الكبير والبحث عن مصادر للطاقة البديلة والنظيفة التي تحقق التنمية المستدامة ولا تؤثر سلباً على صحة الإنسان والبيئة، وقد وضعت عدة بلدان خططا لزيادة نسبة إنتاجها للطاقة المتجددة بحيث تغطي احتياجاتها من الطاقة بنسبة 20% من استهلاكها عام 2020،⁽¹⁾ ولقد حاولنا أن نقدم في هذا الفصل واقع وآفاق الطاقات الجديدة والمتجددة من خلال عرضنا لتجارب مجموعة من الدول التي تفوّقت في مجال الطاقات الجديدة والمتجددة، وخلصنا في النهاية إلى أنه حتى وإن كانت هذه الدول متقدمة في مجال الطاقات الجديدة والمتجددة إلا أنها لم تقطع بعد المسافة التي تمكّنها من الاستغناء نهائياً عن الوقود الأحفوري.

ويظل الطريق طويلاً أمام مصادر الطاقة المتجددة لتزح المصادر التقليدية، وتبقى توقعات المستقبل رهينة كثير من العوامل التقنية والاقتصادية المتغيرة.

(1) سرحان المحرزي، مستقبل الكهرباء... في توسيع مصادر الطاقة المتجددة، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://2015.omandaily.com/?p=242512> اطلع عليه يوم 2016/06/23 على الساعة 18:29.

الفصل الرابع:

واقع وآفاق الطاقات الجديدة والمتجددة
في الجزائر

الفصل الرابع: واقع وآفاق الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر

تعتبر الطاقة بنوعيهما التقليدية والمتجددة من القضايا الحساسة في اقتصاديات العالم الحديث، حيث يتم الاعتماد عليها في كل المجالات نظرا إلى ما تقدمه من مزايا للبشرية نتيجة استغلالها من الجميع دون تمييز، لذا يتم رسم سياسات طاقوية في مختلف دول العالم سواء كانت المنتجة للطاقة أم المستهلكة لها، لكن ما تسببه الطاقة التقليدية من تلوث بيئي كبير من جهة، وقرب نفادها من جهة ثانية أدى إلى الاهتمام أكثر بالطاقات الجديدة والمتجددة وبالتالي أصبحت الطاقات المتجددة خيارا استراتيجيا أو ربما حتميا للعديد من البلدان، وتزايد الاهتمام بها من طرف الباحثين والشركات، لكونها تمثل أحد أهم المصادر البديلة للطاقة التقليدية، إلى جانب أنها طاقة نظيفة وغير ملوثة للبيئة، مما يكسبها أهمية بالغة في تحقيق التنمية المستدامة، أما بالنسبة إلى الجزائر فقد بقيت سياسات التنمية منذ الاستقلال سنة 1962م إلى وقتنا الحاضر لا تزال مرتبطة أساسا بمداخل قطاع المحروقات، مما يجعل آفاق التنمية المستقبلية مرتبطة أيضا بمداخل هذا القطاع على الأقل في المديين القصير والمتوسط وربما الطويل، وفي ظل الضغوط البيئية من جهة، واحتمال نضوب هذه الموارد من جهة أخرى، فإن الظرف يفرض على الجزائر تكثيف جهود البحث والاستكشاف لتطويع بدائل أخرى، ومن ثم ضمان تمويل عملية التنمية المستدامة، وهذا ما سنحاول تبياناه من خلال هذا الفصل الذي قسمناه إلى مبحثين، الأول منهما بعنوان واقع الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر، والثاني بعنوان آفاق الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر.

المبحث الأول: واقع الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر

أنعم الله على المنطقة العربية ومن ضمنها الجزائر بثروة هائلة من الطاقة المتجددة، إضافة إلى مواردها النفطية والغازية، أما فكرة الطاقات المتجددة فقد حظيت بالاهتمام في الجزائر منذ 1982م، حيث تمت المصادقة على ميلاد المحافظة السامية للطاقات المتجددة، ومن ثم بدأت في إعداد الوسائل الأساسية من أجل الانطلاق في نشاطها مع وضعها للهيكل الأساسية. ومن المهام الأساسية والمسطرة ضمن السياسة الطاقوية لهذه المحافظة: القيام بجميع الأعمال المتعلقة بالمساهمات في مجال البحث والتكوين والإعلام إلى جانب تنمية الطاقات المتجددة، وخاصة منها الطاقة الشمسية والطاقة الجيوتحرارية وطاقة الرياح،⁽¹⁾ وعموما من أجل إبراز واقع الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر، ارتأينا أن نقسم هذا المبحث إلى ثلاثة مطالب:

المطلب الأول: الإطار التشريعي والمؤسسي للطاقات المتجددة في الجزائر.

المطلب الثاني: الإمكانيات الطاقوية المتجددة في الجزائر.

المطلب الثالث: تطبيقات الطاقة المتجددة في الجزائر.

المطلب الأول: الإطار التشريعي والمؤسسي للطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر

إن السياسة الوطنية لترقية الطاقات المتجددة وتطويرها مؤطرة بقوانين ونصوص تنظيمية، كما أنها تركز على مجموعة من الهيئات والمؤسسات الاقتصادية، بحيث تهتم كل واحدة منها في حدود اختصاصها بتطوير الطاقات المتجددة، إذن ما هي أهم هذه القوانين والهيئات؟ هذا ما سنحاول أن نعرفه من خلال الفرعين التاليين.

(1) عمر شريف، مرجع سابق، ص. 312.

الفرع الأول: الإطار المؤسسي

كما أسلفنا ذكره، إن فكرة الاهتمام بالطاقات المتجددة كان بإنشاء المحافظة السامية للطاقات المتجددة، وهذه الإرادة في تطوير الطاقات المتجددة تجسدت في إنشاء عدة هياكل عملية متخصصة في البحث والتطوير والتنمية في هذا المجال منها:⁽¹⁾

1- الوكالة الوطنية لترقية وعقلنة استعمال الطاقة (APRUE)، أنشئت في 25 أوت 1985م بالجزائر تحت وصاية وزارة الطاقة والمناجم، من أهدافها تصور واقتراح وتنسيق كل الأعمال الكفيلة بتغطية الطلب على الطاقة، تطوير الطاقة، تشجيع صيانة الطاقة واقتصادياتها.

2- مركز تنمية الطاقات الجديدة والمتجددة (CDER)، أنشئ في 28 مارس 1988م ببوزريعة-الجزائر - تحت وصاية وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، ومن أهم أهدافه تنفيذ برامج حول الطاقات المتجددة- خاصة الطاقة الشمسية- وتطوير الوسائل المتعلقة باستغلال هذه الطاقات.

3- وحدة تنمية التجهيزات الشمسية (UDES)، تابعة لوزارة التعليم العالي والبحث العلمي، مهمتها تطوير التجهيزات الشمسية للاستعمالات الحرارية الضوئية.

4- وحدة تنمية تكنولوجيا السيليكون (UDTS)، تابعة لوزارة التعليم العالي والبحث العلمي، مهمتها تطوير الوسائل الخاصة بتكنولوجيا المادة الأساسية للطاقة المتجددة.

5- محطة تجريب التجهيزات الشمسية في أقصى الصحراء (SEES-MS)، أنشئت في 22 مارس 1988م بأدرار، تابعة لوزارة التعليم العالي والبحث العلمي، مهمتها تطوير وتجريب التجهيزات الشمسية في الإقليم الصحراوي.

6- مديرية الطاقات الجديدة والمتجددة، أنشئت في سنة 1995م بالجزائر العاصمة، تابعة لوزارة الطاقة والمناجم، ومن مهامها تقييم موارد الطاقات المتجددة وتطويرها.

(1) Structures et organismes, bulletin des énergies renouvelables, CDER, Alger, N1, juin 2002, p.2.

أمّا في قطاع الفلاحة فتجدر الإشارة إلى المحافظة السامية لتنمية السهوب، التي هي عبارة عن مؤسسة عمومية ذات طابع إداري، ولديها وجهة تقنية وعلمية، تمّ إنشاؤها بالمرسوم رقم 377/81 الصادر في 12 ديسمبر 1981م، وتقوم هذه المحافظة ببرامج مهمة في ميدان ضخ المياه والتزويد بالكهرباء عن طريق الطاقة الشمسية لفائدة المناطق السهبية،⁽¹⁾ أمّا على مستوى المتعاملين الاقتصاديين، فهناك عدة شركات تنشط في ميدان الطاقات المتجددة خاصة الطاقة الشمسية، وتتمثل مهامها في ترقية الطاقات الجديدة والمتجددة وتطويرها، برمجة وإنجاز المشاريع المرتبطة بالطاقات الجديدة والمتجددة التي تكون لها فائدة مشتركة بالنسبة إلى الشركاء، سواء في الجزائر أم خارجها، أيضا إنشاء قطب للبحث في الطاقة الشمسية به مراكز للتكوين و/أو البحث، كما يوجد حاليا العديد من المتعاملين الخواص الذين يمارسون نشاطهم في مجال الطاقات المتجددة.⁽²⁾

إذا كانت هذه هي أهم الهيئات ذات الصلة بمجال الطاقات المتجددة في الجزائر، فما هي أهم القوانين في هذا المجال؟ هذا ما سنحاول أن نعرفه من خلال الفرع الموالي.

الفرع الثاني: الإطار التشريعي

لقد تمت المصادقة على عدد من النصوص من أجل تأطير ميدان الطاقات المتجددة، ويتعلق الأمر أساسا ب:⁽³⁾

1. القانون رقم 09/99 الصادر في 28 جويلية 1999م، والمتعلق بالتحكم في الطاقة، حيث يرسم هذا القانون الإطار العام للسياسة الوطنية في ميدان التحكم في الطاقة، ويحدد الوسائل التي تؤدي إلى ذلك، لهذا الغرض تمّ اعتبار ترقية الطاقات المتجددة إحدى أدوات التحكم في الطاقة.

(1) دليل الطاقات المتجددة، وزارة الطاقة والمناجم، الجزائر، طبعة 2007م، ص.31.

(2) المرجع نفسه، ص.31.

(3) دليل الطاقات المتجددة، المرجع السابق، ص.36.

2. القانون المتعلق بالكهرباء والتوزيع العمومي للغاز عن طريق القنوات رقم 01/02 الصادر في 05 فيفري 2002م، إن هذا القانون الذي وضع أساسا لتحديد هذا القطاع ووضع إجراءات من أجل ترقية إنتاج الكهرباء انطلاقا من الطاقات المتجددة، وكذا إدماجها في الشبكة، وفي إطار تطبيق هذا القانون تمّ الإعلان عن المرسوم المتعلق بتكاليف التتويج، حيث ينص على منح تعريفات تفضيلية على الكهرباء المنتجة انطلاقا من الطاقات المتجددة، والتكفل من طرف مسير شبكة نقل الكهرباء على حسابه الخاص بإيصال التجهيزات الخاصة بها.

3. القانون المتعلق بترقية الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة (قانون رقم 09/04 الصادر في 04 أوت 2004م)، وينص هذا القانون المتعلق بترقية الطاقات المتجددة لأغراض التنمية المستدامة على صياغة برنامج وطني لترقية الطاقات المتجددة، كما ينص أيضا على التشجيع والدفع إلى تطويرها، وإنشاء مرصد وطني للطاقات المتجددة يعود عليه ترقية الطاقات المتجددة وتطويرها.

نخلص في نهاية هذا المطلب أن الإطار المؤسسي الخاص بالطاقات المتجددة في الجزائر قديم نسبيا مقارنة بالتشريع الخاص بذلك، كما أنّ النصوص القانونية محدودة جدا، وتمهيدا لمعرفة أهم إنجازات هذه الهياكل العملية في إطار القوانين السالفة الذكر، سنحاول أن نقدم في المطلب الموالي إمكانيات الجزائر الطاقوية في مجال الطاقات المتجددة.

المطلب الثاني: الإمكانيات الطاقوية المتجددة في الجزائر

تعتبر الجزائر من بين أبرز الدول المرشحة من قبل خبراء الطاقة في العالم للعب دور رئيس ومهم في معادلة الطاقة نظرا إلى امتلاكها مصادر طبيعية هائلة في مجال إنتاج الطاقات البديلة لمصادر الطاقة الأحفورية السائرة في طريق الانقراض، هذا ما سنحاول معرفته من خلال هذا المطلب.

الفرع الأول: الإمكانيات الشمسية

تتوفر الجزائر جراء موقعها الجغرافي على أغنى الحقول الشمسية في العالم - كما يوضحه الشكل رقم (8)، حيث إن كمية الطاقة الواردة إلى المتر المربع الواحد تقدر بـ 5 كيلووات في الساعة /م² على معظم أجزاء التراب الوطني، ويمكن أن تبلغ أحيانا 7 كيلووات في الساعة/م²،⁽¹⁾ وهو ما يتيح إشعاعا شمسيا سنويا يتجاوز 3000 كيلو وات في الساعة للمتر المربع الواحد على مساحة تقدر بـ 2.381.745 كلم² (هذا بالنسبة إلى أهم الحقول الشمسية في الجزائر)،⁽²⁾ هذه الإمكانيات الهائلة تسمح بتغطية 60 مرة احتياجات أوروبا الغربية حسب وزارة الطاقة الجزائرية وأربع مرات الاستهلاك العالمي للطاقة،⁽³⁾ وتبقى أدرار أكثر مناطق البلاد تعرضا للشمس، إضافة إلى تمرست حيث تصل شدة الإشعاع الشمسي بها إلى 7.2 كيلووات/ساعة /م²/اليوم كما يوضحه الشكل رقم (13)، ويبين الجدول التالي الطاقة الشمسية الكامنة في الجزائر حسب التوزيع الجغرافي التالي (الساحل، الهضاب العليا، الصحراء).

الجدول رقم: (15)

الطاقة الشمسية الكامنة في الجزائر

المناطق	المنطقة الساحلية	الهضاب العليا	الصحراء
المساحة %	4	10	86
قدرة التشميس في المتوسط (ساعة في السنة)	2650	3000	3500
الطاقة المتوفرة في المتوسط (كيلو وات/ساعة/م ² /السنة)	1700	1900	2650

Source: إمكانيات الطاقة الشمسية في الجزائر, <http://www.sonegaz/ar/article110.html> 28/03/2009 14:40

(1) Khellaf BOUDRIES, estimation de la production de l'hydrogène solaire au sud algérien, revue des énergies renouvelables, CDER, numéro spécial, décembre 2003, p.74.

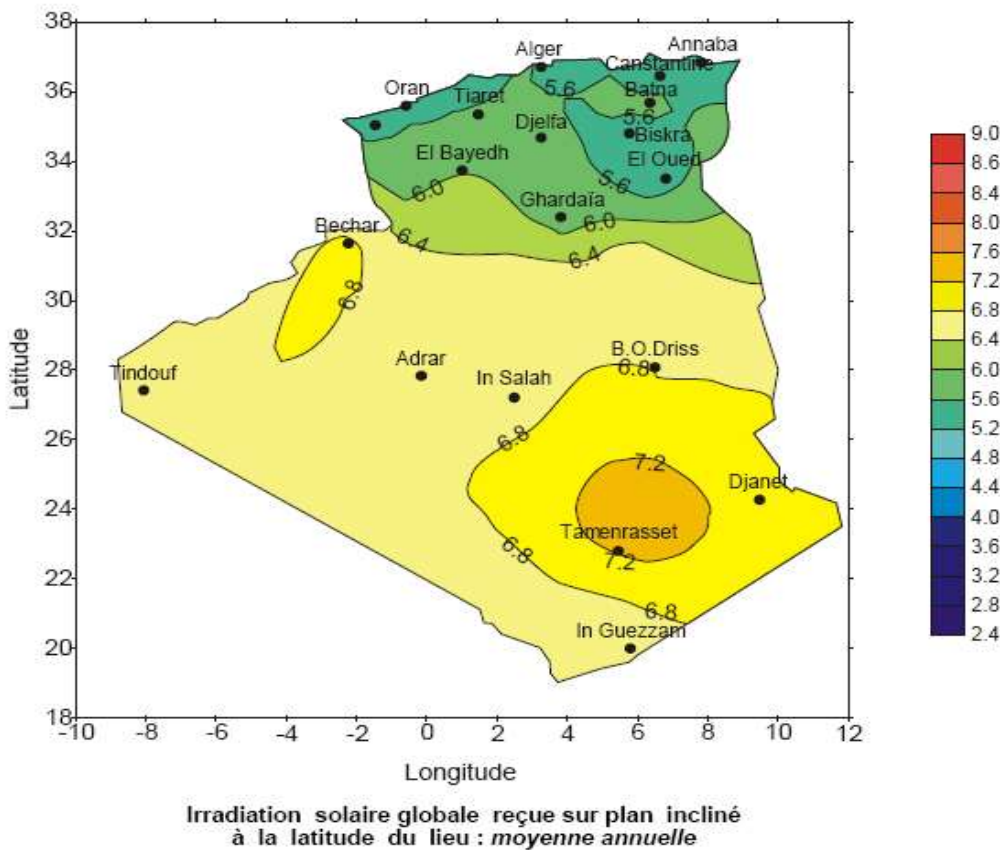
(2) الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية، عدد 62، والصادرة بتاريخ 24 أوت 1998، ص.26.

(3) مزايا الطاقة الشمسية، مجلة الطاقة والمناجم، العدد 8، جانفي 2008، مرجع سابق، ص.133.

وبإجراء عمليات حسابية بسيطة على معطيات الجدول السابق، وذلك بضرب الطاقة المتوفرة في المتوسط (كيلو وات /ساعة/م²/السنة) × قدرة التشميس في المتوسط (ساعة في السنة) ×مساحة المنطقة لنجد الطاقة المتوفرة السنوية للمساحة الإجمالية لكل منطقة ثم نقوم بعملية جمع النواتج الثلاثة الخاصة بكل منطقة (المنطقة الساحلية، الهضاب العليا، الصحراء) فإننا نجد أن الجزائر تتلقى طاقة شمسية سنوية تقدر بـ 169400 تيراوات/الساعة وهو ما يقابل 5000 مرة من الاستهلاك السنوي الوطني من الطاقة الكهربائية.

الشكل رقم: (05)

المتوسط السنوي لشدة الإشعاع الشمسي في مختلف مناطق الوطن (كيلو وات في الساعة في م² في اليوم).



SOURCE: m.y BOUROUBI, évaluation du potentiel énergétique solaire, bulletin des énergies renouvelables, CDER, N2, décembre 2002, p.12.

إذن، فإذا كانت الجزائر تتمتع بهذا القدر الكبير من الإمكانيات الشمسية، فما هي إمكانياتها الرياحية يا ترى؟ هذا ما سنحاول الإجابة عنه من خلال الفرع الموالي.

الفرع الثاني: إمكانيات الرياح

تهب على الجزائر رياح تحمل معها كثيرا من الهواء البحري الرطب، وكميات كبيرة من الهواء القاري الصحراوي، بمتوسط سرعة سنوي يفوق 7 أمتار في الثانية، خصوصا في المناطق الساحلية،⁽¹⁾ وفي الجزائر عموما تعتبر أدرار من أهم المناطق ذات هبوب الرياح القوي، وعلى سبيل المثال فإن توربينات هوائية على ارتفاع 30 مترا بسرعة رياح تقدر بـ 5.1 أمتار في الثانية يمكن أن تولد طاقة سنوية تقدر بـ 673 مليون كيلووات ساعي، يمكن أن تغطي احتياجات 1008 مسكن من الطاقة،⁽²⁾ والشكل التالي يبين إمكانيات الجزائر الرياحية في مختلف مناطق الوطن.

الشكل رقم: (06)

السرعة المتوسطة للرياح على ارتفاع 10 أمتار من سطح الأرض

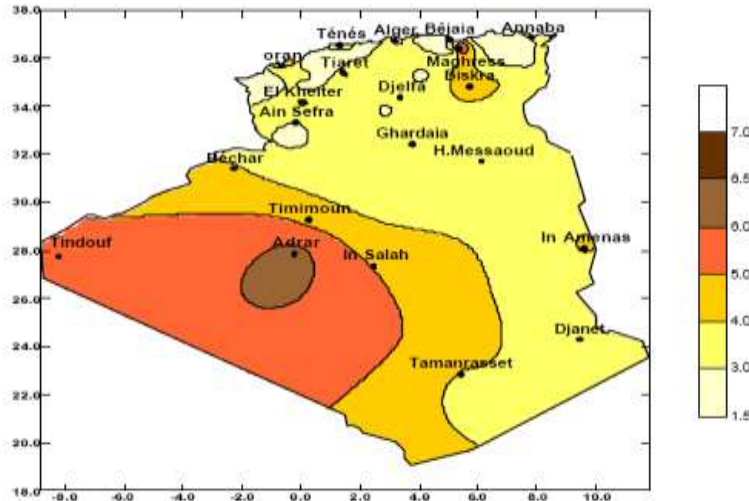


Figure 1 Carte annuelle de la vitesse moyenne du vent à 10m du sol (m/s).

SOURCE: lilia HAMANE, les ressources éoliennes de l'Algérie, bulletin des énergies renouvelables, CDER, N3, juin 2003, p.10.

(1) http://www.islamonline.net/servlet/Satellite?c=ArticleA_C&cid=Zone- 28/03/2015 13:00

(2) Hania AMARDJIA-ADNANI, Op cit, p.112.

من الشكل السابق يتضح أن الجزائر دولة ذات مساحة شاسعة جدا- أكبر دولة إفريقية من حيث المساحة-، وتتميز بشريط ساحلي ذو كثافة سكانية عالية، محدود بمناخ البحر الأبيض المتوسط شمالا ومناخ الأطلس الصحراوي جنوبا، وجنوب يمثل 90 بالمائة من المساحة الكلية للإقليم الجزائري بمناخ صحراوي جاف وكثافة سكانية ضعيفة، ونظرا إلى ارتفاع تكلفة نقل الطاقة إلى المناطق المعزولة فإن عملية توليد الطاقة عن طريق الرياح تعتبر إحدى الطرق المثلى لأجل تغطية الحاجيات الطاقوية في الجنوب الجزائري،⁽¹⁾ ويمثل الشكل السابق أهم المناطق الرياحية في الجزائر، حيث نلاحظ من هذا الشكل أن حقول الرياح في الجنوب أهم منها في الشمال، خاصة في الجنوب الغربي (تيميمون، عين صالح، تمنراست) حيث تتجاوز سرعة الرياح في هذه المناطق 5 أمتار/الثانية على ارتفاع 10 أمتار من سطح الأرض وتتجاوز 6 أمتار/الثانية على ارتفاع 30 مترا من سطح الأرض، ومنه فالطاقة الكهربائية المولدة عن طريق الرياح يمكن إنتاجها محليا ودون تكاليف نقل، عن طريق إنشاء المحطات الكهربائية في المناطق المعزولة، مما يعالج مشكل الكهرباء في الجزائر، كما أنّ لهذه الطاقة علاقة مباشرة بسرعة الرياح، فحين تزداد سرعة الرياح تزداد كمية الكهرباء التي ينتجها التوربين الرياحي، ومنه تتخفض كلفة الطاقة لكل كيلو وات ساعي.

إن المناطق التي تزيد فيها ساعات الحمل التام في السنة عن 1400 ساعة تعتبر ذات إمكانيات اقتصادية على المدى البعيد، ويبلغ عدد ساعات الحمل التام بالجزائر في السنة (1789) ساعة في السنة، ومنه فالجزائر تحظى بإمكانيات جيّدة فيما يخص طاقة الرياح⁽²⁾، ولنحاول التعرف على إمكانياتها الجيوحرارية من خلال الفرع الموالي.

(1) Lilia AICHE-HAMANE, les perspectives de la production de l'hydrogène par voie Eolienne, bulletin des énergies renouvelables, CDER, N13, juin 2008, p.20.

(2) باسل اليوسفي، استغلال الطاقة المتجددة، مجلة البيئة والتنمية، الرياض، العدد 108، مارس 2007، ص.20.

الفرع الثالث: إمكانيات الطاقة الجيوحرارية

إن الحرارة الجوفية للأرض مصدر طاقي متجدد، واستغلال هذه الطاقة أصبح يأخذ حظه من الاهتمام من خلال تطوير تقنيات البحث والتنقيب والاستغلال، ويوجد في الإقليم الجزائري أكثر من 200 مصدر حراري- أصلها الأحجار الكلسية- تتمركز خاصة في الشمال الشرقي والشمال الغربي للبلاد، تتجاوز حرارة هذه المصادر 40م°، ويعد أسخنها هو حمام المسخوطين (دبّاغ) بقالمة، الذي تبلغ درجة حرارته 98م°⁽¹⁾ وقد تصل إلى 118م°، مما يعني إمكانية إنشاء محطات لتوليد الكهرباء فيها، وللجزائر إمكانيات معتبرة فيما يخص هذه الطاقة، فمن خلال الآبار الارتوازية ومصادر المياه المعدنية الحارة يتم الحصول على أكثر من 12 م³/الثانية من الماء الساخن الذي تتراوح درجة حرارته بين 22م° و 98م°⁽²⁾ ويعود تاريخ استعمال المياه المعدنية الحارة في الجزائر إلى عشرات السنين (الاستعمال المنزلي والسقي)، واستعملت لأول مرة في تدفئة البيوت البلاستيكية الفلاحية عام 1970م⁽³⁾، وأهم استعمالات الطاقة الجيوحرارية في الجزائر هي تجفيف المنتجات الزراعية وتكييف الجو داخل البنايات من منازل وفنادق ومحلات وغيرها وتسخين البيوت الفلاحية، وتوفير الحرارة اللازمة في أماكن تربية الأسماك، أيضا إنتاج الطاقة الكهربائية⁽⁴⁾، كما تتوفر الجزائر على طبقة جوفية من المياه الحارة تتربع على مساحة تقدر بالعديد من آلاف الكيلومترات المربعة تدعى بالطبقة المائية الألبية أو "القاري الكبيس" يحدها من الشمال بسكرة ومن الجنوب عين صالح ومن الغرب أدرار أما من الجهة الشرقية فإنها تمتد إلى غاية الحدود التونسية كما يوضحه الشكل رقم -10-، إذن تشكل هذه الطبقة خزانا واسعا من حرارة الأرض الجوفية، ومعدل درجة الحرارة المتوسطة لهذه المياه 57م°، وقد أنتجت العمليات الأولية لاستغلال هذه

(1) s. OUALLI, les sources thermales en Algérie, bulletin des énergies renouvelables, CDER, N13, juin 2008, p.16.

(2) Amor. FEKRAOUI, projet d'aquiculture géothermale, bulletin des énergies renouvelables, CDER, N9, juin 2006, p.14.

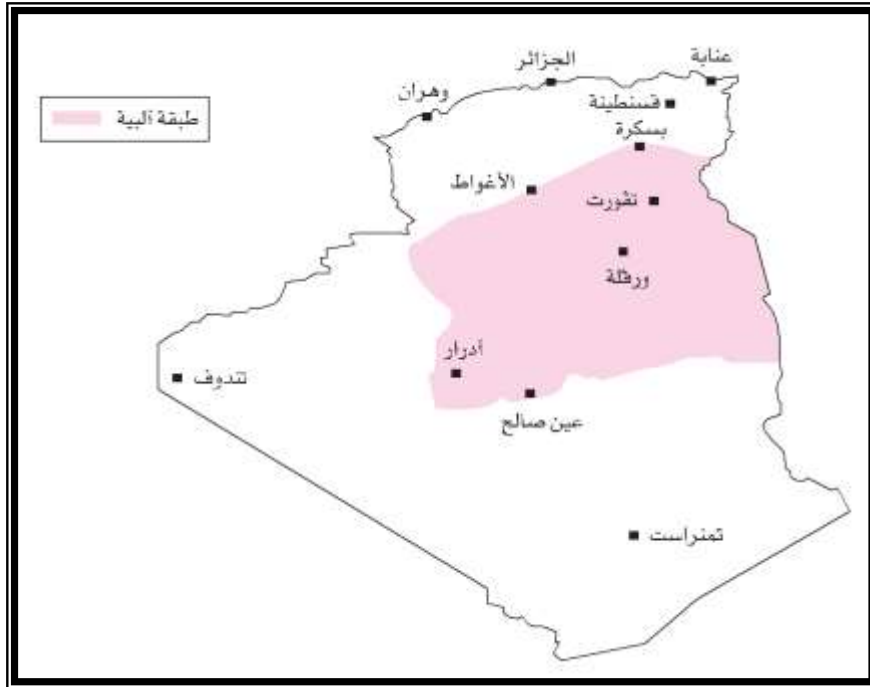
(3) b. BOUCHEKIMA, utilisation de l'énergie géothermique pour le chauffage des serres agricoles au sud algérien, revue des énergies renouvelables, cder, numéro spécial, septembre 2001, p.41.

(4) Khadidja BOUZIDI, géothermie, énergie d'avenir et ses perspectives au sud de l'Algérie, bulletin des énergies renouvelables, CDER, N10, décembre 2006, p.18.

الطبقة طاقة سنوية تقدر بـ 700 ميقات،⁽¹⁾ لكن عموما يقتصر استغلال مياه هذه الطبقة للعلاج من بعض الأمراض كداء المفاصل مثلا عن طريق الحمامات المعدنية كما هي الحال بمنطقة زلفانة بولاية غرداية حيث درجة حرارة مياه الطبقة الألبية 40م°، كما أنّ هناك مشروعا لتقدير كميات المياه الحارة الموجودة بهذه المنطقة يحمل هذا المشروع اسم "تقدير عدد آبار المياه الحارة بزلفانة" لأجل استعمال هذه المياه في الزراعة وفي تكييف الجو داخل البنايات.⁽²⁾

الشكل رقم: (07)

حدود الطبقة الألبية في الجزائر



المصدر: دليل الطاقات المتجددة، مرجع سابق، ص.43.

إذن كانت الجزائر تحظى بإمكانيات لا بأس بها فيما يخص الطاقة الجيوحرارية خاصة من خلال المياه الجوفية الحارة، إذن هذا يقودنا إلى التساؤل عن مدى إمكانيات الجزائر فيما يخص المياه السطحية، هذا ما سنحاول التعرف عليه من خلال المطلب الموالي.

(1) دليل الطاقات المتجددة، مرجع سابق، ص.42.

(2) Khadidja BOUZIDI, Op.cit.p.18.

الفرع الرابع: الإمكانيات المائية

إن كميات الأمطار التي تسقط على الإقليم الجزائري، هي كميات مهمة وتقدر بنحو 65 مليار م³ (سنوياً)، لكن لا تستغل منها إلا نسبة قليلة تقدر بـ 5 بالمائة على عكس بعض البلدان الأوروبية (استغلال 70 بالمائة من هذا المورد في توليد الطاقة الكهربائية)، إن عدد الأيام التي تهطل فيها الأمطار تتجه نحو الانخفاض، كما أنّ هذه الأمطار تتركز في مناطق محددة، بالإضافة إلى تبخر هذه المياه بفعل الحرارة، فضلاً عن تدفقها بسرعة نحو البحر، أو نحو حقول المياه الجوفية، جغرافياً تتخفف مصادر المياه السطحية كلما اتجهنا من الشمال نحو الجنوب، وتقدر حالياً كمية المياه النفعية والمتجددة بـ 25 مليار م³، ثلثاً هذه الكمية مياه سطحية (103 سد منجز، 50 سد في طور الإنجاز)⁽¹⁾، أما أهم أماكن وجود المياه الجوفية فهي: أدرار، بسكرة، الأغواط، إليزي، وتقدر الاحتياطيات بـ 6×10¹⁰ م³ وعلى أعماق متفاوتة، عشرات الأمتار في أدرار، مئات الأمتار في غرداية وورقلة، أكثر من 1700 م في تقرت،⁽²⁾ أما بالنسبة إلى توليد الطاقة الكهرومائية فهي لا تتجاوز 3 بالمائة فقط أما النسبة المتبقية فيتم توليدها من الغاز خاصة، ويرجع ضعف استغلال هذه الطاقة إلى كون عدد محطات إنتاج الكهرباء انطلقاً من الطاقة المائية هو عدد غير كاف، بالإضافة إلى عدم الاستغلال الجيد للمحطات الموجودة،⁽³⁾ وثمة اتجاه إلى تحديث المحطات القائمة بدلاً من إنشاء أخرى جديدة، والجدول التالي يوضح لنا أهم مراكز إنتاج الطاقة الكهرومائية في الجزائر.

(1) Hania AMARDJIA-ADNANI ,Op cit,p.109.

(2) Khellaf BOUDRIES, Op cit, p.74.

(3) Programme indicatif des besoins en moyens de production d'électricité 2008-2017,Op.cit,p.13.

الجدول رقم: (16)

مختلف مراكز توليد الطاقة الكهرومائية في الجزائر

المركز	قدرة التوليد بالميجاوات	المركز	قدرة التوليد بالميجاوات
درفانة	71.5	غريب	7.000
إغيل مدى	24	قوريت	6.425
منصورية	100	بوحنيقية	5.700
ارقان	16	واد الفضة	15.600
سوق الجمعة	8.085	بني باهد	3.500
تيزي مدن	4.458	تيسالة	4.228
أفزرنشبال	2.712		

Source: Dr. Hania AMARDJIA-ADNANI, Op.cit, p.110.

الفرع الخامس: إمكانيات الطاقة الحيوية

إن الطاقة الحيوية المعروفة بطاقة الكتلة الحيوية هي استخدام المواد العضوية كوقود بواسطة تقنيات معينة كالتغويز أو الاحتراق والهضم، وإذا ما تم استخدام الكتلة الحيوية بشكل مناسب فإنها تشكل مصدرا قيما للطاقة المتجددة، أما بالنسبة إلى موارد الجزائر فيما يخص هذا النوع من الطاقة فهي: (1)

1. موارد غابية: وتتمثل أساسا في الغابات الاستوائية، التي تتمركز في شمال البلاد وتمثل 10 بالمائة من المساحة الإجمالية للبلاد، أما باقي المساحة فإنها تمثل منطقة صحراوية جرداء، وتقدر الطاقة الإجمالية لهذا المورد بـ 37 ميغا طن معادل نفط/ السنة، بقدرة استرجاع تقدر بـ 7,3 ميغا طن معادل نفط سنويا أي بمعدل 10 بالمائة.

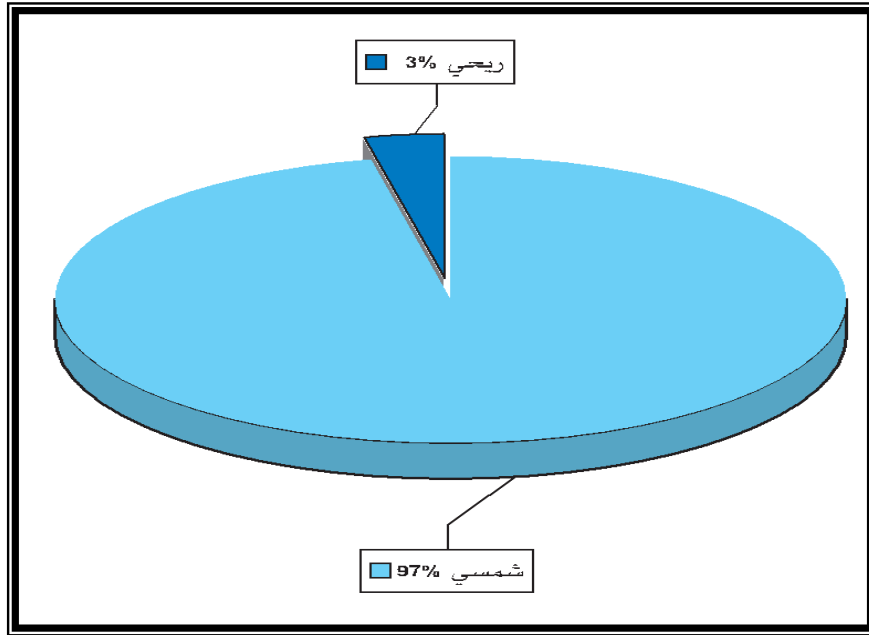
(1) Hania AMARDJIA-ADNANI ,op cit,p.110.

2. موارد طاقوية من النفايات الحضرية والزراعية: تقدر بـ 5 ملايين طن معادل نفط (لم تتم عملية إعادة تدويرها)، وهذا المورد يمثل حقلا قادرا على استيعاب 1.33 مليون طن معادل نفط سنويا.

وعموما، إذا ما قمنا بمقارنة الطاقات المتوفرة المستغلة الناتجة من مختلف المصادر المتاحة سالفة الذكر، فسنجد أن هذه الطاقة تتوزع أساسا فيما بين الطاقة الريحية والطاقة الشمسية، حيث تستحوذ هذه الأخيرة على نسبة 97 بالمائة من إجمالي الطاقة المتوفرة والمستغلة في البلاد، وهذا ما يوضحه الشكل التالي.

الشكل رقم: (08)

توزيع الطاقة المتجددة المستغلة حسب مصدرها

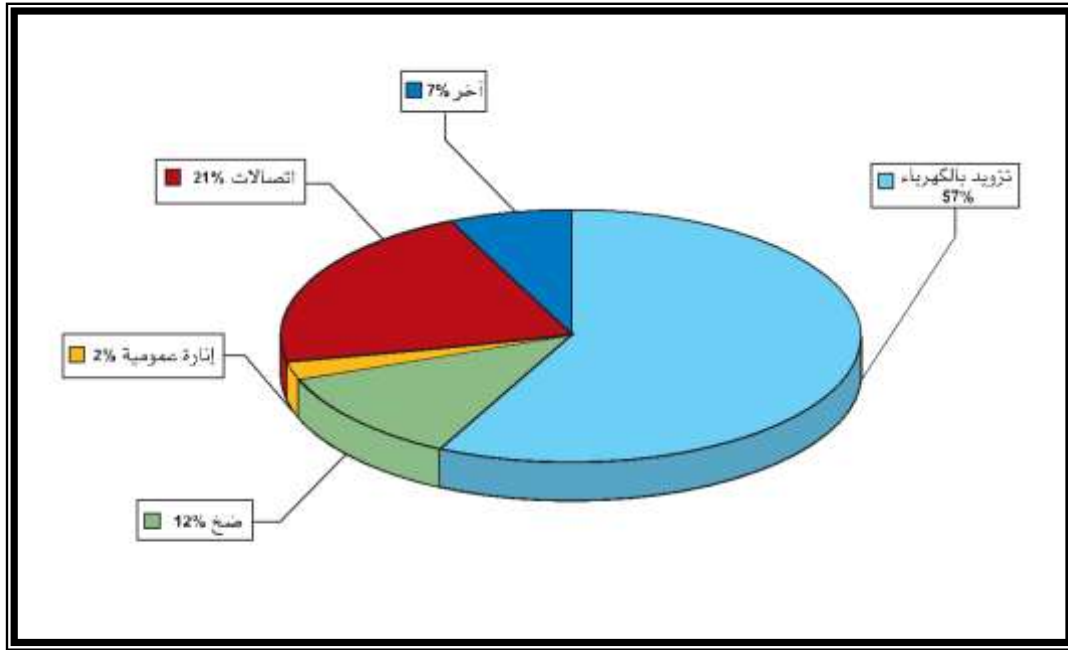


المصدر: دليل الطاقات المتجددة، مرجع سابق، ص. 54.

إنّ يمثل الشكل السابق توزيع الطاقة المتجددة المستغلة في الجزائر حسب مصدرها، وسنحاول أن نبيّن من خلال الشكل الموالي، توزيع هذه الطاقات حسب الاستعمالات الموجهة إليها.

الشكل رقم: (09)

توزيع الطاقة المتجددة المستغلة حسب الاستعمال



المصدر: دليل الطاقات المتجددة، المرجع السابق، ص.53.

إذن كما نلاحظ من خلال الشكل السابق أن أغلب استعمالات الطاقة المتجددة في الجزائر - التي أغلبها هي الأخرى الطاقة الشمسية - إنما تتمثل في توليد الكهرباء بنسبة 57 بالمائة من الطاقة المتوفرة، يليها قطاع الاتصالات بنسبة تقدر بـ 21 بالمائة، ثم ضخ المياه بـ 12 بالمائة، أما الإنارة العمومية فلا تستهلك من هذه الطاقة إلا ما نسبته 2 بالمائة، بالإضافة إلى استعمالات أخرى كتجفيف المنتجات الفلاحية مثلا، بنسبة 7 بالمائة، وعلى كل يبقى الهدف الرئيس من تطوير الطاقات الجديدة والمتجددة هو توليد الطاقة الكهربائية. نخلص في نهاية هذا المطلب إلى أن الجزائر تتوفر على إمكانيات هائلة في مجال الطاقات الجديدة والمتجددة وفي مقدمتها الطاقة الشمسية، حيث تعتبر الجزائر البلد الذي يحتل الصدارة في حوض البحر المتوسط من حيث القدرات الشمسية، إذن فإذا كانت الجزائر تتمتع بهذا القدر الهائل من الإمكانيات الطاقوية المتجددة، فأين وصلت في استغلال هذه

الإمكانيات؟ هذا ما سنحاول الإجابة عنه في المطلب الموالي من خلال ما سنعرضه من أهم إنجازات الجزائر في هذا المجال.

المطلب الثالث: تطبيقات الطاقة المتجددة في الجزائر

لا يتجاوز استعمال الطاقات المتجددة في الجزائر نسبة 0.01 بالمائة، مما يعني أن إمكانيات الجزائر الطاقوية المتجددة هي إمكانيات مهددة وغير مستغلة،⁽¹⁾ حيث نلاحظ أن الطاقات المتجددة في بلادنا لا تعرف التقدم والتطور الكافي الذي يسمح لها بتعويض الوقود الحفري، لكن البحث في هذا المجال يعتبر ذا أهمية معتبرة، نظرا إلى ما تتمتع به الجزائر من ثروات طبيعية في هذا المجال، وهناك ثلاثة أهداف رئيسة تدفعنا إلى تطوير الطاقات المتجددة في الجزائر هي:⁽²⁾

1. أن الطاقات المتجددة تمثل الحل الاقتصادي الأنسب لتقديم خدمات الطاقة لسكاني المناطق الريفية المعزولة خاصة في أقصى الجنوب.
2. أنها تمثل حجر الزاوية لتحقيق التنمية المستدامة نظرا إلى تجدها وآثارها المحدودة على البيئة، ومساهمتها في إطالة عمر الوقود الأحفوري.
3. خلق مناصب شغل.

الفرع الأول: المشاريع المنجزة

هناك العديد من المشاريع التي تم إنجازها في مجال استخدام وتطوير الطاقات المتجددة، نحاول أن نذكر أهمها:

1. البرنامج الخاص بالجنوب الكبير (1985-1989م): ممول من طرف الدولة، مخصص لولايات أقصى الجنوب (أدرار، بشار، الواد، إليزي، تمنراست)، يسمح هذا

(1) عبد الرحمن أبو رومي، إمكانيات مهددة، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.islamonline.net/servlet> اطلع عليه يوم 2016/07/09 على الساعة 10:35.

(2) CHemsEddineCHITOUR, Opcit, p.106.

البرنامج بتوفير ماء الشرب لساكلي هذه المناطق (الضح أو التحلية)، توفير الإنارة، تبريد الهواء داخل المباني في فصل الصيف.⁽¹⁾

2. مشروعان بورقلة وتقرت (1993-1997 م): تهيئة 18 بيتا بلاستيكية فلاحيا على مساحة تبلغ 7200 م² باستعمال مياه الطبقة الألبية ولكن هذه التجربة لم تعمم على غرار تجربة تونس في هذا المجال التي بدأت بـ1 هكتار في سنة 1986م لتبلغ اليوم أكثر من 104 هكتار.⁽²⁾

3. مزارع ريحية لضخ المياه بكل من حد الصحاري بولاية الجلفة، وامورة بولاية سعيدة لتغطية احتياجات الزراعة من الماء،⁽³⁾ حيث تم توفير 80 مضخة تعمل بالرياح بقدرة تعادل 120 كيلو وات/ساعة، و160 مضخة تعمل بالطاقة الشمسية بقدرة تعادل 240 كيلو وات/ساعة في إطار تنمية المناطق السهبية والرعوية كما تمت إتاحة الكهرباء المولدة من الطاقات المتجددة (الشمسية والرياحية) لـ 3000 منزل والمؤسسة التي أنجزت هذه المشاريع هي المحافظة السامية لتنمية السهوب **HCDS**،⁽⁴⁾ كما أن المنشآت التي تمت إقامتها في المناطق الجنوبية (إلزي) قد نجحت بتزويد 300 منزل بالطاقة الكهربائية المستمدة من الريح.⁽⁵⁾

4. برنامج تنمية الجنوب "القرى الشمسية": ولقد تمت الانطلاقة الفعلية لهذا المشروع في عام 1998 م وتعتبر شركة سونلغاز هي المسؤولة عن إنجاز هذا المشروع، ولقد خُصص هذا الأخير لمناطق مهجورة وذات كثافة سكانية متدنية في أقصى الجنوب، الذي هو امتداد صحراوي شاسع، حيث تثبت هناك سونلغاز وجودها بتسخيرها كل ما

(1) MA. a. BOUHDJAR, journées internationales de thermique 2003, bulletin des énergies renouvelables, CDER, Alger, N4, decembre 2003, p.15.

(2) fz. KDAID, les perspectives d'utilisation de l'énergie géothermique au sud de l'Algérie, bulletin des énergies renouvelables, CDER, Alger, N5, juin 2004, p.16.

(3) KACIMI, journées techniques sur l'utilisation des énergies renouvelables dans le développement de l'agriculture, bulletin des énergies renouvelables, op.cit, p.7.

(4) Les énergies renouvelables en Algérie, op.cit.

(5) الكهرباء في أقصى الجنوب، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.sonelgaz/ar/artic1105.html> اطلع عليه يوم 20/09/2015 على الساعة 18:45.

تملك من كفاءة واختصاص في خدمة تكنولوجيا المستقبل، حيث أنجزت برنامجا من الإنارة الريفية بواسطة الطاقة الشمسية، والتيار المنتج تحت ضوء الشمس (الفوتوفولطائية)، ممولا من مخصصات الدولة لصالح 1000 أسرة، عبر أربع ولايات في أقصى الجنوب (تمنراست، أدرار، إليزي، تندوف)، كما يوضحه الجدول رقم (15)، وهكذا فإن 18 قرية من قرى الجزائر العميقة ذات الكثافة السكانية الضعيفة والمسالك العويصة جدا في غالب الأحوال تستفيد من الكهرباء، فلما كان من المتعذر تزويدها بالكهرباء المولدة بالطاقة التقليدية نظرا إلى التكاليف الباهظة التي يقتضيها تمديد شبكات الكهرباء إلى الأرجاء البعيدة، فقد تم تزويد سكان تلك القرى بالخلايا الشمسية التي تولد الطاقة الكهربائية تحت تأثير ضوء الشمس، وبالفعل فإن توفير الكهرباء لسكانها قد سمح بتحسين الظروف المعيشية لأولئك السكان وتعزيز استقرارهم، فحسب التحقيق الذي أنجزه مركز البحث في الاقتصاد التطبيقي من أجل التنمية "CREAD" - في جوان 2003م على عينة تتكون من ثماني قرى من بين القرى المزودة بالكهرباء الشمسية - فإنه بتطبيق هذا المشروع حدثت العديد من التغيرات مست الجانب المكاني والزمني للسكان وسلوكياتهم الاجتماعية، بالإضافة إلى العديد من الجوانب الأخرى أهمها فك العزلة عن السكان، وذلك بالمساهمة في فك العزلة عن السكان غير المحليين كالمعلمين والعمال شبه الطبيين وغيرهم في المناطق الضعيفة (وهي تلك المناطق المفتحة قليلا على العالم الخارجي أي تقع بالقرب من الطرق المعبدة)، واستقرار السكان المحليين في القرى المنعزلة (وهي تلك القرى التي تقع في مناطق بعيدة عن محاور الطرق المعبدة)، كما ساهم هذا المشروع في فك العزلة عن طريق إنشاء الهياكل القاعدية كالمدارس وقاعات العلاج وفروع البلدية، كما سمح بتفتح السكان على العالم الخارجي والسماح لهم بالاستفادة من الإعلام عن طريق مشاهدة التلفاز، فقد أكد التحقيق أن أكثر من 58% من السكان أكدوا مشاهدتهم التلفاز وأن أكثر البرامج مشاهدة هي برامج الإعلام بنسبة 53.7%، يحتل الإعلام الوطني منها نسبة 56%، مما يعني رغبة السكان في فك عزلتهم

باطلاعهم على كل ما يحدث في العالم، بالإضافة إلى أنه نوع من أنواع التعبير عن المواطنة.

ومن أهم أهداف هذا المشروع: (1)

- إيجاد مصدر بديل للطاقة كون المصادر التقليدية في طريقها إلى النفاد.
- استخدام مصدر طاقة نقي ونظيف وغير ناضب.
- باستخدام الطاقة الشمسية يمكن تخفيض سعر تكلفة الإنارة في القرى النائية وكذا ترقية الأداء في المستشفيات والمراكز الصحية والمدارس.
- توفير مناصب شغل جديدة وفي مختلف القطاعات لامتناس البطالة.
- تمكين سكان المناطق النائية من الاستفادة من الخدمات العمومية دون اللجوء إلى قطع مسافات طويلة للالتحاق بالمدن.
- المساهمة في محاربة ظاهرة النزوح وذلك عن طريق توفير الطاقة لاستخدامها في مختلف المراحل الزراعية.

(1) فروحات حدة، الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر دراسة لواقع مشروع تطبيق الطاقة الشمسية في الجنوب الكبير بالجزائر، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، مجلة الباحث، عدد 11، 2012، ص. 154.

الجدول رقم: (17)

القرى التي تم تزويدها بالكهرباء في إطار مشروع الجنوب الكبير

الولاية	البلدية	القرية	تاريخ انطلاق التشغيل
أدرار	مطارفة	حمو موسى	مارس 2000م
	تيميمون	تالة	مارس 2000م
إلبيزي	جانت	افني	ماي 2000م
		امهرو	ماي 2000م
		واد سمن	جوان 2000م
		تاماجرت	أكتوبر 1999م
		تيهاهيوت	جوان 2000م
تمنراست	تمنراست	تاهيفات	سبتمبر 1999م
		تهارنانت	نوفمبر 2000م
	أدلس	عين دلاغ	سبتمبر 1999م
		سيدي مولاي لحسن	أوت 1998م
	عين أمقل	أرك	نوفمبر 1999م
		أمقود	أكتوبر 2000م
	تازروك	عين بلات	سبتمبر 2000م
		تين تارابين	سبتمبر 2000م
تندوف	غار جبيلات	غار جبيلات	أوت 1999م
	أم العسل	حاسي منير	فيفري 2000م
	تندوف	الضيعة الخضراء	أكتوبر 1999م

المصدر: دليل الطاقات المتجددة، مرجع سابق، ص. 57.

وعموما هناك عدة دراسات تجريبية لاستعمال الطاقات المتجددة سواء لضخ المياه أم للإضاءة أم للكهربة، أم تموين شبكة الاتصالات، وإنّ أهم مصادرها هي الطاقة الشمسية وما تقدمه من حرارة فوتوفولطية، كما يوضحه الجدول التالي.

الجدول رقم: (18)

تطبيقات الطاقة الشمسية الفوتوفولطية لبعض ولايات الوطن

الولاية	إجمالي القوة المنجزة كيلو وات كالوري	التطبيقات
أدرار	24.6	-كهربية 45 مسكنا ريفيا -ضخ المياه - الإنارة العمومية
الجللفة	1.5	- ضخ المياه
الوادي	6	- ضخ المياه
غرداية	9.25	- الكهرباء المنزلية
إليزي	92.5	-كهربية 150 مسكن ريفي
خنشلة	9	-ضخ المياه
الأغواط	8	-الاتصال - الإنارة العمومية
النعامة	17.5	- ضخ المياه
أم البواقي	6.1	- ضخ المياه - الاتصال
سعيدة	1.2	-ضخ المياه
سطيف	12.2	- الاتصال
سوق أهراس	3	- ضخ المياه
تمنراست	277.5	- كهربية 555 مسكن ريفي
تبسة	10.5	-ضخ المياه
تندوف	96.15	-كهربية 156 مسكن ريفي -الإنارة العمومية
الإجمالي	575	

SOURCE: www.cdes.dz.mail@cdez.dz centre de développement des énergies

renouvelables 15/12/2016 13:47

5. محطة توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية والغاز في حاسي الرمل: إن مشروع إنجاز محطة هجينة (Hybrid) تجمع بين الشمس والغاز - حيث يتم استعمال الغاز كمكمل للطاقة الشمسية لضمان الحصول على الكهرباء أثناء الليل أو عندما يكون الجو غائما- هي الأولى من نوعها في العالم، حيث تسجل معلما مهما في سياسة ترويج الطاقات المتجددة واقتصاد الطاقة المبني على تنويع المصادر، وعلى الاقتصاد في أنواع الوقود الأحفوري، وتطوير نظام طاقي مستدام تدعمه الطاقة الشمسية المتوفرة بكثرة في الجزائر، ومحطة التوليد الجديدة للكهرباء هذه أقيمت في حاسي الرمل بتليغامت بولاية الأغواط تطلبت استثمارا بمبلغ 315.8 مليون يورو، وقد أسند عقد من نمط BOO تصميم، بناء، استغلال وصيانة إلى الشركة الإسبانية أبينير التي تعد بمثابة رائد عالمي في هذا الميدان، وقد حددت مدة الإنتاج بـ 33 شهرا، وقد تم توقيع المستندات التعاقدية في 16 ديسمبر 2006م،⁽¹⁾ ووضع السيد شكيب خليل يوم 03 نوفمبر 2007م الحجر الأساس لهذه المحطة لإنتاج 180 ميغاوات من الكهرباء، وتعد هذه المحطة جزءا من برنامج يصبو إلى بناء أربع محطات هجينة أخرى في الجزائر، تتركب هذه المحطة على مساحة تقدر بـ 152 هكتار، وتستعمل مرابا عملاقة مقعرة على مساحة 18 هكتار مع لوحات شمسية مساحة الواحدة منها 100 متر مربع لتوليد الكهرباء، كما أن للمحطة ملحقة عبارة عن قطب تقني لدراسة وسائل تخفيض كلفة الطاقة الشمسية، إن هذا المشروع الأول من نوعه في العالم الذي يشرك الغاز بالطاقة الشمسية يجعل الجزائر تطمح منذ انطلاق أشغال هذا المشروع (2007م) وإلى غاية عام 2015م في أن يكون نصيبها 6% من إنتاج الطاقات المتجددة في ميدان الإنتاج الكهربائي.⁽²⁾

(1) <http://www.sonegaz/ar/article41.41.html> 27/03/2016 17:00

(2) المحطة الكهروشمسية لحاسي رمل "خطوة عملاقة لمستقبل البلاد"، مجلة الطاقة والمناجم، وزارة الطاقة والمناجم، الجزائر، العدد 8، جانفي 2008، ص.132.

لكن لم يتم تدشينها إلا في 14 يوليو 2011، وخلال حفل تدشين المحطة الذي أشرف عليه وزير الطاقة والمناجم يوسف يوسف ونظيره الإسباني ميغال سيباستيان، قال المسؤول الإسباني إن إنهاء المشروع الذي تبلغ كلفته 350 مليون أورو يُعد "مثالا بليغا للتعاون وتجربة رائدة للمنطقة المتوسطية ككل"، وأضاف أن المحطة التي شيدتها الشركة الجزائرية للطاقة الجديدة (NEAL) وشركة أبينير الإسبانية هي "نموذج حي لتوليد الطاقة في المناطق القروية والجبلية بعيدا عن الشبكات الكهربائية التقليدية".⁽¹⁾

الفرع الثاني: مشاريع في طور الإنجاز

إن تطوير الطاقات المتجددة ضرورة ملحة تفرضها إشكالية نضوب الطاقة الحفزية من جهة، ومن جهة أخرى إشكالية حماية البيئة من مختلف التغيرات المناخية، وضمن سياسة الطاقة الوطنية، تسعى الدولة إلى تطبيق التزامها الرامي إلى تشجيع مختلف أشكال الطاقة المتجددة بشكل ملموس، وهذا من خلال المشاريع التالية:

1. مشروع التزويد الوطني بالكهرباء عن طريق الطاقة الشمسية لـ 16 قرية في إطار البرنامج الوطني للإنارة الريفية 2006-2009م حيث سيتم التزويد بالكهرباء لـ 16 قرية معزولة عن طريق الطاقة الشمسية بفعل الإنارة الفوتوفولطائية، ويأتي هذا المشروع كمشروع مكمل لمشروع تنمية الجنوب "القرى الشمسية" (1998م)، ويقدم الجدول التالي معلومات عن هذه القرى.⁽²⁾

(1) واقع الطاقات المتجددة في الجزائر، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.startimes.com/f.aspx?t=35896756> اطلع عليه يوم 2016/09/09 على الساعة 06:41.

(2) ذبيحي عقيلة، الطاقة في ظل التنمية المستدامة (دراسة حالة الطاقة المستدامة في الجزائر)، مذكرة تدخل ضمن متطلبات نيل شهادة ماجستير في العلوم الاقتصادية، جامعة محمود منتوري- قسنطينة-2009، ص.232.

الجدول رقم: (19)

خصائص القرى الـ 16 المخطط لتزويدها بالكهرباء الفوتوفولطائية في إطار البرنامج

الوطني للإنارة الريفية 2006-2009م

رقم	ولاية	بلدية	مركز	سكنات	مسافة الشبكة (كم)
1	إليزي	إليزي	إكبران ترات	20	70
2	إليزي	جانت	ريكين	52	140
3	إليزي	جانت	إسندلين	12	90
4	إليزي	برج الحواس	ديدر	20	50
5	تمنراست	إدلس	أبدنيزي	3	270
6	تمنراست	تزرزوك	آيت أوكلان	20	150
7	تمنراست	عبالسة	عين أزرو	26	90
8	تمنراست	تمنراست	تيفانوين	70	70
9	تمنراست	تمنراست	إديكال	25	50
10	تمنراست	تمنراست	تيت لوكتان	15	44
11	تمنراست	تمنراست	إلمان	20	25
12	تمنراست	تمنراست	تيسو	20	120
13	المسيلة	سيد عيسى أولاد عبد الله لعقالة	زبيرات	100	50
14	الوادي	دوار الماء	الغانمي	40	45
15	الوادي	بن فرشة	المقلية	60	40
16	غرداية	المنيعه	حاسي غانم	72	60
			مجموع	548	

المصدر: دليل الطاقات المتجددة، مرجع سابق، ص.69.

نلاحظ من خلال الجدول السابق أن هذه القرى تقع بخمس ولايات (إليزي، تمنراست، المسيلة، الوادي، غرداية)، وأن أغلب هذه القرى تقع بولاية تمنراست حيث تقل هناك الكثافة السكانية في حين تزداد مسافة شبكة الربط الداخلية للكهرباء بعدا عن القرى، فنجد مثلا أن قرية أبدنيزي بها ثلاثة سكنات فقط في حين إن مسافة الشبكة الفاصلة بين هذه السكنات

وشبكة الربط الكهربائية تقدر بـ 270 كلم، مما يعني استحالة تزويدها بالكهرباء المولدة بالطرق التقليدية، لذا فإن الكهرباء الفوتوفولطائية ستكون الحل الأمثل في هذه الحالة، لكن ما نلاحظه أيضا هو أن هذا المشروع كان من المفترض أن ينتهي في عام 2009م، لكن مازال أهل هذه القرى يعانون الظلام إلى يومنا هذا.

2. مصنع مستغانم للطاقات المتجددة، ويعتبر هذا المصنع ثالث مصنع في العالم بعد مصنعي دبي بالإمارات العربية المتحدة والهند، ومن شأن هذا الإنجاز الجديد أن يساهم بشكل كبير في حل مشكلة الإنارة العمومية، والتقليص من استعمال الكهرباء والحفاظ على البيئة فضلا عن توفير مناصب شغل لذوي الكفاءات العلمية العالية، وحتى العمال العاديين المتخصصين في ميدان الكهرباء، مما يسمح دون شك بامتصاص جزء من البطالة المنتشرة في أوساط الشباب، إذن هذا المصنع هو مصنع جديد لإنتاج الطاقة البديلة من طاقة الرياح بمدينة مستغانم الساحلية غرب الجزائر، ويعتبر هذا المصنع أهم مشاريع الجزائر التي سيتم البدء في تنفيذها مع نهاية عام 2009 م لدخول مرحلة "ما بعد النفط"، ويأتي تنفيذ هذا المصنع الذي تبلغ كلفته 15 مليون يورو في إطار برنامج الجزائر الرامي إلى إقامة ستة مشاريع كبيرة في مجال الطاقات المتجددة، الذي رصدت له الحكومة الجزائرية غلafa ماليا لا يقل عن 1.1 مليار دولار، وسوف يتخصص المصنع في إنتاج أعمدة كهربائية تشتغل وفق نظام دوران الرياح التي تسمح بتسخين البطاريات الموصلة بها وبالتالي تتمكن الأعمدة من الإنارة لمدة خمسة أيام متتالية دون توقف، مع إمكانية اقتصاد 20% من الطاقة كما يمكن وضع شرائح إلكترونية بهذه الأعمدة تكون موصلة بكاميرات مراقبة لضبط أي شخص يحاول تخريبها. (1)

3. استعمال الطاقة الشمسية والرياحية لضخ المياه في المناطق الريفية: ويتطلب إنجاز هذا المشروع 700 مضخة تعمل بالطاقة الرياحية، و500 مضخة تعمل بالطاقة

الشمسية، ويسمح هذا المشروع من التخلص من 204 ألف طن من غاز ثاني أكسيد الكربون خلال فترة حياة هذا المشروع.(1)

4. توليد غاز الميثان انطلاقا من النفايات الصلبة بمفرغة واد السمار، لإنتاج الماء الساخن والكهرباء، وهذا المشروع يتطلب قدرة تقدر بـ 20 ميغاوات لإنتاج الماء الساخن، و 6 ميغاوات لتوليد الكهرباء، ويتوقع أن يقلل هذا المشروع من انبعاث غازات الدفيئة بـ 15 مليون طن من غاز ثاني أكسيد الكربون، ويوفر 75 مليون دولار على أساس دفع 5 دولارات عن كل طن كربون يتم إطلاقه.(2)

لقد تناولنا في هذا المبحث واقع قطاع الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر من خلال الإطار التشريعي والمؤسسي، ومن خلال أهم مشاريع الجزائر في هذا المجال سواء المنجزة أم تلك التي هي في طور الإنجاز، فوجدنا أن الجزائر تزخر بموارد طاقوية متجددة هائلة لكن مشاريعها تبقى متواضعة مقارنة بإمكاناتها، أما بالنسبة إلى آفاق هذا القطاع فسنتناوله من خلال المبحث الموالي.

(1) les énergies renouvelables et les changements climatiques dans les pays du Maghreb, revue méditerranéenne de l'énergie, Sarl, me énergie, Alger ,N11,2004,p p.48-49.

(2) les énergies renouvelables et les changements climatiques dans les pays du Maghreb, ibid.

المبحث الثاني: آفاق الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر

ربما لن تكون الجزائر مهددة بنفاد البترول لتوفرها على موارد الطاقات المتجددة خاصة الشمسية منها، حيث إنها إن أحسنت استغلالها بدخولها مرحلة التصنيع الشامل، ومنافسة أكبر الاقتصاديات البارزة فإنها ستوفر مداخيل أكبر من مداخيل النفط، ومنه ستبقى الجزائر تحافظ على ميزتها الأساسية كبلد منتج قوي لمصادر الطاقة، إذ سوف تنتقل إلى مرحلة جديدة تتميز باستغلال الطاقة المتجددة، والشروع في تصدير الطاقة الشمسية نحو أوروبا (التوفر المورد الشمسي من جهة والقرب الجغرافي من جهة أخرى)، وهكذا يمكن للجزائر أن تثبت مرة أخرى أنها بلد طاقي يجدد قدراته الإنتاجية والتصديرية بصورة متواصلة، كما أن الجزائر بموقعها وقدراتها الطاقوية تستقطب أكبر المستثمرين خاصة من الاتحاد الأوروبي، حيث توجد مشاريع مشتركة في ميدان تطوير الطاقة الشمسية ويمكن أن تدخل مرحلة المردودية بعد سنوات من الآن، وهو ما يسمح للجزائر بتحسين قدراتها في التحكم في تقنيات التصنيع، وبالتالي إمكانية انتقالها من بلد يعتمد على موارد تنفذ إلى بلد يعتمد على موارد طاقيّة متجددة، وهو الرهان الكبير الذي سوف تواجهه الجزائر وبقدرة تنافسية كبيرة، وسنحاول أن نعرض آفاق الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر من خلال تقسيمنا هذا المبحث إلى مطلبين، نقدم في أولهما أهم المشاريع المستقبلية التي يتم التخطيط لها، أما الثاني منهما فنحاول أن نقدم من خلاله معوقات استغلال هذا النوع من الطاقات في الجزائر.

المطلب الأول: بعض المشاريع المستقبلية التي يتم التخطيط لها

إن إدماج الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة الوطنية يمثل تحديا كبيرا من أجل الحفاظ على الموارد الأحفورية، وتنويع فروع إنتاج الكهرباء والمساهمة في التنمية المستدامة. وفي إطار البرنامج الوطني للطاقات المتجددة (2010 - 2030) تتموقع الطاقات المتجددة في صميم السياسات الطاقوية والاقتصادية المتبعة من طرف الجزائر هذا البرنامج

الذي يطمح إلى إنتاج الكهرباء من مصادر متجددة لاسيما الطاقة الشمسية والرياحية بمعمل سنوي يقدر ب 22 ألف ميغاوات بغضون علم 2030م ستوجه أساسا إلى السوق المحلية، فضلا عن 10 آلاف ميغاوات توجه إلى التصدير، ويقابل ذلك ما يقارب 27 بالمائة من حجم الإنتاج الإجمالي للكهرباء المتوقع في عام 2030م،⁽¹⁾ إذن في إطار هذا البرنامج يتم التحضير لعدة مشاريع مستقبلية، نذكر منها:

الفرع الأول: تهجين محطات توليد الكهرباء بالديازل في أقصى الجنوب

فلقد سمحت نتائج قياس محطات الأرصاد الجوية بضبط قائمة لأهم المناطق من حيث سرعة الرياح وأتاح ذلك أهلية الأماكن البعيدة في أقصى الجنوب، التي زودت بالطاقة الكهربائية انطلاقا من محطات توليد تعمل بالديازل تابعة لسونلغاز لاستقبال محطات توليد للطاقة المستمدة من الرياح، وفعلنا فإن استغلال محطات الديازل في أقصى الجنوب أمر قسري للغاية، نظرا إلى نقص أو عدم وجود طرق النقل لإيصال الوقود، ولكن تقديرات وتوقعات الكلفة تبين مدى ضرورة الاستثمار لإنتاج الطاقة عن طريق إضافة مجموعات الديازل إلى الطاقة المستمدة من الرياح، وهذا ما تدعو إليه سونلغاز، وقد قام فريق من مركز البحث والتنمية في الكهرباء والغاز بدراسة إمكانية استغلال طاقة الرياح في ناحية تندوف في إطار توسيع محطات الديازل، وهذه الدراسات التي أخذت في الحسبان التضاريس الجبلية ووعورة الميدان، قد سمحت بتحديد المواقع التي لها كثافة من حيث توافر القوى القصوى لهبوب الرياح، قصد تعيين المواقع التي تقام عليها مزارع استغلال تلك القوى،⁽²⁾ وقد تمّ تقدير كلفة هذا المشروع ب 16 مليون دولار.⁽³⁾

(1) البرنامج الوطني للطاقات المتجددة يصبح أولوية وطنية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني:

2017/05/07 00:20 <http://www.radioalgerie.dz/news/ar/article/20160222/69453.html>

(2) <http://www.sonelgaz.dz/ar/articl106,106.html> 28/03/2015 16:00

(3) Les énergies renouvelables en Algérie, Op.Cit.

الفرع الثاني: إنتاج وتصدير الهيدروجين الشمسي

كما اقترح فريق من الباحثين الجزائريين المشرفين على الدراسة الخاصة بـ"مشروع المغرب العربي-أوروبا" الخاص بإنتاج وتصدير "الهيدروجين الشمسي" أن يطلق هذا الأخير عبر إنشاء محطة للطاقة الشمسية قرب مدينة غرداية نظرا إلى الإمكانيات الشمسية الهائلة التي تحوزها الجزائر في كامل حوض المتوسط، كما أنّ هذه الدراسة تتمثل في البحث عن إمكانية مزج غاز الهيدروجين بالغاز الطبيعي، وقد كانت النتائج الأولية لها مشجعة ومقنعة، حيث خلص فريق البحث الجزائري إلى أنّه يمكن للمشروع أن يطلق عبر إنشاء محطة للطاقة الشمسية قرب مدينة غرداية القريبة من حقول غاز حاسي الرمل نظرا إلى كون الموقع تتوفر فيه جميع الشروط، المتمثلة في مكن شمسي معتبر، وكميات ضخمة من المياه القابلة للاستغلال، وشبكة أنابيب نقل الغاز العابرة للمتوسط التي سينتقل عبرها الهيدروجين، وحسب دراسة أجرتها وكالة الفضاء الألمانية أن الجزائر تحوز أضخم الإمكانيات الشمسية في كامل الحوض المتوسطي، حيث إن قدراتها السنوية 169 ألف تيراوات ساعة بالنسبة إلى الطاقة الحرارية الشمسية و14 تيراوات ساعة بالنسبة إلى الطاقة الشمسية الفوتوفولطائية، و35 تيراوات ساعة بالنسبة إلى طاقة الرياح، ويقدر حجم الإمكانيات الشمسية للجزائر بنحو 10 أمثال حجم مكامن الغاز الطبيعي التي اكتشفت في حاسي الرمل حسب نفس الدراسة، ويرجح أصحاب الدراسة أنه من الممكن تسخير شبكة أنابيب الغاز الطبيعي الحالية لنقل "الهيدروجين المتوائم"، بمعنى نقل المادتين معا "الغاز والهيدروجين" عبر نفس الأنبوب مع مراعاة بعض الشروط التقنية، وهناك مخطط لمشروع نقل وتوزيع مزيج من الغاز الطبيعي والهيدروجين تقوم به مجموعة أوروبية، ويهدف إلى تحديد الشروط والظروف التقنية والاقتصادية لحقن الهيدروجين في الغاز الطبيعي باستخدام البنى التحتية الحالية، من بين البلدان الأعضاء في المشروع نجد الجزائر وليبيا، فرنسا وإسبانيا وسويسرا وإيطاليا وألمانيا وتركيا والولايات المتحدة الأمريكية.⁽¹⁾

(1) باحثون يقترحون إنشاء محطة لإنتاج الهيدروجين الشمسي بولاية غرداية.

الفرع الثالث: قطب الطاقات الجديدة والمتجددة(1)

وتتم المراهنة على مدينة “بوغزول” كقطب للطاقات المتجددة، وتفيد مراجع رسمية بأن مدينة “بوغزول” التي تزيد قيمة إنجازها عن 650 مليون دولار، هي مشروع بنيوي سيساهم كثيرا في المستقبل الاقتصادي والاجتماعي للمناطق السهلية، كما ستكون كذلك همزة وصل بين الصحراء ومدن شمال البلاد، وتمتد “بوغزول” على نحو 12 ألف هكتار، وبحسب المدير العام لمؤسسة تسيير المدينة الجديدة لبوغزول، فإنه لم يتم إنشاؤها ككيان حضري معزول، حيث يراهن على جعلها مركز إشعاع اقتصادي ضخم، بما يعبد الطريق أمام استغلال الطاقات المتجددة والتكنولوجيات غير الملوثة، وما يتصل بذلك من تنمية مستدامة. وتقع هذه المدينة على ضفاف بحيرة سد بوغزول الذي يعد عنصرا هيكليا للمدينة، بغرض المحافظة على النظام البيئي وتطوير الشبكتين الزرقاء والخضراء المقررتين في المخطط، وتشهد عملية إنجاز أنابيب المياه التي تربط سد كدية أسردون على مستوى البويرة والمدينة الجديدة على طول 196 كلم تقدما بعدما جرى الشروع في أشغال إنجاز منشآت التركيب بالتنسيق مع وزارة الموارد المائية، وحسب معلومات سيتم الانتقال خلال الفترة القليلة القادمة إلى تجسيد عدة برامج سكنية وتوفير التجهيزات، إضافة إلى إنجاز مقر المدينة خلال الأشهر المقبلة.

وستحاط المدينة بأكثر من 22 كلم من مياه البحيرات وعدد من الحظائر المائية وتمثل نحو 1000 هكتار من المساحات الخضراء الحضرية على طول محاور الطرقات الكبرى وحظيرة مركزية (130 هكتار) ربع المساحة القابلة للعمران، كما يحيط حزام أخضر حضري يمتد عرضه من 300 إلى 500 متر المدينة تضاف إليها 12000 هكتار مقرر للتشجير من أجل استحداث “مناخ مصغر” ومكافحة التصحر.

ويقدر عدد السكان الذين من المقرر أن تحتضنهم المدينة الجديدة التي تقدر مساحتها الإجمالية بـ 6000 هكتار منها 4000 هكتار قابلة للعمران تضاف إليها مساحة حماية تمتد

(1) استغلال الطاقات المتجددة لا يزال متعثرا في الجزائر.

على 12000 هكتار بـ350000 مواطن، وحسب إفادات فإنّ المدينة الجديدة ستكون قطبا للتنمية المتوازنة على مستوى الهضاب العليا وتحقيق التنافسية وكذا مدينة ذات نوعية بيئية عالية الجودة، كما ستضم المدينة الجديدة أيضا ثماني وظائف رئيسة وهي السكن والتعليم والبحث وتطوير الطاقات المتجددة والنشاطات الصناعية والخدمات والتجارة والسياحة والترفيه والفلاحة والصناعات الزراعية، في حين تمنح الأحياء الراقية مجموعة متنوعة من السكنات ذات جودة عالية تكون راقية واقتصادية حسب مخطط هندسي إيكولوجي يضم كل المقاييس ذات النوعية البيئية العالية، مع توفير كل وسائل النقل الحضري الإيكولوجي من حافلات وترامواي وغيرها، كما تعد مدينة بوعزول نموذجية في مجال الاقتصاد والطاقة وتتمين الطاقات الجديدة والمتجددة (الشمسية والصفائح الفوتوفولطائية والهوائية، وتهدف إلى بلوغ نسبة 40 بالمائة من الحصيلة الطاقوية الوطنية في مجال الطاقة المتجددة في أفق 2030م من خلال استغلال الطاقة الشمسية المقدرة بـ1900 كيلواط في الساعة سنويا وسرعة الرياح التي تفوق أو تساوي 3 متر/الثانية التي تفوق مدتها 4000 ساعة في السنة.

ويتضمن برنامج تهيئة بوعزول، إنجاز محطة هجينة (شمسية وهوائية) على مساحة 45 هكتارا شرق المدينة وكذا إقامة تجهيزات خاصة بإنتاج الطاقات المتجددة على مستوى التجهيزات العمومية وإدراج الطاقة الشمسية في الفضاءات العمومية (حظائر ومواقف السيارات، وكذا الإنارة العمومية وكذا تعميم التموين بالطاقة المتجددة للمباني الموجهة إلى السكن.

وعموما يبقى رصيد الجزائر خاويا من المشاريع المهمة، خاصة بعدما جمد المشروع الوحيد لاستغلال الطاقة الشمسية "ديزارتاك"، وهو الذي كان سيمكّن الجزائر من السير بخطى ثابتة نحو خفض استغلال الكهرباء وتوسيع حقيبة مدخلاتها من العملة الصعبة بتوريدها لهذه الطاقة إلى دول أوروبا خاصة بعدما صنفت الصحراء الجزائرية كأكبر خزان للطاقة الشمسية في العالم، لكن ما هي أسباب تخلف الجزائر في هذا القطاع يا ترى؟ هذا ما سنحاول الإجابة عنه من خلال الفرع الموالي المعنون بمعوّقات استغلال الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر.

المطلب الثاني: معوّقات استغلال الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر

بالرغم من المزايا أو الإيجابيات التي توفرها الطاقات الجديدة والمتجددة، إلا أنّ هناك عقبات أو معوّقات تحول دون وصول الجزائر إلى هدفها المتمثل أساسا في إحلال الطاقة الحفريّة بالطاقات المتجددة قدر الإمكان، نحاول أن نصنف هذه العراقيل على حسب ترتيب أهم أنواع الطاقات الجديدة والمتجددة ضمن الفروع التالية.

الفرع الأول: معوّقات استغلال الطاقة الشمسية في الجزائر

على الرغم من المزايا التي يحظى بها استغلال الطاقة الشمسية فإنه توجد معوّقات لا يمكن تفاديها في الوقت الراهن إذ إن المنشآت اللازمة لتوليد الطاقة تحتاج مساحات كبيرة، كذلك ارتفاع تكلفة بناء مشاريع الطاقة الشمسية، ومن أهم المشاكل التي تواجه إنتاج هذه الطاقة هو تخزينها بصورة فعالة، وكلفة التجهيزات الخاصة بهذه العملية، (1) إذ لا يكون التوليد إلا أثناء وجود الأشعة الشمسية، وبالتالي يجب تخزين الطاقة الكهربائية في مدخرات لاستغلال الطاقة ليلا، وهذه المدخرات كبيرة وغالية الثمن وقصيرة العمر، ويوجد المشكل أساسا في المواقع المعزولة البعيدة عن الشبكة الكهربائية. (2)

الفرع الثاني: معوّقات استغلال طاقة الرياح في الجزائر

يمكن القول إن معوّقات استغلال طاقة الرياح في الجزائر شبيهة بمعوّقات استغلال الطاقة الشمسية، من ناحية ارتفاع تكلفة بناء هذه المشاريع، أيضا مشكل تخزين الطاقة الكهربائية المولدة من الرياح أثناء توقف هبوب هذه الأخيرة، هذا بالإضافة إلى بعض المعوّقات التي سلف ذكرها، التي تعاني منها كل الدول التي تحاول استغلال هذا النوع من الطاقة مثل كونها أقل استقرارا في مصدرها مقارنة بمصادر الطاقة الشمسية، لكونها تتغير

(1) أوسريرمنور، أ. شماني وفاء، مستقبل الطاقة الخضراء كبديل للطاقة الأحفورية في الجزائر، مجلة الاقتصاد الجديد، العدد

14، المجلد 01، 2016، جامعة أمحمد بوقرة، بومرداس، الجزائر، ص. 40.

(2) أمين اسطنبولي بودغن، الطاقات المتجددة: هل هي مستقبل الجزائر ما بعد البترول؟

تبعاً لعالمي الطبوغرافيا والمناخ، أيضاً مشكل الضوضاء الصادرة عن التوربينات (تلوث سمعي)، بالإضافة إلى الإخلال بالجانب الجمالي للمحيط (تلوث بصري)، تهديد حياة الطيور خاصة تلك النادرة منها وهذا يمثل خطراً إيكولوجياً كبيراً.

الفرع الثالث: معوقات استغلال الطاقة الجيوتحرارية في الجزائر

إن أهم طريقة للاستفادة من الطاقة الجيوتحرارية هي تحويلها إلى طاقة كهربائية، أيضاً استغلالها في الجانب الزراعي، وكما سلف ذكره فإن الجزائر تتمتع بإمكانيات جيدة فيما يخص هذا النوع من الطاقة إلا أن استغلالها لا يزال متواضعاً خاصة من حيث الاستفادة منها في توليد الطاقة الكهربائية والفلاحة، ولا يزال ينحصر استعمالها إلا في الأغراض المنزلية والعلاجية، إذن إذا كان لا يوجد استغلال بآتم معنى الكلمة لهذا النوع من الطاقات فما حاجتنا إلى الحديث عن المعوقات؟

الفرع الرابع: معوقات استغلال الطاقة المائية في الجزائر

■ تتمتع الجزائر بإمكانيات مائية لا بأس بها، وكما نعلم أن أولى مصادر الطاقة المتجددة التي تساهم في إنتاج الطاقة الكهربائية بعد الطاقة الحفوية هي الطاقة المائية، لكن حقيقة بنسب ضئيلة جداً، حيث يتم إنتاج الطاقة الكهربائية بنسبة 96,6 بالمائة من مصادر حفوية أغلب هذه النسبة مصدرها الغاز، أما بالنسبة إلى معوقات استغلال الطاقة المائية في إنتاج الكهرباء في الجزائر فيرجع إلى ثلاثة أسباب رئيسية:

- كميات الأمطار المتواضعة المستغلة التي تسقط سنوياً.
- قرار الدولة القاضي بغلق المراكز أو المحطات المائية الخاصة بإنتاج الكهرباء وتسخيرها للري أو توفير ماء الشرب للأفراد.
- الأرصدة المالية المخصصة للبحث والتطوير غير كافية، وهذا السبب لا يقتصر على هذا المصدر فقط، وإنما يتعلق بكل أنواع الطاقات المتجددة الأخرى.

الفرع الخامس: معوّقات استغلال طاقة الكتلة الحيوية في الجزائر

تشهد الكتلة الحيوية كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة اهتماما متزايدا في أنحاء كثيرة من العالم، وكما أسلفنا ذكره فإن هذا النوع من مصادر الطاقة المتجددة يمكن أن يستخدم كغاز حيوي وكوقود حيوي أو كوقود صلب، وفي الجزائر يقتصر استعمال هذه الطاقة في شكلها الأخير أي كوقود صلب لكون النوعين الأولين يحتاجان إلى تقنيات تحويل معقدة جدا.

الفرع السادس: معوّقات استغلال طاقة الهيدروجين في الجزائر

عرف الهيدروجين مبادرات كبيرة في الجزائر منذ عام 2003م، لكن الوقت لا يزال مبكرا لاستخلاص النتائج، ولا يزال إنتاج الهيدروجين في الجزائر ذا طابع تصوري، هذا التأخير راجع إلى عدة أسباب منها: قلة الأرصدة المالية الكافية، نقص الخبرة والكفاءة... (1)

(1) لعمى أحمد، رحمان أمال، مستقبل الهيدروجين الشمسي في الجزائر (المشروع المغربي الأوروبي)، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة،

مقال منشور على الموقع الإلكتروني

02:33.2017/08/08 <https://manifest.univ-ouargla.dz/index.php/archives/archive/faculté-des-sciences->

خلاصة الفصل الرابع

لقد تناولنا في هذا الفصل واقع وآفاق الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر من خلال بحثين، وبدراستنا لواقع هذا القطاع في الجزائر في المبحث الأول من خلال الإطار التشريعي والمؤسسي، ومن خلال أهم مشاريع الجزائر في هذا المجال سواء المنجزة أم تلك التي هي في طور الإنجاز، فوجدنا أن الجزائر تزخر بموارد طاقوية متجددة هائلة لكن مشاريعها تبقى متواضعة جدا مقارنة بإمكاناتها كما أن الجزائر لا تولي اهتمامها لكل أنواع الطاقات الجديدة والمتجددة، وإنما تركز بصفة رئيسة على الطاقة الشمسية وبدرجة أقل على طاقة الرياح، هذا الاهتمام الذي يتمثل في بعض المشاريع التي يمكن القول عنها إنها تجارب بحثية، أما بالنسبة إلى آفاق الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر فقد حاولنا عرضها من خلال المبحث الثاني، الذي قسمناه بدوره إلى مطلبين، قدمنا في أولهما أهم المشاريع المستقبلية التي يتم التخطيط لها، أما الثاني منهما فحاولنا أن نقدم من خلاله معوقات استغلال هذا النوع من الطاقات في الجزائر، وخلصنا في النهاية إلى أن رصيد الجزائر يعتبر خاويا من المشاريع المهمة، وأن الفجوة بين الواقع والمأمول لا تزال واسعة لعدة أسباب قدمناها في المطلب الثاني من المبحث الثاني تحت عنوان معوقات استغلال الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر ولقد حاولنا أن نصنف هذه العراقيل على حسب ترتيب أهم أنواع الطاقات الجديدة والمتجددة ضمن ستة فروع، وليبقى السبب الرئيسي هو التكاليف المرتفعة، والتي يمكن النظر إليها هي الأخرى من ناحيتين، أولا أن الأرصدة المالية المخصصة للبحث في هذا المجال تعتبر غير كافية، ومن ناحية أخرى أنه في حال تطبيقنا لهذه المشاريع على أرض الواقع فإنها ستكون مكلفة جدا خاصة إذا قارناها بالطاقة الحفريّة، ممّا يجعل منها غير مجدية اقتصاديا.

خاتمة

فبعد دراستنا لأهم أنواع الطاقة الناضبة في الفصل الأول، وتبيان خصائص كلّ منها والآثار الإيكولوجية الناجمة عنها، وبين ضرورة وجودها من جهة والتخوف من نفاذها من جهة أخرى بالإضافة إلى الأضرار التي تسببها للنظام البيئي، يتبيّن لنا ضرورة وجود البديل. هذا الأخير هو الطاقات الجديدة والمتجددة، التي حاولنا عرض أهم أنواعها وخصائص كلّ منها في الفصل الثاني، محاولين البحث عن البديل الأفضل. ولمعرفة مكانة هذا القطاع في الاقتصاد العالمي ارتأينا تبيانته من خلال الفصل الثالث، فحاولنا أن نلخص الواقع والآفاق في ما يخص هذا القطاع على مستوى عالمي، وذلك بعرضنا تجارب أهم الدول الرائدة في هذا المجال، لنختم دراستنا هذه في الفصل الرابع بدراسة واقع وآفاق الطاقة الجديدة والمتجددة في الجزائر، لتتوصل في الأخير إلى مجموعة من النتائج التي على أساسها سوف نقدم مجموعة من التوصيات.

نتائج البحث:

1. تضم الطاقة الناضبة ثلاثة أنواع رئيسة هي الفحم والبتروول والغاز الطبيعي. هذه الأخيرة تمثل شريان الاقتصاد العالمي والمسبب الأول للتلوث أو الضرر البيئي، وندعم نتيجتنا هذه بالدلائل التالية:
 - أ- فبالرغم من الأضرار الناتجة عن استخدام الفحم إلا أن هناك توجها نحو استخدامه لضمان إنتاج الطاقة من مصادر متعددة.
 - ب- أما البتروول، فبالرغم من التطور الهائل حول إمكانية تخفيض تكلفة الطاقة من المصادر المنافسة للنفط إلا أنه يبقى المصدر الرئيس للطاقة.
 - ج- أمّا الغاز الطبيعي، فقد أخذ نصيبه في الاستهلاك العالمي من الطاقة في التزايد منذ الثمانينيات من القرن الماضي. وهذا نظرا إلى كونه أنظف أنواع الوقود الأحفوري.

2. إن الطاقات الجديدة والمتجددة أكثر نظافة وصداقة مع البيئة، ووفرة من حيث مادتها الأولية، لكنها أقل تنافسية اقتصاديا بالرغم من أن بعضها قد أثبت فاعلية اقتصادية بينما مازال البعض الآخر في إطار البحث والتطوير، وأقل تطبيقا أيضا.
3. تطوير اقتصاد هجين يقوم على تنمية الطاقات المتجددة مع استهلاك أقل وأكثر كفاءة للوقود الأحفوري، حيث يكون هذان الأمران هما الوحيدين الأكثر قدرة على إطالة عمر الوقود الأحفوري من جهة والحفاظ على البيئة من جهة ثانية (بناء نظام طاقة أكثر استدامة).
4. من خلال عرضنا تجارب مجموعة من الدول التي تفوّقت في مجال الطاقات الجديدة والمتجددة، خلصنا في النهاية إلى أنه حتى وإن كانت هذه الدول متقدمة في مجال الطاقات الجديدة والمتجددة إلا أنها لم تقطع بعد المسافة التي تمكّنها من الاستغناء نهائيا عن الوقود الأحفوري، ويظل الطريق طويلاً أمام مصادر الطاقة المتجددة لتزح المصادر التقليدية، وتبقى توقعات المستقبل رهينة كثير من العوامل التقنية والاقتصادية المتغيرة.
5. تتركز الجزائر بموارد طاوقية متجددة هائلة لكن مشاريعها تبقى متواضعة جدا مقارنة بإمكاناتها، كما أن الجزائر لا تولي اهتمامها لكل أنواع الطاقات الجديدة والمتجددة، وإنما تركز بصفة رئيسة على الطاقة الشمسية ونوعا ما طاقة الرياح، هذا الاهتمام الذي يتمثل في بعض المشاريع التي يمكن القول عنها إنّها تجارب بحثية، ونسبة مساهمة الطاقة الجديدة والمتجددة ضمن المزيج الطاقوي لا تتعدى نسبة 0,01 بالمائة.
6. بالنسبة إلى آفاق الطاقات الجديدة والمتجددة في الجزائر، فإنّ رصد الجزائر يعتبر خاويا من المشاريع المهمة، وإنّ الفجوة بين الواقع والمأمول لا تزال واسعة لعدة أسباب، وليبقى السبب الرئيس هو التكاليف المرتفعة، التي يمكن النظر إليها هي الأخرى من ناحيتين، أولا أن الأرصدة المالية المخصصة للبحث في هذا المجال تعتبر غير كافية، ومن ناحية أخرى إنّ في حال تطبيقنا لهذه المشاريع على أرض الواقع، فإنها ستكون مكلفة جدا خاصة إذا قارناها بالطاقة الحفرية، ممّا يجعل منها غير مجدية اقتصاديا.

التوصيات:

1. إدخال علوم الطاقات الجديدة والمتجددة في المناهج التعليمية لخلق جيل متعلم يعي الوضع الراهن والمستقبلي للطاقة ومشاكلها، وليبحث ويسهم في تأمين مصادر طاقة بديلة ونظيفة.
2. زيادة الوعي بالنسبة إلى ترشيد استهلاك الطاقة في جميع المجالات، سواء كانت طاقة تقليدية أم بديلة، ومكافحة السلوكيات الخاطئة، ووضع البرامج الإعلامية الهادفة إلى تعريف المواطن بأهمية الطاقات المتجددة وسبل الاستفادة منها على نحو علمي وموضوعي.
3. التخفيف من الاعتماد الكبير على الثروة النفطية والغازية.
4. تشجيع بناء محطات لتوليد الطاقة الكهربائية عن طريق الطاقات المتجددة على الأقل لتغطية الطلب محليا.
5. تعبئة الموارد المالية من أجل بناء القدرات ونقل التكنولوجيا.
6. ترقية ودعم وتشجيع الاستثمار في مجال الطاقات المتجددة.

آفاق البحث:

بالنسبة إلى آفاق البحث في هذا الموضوع، فهي واسعة جدا، ويبقى هذا المجال خصبا أمام الباحثين لاقتراح حلول لأصحاب القرار، ولتجنيب الاقتصاد الوطني الكثير من المشاكل التي غالبا ما يكون سببها انخفاض أسعار البترول. وأقترح المواضيع التالية:

1. واقع وآفاق الطاقة الشمسية - دراسة حالة الجزائر -
2. دور ترشيد استهلاك الطاقة في بناء نظام طاقة مستدام.
3. واقع وآفاق طاقة الرياح - دراسة حالة الجزائر -

قائمة المراجع

قائمة المراجع:

أولاً: المراجع باللغة العربية

I. الكتب:

1. أحمد محمد مندور، د. أحمد رمضان نعمة الله، اقتصاديات الموارد والبيئة، مؤسسة شباب الجامعة، الإسكندرية، 1995.
2. الزوكه محمد خميس، جغرافية الطاقة "مصادر الطاقة بين الواقع والمأمول"، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، 2001.
3. بكري كامل وآخرون، الموارد واقتصادياتها، دار النهضة العربية للطباعة، بيروت، 1986.
4. هاينبرغ ريتشارد، "سراب النفط والحرب ومصير المجتمعات الصناعية"، ترجمة أنطوان عبد الله، الدار العربية للعلوم، لبنان، الطبعة الأولى 2005.
5. هوفمن بيتر، مصادر الطاقة المستقبلية، الهيدروجين وخلايا الوقود والتوقعات لكوكب أنظف، ترجمة وتقديم ماجد كنج (دار الفارابي، لبنان، 2009).
6. حسن أحمد شحاتة، التلوث البيئي ومخاطر الطاقة، الدار العربية للكتاب، القاهرة، مارس 2003.
7. وهبي صالح، "قضايا عالمية معاصرة- عرض وتحليل لأهم المشكلات العالمية المعاصرة"، دمشق، 2001.
8. كلير إدوارد، الجيولوجيا البيئية، سلسلة الكتب الجامعية المترجمة، العبيكان، المملكة العربية السعودية، 2014.
9. محمود ماجد كرم الدين، رياح التغيير في أنظمة الطاقة العالمية والعربية، المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، القاهرة، مصر، 2012.
10. سلافة طارق عبد الكريم الشعلان، الحماية الدولية للبيئة من ظاهرة الاحتباس الحراري، منشورات الحلبي الحقوقية، بيروت، 2010.

11. صلاح الدين محمد إيهاب، الطاقة وتحديات المستقبل، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، 1994.
12. علي عبد ربه محمد عبد الكريم، د. محمد عزت محمد إبراهيم، اقتصاديات الموارد والبيئة، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، 2000.
13. عبد الرسول العزاوي، م. محمد عبد الغني، ترشيد استهلاك الطاقة، دار مجدلاوي للنشر والتوزيع، عمان، 1996.
14. فلافين كريستوفر، نيكولاس لينسن، "ما بعد عصر النفط تصميم اقتصاد قائم على الطاقة الشمسية"، ترجمة محمد الحديدي، معهد مراقبة البيئة العالمية، الدار الدولية للنشر والتوزيع، القاهرة، 1992.
15. سعود يوسف عياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة، إصدارات المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، 1981.
16. سعد جلال سامية، الإدارة البيئية المتكاملة، المعهد العالي للصحة العامة، جامعة الإسكندرية، 2005.
17. رمضان محمد مقلد وآخرون، اقتصاديات الموارد والبيئة، الدار الجامعية، الإسكندرية، 2003.
18. عبد الرزاق المخادمي، الحوار بين الشمال والجنوب نحو علاقات اقتصادية عادلة، دار الفجر للنشر والتوزيع، القاهرة، 2004.
19. عباس مصطفى معرفي، مبادئ الطاقة، مطبوعات جامعة الكويت، مجلس النشر العلمي، الكويت، 1999.
20. شذى سلمان الدركزلي، الطريق النووي في نصف قرن "ماله وما عليه"، الدار العربية للعلوم، بيروت، 1997.
21. حسين عبد الله، البترول العربي "دراسة اقتصادية وسياسية"، دار النهضة العربية، القاهرة، 2003.

II. الأطروحات والرسائل العلمية:

1. أحمد بلمرابط، البترول ومصادر الطاقة البديلة خلال الفترة 1960-1989، رسالة مقدمة لنيل شهادة الماجستير في العلوم الاقتصادية، جامعة الجزائر، 1993.
2. بورنان الحاج، السوق البترولية في ظل الحوار بين المنتجين والمستهلكين، رسالة مقدمة ضمن متطلبات الحصول على درجة الماجستير في العلوم الاقتصادية، جامعة الجزائر، 2001-2002.
3. عمر شريف، استخدام الطاقات المتجددة ودورها في التنمية المستدامة، دراسة حالة الطاقة الشمسية في الجزائر، رسالة دكتوراه، جامعة الحاج لخضر، باتنة، 2007.
4. ذبيحي عقيلة، الطاقة في ظل التنمية المستدامة (دراسة حالة الطاقة المستدامة في الجزائر)، مذكرة تدخل ضمن متطلبات نيل شهادة ماجستير في العلوم الاقتصادية، جامعة محمود منتوري - قسنطينة-2009.
5. تكواشت عماد، واقع وآفاق الطاقة المتجددة ودورها في التنمية المستدامة في الجزائر، مذكرة مقدمة ضمن متطلبات نيل شهادة الماجستير في العلوم الاقتصادية، جامعة الحاج لخضر، باتنة، 2012.

III. مجلات وجرائد وتقارير:

1. الطاقة والتعاون العربي، الورقة القطرية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، مؤتمر الطاقة العربي العاشر، أبو ظبي، الإمارات العربية المتحدة، 21-23 ديسمبر 2013.
2. اليوسفي باسل، استغلال الطاقة المتجددة، مجلة البيئة والتنمية، الرياض، العدد 108، مارس 2007.
3. المحطة الكهروشمسية لحاسي رمل "خطوة عملاقة لمستقبل البلاد"، مجلة الطاقة والمناجم، وزارة الطاقة والمناجم، الجزائر، العدد 8، جانفي 2008.

4. الخالدي فهد عبد العزيز، باسل فتحي أبو شرخ، تحسين استخدام الطاقة في القطاع الصناعي، مجلة القافلة، أرامكو السعودية، المملكة العربية السعودية، العدد 2، مايو 2001.
5. الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية، عدد 62، الصادرة بتاريخ 24 أوت 1998.
6. دوزوم هناء، تغير طقس الأرض في سيناريوهات، مجلة أخبار النفط والصناعة، مرجع سابق، العدد 377، فبراير 2002.
7. دليل الطاقات المتجددة، وزارة الطاقة والمناجم، الجزائر، طبعة 2007 م.
8. حمادي عبد الرحمان، أخطر ضرائب النفط على البيئة، مجلة أخبار النفط والصناعة، شركة أبو ظبي للطباعة، الإمارات العربية المتحدة، العدد 421، أكتوبر 2005.
9. حكاية الطاقة المستدامة في أيسلندا: نموذج للعالم، مجلة الوقائع، الأمم المتحدة، العدد 3، المجلد 52، أوت، 2016.
10. ليونز لوركان، الطاقة العالمية: ازدياد عدم قابليتها للاستدامة، مجلة التمويل والتنمية، صندوق النقد الدولي، واشنطن، العدد 1، مارس 2008.
11. منور أوسرير، وفاء شمانى، مستقبل الطاقة الخضراء كبديل للطاقة الأحفورية في الجزائر، مجلة الاقتصاد الجديد، العدد 14، المجلد 01، جامعة أمحمد بوقرة، بومرداس، الجزائر، 2016.
12. مدور عادل، المصادر الجديدة والمتجددة للطاقة، مجلة أخبار النفط والصناعة، شركة أبو ظبي للطباعة، الإمارات العربية المتحدة، العدد 430، يوليو، 2006.
13. متقي ليلي، أسعار النفط .. إلى أين؟ الموجز الاقتصادي الفصلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، البنك الدولي للإنشاء والتعمير، واشنطن، العدد 7، جويلية 2016.
14. سطات منور العربي، أهمية الكتل الحيوية وآفاق استخدامها، مجلة القافلة، أرامكو السعودية، المملكة العربية السعودية، العدد 5، أغسطس 2000.

15. عيتاني عبد الله محمد، الاستثمارات البحثية للشركات البترولية في الطاقة المتجددة، مجلة القافلة، أرامكو السعودية، المملكة العربية السعودية، العدد 2، مجلد 64، أبريل 2015.

16. فقيه ياسر أسامة، طاقة الرياح... بين الحل والإشكالية، مجلة القافلة، أرامكو السعودية، المملكة العربية السعودية، العدد 4، المجلد 63، يوليو/أغسطس 2014.

17. قاسم أمجد، كهرباء من باطن الأرض، مجلة القافلة، أرامكو السعودية، العدد 5، المجلد 64، سبتمبر - أكتوبر، 2015.

18. رستم خالد، مستقبل استخراج الوقود الحيوي كطاقة جديدة ونظيفة من النباتات، مجلة أخبار النفط والصناعة، شركة أبو ظبي للطباعة، الإمارات العربية المتحدة، العدد 428، أبريل 2006.

19. تقرير عن أزمة الطاقة وبدائل النفط، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، الكويت، 1974.

IV. الجرائد اليومية:

1. سليم بن عبد الرحمان، سعر سلة منظمة أوبك يتراجع إلى 112.2 دولار، جريدة الخبر، يومية جزائرية، العدد 6814، 24 أوت 2012.

ثانيا: المراجع باللغة الأجنبية

I. الكتب:

1. AMARDJIA-ADNANI Hania AMARDJIA-ADNANI, **Algérie .Energie Solaire et Hydrogène: Développement Durable**, Office des Publications Universitaires, Alger, 2007.
2. Pr .CHems Eddine CHITOUR , **Pour une stratégie énergétique de l'Algérie a l'horizon 2030**, Office des publication universitaire, Alger, 2003.
3. Thelma carrier, **Chiffres clés des énergies renouvelables**, commissariat général au développement durables, France, 2015.

II. الأطروحات والرسائل العلمية:

1. Ait Akil Djamila, **Etude de développement de l'infrastructure électrique en Algérie, Contribution a la résorption des déséquilibres régionaux, Analyse rétrospective (1970-1995) et perspectives**, Thèse de magistère, Institut des sciences économiques, Alger, 1999.

III. مجلات ونشرات وتقارير:

1. 1.BP Statistical Review of World Energy, Pureprinte, London, 2017.
2. **Market sentiment improve despite weak fundamentals**, Monthly Market report, OPEC, April 2009.
3. Annual Statistical Bulletin, OPEC, Vienne, Austria, 2017.
4. **Structures et organismes**, bulletin des énergies renouvelables, CDER, Alger, N1, juin 2002.
5. AICHE-HAMANE Lilia, **les ressources éoliennes de l'Algérie**, bulletin des énergies renouvelables,CDER,N3,juin 2003.
6. AICHE-HAMANE Lilia, **les perspectives de la production de l'hydrogène par voie Eolienne**, bulletin des énergies renouvelables,CDER,N13,juin 2008.
7. Amor. FEKRAOUI, **projet d'aquiculture géothermale**, bulletin des énergies renouvelables, CDER, N9, juin 2006.
8. BOUROUBI m.y, **évaluation du potentiel énergétique solaire**, bulletin des énergies renouvelables,CDER,N2,décembre 2002.
9. BOUDRIES Khellaf, **estimation de la production de l'hydrogène solaire au sud Algérien**, revue des énergies renouvelables, CDER, numéro spécial,decembre2003.
10. BOUCHEKIMA. b, **utilisation de l'énergie géothermique pour le chauffage des serres agricoles au sud algérien**, revue des énergies renouvelables, cder, numéro spécial, septembre 2001.
11. BOUZIDI Khadîdja, **géothermie, énergie d'avenir et ses perspectives au sud de l'Algérie**, bulletin des énergies renouvelables, CDER, N10, décembre 2006.
12. OUALI.s, **les sources thermales en Algérie**, bulletin des énergies renouvelables, CDER, N13, juin 2008.
13. 1 3. BOUZIDI Khadîdja, **géothermie, énergie d'avenir et ses perspectives au sud de l'Algérie**, bulletin des énergies renouvelables, CDER, N10, décembre 2006.

14. BOUHDJAR MA.a, **journées internationales de thermique 2003**, bulletin des énergies renouvelables, CDER, Alger, N4, decembre2003.
15. KDAID .fz, **les perspectives d'utilisation de l'énergie géothermique au sud de l'Algérie**,
16. bulletin des énergies renouvelables, CDER, Alger, N5, juin 2004.
17. KACIMI, **journées techniques sur l'utilisation des énergies renouvelables dans le développement de l'agriculture**, bulletin des énergies renouvelables CDER, Alger, N5, juin 2004.
18. **les énergies renouvelables et les changements climatiques dans les pays du Maghreb**, revue méditerranéenne de l'énergie, Sarl, medenergie, Alger ,N11,2004.

ثالثا: مواقع الإنترنت

1. الدكتور منصور العبادي، الطاقة، جامعة العلوم والتكنولوجيا الأردنية:

<http://blogsstatic.maktoob.com/userFiles/m/a/mansourabbadi/office/18.doc01/05/2009 16:30>

2. مصادر الطاقة، مقال منشور على الموقع الإلكتروني:

<https://ar.wikibooks.org/wiki> اطلع عليه يوم 2017/11/22 على الساعة 19:54.

3. ياسر طه مكايي، إنتاج الطاقة النظيفة من الفحم: الفوائد والسلبيات والآثار:

http://www.aleqt.com/2009/02/01/article_191102.html 15/10/2015 16:50

<http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%86%D9%81%D8%B7> 22/04/2015 14:00

4. **Source: Organisation des pays exportateur de pétrole**, sur le siteweb:https://fr.wikipedia.org/wiki/Organisation_des_pays_exportateurs_de_p%C3%A9trole 29/11/2017 20:20.

5. [http://www.ladocumentationfrancaise.fr/dossiers/petrole/role-](http://www.ladocumentationfrancaise.fr/dossiers/petrole/role-opec.shtml)

[opec.shtml](http://www.ladocumentationfrancaise.fr/dossiers/petrole/role-opec.shtml) 26/04/2009 15:00

6. أنور مضحي الخالدي أوبك والتطلع إلى المستقبل:

<http://www.moo.gov.kw/magazine/ar/index.asp?More=yes&NewsID=699&mode=0&day=31&page41> 01/05/2009 12:20

7. أحمد محمد طاشكندي، اقتصادي سعودي وخبير في شؤون الطاقة، الغاز الطبيعي يزاحم البترول على عرش الطاقة العالمي، مقال منشور على الموقع الإلكتروني⁽¹⁾

<http://www.ecoworld-mag.com/16:002009/04/24>

8. سليمان الخطاف، دور الغاز الطبيعي في مستقبل الطاقة بالعالم،

<http://alphabeta.argaam.com/article/detail/100428> 11/12/2017

01 :20

9. على نصر الله، الطاقة المستدامة، 2009/02/24:

http://thawra.alwehda.gov.sy/_kuttab_a.asp?FileName=32201977320090224002110 16/03/2009 14:13

10. حازم فلاح، كيف تعمل خلايا الوقود؟ مجلة زيزوون الأردنية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

http://www.hazemsakeek.com/QandA/fuel_cell/fule_cell.htm اطلع عليه

يوم 2016/03/16 على الساعة 00:59.

11. تقرير الأمين العام للأمم المتحدة، جويلية 2001، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

الإلكتروني

http://www.un.org/arabic/documents/GADocs/56/A_56_129.pdf

اطلع عليه يوم 201/04/16- على الساعة 21:14.

(¹)

12. الطاقة لأغراض التنمية المستدامة في المنطقة العربية، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، السكرتارية الفنية لمجلس الوزراء العرب عن شؤون البيئة، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، المكتب الإقليمي لغربي آسيا، منظمة الأفطار العربية المصدرة للبترول، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.unep.org.bh> اطلع عليه يوم 2016/03/18 على الساعة 10:34.

13. ألمانيا تصدر دول العالم في إنتاج الطاقة الشمسية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.noonpost.net/content/4877> اطلع عليه يوم 2016/08/20 على الساعة 00:13.

14. أكبر ثماني دول منتجة لطاقة الرياح في العالم، الوسط، يومية سياسية مستقلة، البحرين، العدد 5057، 12 يوليو 2016، نقلا عن الموقع الإلكتروني

<http://www.alwasatnews.com/news/1136456.html> اطلع عليه يوم 2016/08/15 على الساعة 21:41.

15. الصين تتوسع في توليد الكهرباء من الرياح، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.aljazeera.net/news/ebusiness/2016/4/26> اطلع عليه يوم 2016/08/20 على الساعة 18:15.

16. إيهاب إسماعيل، تطور سياسات طاقة الرياح في ثلاثين عاما الدروس المستفادة من اثني عشر سوقاً لطاقة الرياح، ص.30، مقال منشور على الموقع الإلكتروني www.energyandeconomy.com اطلع عليه يوم 2016/06/28 على الساعة 16:22.

17. موارد ضخمة للصين من الطاقة الحرارية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.aljazeera.net/news/ebusiness/> اطلع عليه يوم 2016/08/22 على الساعة 16:02.

18. سارة خطاب، الطاقة الحرارية الأرضية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.bibalex.org/psc/ar/home/SCIplanetDetails.aspx?ID=82> طلع عليه يوم 2016/08/22 على الساعة 17:10.
19. بشير صبحي أحمد، الطاقة المائية، دار النشر غير موجودة، 2014، ص. 132 على الموقع الإلكتروني <https://download-engineering-pdf-ebooks.com> اطلع عليه يوم 2016/08/20 على الساعة 2:24.
20. ألكسندر بودة، سدود النرويج تنقذ طاقة الرياح الألمانية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.dw.com> اطلع عليه يوم 2016/08/23 على الساعة 22:51.
21. رويلاند بوش، وماثيوس فان دي بول، تعريف استدامة الكتلة الحيوية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://arabicedition.nature.com/journal/2015/09/52352> 6a اطلع عليه يوم 2016/08/23 على الساعة 23:59.
22. ياسر طه مكاي، الطاقة المتجددة تجارب ناجحة حول العالم، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.startimes.com/?t=15279612> اطلع عليه يوم 2016/08/24، على الساعة 00:59.
23. وقود حيوي مستدام، ويكيبيديا الموسوعة الحرة، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <https://ar.wikipedia.org/wiki/%88> اطلع عليه يوم 2016/08/24 على الساعة 00:52.
24. كيكاواتاكيو، اليابان تقود ثورة عالم السيارات الهيدروجينية في العالم، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.nippon.com/ar/currents/d00167> اطلع عليه يوم 2016/08/24 على الساعة 16:24.

25. ألمانيا تتصدر دول العالم في إنتاج الطاقة الشمسية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.noonpost.net/content/4877> اطلع عليه يوم

2016/06/20 على الساعة 16:12.

26. كين زوبيل وآخرون، بحلول عام 2050 ستنهي الطاقة الشمسية اعتماد الولايات المتحدة الأمريكية على النفط الأجنبي كما ستخلصها من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، مجلة العلوم الأمريكية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://3lomsena3at.net/6918.htm> اطلع عليه يوم 2016/09/08 على الساعة 03:43.

27. طاقة الرياح، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.marefa.org/index.php> اطلع عليه يوم 2016/03/24 على الساعة 16:00.

28. حسونة الطيب، الصين تستحوذ على نصف طاقة الرياح عالميا في 2015، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.alittihad.ae/details.php?id=33886&y=20> اطلع عليه يوم 2016/03/14 على الساعة 22:10.

29. مشروع صيني ضخ لمطاقة الرياح، رويترز، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.aljazeera.net/news/ebusiness/> اطلع عليه يوم 2016/07/18 على الساعة 08:09.

30. ماجد الخطيب، الرياح لن تصمد أمام مصادر الطاقة البديلة الأخرى، 2015/08/28 مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.palestineconomy.ps/article/2487> اطلع عليه يوم 2016/07/16 على الساعة 14:52.

31. الهند تسعى للاعتماد على الطاقة المتجددة بحلول 2050، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.alittihad.ae/details.php?id=45897&y=2014&article=fu>

أطلع عليه يوم 2016/08/18 على الساعة 17:05.

32. Energie éolienne en Espagne, <https://fr.wikipedia.org/>

18:19 /08/2016 A9olienne_en_Espagne

33. ريج بلات، ترجمة أحمد شكل، طاقة الرياح: طاقة لا يستهان بها، مقال منشور على

الموقع الإلكتروني <http://www.hindawi.org/safahat/81827050> اطلع عليه يوم

2016/04/22 على الساعة 02:48.

34. Le Canada peut intégrer de grandes quantités d'énergie,

http://www.mediaterrre.org 31/07/2016 22:33.

35. إرنستهيغنز، الطاقة الحرارية الأرضية مصدر غني للطاقة يجب استغلاله، مقال

منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.dw.com/ar/%D8%A7%D9%>

اطلع عليه يوم 2016/04/12 على الساعة 20:31.

36. عبد الله عثمان فدا، الطاقة الحرارية الأرضية في الصين، مقال منشور على الموقع

الإلكتروني <http://www.mojtamai.com/taqa> اطلع عليه يوم 2016/06/23

على الساعة 8:59.

37. عبد الله عثمان فدا، الطاقة الحرارية الأرضية في الصين، مقال منشور على الموقع

الإلكتروني <http://www.mojtamai.com/taqa> اطلع عليه يوم 2016/06/23

على الساعة 8:59.

38. مارك كلايتون، الطاقة الجيوحرارية في أمريكا... مستقبل واعد لبدائل النفط، مقال

منشور على الموقع الإلكتروني

<http://www.alittihad.ae/wajhatdetails.php?id=26184> اطلع عليه يوم

2016/07/22 على الساعة 10:04.

39. حكاية الطاقة المستدامة في أيسلندا: نموذج للعالم؟ مجلة الوقائع، الأمم المتحدة،

العدد3، المجلد 52، 2015، مقال منشور على الموقع الإلكتروني

2016/07/09 اطلع عليه يوم <https://unchronicle.un.org/ar/article/1949>
على الساعة 10:46.

40. François Le Gall, **Energie hydraulique et hydroélectricité**,
<http://www.ariase.com/energie/guides/energie-hydraulique.html>,
2016/07/22. 15 :34.

41. محمد حمزة، أضخم عشرة مصادر للطاقة الحرارية الأرضية في العالم، مقال منشور
في الموقع الإلكتروني <http://nok6a.net/%> اطلع عليه يوم 2016/08/30 على
الساعة 00:45.

42. https://fr.wikipedia.org/wiki/Hydro%C3%A9lectricit%C3%A9_en_Islande,
30/08/2016 01:21. C3%

43. https://fr.wikipedia.org/wiki/Hydro%C3%A9lectricit%C3%A9_en_Norv%C3%A8ge,
30/08/2016 01:58. C3% Hydro%

44. https://fr.wikipedia.org/wiki/Hydro%C3%A9lectricit%C3%A9_en_Su%C3%A8de,
30/08/2016 12:21. %C3%

45. د. موسى الفياض، م. عبير رمان، الوقود الحيوي - الآفاق والمخاطر والفرص،
المركز الوطني للبحث والإرشاد الزراعي، المملكة الأردنية الهاشمية، مقال منشور على
الموقع الإلكتروني

<http://www.iraqi-datepalms.net/Uploaded/file/BiofuelCoal.pdf> اطلع عليه
يوم 2016/06/14 على الساعة 17:41.

46. دراسة أمريكية: الوقود الحيوي أسوأ من البترول، مقال منشور على الموقع الإلكتروني
<http://www.aljazeera.net/news/miscellaneous/2016/8/26> اطلع عليه يوم
2016/08/30 على الساعة 22:59.

47. أمجد القاسم، وقود حيوي من المخلفات النباتية والقمامة، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.aljazeera.net/news/scienceandtechnology/2014> اطلع عليه يوم 2016/07/23 على الساعة 18:04.
48. صناعة الإيثانول بالبرازيل تواجه أزمة، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.aljazeera.net/news/ebusiness/2013/11/30> اطلع عليه يوم 2016/08/30 على الساعة 22:25.
49. أمجد قاسم، الهيدروجين.. وقود المستقبل، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.aljazeera.net/news/scienceandtechnology/2014/11/2> اطلع عليه يوم 2016/05/13 على الساعة 23:16.
50. سرحان المحرزي، مستقبل الكهرباء... في توسيع مصادر الطاقة المتجددة، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://2015.omandaily.om/?p=242512> اطلع عليه يوم 2016/06/23 على الساعة 18:29.
51. http://www.islamonline.net/servlet/Satellite?c=ArticleA_C&cid=Zo 28/03/2015 13:00 ne-015
52. عبد الرحمن أبو رومي، إمكانيات مهددة، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.islamonline.net/servlet> اطلع عليه يوم 2016/07/09 على الساعة 10:35.
53. الكهرباء في أقصى الجنوب، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.sonelgaz/ar/article1105.html> اطلع عليه يوم 2015/09/20 على الساعة 18:45.
54. www.cdes.dz.mail@cdez.dz centre de développement des énergies renouvelables 15/12/2016 13:47
55. <http://www.sonelgaz/ar/article41.41.html> 27/03/2016 17:00

56. واقع الطاقات المتجددة في الجزائر، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.startimes.com/f.aspx?t=35896756> اطلع عليه يوم 2016/09/09 على الساعة 06:41.
57. <http://www.whozIm.sa.keek.com> 04/02/2015 14:00.
58. البرنامج الوطني للطاقات المتجددة يصبح أولوية وطنية، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <http://www.radioalgerie.dz/news/ar/article/20160222/69453.html> 00 :20. 2017/05/07
59. <http://www.sonelgaz.dz/ar/article106,106.html> 28/03/2015 16:00
60. باحثون يقترحون إنشاء محطة لإنتاج الهيدروجين الشمسي بولاية غرداية، <http://www.al-fadjr.com> 15/05/2015 11 :34.
61. استغلال الطاقات المتجددة لا يزال متعثرا في الجزائر، <http://essalamonline.com/ara/permalink/15836.html> 07 /05/2017 02 :09.
62. د. أمين اسطنبولي بودغن، الطاقات المتجددة: هل هي مستقبل الجزائر ما بعد البترول؟ www.elkhabar.com 25/07/2017 01 :42.
63. لعمى أحمد، رحمان أمال، مستقبل الهيدروجين الشمسي في الجزائر (المشروع المغربي الأوروبي)، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، مقال منشور على الموقع الإلكتروني <https://manifest.univ-ouargla.dz/index.php/archives/archive/faculté-des-sciences> 08/08/2017 2:33.