

VI. مستقبل الطاقة المتجددة في إطار المخاوف البيئية العالمية

(الاحتباس الحراري والتغير المناخي)(*)

-مع الإشارة إلى تجربة الاتحاد الأوروبي-

د. أسماء دريسي (**)

ملخص

خلال القرن الماضي تجاوزت المخاوف البيئية المرتبطة باستخدام الطاقة المستويات المحلية إلى المستويات الإقليمية والعالمية، بحيث لم تقتصر على تلوث الهواء، بل تجاوزته إلى تدهور المياه وتلوثها، وظهور المطر الحمضي والاحتباس الحراري وأخيرا التغير المناخي، هذا المقال يناقش مستقبل الطاقة المتجددة كبديل وكحل لهذه المشاكل في إطار المخاوف البيئية العالمية وهذا بالنظر إلى تجربة الاتحاد الأوروبي الرائدة في هذا المجال.

الكلمات المفتاحية: الطاقة المتجددة، التغير المناخي، الاقتصاد البيئي، الاحتباس الحراري.

(*) موضوع نشر في مجلة فكر ومجتمع، ع 25.

محاضرة بكلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير جامعة الجزائر 3.

مقدمة

تعتبر مشكلة التلوث البيئي من المشاكل الرئيسية التي تواجه دول العالم في الوقت الحالي، وعلى الرغم من إحساس الاقتصاديين بخطورة المشكلة منذ وقت طويل حينما تناول "بيجو" عام 1932 مشكلة التلوث البيئي، إلا أنَّ هذه المشكلة لم تؤخذ مأخذ الجد حتى الستينيات من القرن الماضي، حينما أضحت مشكلة التلوث البيئي منافسة لكل المشاكل الأخرى التي بدأ العالم في مواجهتها، فقد بدأ القلق من تزايد تركيز ثاني أكسيد الكربون (CO2) الناتج عن احتراق الوقود الأحفوري

في طبقات الجو، ممَّا يهدد بارتفاع درجة الحرارة وإذابة الثلوج وفيضان المياه عن المناطق الساحلية، ويرتبط التلوث البيئي بزيادة النشاط الإنتاجي، فطالما أنَّ النشاط الاقتصادي يزداد، فلا بد وأنَّ حجم التلوث البيئي يزداد مع زيادة مستوى النشاط الصناعي، الذي يعتمد اعتمادا كليا على النفط ومشتقاته.

لقد أصبحت مشكلة التلوث البيئي مشكلة عالمية ولا تقتصر على حدود الدول التي ينبعث منها التلوث، وهذا ما يدعو إلى الاهتمام بهذه المشكلة ووضع حلول لها للسيطرة عليها.

بدأ العالم يشهد ملامح تحولات هامة في هيكل صناعة الطاقة من حيث تنوع وحصص مصادرها الأولية وتقنيات تحويلها، ومن ثم كفاءة استخدامها بأشكالها النهائية في مختلف الأنشطة الاقتصادية وترجع هذه التحولات الهيكلية -بالإضافة إلى النمو السكاني والاقتصادي- إلى دافعين رئيسيين هما: أمن الطاقة (أي محاولة تأمين الإمدادات من الطاقة كما في عصر النفط) والتغير المناخي.

لقد تزايد الاهتمام العالمي بالطاقات المتجددة، خاصة بعد ارتفاع أسعار النفط العالمية التي بدأت سنة 2004، وعزز ذلك الاهتمام العالمي المتزايد حول موضوع الاحتباس الحراري والتغير المناخي ومحاولة ربط ذلك بالنشاط الاقتصادي. فما هو مستقبل الطاقة المتجددة في إطار هذه المخاوف البيئية؟

1. الاحتباس الحراري والتغير المناخي

كانت الثورة الصناعية التي حدثت في القرن التاسع عشر مفيدة للدول الغربية، فيما أدت إلى زيادة إفقار الدول الفقيرة أصلاً، ولكن أثرها على العالم كان كبيراً، فقد بات واضحاً حجم الضرر الذي لحق بالكرة الأرضية نتيجة التلوث الذي نجم عن الصناعات شديدة التلويث، وأهمها الفحم الحجري والوقود الأحفوري وإنتاج الكهرباء، فأصبحنا نقف أمام ظاهرة "الاحتباس الحراري"، وأخذت درجة حرارة الأرض ترتفع بفعل التصنيع الكثيف، وكان واضحاً - وبالقيااس التجريبي أيضاً - أن القرن العشرين كان أكثر سخونة بعدة مرات مما كان عليه الحال في القرن التاسع عشر. ويتوقع أن تستمر حرارة الأرض في الارتفاع في العقود القادمة ما لم يتم اتخاذ إجراءات حازمة بهذا الشأن.

أولاً. ظاهرة الاحتباس الحراري

يمكن تعريف ظاهرة الاحتباس الحراري (*) (Global Warming) على أنها الزيادة التدريجية في درجة حرارة أدنى طبقات الغلاف الجوي المحيط بالأرض، كنتيجة لزيادة انبعاثات غازات الدفيئة أو غازات الصوبة الخضراء (**). (الاحتباس الحراري) (Greenhouse Gas) منذ بداية الثورة الصناعية، وغازات الدفيئة (والتي يتكون معظمها من بخار الماء وثنائي أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروجين والأوزون) هي غازات طبيعية تلعب دوراً مهماً في

تدفئة سطح الأرض حتى يمكن العيش فيه، فبدونها قد تصل درجة حرارة سطح الأرض ما بين 19 درجة و15 درجة سلسيوس تحت الصفر⁽¹⁾، حيث تقوم تلك الغازات بامتصاص جزء من الأشعة تحت الحمراء التي تنبعث من سطح الأرض كانعكاس للأشعة الساقطة على سطحها من الشمس وتحتفظ بها في الغلاف الجوي لتحافظ على درجة حرارة الأرض في معدلها الطبيعي.

لكن مع التقدم في الصناعة ووسائل المواصلات منذ الثورة الصناعية وحتى الآن، ومع الاعتماد على الوقود الأحفوري (الفحم والنفط والغاز الطبيعي) كمصدر أساسي للطاقة ومع احتراق هذا الوقود الأحفوري لإنتاج الطاقة واستخدام غازات الكلوروفلور كربونات في الصناعة بكثرة، كانت تنتج غازات الصوبة الخضراء (« Greenhouse Gas » GHG) بكميات كبيرة تفوق ما يحتاجه الغلاف الجوي للحفاظ على درجة حرارة الأرض، وبالتالي أدى وجود تلك الكميات الإضافية من تلك الغازات إلى الاحتفاظ بكمية أكبر من الحرارة في الغلاف الجوي، وبالتالي من الطبيعي أن تبدأ درجة حرارة سطح الأرض في الزيادة⁽²⁾.

وتشير القياسات العلمية بالفعل إلى ارتفاع درجة الحرارة على سطح الأرض بين 0.4 و 0.8 درجة مئوية خلال الـ 150 سنة الماضية، وهذا بالتزامن مع ارتفاع مستوى غازات الدفيئة في الجو، ورغم أن هذه الزيادة تبدو للوهلة الأولى طفيفة وغير مؤثرة، فإنها كافية في الواقع لاضطراب حركة التيارات والأمواج في البحار والمحيطات. والشكل الموالي، يبين ازدياد درجة حرارة الأرض عبر الزمن.

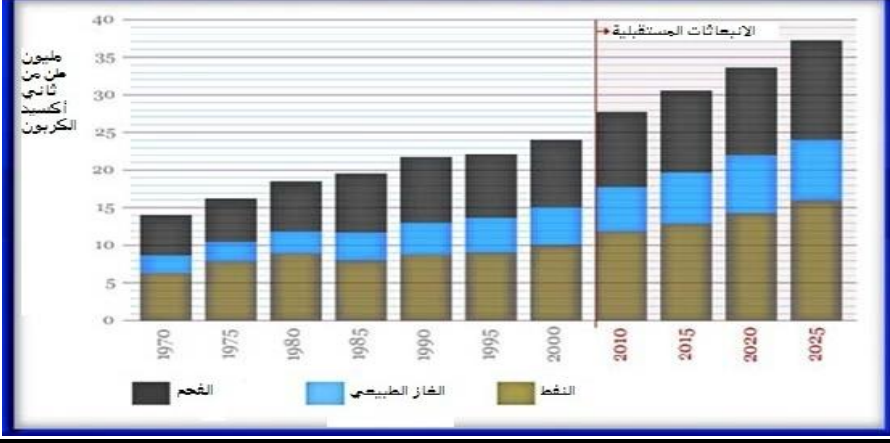
شكل رقم (01) ارتفاع درجة حرارة الأرض خلال (1860-2000)



المصدر: Parry ML et al., eds. **Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability**. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, Cambridge University Press, 2007.p50

هذا الارتفاع في درجة حرارة الأرض الواضح جداً، كان سببه زيادة انبعاث غازات الدفيئة أي المختزنة، خاصة غاز ثاني أكسيد الكربون "CO₂" والشكل الموالي يبين زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو.

شكل رقم (02) زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو خلال (1970-2025)



المصدر:

Parry ML et al., eds. **Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability**. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, Cambridge University Press, 2007.p60.

ثانيا. التغير المناخي في إطار الاهتمام العالمي بالبيئة

من بين كل القضايا والمشاكل البيئية المستجدة حاليا في العالم، تبقى ظاهرة تغير المناخ هي القضية الأكثر أهمية والأكثر إلحاحا على المجتمع الدولي، وذلك بما تفرضه من تأثيرات وتداعيات مستقبلية خطيرة^(***)، ليس أقلها جفاف بعض الأنهار وغرق أجزاء شاسعة من المناطق الساحلية، وتبدل خريطة مناطق الإنتاج الزراعي في العالم.

الحقيقة أن ظاهرة الاحتباس الحراري هي الباعث الأكبر على ما يحدث من تغير مناخي، فالإنبعاثات والغازات الصناعية الضارة تتصاعد لتتركز في الغلاف الجوي مسببة ما يعرف بتأثير الصوبة الخضراء ما يؤدي

إلى ارتفاع درجة حرارة هذا الحيز بشكل متنام (الشكل رقم 01))، وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة معدلات التبخر، ومن ثم زيادة كميات السحب عن معدلاتها، وبالتالي تغير توزيع ونسب وتوقيت سقوط الأمطار في العالم، كما يؤدي إلى تغيرات كبيرة في الضغط الجوي، ومن ثم تغير مسارات الرياح السائدة.

هذا في مجمله يعني زيادة الجفاف والتصحر في مناطق محددة من العالم دون أخرى، ويعنى نقص الموارد المائية ومياه الشرب في بعض المناطق ونمائها في مناطق أخرى، كما يعني اختلال تركيبة المحاصيل الزراعية، وبالتالي تغير خريطة الإنتاج الغذائي العالمي (ويمكن أن يتطور الأمر إلى حروب مسلحة في المستقبل حول الغذاء).

إنَّ الاهتمام بقضية التغير المناخي قد بلغ درجة كبيرة لم تبلغها سابقا أي قضية علمية مماثلة^(****) فقد بدأ الاهتمام العالمي بالبيئة، في إطاره الحديث، بما تم انجازه بإشراف الفريق الحكومي الدولي للتغير المناخي (UN intergovernmental panel on climate change) (IPCC) الذي تأسس في إطار الأمم المتحدة عام 1988 وعهد إليه بمهمة تقويم المعلومات المتعلقة بالتغير المناخي من الزوايا العلمية والفنية والاقتصادية والاجتماعية، ومن تلك الانجازات وضع الاتفاقية الإطار للتغير المناخي Framework (FCCC: convention on climate change) التي اعتمدها الأمم المتحدة يوم 09 ماي 1992 وعرضت لتوقيع ممثلي الدول أثناء انعقاد مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية (UNCED) وأطلق عليه قمة الأرض (Earth summit) الذي انعقد في ريودي جانيور بالبرازيل في جوان 1992⁽³⁾.

تستهدف الاتفاقية الإطار بصفة أساسية تحجيم انبعاثات (Emissions) الغازات أو الاحتباس الحراري (Greenhouse gases)

((GHG)) وأهمها غاز ثاني أكسيد الكربون (Co2 carbon dioxide) وغازات أخرى، مع العمل على استقرار تركيز تلك الغازات في الغلاف الجوي عند مستوى يحول دون وقوع الآثار الضارة بالنظام البيئي، وقد تعهد الموقعون على الاتفاقية الإطار (FCCC) وبلغ عددهم سنة 2003 نحو 178 دولة، بوضع برامج لمواجهة التغير المناخي وتبني سياسات محلية في كل دولة لتخفيض غازات الدفيئة (GHG) عند مستوى عام 1990، وذلك باستثناء الغازات التي تضمنها بروتوكول مونتريال 1987 الذي اختص بمعالجة المواد المؤثرة في طبقة الأوزون ويصدر الفريق الحكومي الدولي (IPCC) تقارير متابعة تستهدف تحسين مستوى الدراسات العلمية والتدقيق في حساب القياسات التي يتم على أساسها متابعة تطورات التغير المناخي⁽⁴⁾.

2. مصادر الطاقة المتجددة

نقصد بمصادر الطاقة المتجددة تلك المصادر التي تتميز بصفة الديمومة والتجدد، أي أن مخزونها غير قابل للنفاذ مهما استهلك منه، وتتمثل هذه المصادر في: الطاقة الشمسية، الطاقة المائية، الطاقة الهوائية، طاقة الحرارة الجوفية، الطاقة العضوية والانصهار النووي والهيدروجين.

أولاً. الطاقة الشمسية

تبت الشمس طاقتها في الفضاء، ولا تستقبل الأرض إلا جزءاً يسيراً من هذه الطاقة، وهذا الجزء البسيط من طاقة الشمس التي تستقبلها الأرض هي في نهاية المطاف مصدر الحياة على سطحها والمصدر المباشر وغير المباشر لجميع أنواع الطاقات المتوفرة عليها وذلك باستثناء الطاقة النووية وطاقة المد والجزر⁽⁵⁾.

وتعرف ظاهرة توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية مباشرة بالفولتية الضوئية (Photovoltaic)

وتعتمد هذه التقنية على شرائح تشبه الموصلات تعرف بالخلايا الضوئية (Photo Cells) والتي توضع مصفوفة في شكل هندسي مناسب لاستقبال ضوء الشمس وتحويل طاقتها إلى طاقة حركية لشحنات الخلية، ومن خلال توصيل شبكة الكهرباء في المنزل بهذه الخلايا أو بوسيط تخزين للطاقة، تستغل الطاقة الكهربائية الناتجة في الأغراض الحياتية المختلفة. ثعلى الرغم من النجاحات الأولية وخاصة على المستوى البحثي في مجال إنتاج الكهرباء من الشمس مباشرة، غير أن التكاليف الكبيرة لتصنيع الخلايا الضوئية أدت إلى عرقلة استغلال هذه الطاقة⁽⁶⁾.

تعتبر الطاقة الشمسية مصدرا للطاقة المتجددة والنظيفة، إذ اعتبرت المصدر الأساسي للطاقة في حياة الإنسان والكائنات الحية الأخرى منذ القدم، وتنوع استخدامات الطاقة الشمسية من تدفئة المنازل وتبريدها، إلى توليد الكهرباء لتزويد الشبكات الأرضية وتشغيل خدمات المناطق النائية التي تفتقر إلى الشبكة الكهربائية.

تمتلك الطاقة الشمسية العديد من الفوائد كونها تدخل في تطبيقات متعددة ومتنوعة لتلبية متطلبات الحياة اليومية منها⁽⁷⁾:

1. سهولة ومرونة تقنياتها، كالخلايا الضوئية، التي يمكن تركيبها فوق أسطح المنازل والبنيات واستخدامها في بعض الأماكن التي يصعب فيها الحصول على الكهرباء، لعدم إمكانية أو صعوبة الربط بالشبكات الوطنية أو صعوبة نقل الوقود أو ارتفاع التكاليف، كما في حالة الأقمار الصناعية والمناطق النائية والسفن.

2. لا تنبعث عن الكهرباء الناتجة أية غازات ضارة أو إشعاعات أو تلوث فهي وبكافة المقاييس تعتبر صديقة للبيئة.

من مشكلات نظام الخلايا الضوئية الحاجة إلى تخزين الطاقة، كما يواجه هذا النظام مشكلة التوقف عن العمل في الليل وخلال أيام الغيوم الكثيفة. إلا أنَّ هذه المشكلات يمكن تجاوزها، وخاصة في ضوء التقنيات المتطورة، وفي الوقت الحالي أصبحت هناك تقنيات حديثة لخرن الكهرباء في الملح الذائب (Molten Salt) وفي بعض المركبات الكيميائية المطورة و حتى في رمال الصحراء⁽⁸⁾.

ثانيا. الطاقة الهوائية (طاقة الرياح)

هي الطاقة المستمدة من الرياح عن طريق تحويل حركتها، أي طاقتها الحركية، إلى شكل آخر من أشكال الطاقة سهلة الاستخدام، بالدرجة الأساس إلى طاقة كهربائية وإلى درجة أقل طاقة ميكانيكية، تستخدم في عدد كبير من التطبيقات.

تمثل طاقة الرياح مصدرا واعدا لتوليد الطاقة الكهربائية بحيث حققت معدلات نمو كبيرة تزيد عن 20٪ سنة 2010. لقد بدأ استخدام طاقة الرياح مع بدايات التاريخ لإغراض مختلفة، إلا أنَّ استخدامها لتوليد الكهرباء يعتبر جديدا نسبيا حيث بدأ، و لأول مرة، في الولايات المتحدة الأمريكية في بدايات القرن الماضي، حيث تم استخدام طواحين هوائية صغيرة في عشرينيات القرن الماضي لتوليد الكهرباء في بعض المناطق الريفية البعيدة عن خدمات الكهرباء، إلا أنَّ استخدامها قل كثيرا بعد وصول خطوط نقل الطاقة الكهربائية إلى المناطق الريفية الأمريكية خلال الثلاثينيات من القرن الماضي، ومجددا عاد الاهتمام

بالطاقة الهوائية لتوليد الكهرباء خلال سبعينات القرن الماضي، وبدأت تشهد تطورا ملحوظا وحاليا أدخلت في هذه الخدمة توربينات هوائية (تختلف عن الطواحين الهوائية التقليدية) لتوليد الكهرباء، وهي تتألف من شفرات (Blades) دوارة يتم تركيبها على محور عمودي وهي بحركتها تشغل محركا قادر على تحويل طاقة الرياح الحركية إلى طاقة كهربائية⁽⁹⁾.

على الرغم من أن توليد الطاقة الكهربائية بطاقة الرياح تعتبر تنافسية وأقل تكلفة مقارنة بتوليدها من الخلايا الضوئية، إلا أن تكاليفها لا تزال عالية نسبيا مقارنة مع الفحم أو الغاز الطبيعي وخاصة بالنسبة للمناطق البحرية، كما أنها تفوق تكاليف بعض المصادر المتجددة الأخرى أيضا⁽¹⁰⁾.

تعتبر طاقة الرياح أحد مظاهر الطاقة الشمسية، فالشمس ترفع درجة حرارة طبقات الفضاء - وهذه الأخيرة ليست على درجة حرارة واحدة في كل الأماكن، وفي كل الطبقات - وبالتالي ينتقل الهواء البارد ليحل محل الهواء الساخن. وكذلك يرتفع الهواء الساخن بدوره إلى أعلى ليحل مكانه الهواء البارد، هذه التحركات هي التي تسبب الريح فتختلف من موضع إلى آخر⁽¹¹⁾.

ثالثا. الطاقة الجوفية (Geothermal Energy)

الطاقة الجوفية هي الطاقة المستمدة من حرارة جوف الأرض، والتي عادة ما تكون على شكل ماء حار أو بخار، وقد استغل البشر طاقة حرارة جوف الأرض لا مدادهم بالحرارة منذ آلاف السنين.

تستخدم المياه الحارة الجوفية حاليا في بلدان عديدة من العالم في بعض الاستخدامات الحرارية المباشرة، منها في تدفئة المنازل وفي أحواض السباحة والمنتجعات السياحية والصحية بالإضافة إلى بعض التطبيقات الأخرى

خاصة في المجالات الزراعية والصناعية⁽¹²⁾. يمكن الانتفاع مباشرة من حرارة المياه التي تقع دون درجة الغليان، ومن البخار الذي يصل إلى درجة حرارة 150 درجة مئوية، أما إذا زادت درجة الحرارة عن 150 درجة فتصبح مناسبة جدا لتوليد الكهرباء.

بدأت إيطاليا مبكرا، منذ مطلع القرن العشرين، في توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الحرارية الجوفية من البخار الجاف، فيما شرعت نيوزيلندا في توليد الكهرباء بواسطة مولدات وميض البخار، وهناك مولدات مماثلة في الولايات المتحدة الأمريكية (في ألاسكا وهاواي تحديداً) واليابان⁽¹³⁾.

ترتفع درجة الحرارة كلما نزلنا إلى باطن الأرض، فعند عمق بضعة كيلومترات تحت سطح الأرض تكون درجة الحرارة نحو 250 درجة مئوية، وبشكل عام ترتفع درجة الحرارة درجة مئوية واحدة لكل نحو 25-40 متر عمق أي نحو 25 درجة مئوية لكل كيلومتر واحد، وتفتح هذه الظاهرة آفاق عديدة منها الاستفادة من هذه الطاقة في تدفئة المنازل شتاء أو تبريدها بتمرير الهواء أو الماء الخارجي الحر في فصل الصيف في الطبقات القريبة من السطح والتي تحافظ على درجة حرارتها معتدلة وثابتة تقريبا خلال الفصول كلها.

يتمُّ استغلال ثبات درجت الحرارة خلال فصول السنة في الطبقات القريبة من سطح الأرض، بتمرير الهواء أو الماء خلال أنابيب، فيتم رفع درجت حرارة الهواء أو الماء في فصل الشتاء أو تبريده في فصل الصيف، ومن ثم استخدامه في وسائل التدفئة أو التبريد المختلفة لتوفير الطاقة⁽¹⁴⁾. يواجه هذا المصدر من الطاقة صعوبات ومشاكل مختلفة تحد من إمكانية تطويره والاستفادة منه، أولها صعوبة البحث والتنقيب ومشكلة الحفر العميق بالإضافة إلى معرفتنا المحدودة بحركة المياه وتياراتها في باطن الأرض⁽¹⁵⁾.

رابعاً. الطاقة المائية

الطاقة المائية هي الطاقة المستمدة من حركة المياه المستمرة والتي لا يمكن أن تنفذ، وهناك أنواع عديدة من الطاقة المائية من أهمها : الطاقة الكهرومائية، طاقة المد والجزر وطاقة الأمواج وتندرج طاقة المد والجزر وطاقة الأمواج في بعض الأحيان ضمن طاقة المحيطات.

() **الطاقة الكهرومائية:** وهي الطاقة الناتجة عن استغلال طاقة مساقط المياه وطاقة المياه الجارية سواء كانت محطات توليد كهرباء هيدرولوجية صغيرة جداً أو المحطات الضخمة التي تولد الكهرباء⁽¹⁶⁾.

() **طاقة المد والجزر:** وهي تتولد من انخفاض مياه البحر وارتفاعها كلما اقترب القمر من الأرض أو ابتعد عنها، وتتميز هذه الطاقة بكونها طاقة نظيفة لا تنتج انبعاث غازات ضارة أو نفايات ولا يحتاج تشغيلها إلى وقود، لكنها تحتاج إلى تكاليف استثمارية عالية للبناء، والمواقع الصالحة لها نادرة، ويقتصر إنتاج الكهرباء منها على فترات حركة المد والجزر.

() **طاقة الأمواج:** والتي تولد الكهرباء من قوة الأمواج وحركتها المستمرة، بحيث لا تزال تقنيات توليد الكهرباء من طاقة الأمواج في مراحلها الأولى، وهناك محاولات في بعض البلدان لاستغلال هذا المصدر.

خامساً. الطاقة العضوية (الحيوية) (Biomass)

تعرف الطاقة الحيوية اختصاراً بـ (Bio-energy) وهي مشتقة من الطاقة المخزونة في الكتلة الحيوية (Biomass) وتشمل بالدرجة الأولى النباتات والمواد العضوية (باستثناء الوقود الأحفوري) ويمكن استخدامها عادة بصورة مباشرة على شكل مواد صلبة قابلة للاحتراق من ضمنها الأخشاب والمخلفات الصناعية الخشبية والمخلفات الزراعية والمحاصيل

الزراعية، ويضاف إليها كذلك الفضلات الحيوانية ونفايات المدن (باستثناء المواد البلاستيكية والمركبات غير العضوية)، وبالإمكان استخدام الطاقة الحيوية للأغراض الرئيسية التالية:

- أ توليد الكهرباء
- ب إنتاج الحرارة
- ج إنتاج الوقود الحيوي (****)

وقد احتلت طاقة الكتلة الحيوية المركز الأول في العالم من بين مصادر الطاقة الأولية لغاية عشرينات القرن الماضي أما في وقتنا الحالي فتحتل المرتبة الرابعة بعد النفط والغاز والفحم.

سادسا. الانصهار النووي (Fussion)

تحدثنا عن الطاقة النووية المستمدة من الانشطار النووي والتي تعمل بها المفاعلات النووية الحالية وهي تعتمد على اليورانيوم (Uranium) كوقود أساسي لها، و تعتبر بذلك طاقة ناضبة لأنها تعتمد على مورد ناضب، أما المفاعلات النووية التي تستعمل وقود التريتيوم (Tritium) المشتق من الليثيوم (Lithium) ووقود الديتريوم (Diterum) أو الهيدروجين الثقيل الموجود في مياه المحيطات والبحار بكميات هائلة وهذا ما يسمى بالانصهار النووي، والطاقة التي تنتجها مثل هذه المفاعلات هي طاقة دائمة، وتعتبر إمدادات هذه المصدر غير محدودة وغير ناضبة بالنسبة إلى حاجة المفاعلات وتلقى اهتماما كبيرا في الولايات المتحدة الأمريكية وغيرها من الدول الصناعية الكبرى⁽¹⁷⁾.

سابعا: الهيدروجين

إنَّ الاهتمام الواسع بالهيدروجين كمصدر أساسي للطاقة في المستقبل وكبديل لوسائل الوقود التقليدية المعروفة، وخاصة النفط، نابع من كونه يتمتع بمزايا عديدة تجعل منه وقودا مثاليا بالمقارنة مع أنواع الوقود المتوفرة والبديلة ومن هذه المزايا⁽¹⁸⁾:

- 1- الهيدروجين عنصر قابل للاحتراق ذو محتوى حراري عالي ولا ينتج من احتراقه أي غازات سامة ملوثة.
- 2- أنه مصدر غير ناضب ومتوفر بكميات هائلة في الطبيعة، وخاصة في مياه البحار والمحيطات، وهو دائم ومتجدد، إذ أنَّ احتراقه يولد الماء النقي الذي يمكن أن يستخلص منه الهيدروجين مرات متتالية وغير محدودة.
- 3- سهولة نقله وتخزينه، أي أنَّ الهيدروجين يمكن نقله بشكل سائل أو غاز، سواء في صهاريج أو عبر شبكات الأنابيب وهذا ما يجعل منه وقودا قابلا للاستهلاك، وبذلك يمكن استعمال أنابيب الغاز الموجودة حاليا دون الحاجة إلى إنشاء أنابيب جديدة .

يمكن استخدام الهيدروجين في البيوت السكنية بدلا من الغاز الطبيعي وبصورة خاصة لأغراض الطبخ والتسخين والتدفئة، كما يمكن استعماله كوقود مستقبلي لمختلف وسائل النقل دون إجراء تغييرات جذرية في أجهزة المحركات المعمول بها حاليا، هذا بالإضافة إلى استعماله في صناعة الأسمدة الكيميائية وتوليد الطاقة الكهربائية.

3. الطاقة المتجددة في الاتحاد الأوروبي (*****)

أثمرت السياسات والجهود المبذولة في أوروبا، بتزايد مساهمة مصادر الطاقة المتجددة (وخاصة طاقة الرياح) في الوصول إلى مستويات ملموسة من إجمالي استهلاك الطاقة المتجددة، وإن كانت مازالت متواضعة في أفضل الحالات حيث بلغت مساهمة طاقة الرياح أكثر من 12٪ من إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة سنة 2011 في بعض الدول مثل ألمانيا والدانمرك، كما أن تقنيات الطاقة الشمسية شهدت تقدما متسارعا وعلى الأخص في ارتفاع كفاءة الخلايا الشمسية، وتواصل انخفاض تكلفة إنتاجها وأسعارها⁽¹⁹⁾.

لقد تبنت معظم الحكومات الأوروبية سياسات دعم قوية للتوسع في بناء محطات كهرباء شمسية مركزية (CSP) وفي استخدام الخلايا الشمسية لتوليد الكهرباء فوق سطح المباني.

تستهدف سياسات الطاقة الحالية في دول الاتحاد الأوروبي الوصول بحصة مساهمة مصادر الطاقة المتجددة إلى مستوى 20٪ من إجمالي استهلاك الطاقة الكهربائية في دوله بحلول عام 2020، ويعتبر هذا الهدف الأوروبي " طموحا" نظرا إلى التكاليف الباهظة على ميزانية الحكومات (وبالتالي دافعي الضرائب)، إذ مازالت كلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية باهظة، ويعود ذلك لانخفاض معدلات تدفق مصادر الطاقة المتجددة (وهو ما يتطلب مساحات شاسعة لالتقاطها وتحويلها لتلبية جزء ملموس من احتياجات التجمعات الحضرية والصناعية) وتباين شدتها من منطقة لأخرى وتفاوت انسيابها على مدار السنة واليوم والساعة (وهو ما يتطلب قدرا كبيرا من وسائل التخزين المكلفة أو الاحتفاظ بسعات توليد تقليدية كاحتياطي) (*****).

من المتوقع أن تتواصل سياسات الدعم الحكومي لتحقيق التوسُّع المستهدف في استخدام مصادر الطاقة المتجددة في أوروبا وشمال أمريكا واليابان وحتى في الدول النامية، مدفوعة بالرغبة القوية للحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، دافع التغير المناخي وكذلك لخفض الاعتماد على استيراد النفط. ويبيِّن الشكل رقم (03) توقعات وكالة الطاقة الدولية بشأن حصص مختلف مصادر الطاقة المتجددة من إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة عامي 2015 و 2030 مقارنة بعام 2007 في سيناريو المرجع⁽²⁰⁾.

شكل رقم (03) توقعات وكالة الطاقة الدولية بشأن حصص مختلف مصادر الطاقة المتجددة من إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة عامي 2015 و 2030 مقارنة بعام 2007 في سيناريو المرجع



المصدر: عدنان شهاب الدين، دور الطاقة النووية والطاقة المتجددة في توليد الكهرباء، مجلة النفط والتعاون العربي، منظمة الدول العربية المصدرة للنفط، العدد 133، 2010، ص 34.

من خلال الشكل يتبين أن معظم النمو سيكون في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية "OECD"، كما أن حصة الطاقة الكهرومائية تمثل حالياً 85٪ من إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة عالمياً من مصادر الطاقة المتجددة في عام 2007، والباقي للكتلة الحيوية وطاقة الرياح، في حين يتوقع أن ترتفع نسبة مساهمة مصادر الطاقة المتجددة (باستثناء طاقة الرياح) إلى حوالي 40٪ من إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة عام 2030، والتي بدورها ستساهم بـ 22٪ من إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة، وسيتركز معظم هذا النمو في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية.

تشير دراسة الوكالة الدولية للطاقة إلى إمكانية أن ترتفع نسبة مساهمة مصادر الطاقة المتجددة بشكل كبير في حالة تبني الدول الصناعية والدول النامية والصاعدة لسياسات إضافية تهدف إلى استقرار نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو عند 450 جزء في المليون لضمان إبقاء "الإحترار المناخي" للكرة الأرضية في حدود 2 درجة مئوية، بحيث أن أي زيادة لحصة الطاقة المتجددة تفوق 20٪ من إجمالي استهلاك الطاقة سيكون صعب التحقيق لسببين رئيسيين:

أولهما: التكلفة الباهظة للدعم الإضافي المطلوب لتحقيق هذا الهدف،

السبب الثاني يعود إلى صعوبات جوهرية وتقنية تحد من إمكانية رفع حصص مصادر الطاقة المتجددة المتقطعة (مثل الطاقة الشمسية و طاقة الرياح)، مع المحافظة على استقرار الشبكات الكهربائية، إلا في حالة تطوير تقنيات لتخزين الطاقة الكهربائية والحرارية القابلة للاستخدام التجاري الواسع وبأسعار زهيدة⁽²¹⁾.

أولاً. الوقود الحيوي كبديل واعد للنفط (Bio fuels)

يخضى الوقود الحيوي باهتمام عالمي واسع من بين الطاقات المتجددة إذ يعتبر مصدر واعد للطاقة التي يأمل أن تلعب دورا متزايدا في مزيج الطاقة العالمي خلال العقود القادمة، ومصطلح الوقود الحيوي يشير إلى أنواع الوقود السائل المستمد من الكتلة الحيوية (Biomasse) والتي يمكن استخدامها كوقود لمحركات و سائل النقل.

أما بالنسبة للأنواع الرئيسية للوقود الحيوي السائل المستخدمة في قطاع النقل والأكثر انتشارا في العالم هي: الايثانول الحيوي (Bioethanol) والديزل الحيوي (Biodiesel)، ويتم إنتاج الايثانول الحيوي بالأساس من قصب السكر والذرة والقمح، أما الديزل الحيوي فينتج من الزيوت النباتية مثل: عباد الشمس⁽²²⁾.

تسارعت معدلات نمو إنتاج واستخدام الوقود الحيوي في السنوات الأخيرة، والمدفوعة بسياسات نشيطة ترمي إلى تعزيز مفهوم "أمن الطاقة" من خلال تنويع مصادرها والحد من انبعاثات غازات الدفيئة، بالإضافة إلى دفع عجلة التنمية الزراعية، لكن سرعة هذه التطورات فاقت بكثير التأثيرات (الضارة) المحتملة لصناعة الوقود الحيوي على البيئة والأمن الغذائي^(*****)، ومدى استدامة استخدامها للموارد الطبيعية، وباستثناء الايثانول المستخلص من قصب السكر في البرازيل، فإن جميع تقنيات ما يسمى بالوقود الحيوي من الجيل الأول قد شهدت بعض المشاكل، وكشف عن عيوب فيها لم تكن متوقعة، وعلى الرغم من التباطؤ الكبير في نمو صناعة الوقود الحيوي خلال 2009، إلا أنها استرجعت نشاطها بحلول عام 2010، ومن المرجح أن تتحقق الأرقام المستهدفة لنمو إمدادات الوقود الحيوي على المدى المتوسط، لذلك ظهرت هناك حاجة ملحة لمراجعة السياسات المحفزة لنمو إمدادات واستخدامات الوقود الحيوي وما يرتبط بها من

أهداف لتفادي الأخطاء والتأثيرات الضارة المحتملة على البيئة والاقتصاد، وهذا لحماية الفقراء وتحسين الأمن الغذائي وضمان استدامته عموماً.

تبذل الدول حالياً جهوداً بحثية كبيرة لتطوير تقنيات الوقود الحيوي الواعدة من الجيلين الثاني والثالث تجارياً، لكنها لا تزال في حاجة إلى المزيد من جهود البحث والتطوير واسعة النطاق، وعلى العموم فإن إنتاج واستخدام الوقود الحيوي في المستقبل ينبغي أن يستوفي مجموعة من المعايير وهي⁽²³⁾:

- 1- أن يؤدي إلى تحقيق وفورات كبيرة في انبعاثات غازات الدفيئة مقارنة مع الوقود الأحفوري.
- 2- اعتماد نظم الزراعة السليمة بيئياً و نظم إدارة الغابات لإنتاج المواد الوسيطة.
- 3- الحفاظ على التنوع البيولوجي.
- 4- أن تكون شاملة اجتماعياً وتتكامل مع إنتاج المواد الغذائية واستخدامات الكتلة الحيوية الأخرى.
- 5- وأخيراً ينبغي أن تساهم مساهمة إيجابية في تأمين استخدام أمثل للأراضي.

ثانياً. الاتجاه نحو الاقتصاد الهيدروجيني

على الرغم من القبول الواسع لاقتصاد الهيدروجين، فإنه لا يوجد تعريف دقيق له، وتنبع الصعوبة الرئيسية في إعطاء تعريف من حقيقة أن الهيدروجين ليس مصدراً حقيقياً للطاقة، وإنما هو وسيط حامل للطاقة يمكن إنتاجه من موارد عدة عن طريق استخدام الطاقة الأولية، وهو بذلك يشبه الكهرباء التي توجد بكميات محدودة في الطبيعة، لكنها عظيمة القيمة كونها

تشكل استخداما لطاقة نظيفة يسهل التحكم فيها، ويمكن لعملية الحد من الكربون في نظام الطاقة أن تؤدي إلى مزيد من إنتاج الهيدروجين واستخدامه، الأمر الذي يعزز مفهوم "الاقتصاد الهيدروجيني" بحيث يصبح حامل الطاقة السائد، ويعد احتراق الهيدروجين نظيفا بالرغم من وجود انبعاثات لا تكاد تذكر من أكاسيد النيتروجين، وهذا عند استخدامه في محركات الاحتراق، ويمكن إنتاج الهيدروجين بطرق مختلفة، منها: الوسائل المحدودة النطاق مثل: تعرق أنواع معينة من الطحالب، التحلل الحراري المباشر، والتمثيل الضوئي المباشر، غير أنه يتم إنتاجه في المقام الأول إما من التحليل الكهربائي للماء أو تهذيب البخار للغاز الطبيعي، كما يمكن إنتاجه من عملية الأكسدة الجزئية للهيدرو كربونات ثقيلة الوزن، مثل النفط والفحم الحجري، كما يمكن استعمال الهيدروجين، مثل أي وقود آخر في أنواع مختلفة من أغراض الاستخدام النهائي في إنتاج الحرارة والطاقة⁽²⁴⁾.

هناك مجموعة من المؤثرات تسهم في توجيه مسار أي اقتصاد مستقبلي للطاقة الهيدروجينية، ومن هذه المؤثرات :

- التقليل من انبعاث غازات الاحتباس الحراري.
- التقليل من الانبعاثات المسببة للتلوث.
- تحسين أمن إمدادات الطاقة.

فهل يمكن أن يتجه العالم إلى اقتصاد هيدروجيني في المستقبل؟

خاتمة

تعتبر مشكلة التلوث البيئي من أهم المشاكل العالمية في الوقت الحالي، إذ يرتبط هذا الأخير بنمو النشاط الإنتاجي، فطالما أن النشاط الاقتصادي ينمو فإن حجم التلوث البيئي يزداد معه وهذا بحكم الاعتماد الكلي على النفط في العملية

الصناعية، فالتلوث البيئي له عدة أبعاد : تلوث الهواء، تلوث المياه والتلوث النفطي والذي يعتبر أخطرها على الإطلاق كونه يتسبب في حالات التسمم التي تحدث للأسمك والكائنات البحرية، بالإضافة إلى هذه المخاوف هناك مخاوف أخرى لا تقل أهمية عن السابق ذكرها وهي: الاحتباس الحراري والتغير المناخي، إذ تشير الدراسات العلمية إلى ارتفاع درجة الحرارة على سطح الأرض وهذا بالتزامن مع ارتفاع غازات الدفيئة في الجو.

مع أن مصادر الطاقة الأحفورية خاصة النفط تهيمن على استخدامات الطاقة العالمية، إلا أن تقنيات تطوير مصادر الطاقة المتجددة التي يمكن أن تساهم في رفع درجة أمن الطاقة ونظافة البيئة وتعزيزهما ستحظى بدعم واهتمام متزايدين من معظم دول العالم، وإن بنسب مختلفة ومتفاوتة، وعلى الأخص الدول المستوردة للنفط، وبالذات الاقتصاديات الصاعدة منها كونها مطالبة بالحفاظ على النمو الاقتصادي العالمي.

هوامش

(*) يعتبر العالم الفرنسي جوزيف فوريير (Joseph fourier) هو أول من اكتشف ظاهرة <الاحتباس الحراري> أو ظاهرة <البيت الزجاجي> أو ظاهرة <الدفء الكوني> وذلك في عام 1924، ثم شرع في إجراء دراسات واختبارات على هذه الظاهرة العالم سفانتي أرهنيوس <Svante arrhenius> في عام 1896، حيث درس ظاهرة امتصاص الغازات في الجو للأشعة تحت الحمراء (الموجات الحرارية Heat Waves) وإعادة انبعاثها إلى الأرض من جديد، وخاصة الغازات الناجمة عن احتراق الوقود الأحفوري، وتحديدًا غاز ثاني أكسيد الكربون.

(**)الصوبة تعني البيت البلاستيكي الذي ينتج الغازات نتيجة لاحتباس الحرارة بداخله، ولكن هنا تعني الغازات الناجمة عن الاحتباس الحراري.

1. M.Bouchentouf, **le réchauffement climatique et ses conséquences**, Pro-natura international, paris, 2010, P05.

2. Op.cit, p p, 06-07.

***)المؤسف والمحزن أن تداعيات التغير المناخي وآثاره سوف تكون أشد وأقس على الفقراء وعلى الدول الأكثر فقرا وهذا لسبب بسيط ، هو أنها الأقل استعدادا والأقل قدرة على مواجهة ومجابهة مخاطر وآثار تلك المشكلة الخطيرة .
****)ومن معالم ذلك ، حمل مجلس الأمن الدولي على مناقشتها وبحث تداعياتها وهو أمر جديد تماما على مجلس أممي معني أساسا ببحث النزاعات والصراعات الدولية، وهذا ما يوضح خطورة الأمر ومدى الاهتمام العالمي به .
3. حسين عبد الله ، النفط العربي خلال المستقبل المنظور: معالم محورية على الطريق؛ الطبعة الأولى، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الإستراتيجية، 1998 ، ص 395.

4. نفس المرجع السابق، ص ص 396-397.

5. حافظ برجاس، الصراع الدولي على النفط العربي؛ الطبعة الأولى، بيسان للنشر والتوزيع والإعلان، بيروت، 2000، ص 55.
6. كريستوفر فلافين و سيث دون، ترجمة شويكار زكي، استغلال أشعة الشمس وطاقة الرياح (سياسات لاستقرار المناخ و ترسيخ الاقتصاديات)، معهد مراقبة البيئة العالمية، الدولية للاستثمارات الثقافية، الطبعة الأولى، 2000. ص ص. 216-217.

7. علي رجب، تطور الطاقات المتجددة وانعكاساته على أسواق النفط العالمية والأقطار الأعضاء، مجلة النفط و التعاون العربي، العدد 133، منظمة القطر العربية المصدرة للنفط، أوابك، 2008، ص.25.

8. أيوب أبودية ، الطاقة المتجددة، معهد مراقبة البيئة العالمية، الدولية للاستثمارات الثقافية، الطبعة الأولى، 2000. ص.66.

9. علي رجب، تطور الطاقات المتجددة و انعكاساته على أسواق النفط العالمية و الأقطار الأعضاء، مرجع سبق ذكره، ص.ص. 27,28.

10. نفس المرجع السابق، ص.ص. 29.30.
11. كريستوفر فلاين و سيث دون، ترجمة: ششويكار زكي، استغلال أشعة الشمس و طاقة الرياح (سياسات لاستقرار المناخ و ترسيخ الاقتصاديات)، مرجع سبق ذكره، ص 99.
12. علي رجب، مرجع سبق ذكره، ص 32.
13. أيوب أبودية، مرجع سبق ذكره.
14. نفس المكان.
15. حافظ بجاس، مرجع سبق ذكره، ص.60.
16. علي رجب، مرجع سبق ذكره، ص 36.
- *****) و الذي يعتبر كمصدر واعد بديل للنفط .
17. حافظ برجاس، مرجع سبق ذكره، ص.ص.61-62.
18. نفس المرجع، ص ص 62-63.
- ******) أدرجنا مثال الاتحاد الأوروبي لأنه الأكثر تقدما في مجال تطوير و استخدام الطاقات المتجددة.
19. عدنان شهاب الدين، دور الطاقة النووية والطاقة المتجددة في توليد الكهرباء، مجلة النفط والتعاون العربي، منظمة الدول العربية المصدرة للنفط، العدد 147، 2010، ص 33.
- ******) من الجدير بالذكر أنه خلال الأزمة المالية العالمية 2008-2009، توقف العمل في العديد من مشاريع بناء محطات طاقة شمسية مركزية لتوليد الكهرباء في إسبانيا أثر تقليص الدعم الحكومي بسبب الحاجة إلى بناء ميزانية تقشف لخفض الدين العام.
20. نفس المرجع السابق، ص 34.
21. نفس المرجع السابق ، ص ص 34-35.
22. علي رجب، تطور الطاقات المتجددة و انعكاساته على أسواق النفط العالمية و الأقطار الأعضاء، مرجع سبق ذكره ، ص 47

- *****
(عند هذه النقطة يمكن إدراج سؤال هو: هل السعي إلى تعزيز مفهوم "أمن الطاقة" بالاعتماد على إنتاج الوقود الحيوي يكون على حساب أمن الغذاء؟ لأنه كلما سعينا إلى إنتاج الوقود الحيوي فهذا يؤدي إلى نقص الغذاء، وبالتالي ننتقل من معالجة مشكلة إلى مفاومة مشكلة أخرى.
23. نفس المرجع السابق، نفس الصفحة.
24. ديفيد هارت ،"مستقبل الطاقة: هل نتجه نحو الاقتصاد الهيدروجيني" ، المخاطر و الغموض في أسواق الطاقة العالمية ، مرجع سبق ذكره، ص-ص. 58-59 .