الجامعة اللبنانية

المعهد العالي للدكتوراه في الحقوق والعلوم السياسية والإدارية والاقتصادية

إشكالية الطاقة في القرن الواحد والعشرين:

أزمة الطاقة، الطاقة البديلة وسياسات ما بعد النفط

رسالة لنيل دبلوم الدراسات العليا

في العلوم السياسيّة

إعداد

طوني السغبيني

لجنة المناقشة

الدكتور ريمون حداد	الأستاذ المشرف	رئيساً
الدكتور حافظ برجاس	الأستاذ المساعد	عضواً
الدكتور ابراهيم مشورب	الأستاذ المساعد	عضواً

٢٠١٠

الجامعة اللبنانية غير مسؤولة عن الآراء الواردة في هذه الرسالة

والتي تعبّر عن رأي صاحبها فقط

التصميم

- **الفصل الأوّل: الوقود الأحفوري: أزمتي الطاقة والتغيّر المناخي**
- **المبحث الأول: الوقود الأحفوري: منظور جيولوجي وتاريخي واقتصادي**
- *الفقرة الأولى: الطاقة والمجتمعات الإنسانية*
- *الفقرة الثانية: النفط*
- **المبحث الثاني: أزمة الطاقة الحالية**
- *الفقرة الأولى: هل دخلنا عصر "الذروة النفطية"؟*
- *الفقرة الثانية: الفحم والغاز والانعطاف الخاطىء في سياسات الطاقة*
- **المبحث الثالث: الوقود الأحفوري والتغيّر المناخي**
- *الفقرة الأولى: التغيّر المناخي: ماهيّته وأسبابه ونتائجه*
- *الفقرة الثانية: الوقود الأحفوري ومكافحة التغيّر المناخي*

- **الفصل الثاني: الطاقة البديلة: الامكانيات والعوائق**
- **المبحث الأول: الطاقة البديلة: تعريفها، أنواعها ومعايير تقييمها**
- **المبحث الثاني: الطاقة البديلة المثيرة للجدل**
- *الفقرة الأولى: الوقود الحيوي*
- *الفقرة الثانية: الطاقة النووية*
- **المبحث الثالث: الطاقة النظيفة والمتجدّدة**
- *الفقرة الأولى: الطاقة الهوائية*
- *الفقرة الثانية: الطاقة الشمسية*
- *الفقرة الثالثة: الطاقة المائية*
- *الفقرة الرابعة: الهيدروجين ومصادر أخرى*

- **الفصل الثالث: أزمة الطاقة وعالم الغد، الطاقة البديلة والتنمية المستدامة**
- **المبحث الأول: أزمة الطاقة، التنمية والعلاقات الدولية: لمحة من المستقبل**
- *الفقرة الأولى: الطاقة والعلاقات الدولية المعاصرة*
- *الفقرة الثانية: التنمية التقليدية في ظلّ أزمة الطاقة*
- **المبحث الثاني: التنمية المستدامة وسياسات الطاقة البديلة**
- *الفقرة الأولى: الطاقة البديلة والتنمية المستدامة: الروابط والمبادىء والتجارب*
- *الفقرة الثانية: العوائق الحالية أمام التحوّل الهيكلي للطاقة البديلة*
- **المبحث الثالث: لبنان والطاقة البديلة**
- *الفقرة الأولى: الوقود الأحفوري وأزمة الطاقة في لبنان*
- *الفقرة الثانية: امكانيات ومعوقات الطاقة البديلة في لبنان*

المقدّمة

تُعتبر أزمة الطاقة الحالية التي شهدت ذروتها في صيف العام ٢٠٠٨ من أكبر التحدّيات التي يواجهها المجتمع الدولي في الوقت الحالي. وتظهر خطورتها بشكل خاص لدى التوقّف عند التعريف الفيزيائي للطاقة وهو "القدرة على القيام بعمل"، فلا يمكن تخيّل أي نشاط إنساني منتج من دون صرف مجهود محدد من الطاقة بدءاً من انتاج الغذاء ونقل المياه وتأمين الاحتياجات الأساسية، مروراً بحركة النقل والمواصلات وعمل الحكومات والأجهزة العامة وصولاً إلى الانتاج الصناعي والتبادل التجاري والمشاريع الاقتصاديّة والعمرانيّة والعلميّة الكبرى. ومن هنا يأتي لقب أزمة الطاقة على أنها "أمّ الأزمات"، حيث لا يمكن الحديث عن التنمية أو عن مواجهة أي معضلة دولية أخرى كالتغيّر المناخي وأزمة الغذاء من دون المرور بالضرورة عبر معالجة أزمة الطاقة أولاً.

التحدّي الذي فرضته هذه الأزمة على العالم دفع علم السياسة في مراكز الأبحاث الغربية إلى دراسة الطاقة من منظور جديد يركّز على كونها محوراً للتاريخ الإنساني وعنصراً خفياً يقف وراء كل التحوّلات الحضارية الكبرى، بعدما اقتصرت الأبحاث في الماضي على تناول تأثير النفط على العلاقات الدولية فقط. ويرى هذا المنظور أن "التاريخ لا يسير من دون طاقة". فمن دون اختراع الدولاب والمحراث الذي وفّر طاقة هائلة لما كان ممكناً التحوّل من القرى البسيطة إلى المدن الزراعية التي تعيل آلاف البشر، ولولا الطاقة التي يقدّمها الهواء للأشرعة لما كان ممكناً لكولومبس أن يطأ أميركا، كما أنه لولا الآلة البخارية والفحم لما كان هنالك من ثورة صناعية ودولة قومية مركزية تبسط سيطرتها وقوانينها ونظامها على كافة أراضيها. وأخيراً لولا طاقة الوقود الأحفوري لما كان هنالك عولمة وتقارب للمسافات.

ويُعتبر النفط أرخص، أسهل وأوفر مصدر للطاقة في التاريخ، وقد ضاعف استخراجه فائض الطاقة المتوفّرة في تصرّف الإنسان إلى درجة غير مسبوقة فحققت البشرية بعد أقل من قرن على اكتشافه تطوّر صناعي وزراعي وسكّاني لم تشهده لآلاف الأعوام الماضية. قاد الذهب الأسود خلال عقود نموّا اقتصادياً هائلاً رافقه تطاحن وسباق دولي على موارد الطاقة حتى كاد استهلاكه اليوم يهدّد مصير الكوكب برمّته.

أدّى عصر الوفرة النفطية إلى تحوّل المجتمعات المعاصرة إلى مجتمعات مدمنة على الوقود الأحفوري: الزراعة وإنتاج وتخزين وتوزيع الغذاء وتوليد الكهرباء وتدفئة المنازل وتسيير الأعمال التجارية، التعليم وانتاج الأدوية وتشغيل أنظمة الصرف الصحّي والتدفئة والتبريد والمرافق العامّة، تشغيل المصانع ووسائل النقل

والإضاءة وتخزين المعلومات وإجراء الإتصالات فضلاً عن آلاف المنتوجات الصناعيّة التي تدخل المشتقات النفطية في تكوينها...ألخ.

لكن ما بدا على أنه أفضل نعمة تاريخية حظيت بها البشرية يبدو اليوم على أنه مصدر أسوأ المعضلات الاقتصادية والبيئية المعاصرة فضلاً عن المعضلات السياسية التي تركت ثقلها في الماضي على العلاقات الدولية. فالنفط هو مورد غير متجدّد وينضب بمعدّلات سريعة، والأضرار البيئية المباشرة الناتجة عن استهلاكه أطلقت عمليّة تغيّر مناخي وتدهور بيئي واسع يؤدّي إلى مشاكل كبيرة مثل شحّ الموارد، تقوّض النظم الإيكولوجية، تضاؤل الانتاج الزراعي، نزوح السكان وتصاعد النزاعات. وبما أن النفط بات "غذاء" المجتمع، يمكن تخيّل الصدمة التي تنتج عن أي انقطاع أو انخفاض في إمداداته؛ صدمة دفعت البعض للذهاب إلى التحذير من امكانية انهيار الحضارة الصناعية المبنيّة على استهلاك الوقود الأحفوري.

وبعد تحوّل أزمة الطاقة تحوّلها إلى أخطر الأزمات المعاصرة وأحد العوامل المؤثرة في المشهد السياسي والاقتصادي في العالم، وتبرز بالتالي ضرورة معالجتها في دراسة متكاملة تشمل كافة جوانبها وهي:

- دراسة أسباب أزمة الطاقة الحالية وتطوّرها المتوقّع على المديين المتوسّط والبعيد.
- دراسة وضعيّة الوقود الأحفوري بشكل عام والنفط بشكل خاص من النواحي الجيولوجيّة، الاقتصادية، والسياسيّة، والتي تؤثّر في قدرته على الاستمرار كمصدر أساسي للطاقة في القرن الواحد والعشرين.
- دراسة مصادر الطاقة البديلة: واقعها الحالي، امكاناتها المستقبليّة، العقبات التي تحول دون تطبيقها.
- دراسة وقع أزمة الطاقة على الخارطة السياسية والاقتصادية ومستقبل التنمية في ظلّ سيناريوهات استمرار الاعتماد على الوقود الأحفوري أو التحوّل الهيكلي إلى الطاقة البديلة.

وفيما تشغل أزمة النفط وامكانيات الطاقة البديلة الحيّز الأكبر من النقاش الأكاديمي في الدول الغربية وعالم الشمال، يبدو كأن العالم العربي غائب كلّيا عن هذه الأجواء رغم أنه أحد المعنيين الرئيسيين بهكذا موضوع كونه يضمّ أكبر الاحتياطات النفطيّة في العالم. ولمسنا هذا الغياب خلال التحضير لهذا البحث حيث واجهنا ندرة شديدة في المصادر العربيّة، أو حتّى المعرّبة منها من لغات أجنبية. وبالتالي فإن أحد **الفوائد العلميّة** الأساسية للبحث تكمن في سدّ الثغرة التي تشوب البحث السياسي – الاقتصادي في العالم العربي حول أزمة الطاقة.

أما الأهداف المنهجيّة الأخرى فهي من ناحية أولى التوصّل **إلى فهم الجذور والأسباب الحقيقية لأزمة الطاقة الحاليّة** التي تؤكّد كل الدراسات أنها مختلفة في طبيعتها عن سابقاتها. ومن الفوائد والأهداف المنهجيّة الإضافية هي **تحليل وتقييم كافة مصادر الطاقة الأخرى التي تُطرح اليوم كبديل عن الوقود**

الأحفوري، ومنها المثيرة للجدل بسبب تأثيراتها البيئية والأمنية كالطاقتين النووية والحيوية، ومنها الطاقات النظيفة التقليدية مثل تلك الهوائية والشمسيّة والمائيّة، وصولاً إلى الأنواع الجديدة كالهيدروجين.

وعلى ضوء المسألتين المذكورتين آنفاً، لا بدّ من **محاولة استشراف انعكاسات أزمة الطاقة على المجال السياسي** حيث باتت تلقي بثقلها على العلاقات الدولية واستقرار الدول. ويكتمل الهدف الأخير **بقراءة تأثير بدء استعمال الطاقات البديلة على نطاق واسع**، حيث نرى على الصعيد الدولي مثلاً الدعوة لنمط جديد من العلاقات بين أوروبا وأفريقيا على ضوء المشاريع الضخمة لنقل الطاقة الشمسية من القارة السمراء إلى القارة القديمة الباردة. ولا يخلو الأمر من تأثيرات على المجال السياسي الداخلي حيث ترى العديد من الحكومات أن التوزيع اللامركزي للطاقة الذي توفّره الطاقات البديلة يؤدّي إلى إضعاف قدرتها على السيطرة على أقاليمها ويحمل بذور تعزيز المحليّات في مواجهة الدولة المركزيّة.

ويكتمل البحث أخيراً **بمحاولة قراءة المسارات المحتملة للتنمية خلال السنوات المقبلة**، بين تنمية متعثّرة تعتمد على الوقود الأحفوري المأزوم، وبين تنمية مستدامة تستفيد من الفرص التي يقدّمها التحوّل الهيكلي إلى الطاقة المتجددة والنظيفة.

على ضوء ما ذكرناه، تتضّح الأهمية العلميّة للدراسة في تحديد إطار منهجي عام لدراسة التحوّل العالمي العميق والسريع من الوقود الأحفوري إلى الطاقة البديلة مع ما يحمله ذلك من تأثيرات كبيرة على المجال السياسي والاقتصادي الدولي والداخلي. أما **الأهمية العمليّة** فهي في محاولة رسم صورة واقعية دقيقة لأزمة الطاقة والمصادر البديلة وعلاقتها بالتنمية والاستقرار السياسي، مما يساعد على إنارة الطريق في عمليّة صنع سياسات عامة جديدة للطاقة في لبنان خاصة والعالم العربي عامة.

من الناحية المنهجية، اعتمدنا في بحثنا بشكل أساسي على المنهج الاستقرائي، الذي ننطلق فيه من معالجة المعطيات والمعلومات المتوافرة حول الموضوع بغية الوصول إلى خلاصات نظرية وعمليّة حول أزمة الطاقة وإمكانيات الطاقة البديلة. وبالإضافة إلى المقاربات التقنية الضرورية للإضاءة على كفاءة مختلف أنواع الطاقة، والمقاربة التحليلية السياسية التي تتناول تأثير أزمة الطاقة وانعكاسات تطبيق الطاقة البديلة على المجال السياسي الدولي والداخلي، سوف نستعين بمقاربة اقتصادية – بيئية للوصول إلى نظرة شاملة حول تأثيرات أزمة الطاقة ولشرح موقع الطاقة البديلة في الاستراتيجية المفترضة للتنمية مستدامة.

إلى ذلك، يتناول الفصل الأوّل الوقود الأحفوري وأزمة الطاقة. وبدأنا الفصل بمبحث أضاء على أنواع الطاقة ومصادرها وأزماتها وعلاقتها بالتطورات السياسية والاجتماعية والاقتصادية في العالم. وتناول المبحث الثاني فيه أزمة الطاقة الحالية، أسبابها، مظاهرها وتطورّها المتوقّع على المدى المتوسّط والبعيد مع استعراض مفصّل لوضع لكافة أنواع الوقود الأحفوري. واختتمنا الفصل بالحديث في مبحث ثالث عن أزمة التغيّر المناخي التي تؤدي اليوم دوراً مهماً في تسريع عملية الانتقال إلى سياسات ما بعد النفط.

أما الفصل الثاني فخصّصناه لدراسة مصادر الطاقة البديلة بشكل مفصّل. وبعد عرض المنهجية العلمية لتقييم مصادر الطاقة في مبحث أوّل، انتقلنا في المباحث اللاحقة إلى معالجة كل نوع من الطاقة على حدّى، فتناولنا الطاقة النووية والوقود الحيوي في المبحث الثاني من الفصل، ثم الطاقات الشمسية والهوائية والمائية والهيدروجين والأنواع الأخرى في المبحث الثالث.

وكان لا بدّ لنا بعد هذين الفصلين، تخصيص فصل ثالث لعرض ومناقشة تأثير كلّ من أزمة الطاقة وعمليّة التحوّل الهيكلي إلى الطاقة البديلة على العلاقات الدولية والمجالات السياسية بشكل عام، وتطرّقنا إلى مصير التنمية التقليدية المعتمدة على النموّ والأسواق الحرّة وانسحاب الدولة من التدخّل في الاقتصاد، مقارنة مع ما تطرحه الطاقة البديلة من فرص جديدة أمام التنمية المستدامة التي تستوجب دوراً أكبر للدولة والمجتمع في إدارة الشأن العام. وكانت التنمية التقليدية في ظلّ أزمة الطاقة محور المبحث الأول للفصل فيما تناول المبحث الثاني العلاقة بين التنمية المستدامة والطاقة البديلة. بالإضافة إلى ذلك خصّصنا المبحث الأخير لتقييم انعكاسات الأزمة على لبنان، وتناولنا فيه سياسات الطاقة اللبنانية وامكانيات الطاقة البديلة في هذا البلد الصغير الغنّي بامكاناته الشمسيّة والهوائية والمائية.

أما بالنسبة للمراجع، فحاولنا تنويعها قدر الإمكان للإحاطة بأكبر قدر ممكن من الآراء والإحصاءات المتناقضة. وضمّت المراجع مروحة واسعة من الاتجاهات والمصادر منها التقارير الرسمية الصادرة عن المؤسسات الدولية الحكومية وخاصة الوكالة الدولية للطاقة والأمم المتحدة، أوراق العمل الحكومية الصادرة عن وزارات الطاقة والإدارات العامة، دراسات صادرة عن مراكز أبحاث ومنظمات غير حكومية بالإضافة إلى المؤلفات المتخصصة الصادرة عن باحثين وخبراء في شؤون الطاقة والنفط والتي صدر الكثير منها خلال السنوات القليلة الماضية.

الفصل الأوّل: الوقود الأحفوري وأزمة الطاقة

إن الطاقة هي من دون شكّ أحد أهمّ عناصر الحياة لأي نظام بيولوجي أو ميكانيكي؛ مصدرها بالنسبة للكائنات الحية هو الغذاء الضروري لبقائها، وللأنظمة الميكانيكية هو أنواع الطاقة المختلفة التي يمكن الحصول عليها من موارد طبيعية كالحطب والفحم والنفط والشمس وما شابه. لكن رغم أهميتها هذه، بقيت دراسة الطاقة في العلوم الاقتصادية والاجتماعية دراسة جانبية تعالجها من منظور سياسي أو جغرافي أو اقتصادي بحت غير مستقلّ بذاته. وغالباً ما يتم التعامل مع مسألة الطاقة في الدوائر الأكاديمية على أنها مورد مسلّم به ولا يمتلك أي دور حاسم في طبيعة البنى الاقتصادية والسياسية والاجتماعية، إنطلاقاً من ميل عام نحو اعتبار التقدّم الصناعي والثورة التكنولوجية الحالية أنه تطوّر خطّي طبيعي للحضارة البشرية بغضّ النظر عن "الصدفة" التي أتاحت لهذا التطوّر في الأصل أن يأخذ مجراه. و"الصدفة" التي نتحدث عنها هنا هي الاكتشاف غير المتوقع خلال القرن الثامن عشر لأهم وأرخص مورد طاقة في تاريخ الحضارة البشرية على الإطلاق: النفط.

وسنحاول في هذا الفصل سدّ الثغرة الأولى حول موقع ودور الطاقة في المجتمعات الإنسانية على مرّ التاريخ، وصولاً للإضاءة على دورها في التحوّلات السياسية والاقتصادية والاجتماعية الكبرى، مما سيتيح لنا في المباحث اللاحقة تقييم أدقّ لنتائج أزمة الطاقة على الحضارة الصناعية المعاصرة. وستحتلّ معالجة النفط المساحة الأكبر كونه المصدر الأهم للطاقة في الوقت الحالي، وسنضيء خلال الفصل على أصوله الجيولوجية وتوزعه الجغرافي ودوره في التحولات التاريخية الكبرى، أزماته السابقة بالإضافة إلى مبحث خاص عن الأزمة الحالية التي نعالج أسبابها البنيوية وغير البنيوية بالتفصيل. وسنتناول بطبيعة الحال موارد الفحم والغاز كأهم مصدرين للطاقة بعد النفط في ظلّ الرهانات عليهما كبديل عن النفط، وبما لهما من تأثير بيئي واقتصادي معروف. ويكتمل الفصل بالحديث عن أزمة التغيّر المناخي الناتجة عن استهلاك الوقود الأحفوري بأنواعه الثلاثة، النفط والغاز والفحم، والتي باتت الجهود العالمية لمواجهتها اليوم أحد أهم العناصر التي تلعب دوراً في تحوّل مشهد الطاقة العالمي من "سياسات النفط" إلى "سياسات ما بعد النفط".

المبحث الأول

الوقود الأحفوري: منظور جيولوجي وتاريخي واقتصادي

وصفنا النفط في السطور السابقة على أنه "صدفة" أتاحت التقدم الصناعي الهائل خلال القرون الماضية وكانت عاملاً أساسياً في التحولات السياسية والاقتصادية التي شهدها العالم. فيما يلي سنستعرض التحوّلات الكبرى في مجال الطاقة التي عرفها البشر منذ ما قبل التاريخ حتى اليوم وصولاً إلى اكتشاف الفحم والنفط كموردان حاسمان في نشوء الحضارة الصناعية. ولا بدّ لنا في البدء من تعريف الطاقة ودورها لدى الأنظمة الحيّة لكي نضيء من خلالها على القدرة الإنسانية على توسيع طرق الاستفادة من الطاقة. وسنعالج كذلك دور النفط في التحولات التي عرفها العالم في القرنين الماضيين، وبشكل خاص سنضيء على تأثيره على الاقتصاد العالمي، الخارطة السياسية والعلاقات الدولية وسياسات أمن الطاقة، لكي نختم بعدها بالحديث عن أهم أزمتين للطاقة خلال القرن الماضي عامي ١٩٧٣ و١٩٨٠، وسنحلل أسبابهما ونتائجهما لكي يكون بالإمكان مقارنتهما في مباحث تالية مع أزمة الطاقة الحالية.

الفقرة الأولى: الطاقة والمجتمعات الإنسانية:

خلال الفترة الساحقة من التاريخ البشري، كان الإنسان يحصل على الطاقة بطريقة شبيهة بأي فصيل حيواني آخر؛ عبر الغذاءالذي يتحوّل داخل الجسم إلى طاقة عضلية يمكن من خلالها البقاء على قيد الحياة وممارسة الأعمال الأخرى الضرورية للبقاء كالصيد والتحرّك والتكاثر. ولم تحقّق الحضارة البشرية قفزات نوعية إلا عند اكتشاف أنواع جديدة من الطاقة، مثل النار أولاً، ومن ثم طاقة الحيوانات ومن بعدها زيت الحيتان والفحم والنفط والغاز وصولاً للطاقة النووية وأنواع الطاقة المتجددة. وكان كل اكتشاف جديد في مجال الطاقة ينعكس بشكل أو بآخر على البنية الاقتصادية والسياسية للمجتمعات. وتعالج الفقرات التالية هذه المسائل انطلاقاً التعريف بالطاقة وأنواعها ودورها لدى الأنظمة الحية.

أ: تعريف الطاقة وأنواعها ودورها لدى الأنظمة الحيّة:

تُعرّف الطاقة علمياً على أنها "القدرة الفيزيائية على القيام بعمل". ورغم صعوبة تعريف تعبير "القدرة الفيزيائية" تجريدياً من دون الاستعانة بالمقاييس المتعارف عليها للطاقة كالجول أو براميل النفط، إلا أنها تبقى أساس كل نظام فيزيائي أو طبيعي: من دونها لا يحدث أي شيء: لا يمكن للنباتات أن تنمو، لا يمكن للسيّارات أن تتحرّك، لا يمكن طهي الطعام أو تدفئة المنازل في الشتاء. فالطاقة هي عامل جوهري لوجود أي نظام إيكولوجي أو بشري: من دونها تموت الكائنات الحيّة ويتوقّف الاقتصاد عن العمل.

كل كائن حيّ هو كائن مستهلك للطاقة، أي أنه يحصل على الطاقة إما من ضوء الشمس (كالنباتات)، إما من الغذاء الضروري للبقاء على قيد الحياة. إن الطاقة هي بالتالي العنصر الأساسي للتداول في الأنظمة البيئية عن طريق دورات أو شبكات الغذاء. فهي تنتقل من النباتات الخضراء التي تأكلها الحيوانات العاشبة التي تأكلها بدورها الحيوانات اللاحمة. ويصف أحد الباحثين هذه الدورة بالقول أن "الطبيعة كلها تشارك باستمرار في تدوير وإعادة تدوير المادة والطاقة"[1].

هذا ما يجعل من الطاقة الموجودة في النظام البيئي إحدى أهمّ العوامل في تحديد "سعة الاستيعاب البيئية" أي الحدّ الأعلى لعدد الأفراد من أي نوع الذي يمكن للبيئة أن تعيلهم على أساس مستدام، وهذا ينطبق على المجتمع البشري. ويشرح الباحث في مجال الطاقة ريتشارد هاينبرغ أن المجتمعات الإحيائية تحافظ على التوازن في بيئتها من خلال "حلقات ردة الفعل الموازنة"، ويعطي المثل التالي: "إذا تزايدت أعداد فئران الحقل، سرعان ما ستزداد أعداد الثعالب والصقور لتستغلّ فائض الطاقة الغذائية، ثم سيقلّل التزايد في أعداد الثعالب والصقور من أعداد فئران الحقل والذي سيؤدي نقصه أخيراً إلى تناقص أعداد الثعالب والصقور أيضاً"[2] حيث ستعود حينها المنظومة الإيكولوجيّة المعنيّة إلى توازنها الطبيعي.

هذا المثال يضيء على أهميّة التوازن بين الطاقة المتوافرة، والطاقة المُستهلكة في الأنظمة الحيّة، وهو مبدأ موجود في الطبيعة بشكل ثابت. ولا يشكّل البشر استثناءً عن هذه القاعدة البيولوجية إلا أنهم يتميّزون عن باقي الكائنات الحيّة بقدرتهم على الحصول على إعانات طاقيّة إضافية تتجاوز الغذاء المباشر. ولمئات آلاف السنين، كانت قاعدة استمرار المجتمعات البشريّة هي عن طريق جمع النباتات وصيد الحيوانات البريّة. ومع

[1] ريتشارد هاينبرغ، سراب النفط، ترجمة أنطوان عبدالله، الدار العربية للعلوم، بيروت ٢٠٠٥، ص ٢٨.
[2] المرجع السابق، ص ٣٠.

الوقت استطاع البشر أن يسيطروا على النظم البيئية التي صادفوها والحصول على مخزونات متزايدة من الطاقة جعلتهم اليوم الفصيلة المسيطرة على الكوكب. ويصف هاينبرغ خمس طرق مكّنت البشر من توسيع سعة الاستيعاب في بيئتهم عن طريق زيادة كميّة الطاقة المتاحة لهم[١]، هي:

- السيطرة على الأرض لزراعة المحاصيل للاستهلاك البشري: إذ إنه إذ لم يسطر البشر على الأرض لأمكن لتلك الأرض أن تغذّي الأشجار والشجيرات والأعشاب البريّة وكل الحيوانات المعتمدة عليها – ولكن عدداً أقل من البشر.
- استخدام الأدوات التي تساعد في جمع وتخزين كميّات أكبر من الطاقة بدءاً من السلال التي سمحت بتخزين فائض إضافي من الثمار والمحراث الذي سهّل زراعة أراضٍ واسعة وصولاً لآبار النفط.
- التخصّص أو قوّة العمل: أخذ في البدء شكل العبودية وأتاح لنخبة أن تستولوي على طاقة آخرين وإجبارهم على العمل في مهمّات شاقة وخطيرة لدرجة لا يقبل القيام بها طوعياً أي شخص حرّ.
- توسيع المجال: الذي حصل بشكل أساسي عبر التقدّم التكنولوجي، كالسدود التي سمحت بريّ مساحات جديدة من الأراضي، أو الزراعة والمواصلات الحديثة التي أتاحت إمكانية وجود مدن مكتظّة بالسكان على بعد مئات الكلومترات من مكان انتاج الغذاء.
- استنزاف مصادر الطاقة: وهو "إيجاد وانتزاع مصادر الطاقة الطبيعية التي لا يمكن تجديدها كالفحم والنفط والغاز الطبيعي واليورانيوم[٢]. وهو الطريقة التي أثبتت أنها الأكثر نجاحاً بحسب هاينبرغ من أجل زيادة سعة استيعاب الإنسان في الكوكب، "حيث يمكن تقدير هذا النجاح من خلال إحصاء واحد وهو نمو عدد السكان في العالم منذ بداية الثورة الصناعية"[٣].

هذه القدرة على اكتساب مصادر إضافية للطاقة جعلت من الأخيرة محرّكاً رئيسياً للتحولات التاريخية التي شهدتها المجتمعات البشرية، منذ اكتشاف النار والزراعة وصولاً إلى عصر النفط، حيث كان لكلّ توسّع في مجال الطاقة تأثيره المباشر على الحضارة، وهو ما سنعالجه في الفقرة التالية.

[١] المرجع أعلاه، ص ٣٧، ٥٧
[٢] المرجع أعلاه، ص ٥٠-٥١.
[٣] هاينبرغ، سراب النفط، مرجع سابق، ص ٥١.

ب: الطاقة والمجتمعات البشرية منذ العصور القديمة حتى العصر الصناعي:

خلال الفترة الأطول من التاريخ البشري، كانت الأداة الوحيدة للطاقة هي الطاقة العضلية المباشرة للجسد البشري ومصدرها الغذاء. وكان من المهم للمجتمعات الأولى القائمة على جمع الثمار والصيد أن تؤمّن يومياً طاقة غذائية تعادل أو تزيد عن حاجتها البيولوجية للحفاظ على البقاء، وبما أن كميّة الثمار وأعداد الحيوانات الموجودة في بقعة أرض محدّدة هي محدودة، بقيت هذه المجتمعات البدائية محدودة في عددها، غير مستقرّة لكن متناغمة مع التوازن الإيكولوجي الطبيعي في بيئتها.

الثورة الأولى في مجال الطاقة كانت اكتشاف السيطرة على النار منذ حوالي ٤٠٠ ألف عام الذي كان له وقع دراماتيكي على المجتمعات البشرية. لمئات آلاف الأعوام كانت النار أحد المصادر الرئيسية للطاقة: فبالإضافة إلى الإضاءة والقدرة على طرد الحيوانات المفترسة أتاحت التدفئة للبشر البقاء والعيش في ظلّ المناخ البارد فضلاً عن الطهي الذي أتاح تنويع الحمية الغذائية[1].

الثورة الثانية في مجال الطاقة حصلت حوالي الألف العاشر قبل الميلاد حيث تعلّم البشر الاستفادة من طاقة الحيوانات في النقل ثم في الزراعة والأشغال الشاقّة الأخرى. الثورة الزراعية الكبرى انطلقت حين بدأ الاعتماد على الحيوانات للحرث وضخّ المياه والحصاد ونقل الغذاء. وأتاحت الزراعة المستقرّة الواسعة النطاق الانتقال من مجتمعات الصيد والقطاف الصغيرة إلى التجمّعات الحضارية الكبرى والمدن التي يعدّ سكانها بالآلاف. وأدّى الفائض الزراعي إلى نموّ عدد السكان ومهّد الطريق للاستقرار الدائم ونشوء الحضارة ومعها معظم الظواهر الاجتماعية – السياسية التي نعرفها اليوم مثل تقسيم العمل، التنظيم الهرمي للمجتمع في ظلّ، الحروب والصراع على الأراضي والموارد، التجارة والتبادل بين المجتمعات...

منذ الاستقرار الزراعي الأوّل حتى بدايات الثورة الصناعية، لم يعرف مجال الطاقة أي تغيير جذري في مصادره التي بقيت مرتكزة حول الطاقة الحيوانية والحطب. وأتى التحوّل التاريخي الثالث هذه المرّة من الجزر الإنكليزية، التي على وقع تناقص غابتها وضمور مخزونات الحطب فيها بدأت بالتحوّل تدريجياً إلى الاعتماد على الفحم الحجري[2]. بدأ استعمال الفحم في بداية الأمر لتدفئة المنازل، ثم انتقل استعماله إلى الحدّادين وكل الحرف التي تعتمد على الحرارة العالية كصناعة البيرة، ومع حلول القرن السادس عشر بات الفحم أحد

[1] Bowman DM, Balch JK, Artaxo P,. Fire in the Earth system, *Science Publications,* 2009; p 324.
[2] Peter Tertzakian, A thousand barrels per second, McGraw-Hill Companies, Inc, New York 2006, p 26

الموارد الرئيسية للطاقة في معظم أنحاء أوروبا مستبدلاً الحطب الخشبي الأقل كفاءة. وفي العام ١٧٧٨ أنهى جيمس واط اختراع المحرّك البخاري مؤرّخاً بداية الثورة الصناعية التي ستحوّل الفحم من مجرّد مصدر للحرارة والتدفئة إلى أحد أهم مصادر الطاقة في التاريخ البشري.

أحدث المحرّك البخاري ثورة بكل ما للكلمة من معنى جعلت من طاقة الفحم القوّة التي أتاحت دخولنا في العصر الصناعي. ويصف بيتر ترتزكيان الذي خصّص مؤلفه للحديث عن التحوّلات التاريخية في مجال الطاقة، التحوّل الذي جلبه الفحم قائلاً: "الطاقة الجاهزة تحت الطلب، التي أمّنها المحرّك البخاري، كانت حافز انطلاق الرأسمالية: الحِرَفْ المنزلية تحوّلت إلى مصانع، والمصانع أصبحت أكبر وأكبر مع الوقت. المدن نمت. الهوّة بين ربّ العمل والموظّف أصبحت أكبر بشكل مستمرّ. على وقع استغلال ثروتها الثمينة من الفحم، تحوّلت إنكلترا إلى امبراطورية صناعية وقوّة تجارية عالمية. محرّكات البخار غذّت الأنوال، المطاحن والمصانع المنتجة للبضائع التي صُدّرت إلى كافة أنحاء العالم. بسبب الفحم، كانت لندن أكبر مدينة وأكثرها إضاءة في العالم، وأكثرها تلوثاً"[١].

بصمة الفحم على المواصلات كانت أيضاً واضحة، فالقطارات العابرة للقارات والسفن الضخمة العاملة على المحرّكات البخارية أدخلت التجارة الدولية في حقبة جديدة كلياً، فضلاً عن أنها كانت أحد العوامل الرئيسية التي لعبت دوراً في تعزيز البنية المركزية للدولة وفي تحوّل بريطانيا والولايات المتّحدة وروسيا وألمانيا وهي دول غنيّة بموارد الفحم، إلى دول عظمى.

قبل إقامة أوّل بئر نفط في منتصف القرن التاسع عشر، لعب زيت الحيتان المُستخرج من تذويب شحوم الحيتان دور مصدر ثانوي للطاقة لكن استعماله بقي محصور في الإضاءة والتشحيم والطلاء. وبدأ صيد الحيتان على نطاق تجاري منذ القرن السابع عشر وتحوّل في القرنين التاليين إلى صناعة ضخمة توسّعت لدرجة أنها سبّبت انقراض شبه تام للحيتان من المحيطات بحلول العام ١٨٧٠[٢]. لم تكد أزمة زيت الحيتان أن تشهد ذروتها في النصف الثاني من القرن التاسع عشر حتّى كانت المادّة الأولى المشتقّة من النفط جاهزة لتكون البديل: الكيروسين. وصول الكيروسين لم يعن فقط نهاية "حقبة زيت الحيتان" بل كان في الواقع

[1] IBID, p 34.
[2] Tertzakian, A Thousand barrels per second, OPCIT, p 167.

الإشارة الأولى لبداية "عصر النفط" مع كل ما يعنيه هذا التعبير من تحوّلات اقتصادية – سياسيّة – اجتماعية طالت كافة مستويات المجتمع البشري ولا تزال. وهو ما سنعالجه في الفقرة الثانية.

الفقرة الثانية: النفط:

لعب النفط دوراً فريداً في الاقتصاد العالمي والسياسة وترك بصمته الواضحة على معظم مراحل التاريخ الحديث. ليس هنالك مورد طبيعي في العالم ضاهى الذهب الأسود في دوره الحاسم في التأثير على سياسات الدول، على التنمية الاقتصادية والحروب والتجارة والعلاقات الدولية ونمط الحياة. وليس هنالك من مورد طبيعي في العالم حمل الوعود التي حملها النفط بتحسين مستويات المعيشة وتحقيق التنمية والقضاء على الفقر والجوع والتفاوت بين الشعوب؛ وعود لا تزال حتى اليوم غير محقّقة بل تحوّلت في غالب الأحيان إلى لعنات لاحقت الدول المصدّرة والدول المستوردة على السواء. النفط اليوم هو من دون شكّ أكثر من مجرّد مورد طبيعي: إنه عصر طبع الخارطة السياسية والاقتصادية في العالم بقوّة بعدما تحوّل خلال القرن الأخير إلى عصب الحضارة الصناعية.

أ: الأصول الجيولوجية للنفط، أنواعه وتوزّعه الجغرافي:

١) أصوله الجيولوجية: النفط ناتج من تحلّل مواد عضوية صُهرت بتأثير حرارة شديدة حتى تحوّلت إلى السائل الأسود الذي يتمّ استخراجه. وهو بهذا المعنى يأتي من "مقابر" بيولوجية ضخمة تحت سطح الأرض تكوّنت خلال عصرين طويلين من الاحترار العالمي الشديد قبل ٩٠ و١٥٠ مليون سنة. بسبب الترسّب والضغط والحرارة وعوامل جيولوجية أخرى، تعرّضت الأجسام البكتيرية المذكورة لـ"الطبخ" والضغط والتسييل[1]، حتى تغيّرت صفاتها الكيميائية إلى الصفات الصفات المعروفة اليوم للنفط. ورغم أن هذه العمليات الجيولوجية – الكيميائية تستمرّ اليوم تحت سطح الأرض إلا أن تكوّن النفط هو عمليّة تستغرق ملايين

[1] Sheila Newman and others, The final energy crisis, Second edition, Pluto Press, London 2008, second edition, p. 1.

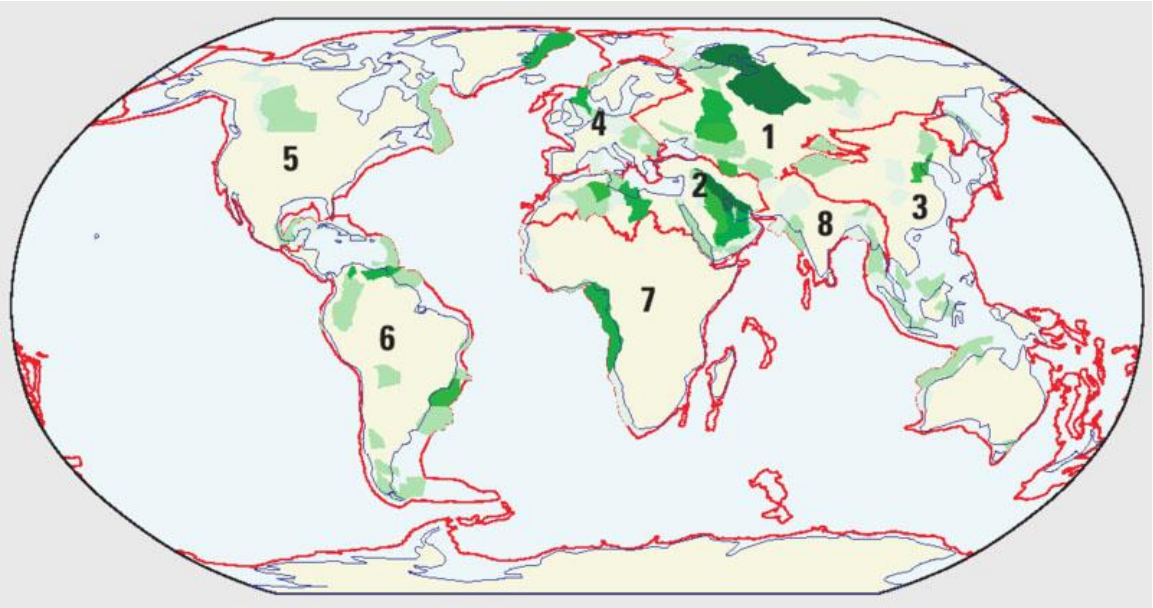
السنين، وبالتالي إن النفط هو مورد غير متجدّد، مثله مثل النوعين الآخرين من الوقود الأحفوري، الغاز والفحم اللذان تكوّنا بنفس الطريقة تقريباً.

٢) أنواعه: لا تتكوّن كل مخزونات النفط في العالم من النوعية نفسها، وتُحدّد النوعية وفقاً لنسبة الكبريت الموجودة فيه إذ كلّما علت هذه النسبة يتطلّب النفط تكريراً أطول وأكثر كلفة. وأفضل نوعية نفط في العالم هي التي تحوي أقلّ نسبة كبريت كالنفط السعودي والنفط الأميركي، وهذا النوع معروف عادة بـ"الخام التكساكي (أو العربي) الخفيف" Texan Light Crude المعروف في أسواق النفط بـ"النفط الحلو".

من المهمّ أيضاً التمييز بين أنواع النفط التقليدية وتلك غير التقليدية. والنفط التقليدي هو المقصود عادة عند الحديث عن النفط لأن انتاج النفط غير التقليدي لا يزال هامشياً مقارنة مع النفط التقليدي. والمقصود بالنفط التقليدي النفط السائل المستخرج مباشرة من الحقول المتواجدة تحت سطح الأرض، أما النفط غير التقليدي فهو النفط الذي يتم استخراجه بطريقة غير مباشرة من مواد أخرى ويتطلّب الحصول عليه تنفيذ عمليّات كيميائية معقّدة ومكلفة، كالنفط المستخرج من رمال القطران أو من الصخور الزيتية.

٣) توزّعه الجغرافي: يتوزّع النفط على أكثر من ٤٠ ألف حقل ذات أحجام متفاوتة في العالم، لكن نحو ٩٤ % منه يتواجد فقط في ١٥٠٠ حقل ضخم[1]. احتياطات النفط الرئيسية في العالم تتواجد في الشرق الأوسط ومنطقة سيبيريا الروسية، بالإضافة إلى منطقة بحر قزوين وبحر الشمال وشمال أفريقيا والساحل الأفريقي الغربي، منطقة الكاريبي، البرازيل، بالإضافة إلى الولايات المتحدة وكندا وغرينلاند. وترك التوزّع الجغرافي لمخزونات النفط آثاره الواضحة على العلاقات الدولية، حيث شهد القرن الماضي صعود أهمية المناطق المصدّرة للنفط كالشرق الأوسط وبحر قزوين والمناطق الأفريقية الغنيّة بالنفط والدول اللاتينية المطلّة على الكاريبي كفنزويلا، بالإضافة إلى طرق الحيوية لنقله كمضيق هرمز وقناة السويس وقناة باناما، التي شهدت جميعها صراعات باردة وحامية عليها من قبل الدول المصدّرة. وتظهر الخريطة التالية، مخزونات النفط الرئيسية في العالم:

[1] Ivanhoe, L. F, and G G. Leckie, -"Global oil, gas fields, sizes tallied, analyzed," Oil and Gas Journal. Feb. 15, 1993, p. 87-91.



الرسم رقم ١: توزّع كامل احتياطات النفط في العالم باستثناء الولايات المتّحدة وضمنها تقديرات الموارد غير المكتشفة. المناطق الخضراء الغامقة تدلّ على كميّة أكبر من الموارد. المناطق: ١) الاتحاد السوفياتي السابق. ٢) الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. ٣) باقي آسيا والمحيط الهادىء. ٤) أوروبا. ٥) أميركا الشمالية. ٦) أميركا الوسطى والجنوبية. ٧) أفريقيا جنوب الصحراء والقارة المتجمّدة الجنوبية. ٨) جنوب شرق آسيا. المصدر: مؤسسة المسح الجيولوجي الأميركية، تقدير موارد البترول في العالم، ٢٠٠٠، الصورة رقم ١، Source: http://pubs.usgs.gov/fs/fs-062-03/

ب: عصر النفط:

تمتّع النفط بخصائص مميّزة جعلت منه خلال وقت قصير أهمّ مصدر للطاقة في التاريخ: فهو تاريخياً أرخص مصادر الطاقة من حيث كلفة الاستخراج، سهل النقل كسائل في ظلّ الحرارة العادية (بعكس الغاز الذي يستوجب نقله خفض حرارته لدرجة شديدة لتسييله)، سهل التخزين. ويمتلك كثافة طاقة عالية مقارنة مع المصادر الأخرى هي ٣٨ ميغاجول في الليتر الواحد[١] مقابل ٢٤ ميغاجول للفحم مثلاً[٢].

رغم أن استخراج النفط معروف للحضارات القديمة كالصين التي يوجد أدلة فيها على وجود آبار نفط منذ القرن الرابع الميلادي[٣]، إلا أن أوّل بئر نفط تجاري تم حفره في القرن التاسع عشر على يد الصناعي

[1] Richard Heinberg, Searching for a miracle: Net Energy Limits and the Fate of industrial Society, The international Forum on Globalization and The Post Carbon Institute, San Francisco , 2009, page 31
[2] Julia Fisher, *The Physics Factbook*. 2003, http://hypertextbook.com/facts/2003/JuliyaFisher.shtml
[3] George E. Totten, A timeline of highlights of the Petroleum industry, ASTM *Standardization News*magazine, June 2004.

المعروف بالكولونيل درايك في بنسلفانيا في الولايات المتحدة في العام ١٨٥٩[١]. وخلال فترة قصيرة شهدت صناعة النفط قفزات عملاقة حتى وصل الانتاج اليومي منه إلى نصف مليون برميل في اليوم في بداية القرن العشرين، ثم قفز إلى أكثر من عشرة ملايين برميل يومياً في العام ١٩٥٠، و٧٥ مليون برميل في العام ٢٠٠٠ وصولاً إلى ٨٦ مليون برميل في العام الحالي[٢]. واليوم، يبلغ استهلاك العالم من الطاقة نحو ١٥ تيرّا ١ واط (15 يليها ١٢ صفر) يؤمّن الوقود الأحفوري منها ٨٦ في المئة، والنفط وحده يؤمّن ٣٨ في المئة[٣]. ورغم هذا الارتفاع الهائل لا يبدو أن معدّل استهلاك النفط قد استقرّ إذ لا يزال يتضاعف كل عدّة سنوات، خاصة في ظل طموحات دول العالم الثالث لتحقيق مستوى معيشي مساوٍ للمستوى المعيشي الأميركي والأوروبي.

الخصائص المميّزة للنفط جعلته غذاء الحضارة الصناعية التي استعملته لتتوسّع وتتطوّر بوتيرة غير مسبوقة في التاريخ، وحوّلته بالتالي إلى ضرورة اقتصادية وأولوية سياسيّة لدى معظم دول العالم.

١) النفط والاقتصاد العالمي:

منذ العصور القديمة حتى منتصف القرن التاسع عشر، اعتمدت المجتمعات البشرية على تدفّقات ثابتة من الطاقة المتجدّدة مثل الحطب والقوّة العضلية للإنسان والحيوان. وبما أن القدرة على الاستفادة من هذه المصادر كانت محدودة وتتطلّب الجهد والموارد، عرفت الحضارة الإنسانية تطوراً اقتصادياً بطئياً لكن مستدام طوال هذه الفترة في ظلّ عدد مستقرّ من السكان ارتفع ببطء من ما دون ٢٠٠ مليون منذ ألفي عام، إلى ٤٣٠ مليون عام ١٥٠٠ إلى مليار عام ١٨٢٠[٤]، أي أنه احتاج لـ ١٥ قرن ليتضاعف للمرة الأولى، و٣٠٠ عام فقط ليتضاعف في المرة الثانية.

---

[1] Oil Well, Wikipedia the Free Encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Oil_well#cite_note-ASTM-0

[2] Leonardo Maugeri, The Age of Oil: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource, Praeger Publishers, United States 2006, p 193.

[3] Statistical Review of World Energy 2009, Energy - Consumption by fuel, 1965 - 2008", Biritish Petreulom, July 2006.

[4] Jean-Marie Chevalier and Others, The new Energy Crisis: Climate, Economics and Geopolitics, Macmillan Publishers Limited, London 2009, page 6.

لكن كلّ ذلك تغيّر مع قدوم النفط. ويعتمد معظم الباحثين على مؤشر عدد السكان للإشارة إلى تأثير النفط على الاقتصاد العالمي والحضارة البشرية لأن الأعداد المرتفعة من السكان تتطلّب كميّة أكبر من الطاقة لتأمين الغذاء والمسكن والصحّة والأمن ومتطلّبات العيش الأخرى. ومنذ اكتشاف النفط في منتصف القرن التاسع عشر حتى اليوم، تضاعف عدد السكان ستّ مرّات حتى بلغ ست مليارات ونصف، فيما تضاعف الناتج القومي العالمي ستّون مرّة[1]. وبحسب الاحصاءات التي سبق وذكرناها إن ٨٠ في المئة من الطاقة الضرورية لوجود هذه الحضارة الصناعية تأتي من الوقود الأحفوري: النفط والغاز والفحم، الذي توفّر بكميات هائلة وبكلفة متدنية جداً خلال القرنين الماضيين.

قبل الثورة التي جلبها الوقود الأحفوري كان عدد السكان في أي بقعة معيّنة متناسباً مع قدرة الموارد الطبيعية على الاستيعاب، ولم يكن ممكناً لأي مجموعة بشرية أن تتجاوز قدرة النظام الإيكولوجي على دعمها من دون أن تواجه خطر الهلاك. لكن مع الوقود الأحفوري وخاصة النفط، شهد العالم تحوّلان كبيران في مجالي الزراعة والنقل أدّيا إلى انفكاك الرابط بين عدد السكان والنظام الإيكولوجي المحلّي. فمن ناحية أولى، أتاحت الطاقة الرخيصة وما تبعها من مكننة إمكانية الانتقال من الزراعة المحلية والعائلية إلى الزراعة الشاسعة التي تتطلّب صرف كميات كبيرة من الطاقة والمياه. كذلك تم تحسين انتاجية الأراضي الزراعية بالاستعمال المكثّف للأسمدة والمبيدات الحشرية وهي مصنّعة من مشتقّات النفط والغاز. بالإضافة إلى ذلك كلّه، سمح الوقود الأحفوري بتوافر الطاقة الرخيصة والكهرباء والقدرة على تبريد وحفظ وتخزين الغذاء ونقله السلع لمسافات كبيرة بكلفة متدنية. لذلك بات من الممكن لأي مجتمع أن يتجاوز القدرة الفيزيائية والبيولوجية والإيكولوجية للبيئة الطبيعية التي تعيش فيها باستيراد السلع والغذاء من منطقة أخرى. وهذه المعادلة قادرة على الاستمرار طالما أن الطاقة الرخيصة متوافرة.

من جهة أخرى، قادت الطاقة الرخيصة نموّاً صناعياً غير مسبوق في التاريخ، فلم يعد هنالك من صناعات يدوية سوى في المتاحف وفي الأماكن النائية فيما بات كل القطاع الصناعي مرتكز على المكننة التي تستهلك الوقود الأحفوري. كذلك فإن الثورة التي عرفتها المواصلات والاتصالات تجد أساسها في الطاقة التي وفّرها النفط. وفيما كانت السرعة التجارية لنقل الناس والسلع لمئات آلاف السنين لا تتجاوز ٣٠ كيلومتر في الساعة (سرعة الحصان)، بلغ معدّل السرعة التجارية اليوم ١٠٠٠ كيلومتر في الساعة[2] فيما يمكن خلال أقل

[1] IBID, page 6.
[2] Chevalier, The New Energy Crisis, OPCIT, p 6.

من ثانية واحدة نقل المعلومات الالكترونية إلى أي مكان في العالم. والثورة المعلوماتية بدورها كانت مستحيلة من دون المواد النفطية التي تُصنع منها الحواسيب، أو من دون الكهرباء التي يوفّرها الوقود الأحفوري. أي أن نموّ التصنيع والتخصص المحلّي والعالمي ونموّ التجارة العالمية إلى مستويات غير مسبوقة، وحتى العولمة نفسها لم تكن كلّها ممكنة لولا الطاقة الرخيصة.

إن التقدّم في مجال الصحّة العامّة أيضاً مرتبط بالوقود الأحفوري، إذ إن المياه المكرّرة النظيفة وتصنيع الأدوية واللقاحات وتوزيعها على نطاق واسع بالإضافة إلى المستشفيات والآلات الطبية هي كلها مستحيلة لولا الفائض الكبير من الطاقة الذي توافر للحضارة الصناعية.

لجميع هذه الأسباب، كان ارتباط التنمية الاقتصادية بالنفط خلال القرن الماضي سمة أساسية للاقتصاد العالمي، وهنالك دراسات عديدة سنعالجها في الفصل الأخير من الرسالة أظهرت العلاقة الوثيقة التي تربط استهلاك الوقود الأحفوري بارتفاع معدّلات التنمية والدخل القومي خلال القرن الماضي. معدّلات استهلاك الطاقة باتت اليوم مؤشراً على القوّة الاقتصادية والسياسية، ولعلّ خطاب الرئيس الأميركي ريتشارد نيكسون خلال ذروة الصدمة النفطية الأولى عام ١٩٧٣ هي خير معبّر عن هذا الأمر حين قال: "هنالك فقط ٧ في المئة من سكّان العالم يعيشون في الولايات المتّحدة، لكننا نستهلك ثلاثون بالمئة من الطاقة في العالم. ذلك ليس بأمر سيء، إنه أمر جيّد، إنّه يعني أننا أغنى الشعوب وأقواها في العالم وأننا نملك أعلى مستوى معيشة في العالم. لذلك نحن نحتاج لكثير من الطاقة، ويجب أن يبقى الأمر دوماً على هذا النحو"[1]. لكن هذا العطش للطاقة تُرجم في العلاقات الدولية إلى صراعات ونزاعات وحروب طبعت القرن العشرين وبداية القرن الواحد والعشرين ببصمات الذهب الأسود.

٢) <u>النفط، أمن الطاقة والسياسة الدولية:</u>

منذ بداية القرن الماضي، أدرك قادة العالم الصلة بين النفط كمورد حيوي وبين القوّة الاقتصادية والأمن القومي للدولة. ولعلّ حملة وينستون تشرشل في بداية ذاك القرن قبل أن يصبح رئيس وزراء بريطانيا، لحمل حكومته على استبدال الفحم بالنفط هي خير تعبير عن هذا الإدراك المبكر. خلال خطاب له في البرلمان

[1] Tertzakian, A Thousand barrel per second, OPCIT, p 59.

البريطاني عام ١٩١٣، قال تشرشل: "إن لم يمكننا الحصول على النفط، لن يمكننا الحصول على الذُرة، لن يمكننا الحصول على القطن ولن يمكننا الحصول على ألف سلعة ضرورية للحفاظ على الحيوية الاقتصادية لبريطانيا العظمى"[١].

وعزّزت الحرب العالمية الأولى هذه القناعة لدى معظم الحكومات الغربية بعدما برز النفط ومشتقاته على أنه مفتاح رئيسي لتحريك البضائع والجيوش والأساطيل البحرية. ويضيف أحد الباحثين في تاريخ النفط أنه بعد هذه الحرب "بات واضحاً أن الثروة في الاقتصاد المعاصر والحرب الممكننة المتحرّكة يمكن الظفر بهما فقط عبر تأمين وصول دائم إلى مصادر النفط"[٢]. وكانت بريطانيا أوّل دولة عظمى انتهجت سياسة خارجية يشكّل تأمين مصادر الطاقة أحد محاورها الرئيسية، إذ خلال أوّل عقدين في القرن العشرين، كانت بريطانيا قد تحرّكت لتأمين المصالح النفطية في رومانيا، روسيا، كاليفورنيا، جزر ترينيداد بالإضافة إلى الحقول الكبيرة في إيران والعراق. ومثّل الصراع البريطاني الفرنسي على الموصل قبيل توقيع اتفاقية سايكس – بيكو المتعلّقة بتقاسم النفوذ في المشرق العربي أولى بوادر النزاع بين الدول الكبرى لتأمين مصادر الطاقة[٣]. وكان رئيس الوزراء الفرنسي خلال الحرب العالمية الأولى كليمنصو، وجّه رسالة إلى الرئيس الأميركي وودرو ويلسو خلال حصار الألمان لفرنسا قال فيها: "إذا أراد الحلفاء ألا يخسروا الحرب، عليهم خلال الهجوم الألماني الكبير ألا يسمحوا بنفاذ فرنسا من البترول الضروري كالدماء في معارك الغد"[٤].

لذلك تحوّل الحفاظ على "أمن الطاقة" إلى أحد العناوين الرئيسية للسياسة والصراعات الدولية خلال القرنين الماضيين. فالدول المستهلكة الكبرى بحاجة لتأمين امدادات دائمة من الطاقة الرخيصة لاقتصادها، ولعلّ نظرة صغيرة إلى الخارطة النفطية للولايات المتّحدة تفسّر الكثير من سياساتها الخارجية إذ هي تنتج اليوم 10.7 في المئة من انتاج النفط العالمي لكنّها تستهلك ٢٦ في المئة من استهلاك النفط العالمي[٥].
إن ٧٠ في المئة من احتياطات النفط تقع في دول ضعيفة سياسياً واقتصادياً مثل المكسيك والدول اللاتينية المطلّة على الكاريبي كفنزويلا، والشرق الأوسط وشمال أفريقيا ودول أفريقيا الوسطى.

---

[1] Yergin, Daniel. The Prize: The Epic Quest for Oil, Money and Power. New York: Simon & Schuster, 1991. p. 160.
[2] Maugeri, The Age of Oil, OPCIT, p 24.
[3] Tertzakian, A Thousand barrel per second, OPCIT, p 39.
[4] Ludlow Denny, *We Fight for Oil,* Alfred A. Knopf, New York,without date, p. 27-28.
[5] Mark Wieczorek, Global Oil Production and Consumption, **Oil Reserves - Top 20 Nations, 2005,** http://www.marktaw.com/culture_and_media/politics/GlobalOil.html

إن التوزّع الجغرافي لمخزونات النفط وإلى جانبه التفاوت في القوّة الاقتصادية والسياسية بين الدول المصدرّة والمستهلكة كان محفّزاً للصراعات للسيطرة على انتاج النفط طوال القرن الماضي.

المثالان الأبرز على صراعات النفط خلال منتصف القرن الماضي برزا في إيران وفي حرب السويس. ففي إيران، قامت حكومة محمّد مصدّق بتأميم صناعة النفط في أيار ١٩٥١ ما أدّى إلى أزمة شديدة في العلاقات الإيرانية البريطانية وصلت إلى حدّ فرض حصار بريطاني على تصدير النفط الإيراني وقطع العلاقات الدبلوماسية بعد الفشل في التوصّل إلى حلّ في قضيّة التأميم[١]. انتهت الأزمة الإيرانية بإنقلاب هندسته أجهزة المخابرات الأميركية والبريطانية بحسب ما أظهرت الوثائق التي كُشفت في السنوات اللاحقة، وتم تنفيذ الإنقلاب في آب ١٩٥٣ وكانت النتيجة الإطاحة بمصدّق وبقرار تأميم النفط[٢].

كذلك، كان الخوف البريطاني – الفرنسي على أمن الطاقة أحد الأسباب التي أدّت إلى اندلاع حرب عام ١٩٥٦ على مصر. إذ بعد تخريب أنابيب النفط العراقية إلى البحر المتوسّط وقيام القاهرة بتأميم قناة السويس، شعرت لندن بتهديد يلوح على امدادات الطاقة إلى أوروبا[٣]. على أثر ذلك قامت بريطانيا وفرنسا بالمشاركة مع إسرائيل بتنفيذ هجوم عسكري على السويس انتهى بتضامن المجتمع الدولي والقوى الكبرى كالولايات المتحدة والاتحاد السوفياتي مع مصر واجبار القوى الغربية على الانسحاب من القناة.

النزاعان الدوليان المذكوريان شكّلا نموذجاً للصراعات السياسية المتمحورة حول النفط وعكسا تصاعد أهميّة الشرق الأوسط في العلاقات الدولية بسبب مخزوناته النفطية الهائلة. وكانت الولايات المتّحدة اعتبرت منذ الأربعينات عبر "مبدأ ترومان" أن تأمين امدادات النفط والحفاظ على المصالح الأميركية في الشرق الأوسط هو من ضرورات الأمن القومي الأميركي[٤]، وهو مبدأ كرّره كل رئيس أميركي تقريباً منذ ذاك الوقت.

مع نموّ الاستهلاك العالمي للنفط وارتفاع عائداته، وفي ظلّ الضغط المستمرّ من كبار الدول المستهلكة للحصول على النفط بأرخص الأسعار عبر شركاتها العالمية، انتشرت سياسة التأميم في الدول المصدّرة خاصة أن الأخيرة كانت تعتبر أنها لا تحصل على نسبة كافية من عائدات نفطها التي اعتبرتها ضرورية للتنمية الاقتصادية في بلدانها. كان الاتحاد السوفياتي أوّل من تحرّك لتأميم القطاع النفطي في العام ١٩٢٨، لحقته المكسيك بعد عشر سنوات، ثم كرّت السبحة حتى السبعينات لتشمل معظم المصدّرين الكبار للنفط كإيران، العراق، الكويت، المملكة العربية السعودية، ليبيا، فنزويلا والجزائر. خلال هذه الفترة، قامت بعض الدول المصدّرة كذلك بتأسيس "منظّمة الدول المصدّرة للنفط" – أوبك، عام ١٩٦٠ في بغداد، والتي كان أحد

---

[١] محمد مصدق وتأميم النفط الإيراني ١٩٥١-١٩٥٣، فراس حسن الجبوري، صحيفة دنيا الوطن، http://pulpit.alwatanvoice.com/content-189811.html

[٢] للمزيد حول الموضوع راجع: Maugeri, The Age of oil, OPCIT, P 63-76، أيضاً: آمال السبيكي ، تاريخ ايران السياسي بين ثورتين١٩٠٦ ـ ١٩٧٩م ، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت ـ ١٩٩٩.

[3] Tertzakian, A Thousand barrel per second, OPCIT, p 71

[4] Maugeri, The Age of Oil, OPCIT, p 59.

دوافع تأسيسها الرئيسية في نظرها هي اكتساب موقف تفاوضي أقوى تجاه شركات النفط العالمية والدول المستهلكة كالولايات المتّحدة واكتساب موقع أقوى في سوق النفط العالمي[١]. واستطاعت أوبك فيما بعد أن تلعب دوراً مهماً في هذه السوق، حيث كان قرار واحد منها يكفي لرفع أسعار النفط أو التسبّب بهبوطها، إلا أنها فقدت قدرتها مؤخراً على التحكم في الأسعار لأسباب سنعالجها لاحقاً.

اليوم لا يزال أمن الطاقة هاجساً أساسياً لكبار مستهلكي النفط في العالم. بعد انتخابه لرئاسة أكبر قوّة عظمى على الكوكب في العام ٢٠٠٨، أعلن الرئيس الأميركي باراك أوباما خطّته بإنشاء "مجلس أمن الطاقة" يوازي في أهميته "مجلس الأمن القومي" معتبراً أن بلاده "محتجزة كرهينة في سوق النفط" وبأن "أمن أميركا القومي كان مهدداً منذ السبعينات بلا–أمنها في مجال الطاقة"[٢].

طوال السنوات الماضية كان النفط كمورد استراتيجي يكتسب أهمية متصاعدة يوماً بعد يوم على وقع تضاعف الاستهلاك العالمي واشتداد التنافس الدولي على الاحتياطات النفطية. والانخراط الأميركي في الشرق الأوسط كان نتيجة مباشرة لنموّ الاستهلاك الأميركي من النفط الأجنبي من ١٠ في المئة من مجمل الاستهلاك المحلّي عام ١٩٧٠ إلى ٦٥ في المئة في عام ٢٠٠٤[٣]. تأمين الامدادات النفطية كان دافعاً رئيسياً للتدخّل العسكري الأميركي بعد الاجتياح العراقي للكويت عام ١٩٩١. كذلك، هنالك دوافع نفطية واضحة لاجتياح العراق عام ٢٠٠٣، الموضوع الذي أُشبع بالعديد من الوثائق والدراسات.

ومع تضاعف أهميّة النفط إثر ارتفاع الأسعار وأزمة الطاقة الأخيرة، يكتسب "أمن الطاقة" أهمية جديدة حيث بات اليوم من العوامل الأساسية التي ترسم الخارطة السياسية والاقتصادية لعالمنا المعاصر، في ظلّ نزاعات مرتبطة بأمن الطاقة في كل مكان: في بحر قزوين في ظلّ صراعات القوى الغربية والمحليّة على موارده النفطية الهائلة، في أوروبا الشرقية مع مصدّر الغاز الروسي، في أوروبا الغربية التي أعلنت عن مشاريع كبرى للطاقة الشمسية في شمال أفريقيا، في أفريقيا في ظلّ التنافس الأميركي – الصيني الشديد على موارد القارة السوداء، وفي أميركا الجنوبية في ظلّ الإعصار الذي أحدثه وصول الرئيس الفنزويلي هوغو شافيز إلى السلطة والمخاوف الأميركية على الامدادات النفطية من القارة اللاتينية.

* * *

تحوّل النفط خلال القرن الماضي من مجرّد مادة بسيطة تُستعل لإضاءة المصابيح الليليّة إلى أهم مورد استراتيجي في العالم، تاركاً بصمته الواضحة في جميع المجالات: في السياسة، الاقتصاد، البيئة وفي نمط العيش، جاعلاً عصرنا الصناعي يستحقّ عن جدارة لقب "عصر النفط".

---

[١] الدول المؤسّسة في أوبك هي: السعودية، إيران، الكويت، العراق وفنزويلا. وشملت عضويتها فيما بعد قطر، ليبيا، أندونيسيا، الإمارات العربية المتحدة، الجزائر، نيجيريا، الإكوادور والغابون.

[2] David Roberts, Obama Mulls Energy Seciruty Council, Grist Magazine, November 2008.

[3] Tertzakian, A Thousand barrel per second, OPCIT, p 55.

لكن هذه الاعتمادية الشديدة على النفط التي تجذّرت في المجتمعات الصناعية على امتداد مئة وخمسون عاماً تعني في الوقت نفسه أنه هنالك هشاشة اقتصادية وسياسية واجتماعية كبيرة تظهر عند أوّل أزمة نفطيّة. وهذا بالفعل ما حدث أكثر من مرّة في الصدمات النفطية المتتالية في القرن العشرين.

ج: أزمات الطاقة في القرن العشرين: أسبابها ونتائجها:

النفط الرخيص كان القاعدة في أسواق الطاقة منذ بداية القرن العشرين حتى عشية الصدمة النفطية الأولى عام ١٩٧٣. برميل النفط السعودي "العربي الخفيف" الذي أصبح فيما بعد معياراً للتسعير في الأسواق العالمية، تراوح سعره في الخمسينات حول دولارين، ثم انخفض إلى 1.80 دولار في الستينات، و1.21 دولار عام ١٩٧٠[1] (أي ما يعادل ٤ دولارات بقيمة دولارات اليوم).

الطاقة الرخيصة غذّت طوال هذه السنوات انفجاراً اقتصادياً وتنموياً طال معظم أنحاء العالم وهو معروف اليوم باسم "الثلاثون المجيدة" التي امتدّت منذ نهاية الحرب العالمية الثانية في أوروبا مع مشروع مارشال لإعادة إعمار القارّة العجوز وصولاً إلى الصدمة النفطية الأولى التي وضعت حداً له في ظلّ صعود السياسات النيوليبرالية مع رئيسة الوزراء البريطانية مارغريت تاتشر والرئيس الأميركي رونالد ريغن.

وشهدت امدادات النفط العالمية أزمتان رئيسيتان عام ١٩٧٣ ثم عام ١٩٨٠ وعدداً من الأزمات الأخرى المؤقتة التي تركت آثارها الواضحة حتى اليوم على سياسات الطاقة والسياسة الدولية.

١) الصدمة النفطية الأولى ١٩٧٣: حصلت أزمة عام ١٩٧٣ في توقيت حسّاس جداً لأسواق النفط العالمية، إذ مهدّت لها عدّة عوامل اقتصادية وسياسية جعلتها تستحقّ لقب "الصدمة" للإشارة إلى ما تركته من آثار على الاقتصاد العالمي. طوال الفترة التي سبقت الأزمة، كان الطلب العالمي على الطاقة يشهد ارتفاعاً مستمراً وصل إلى ذروته أوائل السبعينات، حيث قفز من ٤٦ مليون برميل يومياً عام ١٩٧٠ إلى ٥٨ مليون برميل عام ١٩٧٣[2].

وما زاد الطين بلّة هو بلوغ الانتاج المحلّي لأكبر مستهلك عالمي للنفط، الولايات المتّحدة، إلى ذروته في العام ١٩٧٠ بـ ١١ مليون برميل يومياً داخلاً بعد هذا التاريخ في حقبة طويلة من انحدار الانتاج[3]، فيما استمرّ الطلب بالارتفاع من دون القدرة على تلبية الطلب سوى بزيادة الاستيراد من الخارج. هذا ما دفع

[1] Adelman, Morris A. The Genie Out of the Bottle: World Oil since 1970, MIT Press, Cambridge, 1995, p 96.
[2] Maugeri, The Age of Oil, OPCIT, p 108.
[3] IBID, p 104.

الرئيس الأميركي ريتشارد نيكسون في نيسان من العام ١٩٧٣ إلى إلغاء الكوتا المفروضة على استيراد النفط والتي حدّدها الرئيس دوايت أيزنهاور بـ ١٠ في المئة من الاستهلاك المحلّي منذ العام ١٩٥٩[1].

تزامن ذلك مع موجة تأميم لصناعة واستخراج النفط في الدوّل المصدّرة بين عامي ١٩٦٨ و١٩٧٢ شملت الجزائر، ليبيا، والعراق، بعدما سبقتها دول أخرى كالسعودية والمسكسيك وفنزويلا.

هذه الظروف مجتمعة رفعت أسعار برميل النفط من 1.21 دولار عام ١٩٧٠ إلى 2.90 دولار عام ١٩٧٣[2] (أي من أربع دولارات إلى نحو عشرة بقيمة دولارات اليوم مع حساب التضخّم).

ليكتمل المشهد، قام نيكسون في أوائل السبعينات بفصل الدولار عن الذهب وترك سعر العملة لتحديده في عملية العرض والطلب، فشهد الدولار تراجعاً كبيراً في قيمته في ظلّ موجة تضخّم كبرى على خلفية النفقات الباهظة لحرب فييتنام التي خاضتها واشنطن من دون زيادة أية ضريبة. ومع تراجع الدولار الذي أثّر سلبياً على عائدات الدول المصدّرة للنفط لأن مبادلاتها كانت تتمّ بالدولار، باتت الظروف جاهزة لمشاركة الدول العربية المصدّرة للنفط في تحرّك يهدف لرفع سعر البرميل الذي اعتبرته وقتها غير عادل. وكانت حرب تشرين عام ١٩٧٣ على الجبهة العربية – الإسرائيلية هي فتيل الصدمة النفطية الأولى إذ قامت الدول العربية النفطية بفرض حظر على تصدير البترول إلى الدول الغربية، وبخفض الانتاج ورفع الأسعار الإسمية أكثر من مرّة ما أدّى إلى تضاعف سعر البرميل خمس مرّات خلال فترة قصيرة جداً مسبباً أزمة عالمية باتت تُعرف اليوم باسم "الصدمة النفطية الأولى".

رمت الصدمة النفطية الأولى العالم في ركود اقتصادي استمرّ معظم فترة السبعينات واضعة حدّاً لفترة الازدهار الطويلة التي أعقبت الحرب العالمية الثانية.

٢) **<u>الصدمة النفطية الثانية ١٩٨٠:</u>** لم تمرّ فترة طويلة قبل أن يشهد العالم الصدمة النفطية الثانية عام ١٩٨٠ رغم انخفاض الطلب العالمي على النفط مقارنة مع مستويات عام ١٩٧٣. الأزمة هذه المرّة حرّكها الهلع في الأسواق العالمية من انقطاع مفاجيء في إمدادات النفط إثر الثورة الإسلامية في إيران التي استلمت الحكم عام ١٩٧٩ في بلد كان وقتها ثاني أكبر مصدّر للنفط في العالم بعد السعودية. وكان الانتاج الإيراني من النفط انخفض من 5.5 مليون برميل نفط يومياً إلى ٤٠ ألف برميل عشية الثورة، ليعود بعدها إلى الارتفاع إلى أكثر من ٤ ملايين برميل بعد استتباب الأمور. وتزامنت الثورة الإسلامية في إيران مع إنقلاب في العراق الذي هو بدوره أحد كبار مصدّري البترول في العالم، الذي انتهى باستلام صدّام حسين الحكم في نيسان عام ١٩٧٩. ووصلت الأزمة إلى ذروتها مع اندلاع الحرب العراقية – الإيرانية عام ١٩٨٠ التي

[1] IBID, p 107.
[2] IBID, p 108.

حرمت أسواق النفط من نحو ٣ ملايين برميل يصدّرها البلدان يومياً، مسببة أكبر قفزة تاريخية في أسعار النفط في القرن الماضي أوصلت سعر البرميل إلى ٤٢ دولاراً (أي حوالي ٨٢ دولاراً بدولارات اليوم مع حساب التضخّم)[١].

٣) آثار الصدمتان: رغم أن الصدمتان النفطتيتان كانتا مؤقتتين ولم يستمرّ ارتفاع سعر النفط خلالهما سوى بضعة أشهر، إلا أنهما أظهرتا الدرجة التي أصبح فيها العالم معتمداً على النفط الرخيص، وتركتا آثارهما على الاقتصاد العالمي والسياسة الدولية. ففي الشأن الاقتصادي، تراجع نمو الاقتصاد العالمي من 6.8 في المئة عشية الأزمة النفطية الأولى إلى 2.3 في المئة خلال السنوات اللاحقة[٢].

على الصعيد الدولي، كان تأسيس "الوكالة الدولية للطاقة" عام ١٩٧٤ نتيجة مباشرة لأزمة الطاقة، وهي مؤسسة حكومية تابعة لمنظمة "التعاون والتنمية الاقتصادية" التي تضمّ الدول الصناعية الغربية. ورغم أن وزير الخارجية الأميركية آنذاك هنري كيسنجر رأى الوكالة على أنها أداة مضادة لأوبك، إلا أن دورها اليوم يقتصر على تجميع البيانات حول أسواق الطاقة واقتراح السياسات العامة على دول المنظمة.

كذلك عزّزت الصدمتان النفطيتان من أهمية أمن الطاقة لدى الدول المستهلكة وقادتا إلى انخراط أكبر للدول الصناعية في شؤون الدول المصدّرة للنفط، والتي عبّر عنها الرئيس الأميركي جيمي كارتر من خلال ما عُرف فيما بعد بـ"مبدأ كارتر" الذي أعلن استعداد الولايات المتّحدة للتدخل عسكرياً للدفاع عن مصالحها في منطقة الخليج العربي[٣]. ولعلّ ذروة السياسات المدفوعة بأمن الطاقة كانت مع التدخّل العسكري الأميركي لتحرير الكويت بعد الاجتياح العراقي عام ١٩٩٠، والتي برّرها الرئيس الأميركي جورج بوش الأب بالقول: "وظائفنا، أسلوب عيشنا، حرّيتنا وحرّية الدول الصديقة حول العالم ستعاني كلّها إذا وقعت احتياطات النفط العظيمة في يد صدّام حسين"[٤]. ورغم الاجتياح العراقي للكويت وما تبعه من عمليات عسكرية في أغنى مناطق النفط في العالم، إلا أن أسواق الطاقة لم تشهد أزمة حقيقية، ويعود ذلك بشكل أساسي إلى قيام السعودية بزيادة الانتاج وتحرير جزء من الاحتياطي الاستراتيجي الأميركي لتعويض النقص في الأسواق.

---

[1] Newman, The final energy crisis, OPCIT, p 50.
[2] Tertzakian, A Thousand barrel per second, OPCIT, p 85.

[3] Third State of the Union Address, presidential address to Congress including the Carter Doctrine delivered by Jimmy Carter on January 23, 1980.Source: www.jimmycarterlibrary.org
[4] Yergin, The Prize: The Epic Quest for Oil, OPCIT, p. 773

إلى ذلك، انتهجت الدول الصناعية سياسات طاقة جديدة شجّعت تحسين كفاءة استهلاك الطاقة محلياً والتحوّل من النفط إلى مصادر أخرى كالفحم والغاز الطبيعي والطاقة النووية والهوائية. وفيما سنّت الولايات المتحدة قوانين عديدة تهدف إلى تحسين سياسات الطاقة مثل قانون منع استخدام النفط لتوليد الكهرباء[١]، أطلقت الدول الأوروبية مبادرات عديدة حيث نفذّت فرنسا مثلاً مشاريع ضخمة لبناء المفاعلات النووية خفّضت عبرها اعتمادها على الوقود الأحفوري إلى ٥٧ في المئة فقط من مجمل استهلاكها للطاقة، فيما اختارت ألمانيا طريق الطاقة الهوائية حتى باتت اليوم رائدة العالم في هذا المجال. كذلك قامت اليابان التي كانت عام ١٩٧٨ ثاني أكبر مستورد عالمي للنفط، بخطوات جبّارة إذ نجحت في تخفيض اعتمادها على النفط بنسبة ٥٠ في المئة بين عامي ١٩٨٠ و١٩٩٠[٢]، واليوم يدفع المواطن الياباني أعلى ضرائب على استهلاك الطاقة في العالم[٣]. ونجحت سياسات الطاقة الجديدة هذه في كبح نمو الطلب العالمي على النفط من ٩ في المئة سنوياً قبل عام ١٩٧٣ إلى 1.5 في المئة سنوياً بعد العام ١٩٨٥ حين بدأت هذه السياسات تثمر على أرض الواقع.

* * *

نجح التدخّل الحكومي بعد الصدمتان النفطيتان الأولى والثانية في القرن الماضي في التغلّب على نتائج هاتان الأزمتان لكنه لم يكن كافياً لدرء خطر أزمات مستقبلية. فبعد عودة أسعار النفط للانخفاض خلال عقد التسعينات عاد الطلب إلى الارتفاع مجدداً، ومنه الطلب في الدول الصناعية كالولايات المتحدة التي تعتمد على النفط الأجنبي اليوم في ٩٠ في المئة من استهلاكها. كذلك لم تعنِ سياسات الطاقة التي انتُهجت في تلك الفترة التخلّي عن الوقود الأحفوري كمورد ملوّث وغير متجدّد والتحوّل إلى الطاقة النظيفة والمتجدّدة، بل كان عنوانها الأساسي هو تخفيض الاعتماد على النفط الخارجي. والبديل عن النفط كان في معظم الأحيان محطّات لتوليد الكهرباء على الفحم أو الغاز الطبيعي أو المفاعلات النووية.

بعد أربعة عقود على الصدمة النفطية الأولى عاد النفط ليكون سبب أزمات جديدة أكثر خطورة، منها أزمة مناخية عالمية ناتجة بشكل أساسي عن استهلاكه. ويلقي ذلك بثقله على الاقتصاد العالمي والعلاقات الدولية ويقود تحول غير مسبوق في سياسات الطاقة حول العالم، وهو ما سنعالجه في المبحثين التاليين.

[1] Tertzakian, A Thousand barrel per second, OPCIT, p 89.
[2] IBID, p 208.
[3] IBID, p 208.

المبحث الثاني

أزمة الطاقة

مع انتهاء العام الحالي تدخل أزمة الطاقة، التي باتت معروفة اليوم باسم "الصدمة النفطية الثالثة"، عامها السابع منذ بدء ارتفاع سعر برميل النفط من ٢٠ دولاراً عام ٢٠٠٤ ليستقرّ اليوم حول ٨٠ دولاراً للبرميل في ظلّ توقعات بارتفاع مستمرّ في أسعار الطاقة على المدى المنظور. فاجئت هذه الأزمة المطوّلة معظم متابعي أسواق الطاقة في العالم، إذ حطّمت الأرقام القياسية السابقة لأسعار النفط فيما تجاوزت في مدّتها كل الأزمات السابقة التي اقتصرت على بضعة أشهر.

وتختلف الأزمة الحالية عن سابقاتها لا فقط في مستويات أسعار النفط وأمدها الطويل، لكن أيضاً في أسبابها المختلفة عن الأسباب التقليدية كالتوتر السياسي في الدول المصدّرة والارتفاع المؤقّت للطلب أو المضاربة في الأسواق. وفيما تسبّب أوّل أزمة طاقة في القرن الواحد والعشرين زلزالاً عالمياً هادئاً تتردّد آثاره في جميع المجالات يصبح من المهم البحث المعمّق في أسبابها، خاصة مع تصاعد الحديث عن اقتراب "نهاية عصر النفط" مع ما يحمله ذلك من نتائج محتملة لم يعرفها العصر الصناعي في تاريخه.

الفقرة الأولى: هل دخلنا عصر "الذروة النفطية"؟

فيما تلقي أزمة الطاقة بثقلها على الخارطة السياسية والاقتصادية يحتدم النقاش الأكاديمي حول الأسباب الحقيقية لأزمة الطاقة. ويدور النقاش اليوم بشكل رئيسي بين تيارين رئيسيين: الأوّل يعتبر أن أزمة الطاقة الحالية مماثلة للأزمات السابقة وأن أسبابها ظرفية يمكن التغلّب عليها في المدى المنظور، والثاني يقول أنها أزمة بنيوية ذات جذور جيولوجية – اقتصادية مختلفة جذرياً عن سابقاتها ولا يمكن تجاوزها باعتماد الحلول التقليدية.

وفيما ينطلق التيار الأوّل من وفرة الاحتياطات النفطية في العالم ويعتبر أن المشكلة تكمن فقط في وتيرة أو أسلوب استغلالها، يرتكز التيار الثاني على نظرية جيولوجية حديثة تُدعى "الذروة النفطية"، وهو تعبير دخل بقوّة إلى مفردات السياسات العامة خلال الأعوام الأخيرة بعدما تزايدت الدراسات الحكومية التي تحذّر من اقتراب عصر الذروة النفطية في عزّ ذروة إدمان العالم على النفط. ماذا تعني الذروة النفطية؟ وما هي انعكاساتها على أرض الواقع وهل هي فعلاً السبب الحقيقي لأزمة الطاقة؟

أ- مفهوم "الذروة النفطية" وانعكاساته:

كان العالم الجيولوجي وكبير مستشاري شركة النفط العالمية "شل" م.ك هوبرت، أوّل من استعمل تعبير "الذروة النفطية" Peak Oil في العام ١٩٥٦[1]، متوقعاً في ذاك الوقت بنجاح وصول الانتاج الأميركي من النفط إلى ذروته في عقد السبعينات. ومذاك الوقت دخلت عبارة الذروة النفطية إلى ميدان الأبحاث حول الطاقة من دون إعارتها أية أهمية تُذكر حتّى الارتفاع الحاد للأسعار خلال العامين الماضيين.

و"الذروة النفطية" هي مفهوم جيولوجي – جغرافي أولاً، تعني وصولا إنتاج حقل النفط إلى أعلى نسبة ممكنة تكنولوجياً وجيولوجياً، ويبدأ انتاجه بعدها بالانخفاض بسبب عوامل جيولوجية عديدة منها انخفاض الضغط في حقل النفط إثر انخفاض المخزون. والذروة مرتبطة نظرياً بحجم الاحتياطي المتبقي في الحقل، إذ انها تحصل عادة عندما يكون الحقل قارب أو استنفذ نحو نصف مخزونه على الأقل.

وفي المرحلة التي تلي "الذروة النفطية"، يصبح من الضروري زيادة الاستثمارات بطريقة مستمرّة بهدف الحفاظ على نفس مستوى الانتاج في الحقل، لأن استخراج الكمية المتبقية من الاحتياطي تكون أصعب وأكثر كلفة من الناحية التقنية، فضلاً عن أن نوعية النفط تكون أكثر تدنياً وتحتاج لتكرير أطول. ويؤدي ذلك على المدى القصير إلى ارتفاع سعر الوحدة النفطية رغم بقاء الكميّة المنتجة من الحقل من دون تغيير. وتُعرف هذه المرحلة عادة بمرحلة "**الهضبة المسطّحة**"، حيث يستقرّ الانتاج على المستوى نفسه بغض النظر عن أي زيادة في الاستثمارات والكلفة.

وفي مرحلة لاحقة لذلك، وبغض النظر عن أي تضاعف في الاستثمارات وفي التطور التقني، يبدأ الانتاج بالانخفاض. وبعد فترة قصيرة من ذلك تصبح الاستثمارات الجديدة في عمليّة الانتاج غير مربحة اقتصادياً بسبب تناقص كميّة النفط المُباعة من الحقل، حتى الوصول فيما بعد إلى مرحلة تصبح فيها الطاقة والأموال المطلوبة لانتاج النفط من الحقل أكبر من مردود الانتاج نفسه، وتؤدي بالتالي إلى توقّف استغلال الحقل رغم وجود احتياط باقٍ فيه.

وتختلف نسبة انحدار انتاج الحقول بعد دخولها في "الذروة النفطية" بحسب جيولوجيتها ونوع النفط الذي تحويه، وبحسب التطوّر التقني الذي قد يؤخّر الذروة. وتصل نسبة انحدار الانتاج أحياناً إلى ١٠ في المئة سنوياً، وهذه هي حالة الحقول في معظم دول "منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية" التي لا تتخطى فيها

[1] Michael K Hubbert, Nuclear energy and the fossil fuels, Publication No. 95, Shell Development Company, Houston 1956, p 40.

مرحلة "الهضبة المسطّحة" أكثر من عشر سنوات قبل بدء انخفاض الانتاج[1]. كذلك يمكن تخفيض الانحدار المستقبلي لانتاج الحقول باعتماد سياسة صارمة لنسب الانتاج السنوي، كما في حالة السعودية التي تطبّق سياسة انتاج صارمة تمنع تخطّي نسبة تناقص انتاج الحقول مستقبلاً الـ ٢ – ٣ في المئة سنوياً[2]. ويمكن لمرحلة "الهضبة المسطّحة" في هذه الحالة أن تستمر لأكثر من عقدين قبل بدء التناقص الفعلي في الانتاج. وكما أن لكلّ حقل نفط ذروته الانتاجية، هنالك أيضاً ذروة عالمية لانتاج النفط تحصل "عندما يبلغ الانتاج العالمي أعلى مستوى له ويبدأ بعدها في انخفاض دائم غير قابل للعكس. وإذا بقي الطلب ثابتاً، ترتفع الأسعار بشكل حتمي بحيث يتخطى الطلب الامداد"[3]. لكن خطورة "الذروة النفطية" لا تكمن فقط في ارتفاع الأسعار، بل في غياب القدرة على زيادة انتاج النفط. وفي ظلّ استمرار ارتفاع الطلب على الطاقة بحكم النموّ الاقتصادي والسكّاني، يعني تناقص الامدادات النفطية الدخول في عصر انكماش اقتصادي وصراعات سياسيّة واقتصادية واجتماعية خطيرة.

ب– التحذيرات من الذروة النفطية والجدل حول الأسباب الحقيقية لأزمة الطاقة

قوبلت نظرية "الذروة النفطية" لهوبرت وقتها بالخفّة، ولأكثر من نصف قرن لم تُأخذ التحذيرات من مباغتة الذروة النفطية للعالم الصناعي على محمل الجدّ. ويعبّر بعض الباحثين عن ذلك بالقول أنه "رغم أننا جميعاً نعلم أن النفط هو مورد قابل للنفاذ، أدّت السنوات التي تمتّعنا فيها بالنفط الرخيص إلى دفعنا تجاه شعور زائف بالأمان"[4] والتصرّف كأن النفط لا نهائي.

حتى العام ٢٠٠٠ كانت أكثر التوقعات تشاؤماً تستبعد حصول الذروة النفطية قبل العام ٢٠٥٠ على أقل تقدير، وكانت مراكز صنع القرار ومؤسسات قطاع الطاقة ترى أنها فترة كافية لتحقيق تحوّل مريح وغير مستعجل نحو الطاقة البديلة. وعبّر وزير النفط السعودي السابق زكي اليماني عن هذه النظرة السائدة وقتها

[1] Ending Dependence: Hard Choices for Oil-Exporting States, John V. Mitchell and Paul Stevens, Royal Institute of International Affairs, Chatham House, London 2008, p 12.
[2] IBID, p 12.
[3] The Impact of Peak Oil on International Development, House Of commons, The All Party Parliamentary Group on Peak Oil (APPGOPO) and RESET (Renewable Energy Shelter Environment Training), Edinburgh Britain, June 2008, p 6.
[4] The impact of Peak oil on International Development, OP.CIT, p4.

قائلاً "لم ينته العصر الحجري لنقص الحجارة، وكذلك عصر النفط سينتهي قبل أن ينفذ نفط العالم بوقت طويل"[١].

بقي الانتاج النفطي حتى العام ٢٠٠٠ يرتفع بثبات مع اكتشاف حقول جديدة كل عام وتطوّر التكنولوجيا في مجالات التنقيب والاستخراج، متمماً بذلك نصف قرن من تغذية النمو السريع للمجتمعات الصناعية التي باتت معتمدة بشكل شبه كلّي على النفط ومشتقاته. لكن منذ العام ٢٠٠٠ بدأت الأسعار بالارتفاع بشكل تدريجي وتضاعفت أكثر من مرّة حتى قفزت من ٢٠ دولار في العام ٢٠٠٤ إلى ١٤٧ دولاراً للبرميل الواحد في تمّوز ٢٠٠٨. وكان هذا الارتفاع مفاجئة كبرى للحكومات والمؤسسات الدولية التي عجزت عن تفسير أسبابه إذ كانت أسوأ التوقعات وقتها للوكالة الدولية للطاقة وللبنك الدولي عام ٢٠٠٧ تقدّر أن أسوأ سيناريوين على الاطلاق يتراوحان حول أسعار للنفط بين الـ ٥٦ دولار والـ ٦١ دولار للبرميل بين عامي ٢٠١٠ و٢٠١٥[٢]. وفي ظلّ ١٤٧ دولاراً للبرميل كانت بعض مراكز الأبحاث لا تزال تصرّ أن ارتفاع الأسعار هو "طارىء" ويعود بشكل أساسي إلى أسباب عارضة كارتفاع الطلب والمضاربة في أسواق النفط والتهديدات الارهابية والازمات السياسية والانتاجية التي تشهدها بعض الدول المصدّرة مثل فنزويلا وإيران ونيجيريا. لكن تزايد الحديث لدى العديد من الجيولوجيين وأقطاب الصناعة النفطية والمنظمات الدولية عن أن أزمة الطاقة الحالية هي أزمة هيكلية ترتبط باقتراب عصر الذروة النفطية، وليست أزمة ظرفية كسابقاتها.

وتعزّزت هذه القناعة بعد الأزمة الماليّة الأخيرة التي أدّت إلى انخفاض الطلب العالمي على النفط في العام ٢٠٠٩ للمرّة الأولى منذ العام ١٩٨١[٣]. رغم ذلك، لم ينعكس هذا الأمر على سعر البرميل، إذ انخفض سعره لفترة قصيرة إلى ٤٠ دولاراً ليعود بعدها ليستقرّ حول ٨٠ دولار رغم عدم عودة الطلب إلى سابق عهده. وتتوقّع الوكالة الدولية للطاقة في تقريرها للعام ٢٠٠٩ أن تستمرّ الأسعار للارتفاع لتصل إلى ما بين ١٠٠ و١٣٠ دولار للبرميل خلال عشر سنوات[٤]، من دون أن تقدّم تفسيراً مفصلاً للأسباب.

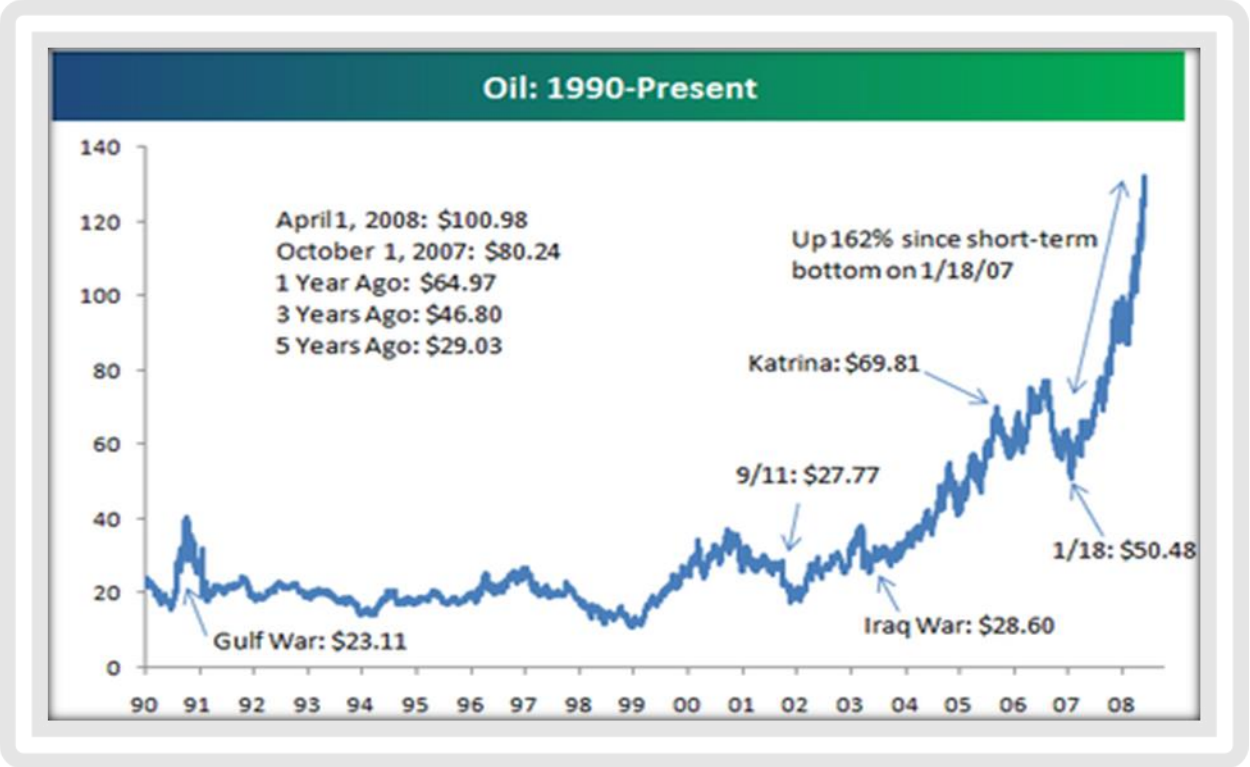
[1] هاينبرغ، ريتشارد، غروب الطاقة: الخيارات والمسارات في عالم ما بعد البترول، ترجمة مازن جندلي، الدار العربية للعلوم، بيروت ٢٠٠٦، ص ٤٣.

[2] The impact of Peak oil on International Development, OP.CIT, p 7.

[3] World Energy Outlook 2009, fact sheets, p 1. IEA

[4] World Energy Outlook 2009, fact sheets, p 6.

الرسم رقم ٢: أسعار النفط منذ العام ١٩٩٠ حتى عام ٢٠٠٨



الرسم رقم ٢: بيان يظهر تطوّر ارتفاع أسعار النفط الخام منذ عام ١٩٩٠ حتى اليوم. وكان سعر البرميل عشية حرب الخليج الثاني عام ١٩٩٠ نحو ٢٣ دولاراً، وبقي حول هذا المعدّل حتى العام ٢٠٠٠ حتى بلغ نحو ٢٨ دولاراً خلال الغزو الأميركي للعراق. واستمرّ ارتفاع الأسعار مذذاك الوقت بوتيرة غير مسبوقة فوصل إلى ٥٠ دولار للمرة الأولى أوائل العام ٢٠٠٧ ليرتفع بعدها بسرعة جنونية ليصل إلى سعره التاريخي غير المسبوق: ١٤٧ دولاراً للبرميل في تموز الماضي.

(مصدر الرسم: http://bespokeinvest.typepad.com/bespoke/2008/05/oil-price-chart.html)

وكان التحذير الأكثر صراحة من أن أزمة الطاقة هذه المرّة هي بنيوية صدر عن الوكالة الدولية للطاقة عام ٢٠٠٧، إذ تحدّث عن حصول نقص حاد في امدادات الطاقة بحلول العام ٢٠١٢[1]. بعد هذا التقرير، توالت "الاعترافات" من شركات النفط العالمية والوطنية على السواء، حيث أعلن المدير التنفيذي لشركة "شل أويل" جيروم فان دو فير، أن تقديرات الشركة تقول "أن الامدادات السهلة من النفط والغاز لن تستطيع أن تجاري الطلب بحلول العام ٢٠١٥"[2]. كذلك بشّر رئيس الشركة الوطنية الليبية للنفط شكري غانم في حزيران

[1] Medium Term Oil Market Report of July 2007, International Energy Agency.

[2] Two Energy Futures, Jeroen van de Veer, CEO of Shell, 22 January 2008, http://www.shell.com/home/content/aboutshell en/our_strategy/shell_global_scenarios/two_energy_futures/two_energy_futures_25012008.html

الماضي، "إن النفط السهل، الرخيص الثمن انتهى. الذروة النفطية تلوح في الأفق"[1]. وقال محللون آخرون أننا دخلنا بالفعل عصر الذروة النفطية حيث فشلت محاولات زيادة الانتاج للتغلّب على ارتفاع الأسعار بين عامي ٢٠٠٥ و٢٠٠٨، ولأن انتاج النفط منذ عام ٢٠٠٥ بقي ثابتاً حول ٨٥ مليون برميل يومياً[2]. وأتى التصريح الرسمي الأهم من الرئيس الأميركي السابق جورج بوش حين اعترف للمرة الأولى أن الأزمة ناتجة عن عدم قدرة انتاج النفط على مجاراة الطلب قائلاً "الأمر يجب أن يكون واضحاً للجميع، الطلب تخطّى الامداد، ما يؤدي إلى ارتفاع الأسعار"[3].

كذلك أكد تقرير منشور لمجلس الاستخبارات الأميركية تم إعداده لإدارة باراك أوباما الجديدة، أن العالم بحلول العام ٢٠٢٥ "سيكون في خضم تحوّل جذري في مجال الطاقة في مجالي أنواع الوقود والموارد على السواء. انتاج الوقود الأحفوري السائل في الدول الغير منضوية في أوبك لن يكون بامكانه النمو بالتناسب مع الطلب. مستويات الانتاج في العديد من المنتجين التقليديين للطاقة مثل اليمن، النروج، عمّان، كولومبيا، المملكة المتحدة، أندونيسيا، الأرجنتين، سوريا، مصر، البيرو وتونس، بدأت بالانخفاض بالفعل. كذلك أصبحت مستويات الانتاج في دول أخرى مسطّحة (ثابتة لا يمكن رفعها) مثل المكسيك، بروناي، ماليزيا، الصين، الهند وقطر. كذلك إن عدد الدول القادرة على زيادة انتاجها من النفط سينخفض باستمرار"[4]. وخلص التقرير إلى أن ارتفاع الأسعار هذه المرّة "مختلف عما شهدناه في السبعينات والثمانينات"[5]. وفي السياق نفسه أشارت دراسة للكونغرس إلى أن "الذروة النفطية" قد تحصل في أي وقت في الفترة الممتدة من اليوم حتى العام ٢٠٤٠، محذرة من أن الدول الأميركية غير مستعدة لعواقب ذلك إطلاقاً. واعتبرت الدراسة أن "عواقب (حصول الذروة النفطية) ستكون أكثر جسامة إذا ما حدثت قريباً من دون أي إنذار وتبعها انخفاض حاد في انتاج النفط لأن مصادر الطاقة البديلة، وخاصة في مجال النقل، ليست متوافرة بعد بكميات كبيرة"، وتتابع: "هكذا ذروة تستلزم خفض حاد في استهلاك النفط، حيث سيقود التنافس على موارد الطاقة المتضائلة

[1] Ashley Seager, Domestic energy bills expected to soar as cost of oil keeps increasing, The Guardian Newspaper, Monday 9 June 2008.
[2] Preparing for Peak Oil: Local Authorities and the Energy Crisis, Prepared by The Oil Depletion Analysis Centre and Post Carbon Institute, December 2008, p 2.
[3] Steve Hargreaves, Bush: Use ethanol to get off oil, CNNMoney.com March 5 2008.
[4] Global Trends 2025: A Transformed World, National Intelligence Council, US Government, November 2008, p 41.
[5] Same source, p 45.

باستمرار الأسعار إلى مستويات غير مسبوقة، مسبباً ضرراً اقتصادياً كبيراً"[1]. وتوقّع تحقيق لـ"إدارة موارد الطاقة والمواد الأولية" الفرنسية بلوغ ذروة الانتاج العالمي بين عامي ٢٠١٣ و٢٠٢٣ حيث سيبدأ بعدها الانتاج بالانخفاض بشكل سريع[2]، فيما رأت "المؤسسة الفيدرالية للعلوم الجيولوجية والجغرافية" الألمانية حصول الذروة النفطية قبيل العام ٢٠١٧[3].

رغم كل هذه التحذيرات، إلا أنه لا يوجد هنالك أي إحصاءات دقيقة تجعل من الممكن معرفة حصول الذروة النفطية بسبب التضارب الكبير بين الاحصاءات والكتمان الذي يحيط الأرقام الحقيقية لاحتياطات النفط. ورغم أنه لا يمكن معرفة إذا ما كنّا بلغنا ذروة الانتاج العالمي من النفط إلا بعد عدّة سنوات من حدوثه، هنالك العديد من العوامل البنيوية في قطاع الطاقة اليوم التي تغذّي الأزمة والتي تتشابه في العديد من أوجهها مع ما تتحدّث عنه فرضيات الذروة النفطية.

ج: أزمة الطاقة: الأسباب الظرفية والبنيوية:

تغذّي أزمة الطاقة الحالية عدّة عوامل سياسية واقتصادية وجيولوجية، وتجعل منها أزمة فريدة ذا انعكاسات خطيرة على خارطة الاقتصاد العالمي والعلاقات الدولية. فبالإضافة إلى العوامل الظرفية كالأزمات السياسية التي تعصف ببعض الدولّ المصدّرة للنفط، يعاني قطاع الطاقة في العالم من نقص مزمن في الاستثمارات يتزامن مع ارتفاع هائل في الطلب العالمي على الطاقة في ظلّ انتهاء عصر الاكتشافات النفطية الكبرى، وهي أسباب بنيوية تتطلّب معالجتها حلولاً بنيوية وشاملة بدورها.

أولاً: الأسباب الظرفية لأزمة الطاقة:

تشكّل الأزمات السياسيّة والمضاربة على الأسهم والعقود في سوق النفط السببان الظرفيان الرئيسيان لارتفاع أسعار النفط. ويضيف البعض عليها سببان آخران هما ارتفاع الطلب العالمي ونقص الاستثمارات في قطاع

[1] The Government Accountability Office Report, CRUDE OIL – Uncertainty about Future Oil Supply Makes It Important to Develop a Strategy for Addressing a Peak and Decline in Oil Production, US Government, 2007.
[2] The Oil Industry 2004, Direction des Ressources Energétiques et Minérales de la DGEMP, Paris, 2004.
[3] Preparing for Peak Oil, OP.CIT, p 12.

الطاقة، إلا أننا فضّلنا أن التعامل مع السببان الأخيران على أنهما سببان بنيويان طويلا الأمد للأسباب التالية:

- إن ارتفاع الطلب العالمي على النفط له أسباب بنيوية كارتفاع الطلب الصيني والهندي على الطاقة.
- إن نقص الاستثمارات هو بدوره نقص متراكم طويل الأمد، وإعادة الاستثمار في قطاع الطاقة تحتاج لعقدين على الأقل لكي تحقّق نتائج ملموسة، فضلاً عن أن حجم الاستثمار المطلوب هو هائل لدرجة قد لا تكون متاحة في المستقبل وتتطلّب قرارات وتحوّلات على المستوى الاستراتيجي للدول.

١) الأزمات السياسية وأسعار الطاقة: هنالك عدد من الأزمات السياسيّة المتزامنة في عدّة دول مصدّرة للنفط هي: العراق (ثالث أكبر احتياطي نفطي في العالم)[١]، نيجيريا (ثامن أكبر مصدّر للنفط في العالم)[٢] التي يوجد فيها تمرّد عسكري في دلتا النيجر وهي أغنى مناطق النفط والغاز الطبيعي فيها، إيران (رابع أكبر مصدّر للنفط في العالم)[٣]، وفنزويلا (سادس أكبر مصدّر للنفط في العالم)[٤] التي شهدت في العام ٢٠٠٣ نزاعاً بين الرئيس هوغو شافيز وشركة النفط الوطنية تخلّله إضراب طويل لعمّال شركة النفط[٥].

إلى ذلك، تضيف بعض الدراسات الصادرة قبل العام ٢٠٠٦ عاملين آخرين: إعصار كاترينا والعامل الروسي. فإعصار كاترينا الذي ضرب شرقي الولايات المتّحدة عام ٢٠٠٥ أدّى إلى توقّف انتاج حوال 1.5 مليون برميل نفط يومياً من الآبار البحرية لحوالي شهرين مسبباً ارتفاع سعر البرميل لأوّل مرّة إلى ٧٠ دولار[٦]. أما العامل الروسي، فهو عمليّة التأميم الواسعة التي طال "بارونات النفط" في ثاني أكبر دولة مصدّر للنفط في العالم ابتداءاً من العام ٢٠٠٠ مع وصول فلاديمير بوتين إلى السلطة. ونجح بوتين خلال ولايته الأولى بتأميم معظم شركات النفط الروسية وإعادتها إلى سيطرة الدولة ما سبّب انخفاضاً مؤقتاً في انتاج النفط. ويشدّد أحد الباحثين في شؤون النفط على الأسباب السياسية لأزمة الطاقة قائلاً: "الاستراتيجية التي

[1] Iraq Oil, U.S Energy Information Administration, http://www.eia.doe.gov/cabs/Iraq/Background.html
[2] Nigeria Oil, U.S, E.I.A http://www.eia.doe.gov/cabs/Nigeria/Background.html
[3] Top World Oil Producers, Exporters, Consumers, and Importers, 2006, http://www.infoplease.com/ipa/A0922041.html
[4] IBID.
[5] Chevalier, The New Energy Crisis, OPCIT, p 189.
[6] IBID, p 197.

اتّبعتها فنزويلا عرّضت قدرتها على زيادة النفط. إيران هي تحت العقوبات. قدرة العراق على انتاج النفط تضرّرت بفعل النزاع والتخريب. والنزاع في دلتا النيجر عام ٢٠٠٦ قاد إلى خسارة انتاجية وصلت إلى ٨٠٠ ألف برميل في اليوم. في أندونيسيا استمرّت النقاشات لسنوات عدّة حول الوضع القانوني لاستغلال حقل كيبو الضخم الذي يبلغ انتاجه اليوم ١٧٠ ألف برميل في اليوم"، ويخلص الكاتب إلى القول: "النقطة المهمّة هنا هي أنه لا يوجد أي عومل من هذه العوامل تحدّده الجيولوجيا"[١].

ومن المعروف في أسواق الطاقة أن "العامل الأمني" يتواجد ضمناً في سعر البرميل الذي يتأثر بالتهديدات الأمنية والسياسية والاقتصادية لانتاجه وامداداته وتجارته، كالنزاعات والتأميم والانقلابات وما شابه ذلك. حين بلغ البرميل مستوى ٧٥ – ٨٠ دولاراً في العام ٢٠٠٦، كانت الأسواق الماليّة تقدّر أن العامل الأمني الموجود ضمناً في هذا السعر هو بين ١٠– ١٥ دولاراً للبرميل[٢].

٢– التوقّعات في أسواق النفط وعلاقتها بالأسعار: من المعروف أن التوقّعات في أسواق الأسهم حول مستقبل الأسعار تلعب دوراً مهماً بدورها في تحديد السعر المستقبلي، لكن مدى تأثيرها على الأسعار يبقى مجهولاً في ظلّ غياب الدراسات والاحصاءات الدقيقة التي تتحدّث عن هذه المسألة. وبالتالي، لا بدّ من العودة إلى أحداث خارجية معروفة لمحاولة قراءة علاقة أسواق الأسهم بارتفاع سعر النفط.

وحين تكون هناك توقّعات في أسواق الأسهم بارتفاع أسعار النفط مستقبلاً، يقبل المضاربون على شراء عقود النفط المستقبليّة بكميّات كبيرة ما يسبّب بدوره تغذية دورة ارتفاع الأسعار.

ولعلّ الحادثة التي حصلت في شباط عام ٢٠١٠ في أفريقيا هي أبلغ معبّر عن هذا الرابط. ففي ١٨ من هذا الشهر، شهدت دولة النيجر انقلاباً عسكرياً في العاصمة نيامي أطاح بالرئيس مامادو تاندجا[٣]. لكن أسواق الأسهم حول العالم التي تسرّعت في توقّعاتها، فاختلط عليها اسم النيجر، الدولة التي لا تنتج أي برميل نفط حالياً، مع اسم نيجيريا إحدى أغنى الدول النفطية في العالم. وعلى وقع التوقّعات بارتفاع سعر النفط خلال الأيام المقبلة بسبب ما اعتقدته الأسواق أزمة سياسية في دولة غنيّة بالنفط، أقبل المضاربون على شراء عقود النفط بكميّات كبيرة، ما أدّى فعلاً إلى ارتفاع سعره من ٧٤ إلى ٨٠ دولار في يوم واحد. ويصف أحد محلّلي أسواق أسهم النفط الوضع ذاك النهار قائلاً: "تم افتتاح أسواق الأسهم حول العالم في الوقت نفسه تقريباً الذي

[1] Duncan Clarke, The battle for barrels: Peak Oil Myths and World Oil Futures, Profile Books Ltd, London 2007, p 156.
[2] IBID, p 147.

[3] Abdoulaye Massalatchi, Niger coup leader silent on election timetable, Reuters, Feb 19, 2010.

بثّت فيه رويترز خبر سماع إطلاق نار في عاصمة النيجر واحتمال وجود انقلاب فيها، واختلط الأمر على كثيرون على أن الانقلاب هو في نيجيريا"[1].

ورغم التأثير الواضح للمضاربات على سعر النفط، إلا أنه تأثير مؤقت لا يتعدّى بضعة أيام في معظم الأحوال، ولا يتخطّى في معظم الحالات العشر دولارات ارتفاعاً أو انخفاضاً.

٣- عوامل أخرى في ارتفاع أسعار الطاقة: هنالك عوامل أخرى تؤثّر على أسعار النفط، منها عوامل طويلة الأمد كالتأميم ومنها موسمية كارتفاع الطلب على المحروقات في الشتاء.

ورغم أن عمليّة التأميم كانت تعني عادة ارتفاع مؤقت للأسعار بسبب الانخفاض المتوقّع في انتاج النفط بعد طرد الشركات الدولية، إلا أنه في الأزمة الحالية إن تأثير التأمام محدود بسبب عدّة عوامل، منها أن حركة التأميمات الكبرى حصلت في عقدي الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي واستنفذت نتائجها خلال العقود الماضية. كما أن الظروف السابقة أثبتت أن الشركات الوطنية التي استلمت انتاج النفط لم تكن أقلّ كفاءة من الشركات الدولية. واليوم تعتبر الشركات الوطنية من أقوى المؤسسات النفطية في العالم وتنافس الشركات الدولية في الأسواق العالمية مثل "أرامكو" السعودية و"بتروباس" البرازيلية و"سينوك" الصينية و"إنداين" الهندية. ولا يوجد عمليات تأميم كبرى في القرن الواحد والعشرين سوى في روسيا، التي انتهى التأميم فيها في الواقع إلى تحسين انتاج النفط الروسي كما سنبيّن في الفقرة التالية.

٤- مناقشة العوامل الظرفية في أزمة الطاقة: تختصر إحدى العبارات في كتاب "المعركة على البراميل"، لدنكان كلارك وهو مستشار خاص في قطاع الطاقة، وجهة النظر التي تعتبر أن الأزمة تعود لأسباب مؤقتة، إذ يقول فيها: "إن ارتفاع أسعار النفط ناتج عن عوامل مؤقتة: صعود السياسات الوطنية حول الموارد التي أبعدت شركات النفط، نقص الاستثمار في الاستكشاف خلال العقد الماضي، تأخّر أوبك في التصرّف والحاجة لزيادة الاستثمار في القدرات الانتاجية، العقوبات التي تطال الدول الغنية بالنفط مثل ليبيا، السودان، العراق وإيران، نقص القدرة الاحتياطي على الانتاج من ١٥ % من الاستهلاك في الثمانينات إلى ٢ % حالياً، وتدنّي قدرة صناعة التكرير حول العالم"، ويخلص الكاتب إلى القول في الدراسة المنشورة عام ٢٠٠٦ أن ارتفاع الأسعار مؤقّت: "ارتفاع أسعار النفط الخام لن يستمرّ إلى ما لا نهاية، وانخفاضه ٣٠ في المئة في نهاية العام ٢٠٠٦ (عن ٧٠ دولار في صيف ٢٠٠٥) هو مؤشّر على دورة أسعاره"[2]. إلا أن التطورات

[1] **Niger, Nigeria and the oil price rise** By MERLIN FLOWER for OIL-PRICE.NET, 2010/02/24 http://www.oil-price.net/en/articles/niger-nigeria-oil-price-rise.php

[2] Clarke, The battle for barrels: Peak Oil Myths and World Oil Futures, OPCIT, p 144.

اللاحقة أظهرت أن توقّعاته والتيار القائل بالأسباب الظرفية لأزمة الطاقة لم تصيب، إذ استمرّ ارتفاع الأسعار حتى وصل إلى سعره التاريخي في صيف العام ٢٠٠٨.
ورغم أن العوامل السياسية والاقتصادية المذكورة تلعب دوراً هاماً في ارتفاع أسعار النفط إلا أنها لا تفسّر في الواقع تضاعف سعر البرميل ستّ مرات بين عامي ٢٠٠٤ و٢٠٠٨. وإن كانت هذه العوامل تقدّم تفسيراً جزئياً لارتفاع الأسعار في ذاك الوقت، إلا أنها لا تكفي اليوم لتفسير بقاء الأسعار ضمن نطاق ٧٠-٨٠ دولار في الوقت الحالي رغم انخفاض الطلب على الطاقة في عامي ٢٠٠٩ و٢٠١٠ على وقع الأزمة المالية العالمية. كما أنها لا تقدّم تفسيراً للتوقعات المستمرّة بارتفاع الأسعار، ومنها توقّعات صادرة عن أهمّ المؤسسات الدولية في مجال الطاقة.

وبالعودة إلى الأسباب السياسية لأزمة الطاقة، فإننا بعد التدقيق بها نرى أن معظمها لم يؤثّر مباشرة على أسعار الطاقة في الأزمة الأخيرة. فالعقوبات الاقتصادية على إيران موجودة منذ العام ١٩٧٩، ومذذاك الوقت حتّى اليوم نجحت إيران في جذب العديد من شركات النفط العالمية وخاصة الروسية والصينية والهندية في ظلّ توسّع تجارتها الإقليمية مع العديد من جيرانها. أما العقوبات على ليبيا فقد أُلغي معظمها ابتداءاً من العام ٢٠٠٧ إثر مصالحة تاريخية بين النظام الليبي والاتحاد الأوروبي.

كذلك، إن قطاع النفط العراقي كان تضرّر بشكل كبير منذ عمليّة عاصفة الصحراء التي قامت بها الولايات المتّحدة عام ١٩٩١ والتي لحقها حصار اقتصادي وحظر على تصدير النفط دام حتى العام ٢٠٠٤. وبالتالي، إن النفط العراقي كان شبه غائب عن الأسواق العالمية طوال فترة التسعينات حين كان ثمن البرميل مستقرّاً حول ٢٠ دولار. وتم استئناف انتاج النفط العراقي منذ العام ٢٠٠٤ تقريباً حتى بلغ في العام ٢٠١٠ حوالي ثلاث ملايين برميل يومياً مقارنة مع مليونين ونصف في العام ٢٠٠٣[1]. ومع الأخذ بعين الاعتبار أن انخفاض انتاج النفط العراقي بلغ ذروته في العام ٢٠٠٣ في الوقت الذي بقيت فيه أسعار النفط مستقرّة، ليعود في العام ٢٠٠٤ إلى الارتفاع مجدداً بالتزامن مع ارتفاع الأسعار، يمكن الاستنتاج أن العامل العراقي كان في الواقع عاملاً مساعداً على كبح الأسعار لا على ارتفاعها.

[1] Iraq Oil, U.S Energy Information Administration, http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/Iraq/Oil.html

أما النزاع السياسي في فنزويلا بين الرئيس وشركة النفط فقد انتهى في العام ٢٠٠٣ لمصلحة الرئيس فيما عادت نسب الانتاج تدريجياً إلى سابق عهدها. لكن هنالك انخفاض مزمن في انتاج النفط الفنزويلي يعود بشكل أساسي إلى انحدار انتاج الحقول الضخمة ونقص الاستثمارات[١].

إلى ذلك، إن العامل الروسي في أسعار النفط كان منذ العام ٢٠٠٤ عاملاً إيجابياً، فالتأميم الذي اعتبره البعض سبب انخفاض انتاج النفط الروسي ساهم في الواقع في تحسين الانتاج إذ ارتفع من 6.1 مليون برميل يومياً في العام ١٩٩٩ في ظلّ ذروة سيطرة الشركات الخاصة إلى 9.2 مليون برميل عام ٢٠٠٤[٢].

بناء على هذه المعطيات يتّضح لنا أن الأسباب الظرفية المذكورة لا تكفي لتفسير مستويات الأسعار الحالية التي تبلغ ثلاث أضعاف قيمتها عام ٢٠٠٤، وذلك رغم ارتفاع الانتاج من ٧٩ مليون برميل في ذلك العام إلى ٨٦ مليون في العام الحالي. وتجدر الإشارة إلى أن الأسباب المذكورة كانت ولا تزال موجودة منذ تحوّل النفط إلى سلعة استراتيجية عالمية، ولم تؤدّي يوماً إلى أزمة طويلة الأمد في مجال الطاقة كالتي يعيشها العالم اليوم. لذلك، لا بدّ من البحث في الأسباب البنيوية التي تغذّي الأزمة على المدى الطويل.

ثانياً: الأسباب البنيوية لأزمة الطاقة:

تتمثّل الأسباب البنيوية لأزمة الطاقة بالمشاكل التي تطال انتاج النفط التقليدي واستهلاكه في العالم، وهي: بدء تناقص الانتاج في الدول المصدّرة، ضمور الاكتشافات الجديدة، الارتفاع غير المسبوق في الطلب على الطاقة، ومعضلة الاستثمارات وارتفاع كلفة الوحدة النفطية.

١- انخفاض الانتاج في الدول المصدّرة: تبيّن معظم الاحصاءات بوادر نقص في الانتاج لدى عدد كبير من الدول المنتجة للنفط، وحتى اليوم إن الانتاج في أكثر من ٦٠ دولة من الدول الـ ٩٨ المنتجة للنفط يتناقص سنوياً[٣].

[1] Venzuela Oil, Same Source, http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/Venezuela/Oil.html
[2] Chevalier, The New Energy Crisis, OPCIT, p 42.

[3] Strahan, David., 2008, Gordon Brown doesn't get the oil crisis, Daily Telegraph, 29th May 2008.

وكانت الولايات المتّحدة هي أوّل مصدّر للنفط في العالم شهد انخفاض انتاجه النفطي، إذ بلغ ذروته في العام ١٩٧٠. ورغم وجود استثمارات مالية ضخمة وقدرة تكنولوجية هي الأولى في العالم، لم تستطع الولايات المتّحدة الحؤول دون انخفاض سنوي في انتاج النفط المحلّي وصل إلى ٢ في المئة، حتى انخفض اليوم إلى أقل من ٧٥ % من مستوى الانتاج في العام ١٩٧٠[١].

وتؤكد الأرقام تراجع انتاج مناطق نفطية أساسية كبحر الشمال الذي بلغ ذروة انتاجه عام ١٩٩٩ بـ 2.6 مليون برميل يومياً، وانخفض انتاجه بعدها ٦ % سنوياً[٢]. كذلك، شهدت عمّان والمسكيك والنروج وألاسكا تراجع انتاجها ما بين ١٥ إلى ٢٥ في المئة بعد عام ٢٠٠١[٣]. وتظهر دراسة قام بها مركز الأبحاث الملكي البريطاني، أن معظم الدول المصدرة للنفط ستبلغ ذروة انتاجها النفطي قبل العام ٢٠٢٠ ومنهم السعودية[٤]، وبالتالي ستفقد القدرة على زيادة انتاجها وتدخل في "الهضبة المسطّحة" ليبدأ بعدها الانتاج بالانخفاض بسرعة ابتداءً من العام ٢٠٢٠ (السعودية ٢٠٤٠ ، وإيران والكويت في الفترة حول ٢٠٥٠)[٥]. كذلك تقترب توقعات الوكالة الدولية للطاقة في تقريرها الأخير من هذه الاحصاءات حيث تؤكد أن انتاج النفط التقليدي قد بلغ ذروته في غالبية الدول الغير منضوية في أوبك وهو حالياً على "الهضبة" وسيبدأ بالانخفاض خلال العقد المقبل[٦]. حتى التوقّعات المتفائلة بشأن انتاج الدول المصدّرة للنفط غير المنضوية في أوبك تتوقّع أن الانتاج في هذه الدول يمكن أن ينمو حتى العام ٢٠١٣ فقط[٧].

ويظهر التراجع كذلك في انخفاض القدرة الاحتياطية على زيادة الانتاج التي كانت تملكها دول "أوبك" في الماضي، من ١٢ مليون برميل في العام ١٩٨٥ إلى مليوني برميل فقط في العام ٢٠٠٥[٨]. ويقول والتر يونغكويست، الجيولوجي السابق في شركة النفط العالمية "إكسون موبيل"، في كتابه "المصائر الجيولوجية"،

---

[1] Newman, The final energy crisis, OPCIT, p 32.

[2] Williamson, M, Williamson, Alarm bells ring about North Sea output, International Herald Tribune, 28th April 2008, also, Oil Depletion Analysis Centre (ODAC) http://www.odac-info.org/node/2559.

[3] Eric Spiegel, Nil MacArthur and Rob Norton Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future, Booz & Company Inc, U.S.A 2009, p 42.

[4] Ending Dependence: Hard Choices for Oil-Exporting States, OP.CIT, p 35.

[5] IBID, p 35.

[6] World Energy Outlook 2008, International Energy Agency, The Executive summary, OECD & IEA, November 2008, p6. Also see: Speigel and Others, Energy Shift: Game Changing options for fueling the future, OPCIT, page 9.

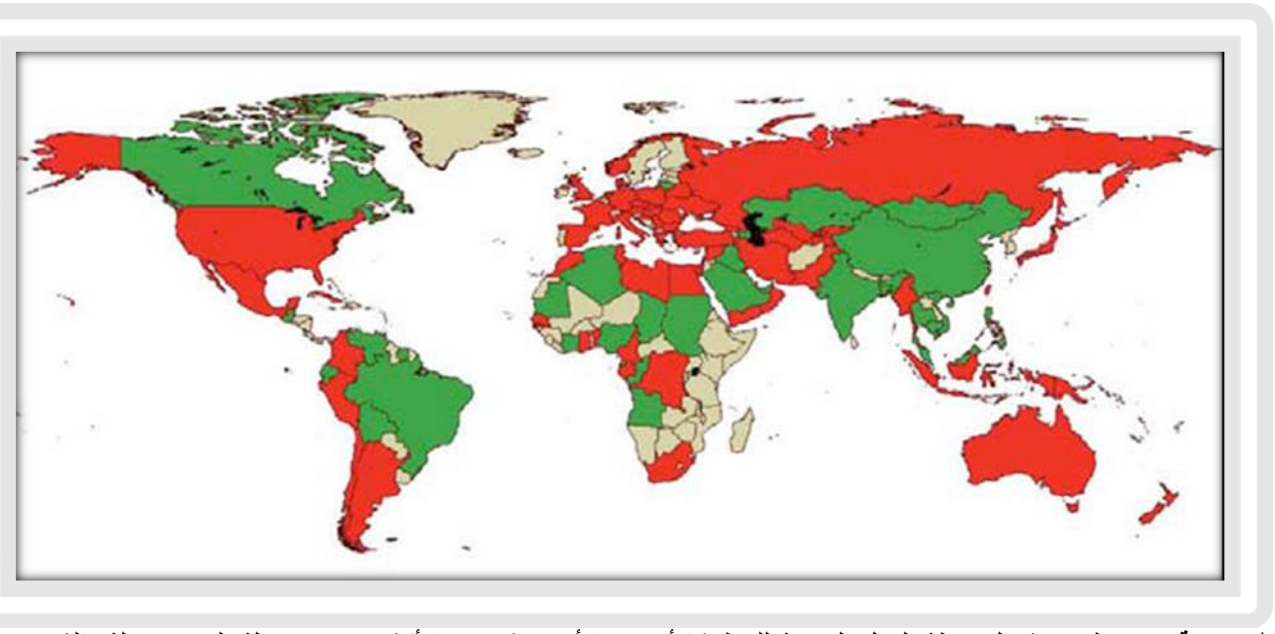
[7] Clarke, The battle for barrels: Peak Oil Myths and World Oil Futures, OPCIT, page 138.

[8] Chevalier, The New Energy Crisis, OPCIT, p 227.

أن "العالم لن يستطيع أبداً أن ينتج أكثر من ٩٠ مليون برميل نفط في اليوم"[1]، حتى مع الأخذ بعين الاعتبار ارتفاع انتاج مصادر النفط غير التقليدي.

وتظهر الاحصاءات أن الاحتياط المؤكد من النفط التقليدي يتراوح بين ١,٣ و ٢ بليون برميل "أي ما يكفي لامداد العالم بالنفط لل ٤٠ سنة المقبلة فقط بالمستويات الحالية للطلب" وفق مؤشّر الانتاج نسبة للاحتياط P/R[2].

الرسم رقم ٣: الدول المنتجة للنفط و"الذروة النفطية"



الرسم رقم ٣: تظهر هذه الخريطة الدول المنتجة للنفط (بالأحمر والأخضر)، ومنها أكثر من ٦٠ دولة بلغت مرحلة "الذروة النفطية" (بالأحمر). وبعض الدول بلغت ذروة انتاجها منذ عقود مثل الولايات المتحدة (في السبعينات) وبعضها منذ أعوام قليلة مثل بريطانيا (1999)، ويتوقع محللو الطاقة في موقع متخصص لمتابعة شؤون الذروة النفطية أن ١٤ دولة أخرى ستبلغ ذروة انتاجها في العقد المقبل. (مصدر الرسم: www.Lastoilshock.com. راجع أيضاً Energyfiles.com).

وتتوقع الوكالة أن يبلغ انتاج النفط العالمي ذروته بعد العام ٢٠٣٠ بفترة قصيرة ليبدأ بعدها بالانحدار، مشيرة إلى أن الانتاج العام سيزيد "بتواضع" سنوياً بين العام الحالي والعام ٢٠٣٠ بمعدل ٥ مليون برميل في اليوم، "كأن كل السعة الزائدة للانتاج التي تقدمها الحقول الجديدة سيحبطها انحدار انتاج الحقول الموجودة الآن"[3].

[1] Newman, The final energy crisis, OPCIT, p 30.
[2] IBID, p 7.
[3] World Energy Outlook 2008, IEA, OP.CIT, p 6.

٢: ضمور الاكتشافات النفطية: كان انحدار انتاج حقول النفط القديمة يتم تعويضه في السابق عن طريق استغلال الحقول المكتشفة حديثاً. لكن الاكتشافات النفطية الكبرى تصبح يوماً بعد يوم أخباراً نادرة رغم التطوّر الهائل في تقنيات التنقيب. وفي الواقع بلغت الاكتشافات النفطية ذروتها خلال عقدي الخمسينات والستينات حيث بلغت الاكتشافات بين ٤٨٠ بليون برميل و ٣٨٠ بليون برميل على التوالي، فيما لم تتخطى خلال عقد الثمانينات ١٩٠ بليون برميل وانخفضت خلال التسعينات والعقد الأوّل من القرن العشرين إلى مئة بليون برميل سنوياً[١].

وتختلف نوعيّة الاكتشافات الحالية عن اكتشافات القرن الماضي بعدّة خصائص، منها أن الحقول المكتشفة حديثاً تقع في أماكن جغرافية متطرّفة كالبحار العميقة أو المناطق القطبية، بالإضافة إلى أن نوعيّة النفط المُكتشف فيها متدنيّة وأعلى كلفة من النفط الحالي.

ويصف بيتر ترتزكيان في بحثه "ألف برميل في الثانية" تجربته الشخصية في استكشاف النفط قائلاً: "معظم الاكتشافات الجديدة هي في مناطق غير مأهولة جغرافياً وغير مناسبة سياسياً، عموماً آخر المناطق على الأرض التي لم يتم رسمها في خريطة دقيقة بعد. إن كنت اعتقد أن تجربتي الشخصية من ٢٥ عام في براري كندا الشمالية كانت قاسية، صدّقوني، سأكره أن أكون عضواً في فريق استكشاف في الوقت الحالي، إذ على الأرجح سأكون في المحيطات البعيدة، في صحراء نائية، أو في أدغال غير مأهولة مليئة بالمتمرّدين المسلّحين"[٢]. ويتابع ترتكزيان حول الاكتشافات الحالية: "الحقول التي نجدها اليوم استغلالها مكلف للغاية وخطر. في صناعة النفط، كنا نسمّي الحقول التي تحوي ملايين البراميل بالفيلة. اليوم الحقول الفيلة باتت منقرضة. منذ الستينات حتى اليوم، الاكتشافات الكبيرة تصبح نادرة يوماً بعد يوم. صناعة النفط تجد اليوم فقط ١٠ بليون برميل سنوياً مقارنة مع ستين بليون في الأيام المجيدة لصيد الفيلة في الستينات"[٣].

وتعزّز صحّة هذا الكلام معالجة المعلومات المتوافرة عن الحقول الجديدة. فعلى سبيل المثال كان أكبر اكتشاف نفطي في العقد الماضي هو حقل "كاشاغان" شمال بحر قزوين الذي يحوي ١٣ بليون برميل (وهو

---

[١] لشرح مفصّل لتناقص الاكتشافات الجديدة، راجع: نهاية عصر البترول، كولن كامبل وآخرون، ترجمة د.عدنان عباس علي، عالم المعرفة العدد ٣٠٧، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت ٢٠٠٤، ص ٣٠- ٣٦.

[2] Tertzakian, A Thousand barrel per second, OPCIT, p 3.

[3] IBID, p 120.

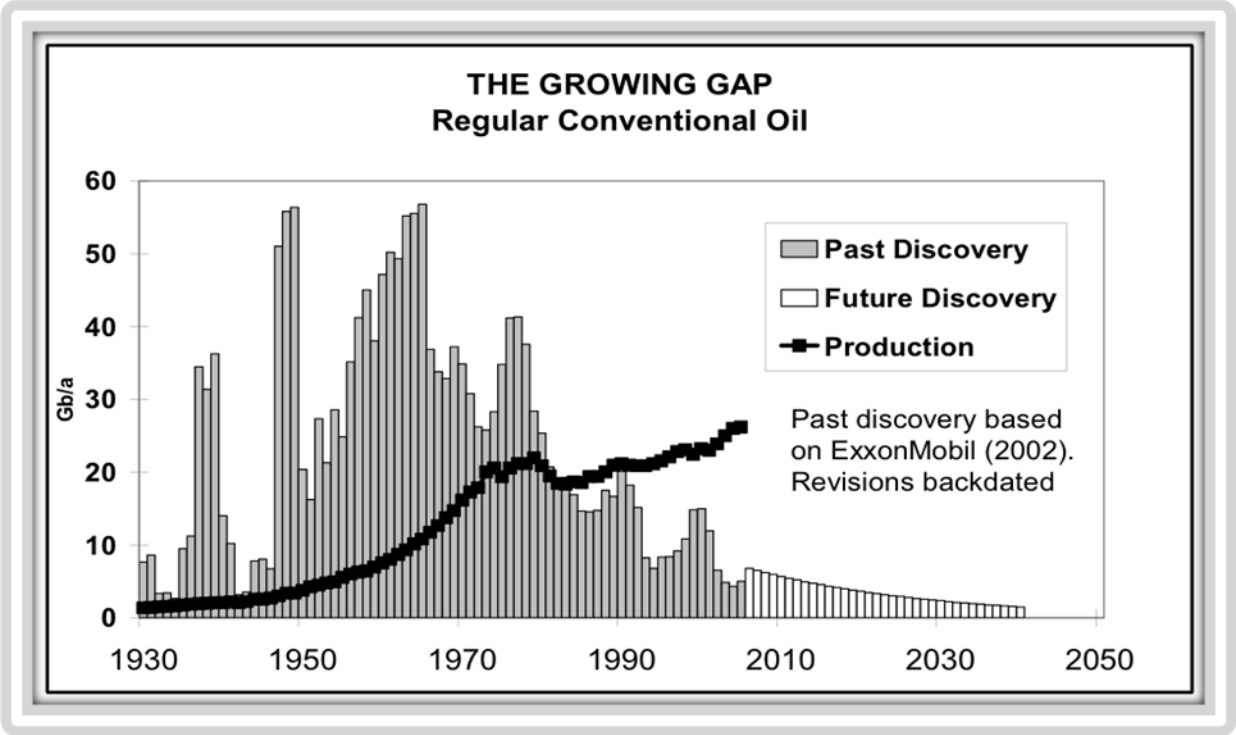
رقم صغير نسبياً، احتياطات السعودية من النفط تبلغ مثلاً ٢٦٠ بليون برميل)[١]. ورغم الإعلان عن موعد بدء الانتاج أكثر من مرّة في الحقل إلا أنه لم يدخل بعد في دورته الانتاجية بسبب صعوبات جغرافية واقتصادية وسياسية. فحقول النفط تقع على بُعد ٨٠ كيلومتر عن الساحل على عمق ٣٠٠٠ متر حيث تتجمّد المياه لأربعة أشهر خلال فصل الشتاء. ويتميّز النفط في كاشاغان أنه يحتوي الكثير من الهيدروجين والكبريت، ما يحتّم كلفة إضافية في الاستخراج والتكرير. وسيكلّف مشروع استغلال النفط من الحقل حوالي ١٣٧ بليون دولار[٢] وسيكون نفطه من الأغلى في العالم بسبب كلفته المرتفعة. والاكتشافات الحديثة الأخرى هي على نفس المنوال، فحقل توبي في البرازيل الذي اكتُشف عام ٢٠٠٧ يحوي ٨ بلايين برميل فقط ويقع تحت ٦٢٠٠ متر تحت الماء، منها أربعة آلاف من الطبقات الصخرية والملحية.

ورغم أن كلفة استخراج النفط من الحقول الجديدة عالية جداً، إلا أنها لا تضيف على الانتاج العالمي سوى نسبة ضئيلة. ومع حساب سعة كل حقل بالنسبة للاستهلاك العالمي من النفط (٨٦ مليون برميل يومياً)، فإن حقل كاشاغان كله يُستنفذ خلال ست أشهر فيما يُستنفذ حقل توبي في ثلاثة أشهر. وكمحصّلة، تشير الاحصاءات إلى أننا "نضخ ونحرق اليوم ٣ إلى ٤ براميل من النفط مقابل كل برميل جديد مكتشف"[٣]. ويقدّر جون تومبسون، رئيس شركة "إكسون موبيل" أنه علينا بحلول العام ٢٠١٥ اكتشاف ٧٠ مليون برميل نفط يومياً إذا ما أردنا الحفاظ على مستويات الانتاج الحالية[٤]، الأمر الذي هو في الواقع بحكم المستحيل.

---

[1] Spiegel and others, Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future, OPCIT, p 45.
[2] IBID, p 46.
[٣] هاينبرغ، انتهت الحفلة: سراب النفط، مرجع سابق، ص ١٧٢.
[4] http://www.exxonmobil.com/corporate/newsroom/publications/thelampno1_2003/page_5.html

الرسم رقم ٤: اكتشافات النفط التقليدي خلال قرن



الرسم رقم ٤: يظهر الرسم اكتشافات النفط التقليدي من العام ١٩٣٠ حتى اليوم (باللون الرمادي)، مع توقعات الاكتشافات المستقبلية وفقاً لتقديرات الاحتياطي العالمي من النفط الخام. ويشير الخط الأسود العريض إلى كمية الانتاج ببلايين البراميل.

(مصدر الرسم: Colin Campbel, The Growing Gap: Regular Convetional Oil, http://peakoildebunked.blogspot.com/2006/02/230-growing-gap.html)

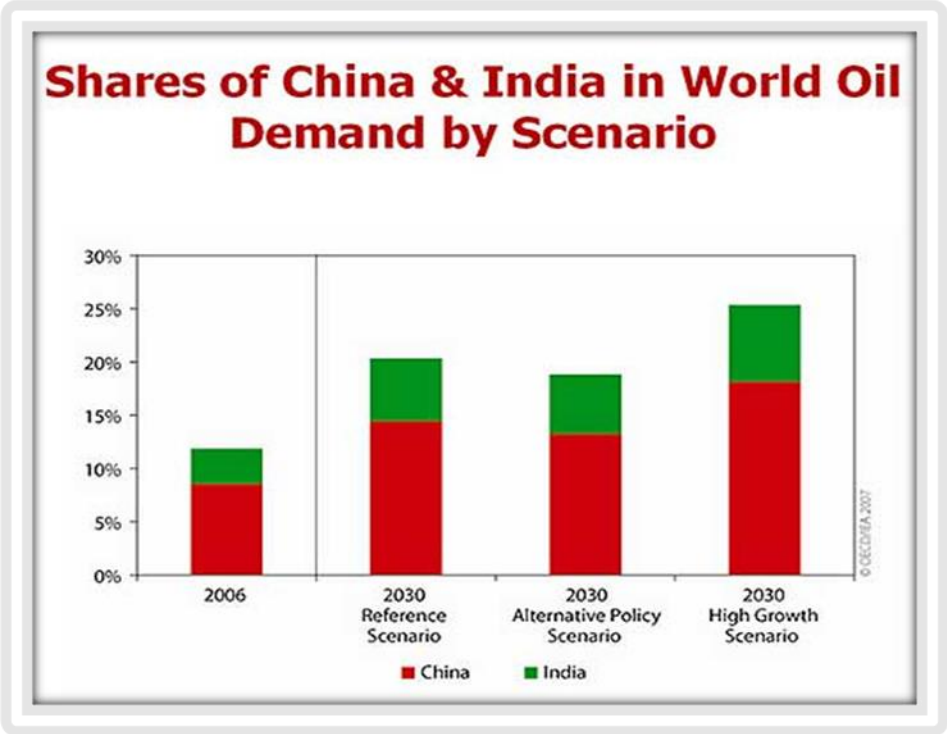
٣- الارتفاع الغير مسبوق في الطلب على الطاقة: يشكّل الارتفاع غير المسبوق للطلب على النفط السبب الرئيسي لأزمة الطاقة. ويأتي ارتفاع الطلب هذه المرّة من الدول النامية، وخاصة دول الـBRICS وهي البرازيل، روسيا، الهند، الصين، وأفريقيا الجنوبية. وكانت الوكالة الدولية للطاقة خصّصت تقريرها في العام ٢٠٠٧ للحديث عن نموّ الطلب الصيني والهندي على الطاقة. وينمو الطلب الصيني على النفط بمعدّل ٣,٢ % سنوياً، فيما ينمو الطلب الهندي بمعدّل ٣,٦ %[1]، وهي ثاني أكبر نسبة في العالم بعد الشرق الأوسط الذي سيشهد خلال الأعوام المقبلة ارتفاع الطلب على الطاقة بنسبة ١٠ في المئة سنوياً[2]. ويوضح التقرير أن الطلب الصيني على الطاقة سيتجاوز عام ٢٠١٠ نظيره الأميركي. ومن المتوقع أن يبلغ الاستهلاك الصيني

[1] World Energy Outlook 2007, International Energy Agency, OECD & IEA, November 2007, p 15.
[2] World Energy outlook 2009, IEA, fact sheet, page 2.

والهندي من النفط خلال عقدين ١٩,١ مليون برميل يومياً، أي حوالي ربع الانتاج العالمي اليوم، وهو يفوق استهلاك الولايات المتحدة واليابان مجتمعتين[١].

وبحسب أرقام الوكالة الدولية للطاقة، ينمو الطلب السنوي على الطاقة بمعدّل يتراوح بين 1.5 % و٢%[٢]. وفي حال عدم تطبيق سياسات للطاقة والبيئة مختلفة جذرياً عمّا نراه اليوم، سيرتفع استهلاك النفط من ٨٦ مليون برميل يومياً إلى ١٠٥ براميل خلال عقدين، وسيكون الطلب على الطاقة في العام ٢٠٣٠ أعلى بـ ٤٠ في المئة مقارنة مع العام ٢٠٠٧. وستكون الدول غير المنضوية في منظمة التعاون والتنمية مسؤولة عن ٩٠ % من هذا الارتفاع، مع الصين وحدها مسؤولة عن ٥٣ %[٣].

الرسم رقم ٥: الطلب الصيني والهندي على النفط



الرسم رقم ٥: حصّة كلّ من الصين والهند من الطلب العالمي على النفط بحلول العام ٢٠٣٠. في السيناريو العادي حيث يستمر ارتفاع الطلب بنفس الوتيرة الحالية تبلغ حصتهما بعد عقدين نحو ٢٠ في المئة من الاستهلاك العالمي بعد أن كانت نحو ١٢ في المئة عام ٢٠٠٦. أما في سيناريو "النمو السريع" للعملاقين الآسيويين فتبلغ حصتهما نحو ٢٥ في المئة، فيما تصل إلى ١٨ في المئة في حال تم تطبيق سياسات بديلة للطاقة. (مصدر الرسم: World Energy Outlook 2007, IEA, OP.CIT).

[1] IBID, see p 15 – 25.
[2] World energy outlook 2009, executive summary, page 4.
[3] IEA world energy outlook 2009, fact sheet p 1.

كذلك، سيترك ارتفاع الاستهلاك المحلّي للطاقة في الدول المصدّرة للنفط آثاره على الأزمة، إذ تشهد معظم الدول الغنيّة بالنفط، وهي دول نامية لا يزال فيها معدل التزايد السكاني كبيراً، تضاعفاً كل عدّة سنوات للاستهلاك الداخلي. وتتوقع دراسة بريطانية أجريت على ١٢ دولة رئيسية مصدرة للنفط، أن يبدأ انخفاض صادرات معظم الدول المصدّرة منذ بلوغ انتاج النفط "الهضبة" خلال العقدين المقبلين. وبحسب الدراسة، ستتوقف معظم الدول عن التصدير بحلول العام ٢٠٣٠، وحتى إيران والسعودية ونجيريا ستتوقف عن التصدير بحلول العام ٢٠٤٠ فيما ستكون النروج والكويت الدولتان الوحيدتان اللتان تصدران النفط بعد العام ٢٠٥٠.[١]

٤- معضلة الاستثمارات وارتفاع كلفة الوحدة النفطية: تعتمد صناعة النفط تاريخياً على ما يُعرف بسياسة "الثمرة الأقرب" حيث يتم استغلال الحقول النفطية الأكبر والأقرب إلى السطح أولاً لأنها الأقل كلفة في الاستخراج وأعلاها مردوداً، تاركة الحقول الصغيرة أو المكلفة كتلك المتواجدة في أماكن جغرافية صعبة أو التي تحتوي نفطاً ثقيلاً، إلى وقت لاحق. كنتيجة لهذه السياسة يأتي ٨٠ في المئة من انتاج النفط العالمي حالياً من حقول بدأ استغلالها منذ ٣٠ عام على الأقل ومعظمها دخل في مرحلة انحدار الانتاج[٢]. وبما أن الحقول الكبرى التي تحتوي نفطاً رخيصاً ذا نوعية جيدة تم استغلالها بشكل مكثف خلال السنوات الماضية، انتقلت صناعة النفط اليوم إلى استغلال الحقول الأصغر والأصعب أي الأكثر كلفة لأنها تتطلّب استثمارات أعلى. لذلك شهدت صناعة النفط خلال السنوات الماضية ارتفاع كلفة انتاج الوحدة النفطية باستمرار. وارتفع متوسط كلفة الوحدة النفطية الواحدة بنسبة ٩٠ % بين عامي ٢٠٠٠ و٢٠٠٧ فقط[٣].

بالإضافة إلى ذلك، يتطلّب الحفاظ على المستويات الحالية للانتاج استثمارات هائلة في البنية التحتية للاستخراج والتكرير والنقل والتوزيع. وتقدّر "الوكالة الدولية للطاقة" الأموال التي يجب استثمارها بين عامي ٢٠٠٩ و٢٠٣٠ لمجاراة الطلب بـ ٢٦ ترليون دولار، منهم 13.6 ترليون في قطاع توليد الكهرباء وحده، والباقي للتنقيب وتطوير الحقول والانتاج[٤]. وتشير التقديرات إلى أن "معظم الجزء الاول من المبلغ يذهب لا

[1] Ending Dependence: Hard Choices for Oil-Exporting States, OP.CIT, p 35.

[2] C.J Campbell and Jean Laherrere, "The End of Cheap Oil?" *Scientific American*, March 1998.

[3] World Energy Outlook 2008, IEA, OP.CIT, p 9.

[4] World Energy Outlook 2008, IEA, OP.CIT, p 5.

لتوسيع قاعدة الانتاج، ولكن للحفاظ على المستويات الحالية من انتاج واستهلاك الطاقة حيث أن معظم البنية التحتية لانتاج النفط والغاز والفحم تحتاج لاستبدالها بحلول العام ٢٠٣٠"[١]. ومن المرجّح أن تساهم الأزمة المالية الأخيرة وما تبعها من أموال هائلة خصصتها الحكومات الغربية وخاصة الولايات المتّحدة لإنقاذ النظام المالي، في تعقيد تمويل استثمارات الطاقة. وتعبّر الوكالة الدولية للطاقة عن هذه المعضلة بالقول: "ألقت الأزمة المالية الكثير من الشكوك حول ما اذا كان تأمين الاستثمارات الضرورية للإجابة على الطلب المرتفع على الطاقة على المدى البعيد، ممكناً وقابلاً للتحقيق"[٢].

ثالثاً: نفط المستقبل: النفط غير التقليدي؟

يراهن البعض على المصادر غير التقليدية للنفط لتعويض التناقص في انتاج النفط الخام التقليدي. وبحسب الوكالة الدولية للطاقة، إن النفط غير التقليدي هو المورد الذي سيردم الهوّة بين العرض والطلب خلال العقدين المقبلين[٣]. وأنواع النفط غير التقليدي هي:

- النفط الثقيل الذي يحتوي نسبة عالية من الكبريت تجعله أثقل وأغلظ، يكون استخراجه عادة أصعب وأكثر كلفة بسبب نوعيته المتدنيّة وحاجته لتكرير أطول.
- النفط البحري الذي يتواجد في قاع المحيطات على عمق أكثر من ٥٠٠ متر، وعملية استخراجه مكلفة مقارنة مع النفط التقليدي.
- النفط القطبي المتواجد تحت طبقات كثيفة من الجليد في سيبيريا والقطبين الشمالي والجنوبي.
- رمال القطران، و٧٥ % من هذا المورد موجود في كندا وفنزويلا، وهو عبارة عن تشكيلات رملية صلبة فوق سطح الأرض تحوي الرمل والمياه والطين ونوع ثقيل جداً من النفط. واستخراج النفط منه يتم عبر استخراج كميات كبيرة من رمال القطران من الأرض، ثم فصل النفط الثقيل عن بقية المواد عبر عملية مكلفة ومعقّدة تقنياً، ثم تكرير النفط على عدّة مراحل للحصول على النفط التجاري.

[1] IBID, p5.

[2] IEA, World energy outlook 2009, fact sheet page 2.

[3] World Energy Outlook 2008, IEA, OP.CIT, p 7.

- الصخور الزيتية: نادرة وقليلة الانتشار وتحوي نفطاً ثقيلاً جداً. ويمكن استخراج النفط منها باعتماد نفس مبدأ استخراج النفط من رمال القطران، إلا أن استخراج النفط منها هو أكثر صعوبة وكلفة لأنه متواجد في بنية صخرية. وهو لا يزال في مرحلة التجربة.
- النفط المُستخرج من تسييل الفحم.

وهنالك شكوك كثيرة حول توقّعات وكالة الطاقة بزيادة انتاج النفط غير التقليدي نظراً لصعوبة استخراج الأخير وكلفته العالية ونوعيّته المتدنّية. فانتاج النفط البحري والقطبي سيبقى محدوداً بفعل ارتفاع كلفته والعوامل الجيولوجية والجغرافية الصعبة. ويشير الجيولوجي الأميركي كولن كامبل، الذي عمل سابقاً كمستشار لدى عدّة شركات عالمية مثل "بريتيش بتروليوم" و"تكساكو"، إلى أنه بسبب العوامل الطبيعية لا يمكن زيادة معدّلات استخراج النفط البحري عن ٨ ملايين برميل يومياً (وهو معدّل انتاج عام ٢٠١٠)[١]، وكذلك لن يتجاوز استخراج النفط القطبي معدلاً مماثلاً بعد العام ٢٠٢٠[٢]، أي بإضافة خمس ملايين برميل تقريباً على المعدّلات الحالية.

أمّا استخراج النفط من رمال القطران فهو الأكثر إثارة للجدل، حيث يرفض بعض الباحثين في شؤون النفط اعتباره مورداً قابلاً للاستغلال الاقتصادي. وكانت كندا أصبحت في العقد الماضي صاحبة ثاني أكبر احتياطي نفطي في العالم بعد إعلان أن الاحتياطي الموجود لديها من رمال القطران على أنه مورد قابل للاستغلال التجاري. وتبلغ الاحتياطات العالمية للنفط في رمال القطران 3.5 ترليون برميل، أي ضعف احتياطات النفط التقليدي[٣]، فيما يبلغ الانتاج الحالي للنفط من هذا المورد مليون برميل يومياً فقط (نحو 1.2 % من الاستهلاك العالمي)[٤]. وتخطّط كندا لرفع انتاجها منه إلى ٥ ملايين برميل\اليوم خلال العقود الثلاثة المقبلة[٥]، وهذه هي الوتيرة القصوى لاستخراج النفط من هذا المورد لأن استخراجه يتم فوق الأرض على رقعة جغرافية محدودة المساحة. ورغم أن استخراج النفط من رمال القطران بدأ في كندا منذ الأربعينات إلا أنه لم

[1] Newman, The final energy crisis, OPCIT, p 64.

[2] IBID, p 64.

[3] Spiegel and others, Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future, OPCIT, page 47.
[4] IBID, p 39.
[5] IBID, p 51.

يكتسب أهميّة في الأسواق العالمية إلا مؤخراً بعد ارتفاع سعر النفط التقليدي. وتبلغ كلفة استخراج البرميل الخام منه ٢٠–٢٥ دولاراً مقابل ٣–٥ دولار للخام التقليدي في السعودية[١].

أما الصخور الزيتية فتبلغ احتياطاتها النفطية نحو 3 ترليون برميل[٢]، أكثر من نصفها متواجد في الولايات المتحدة. ويلاقي استغلالها معارضة سياسية وبيئية شديدة فيما لا يزال استخراج النفط منها في مرحلة تجريبية فضلاً عن أن كلفته حتى الآن عالية جداً (فوق الـ١٠٠ دولار للبرميل)[٣].

أما استخراج الوقود السائل من الفحم فهو يرتكز على عمليّة صناعية معروفة باسم "فيشر – تروبف" اعتمدتها ألمانيا خلال الحرب العالمية الثانية. وكانت هذه التقنية غابت في غياهب النسيان بسبب مردودها الطاقي المتدنّي وكلفتها العالية (أكثر من ١٠٠ دولار للبرميل) والانبعاثات الكربونية الكبيرة التي تسببها. ولا يوجد اليوم منشآت لهذا النوع من النفط سوى في جنوب أفريقيا[٤].

وتظهر معالجة كافة هذه الأنواع أن قدرة النفط غير التقليدي على تعويض التناقص في انتاج النفط التقليدي هي محدودة ومكلفة. ويمكن إيجاز أسباب ذلك بالعوامل التالية:

- الحدود الجيولوجية والجغرافية: يتواجد النفط غير التقليدي في أماكن بيئية متطرّفة أو يتم استخراجه من مناطق جغرافية محدّدة على سطح الأرض كرمال القطران، وفي الحالتين تقف العوامل الجغرافية حائلاً أمام زيادة وتيرة استخراج النفط بغض النظر عن التقدّم التكنولوجي أو حجم الاستثمار المالي.
- تدنّي مردود الطاقة في عمليّة الاستخراج: من المفارقات المتناقضة في عالم الطاقة أن استخراج النفط غير التقليدي يرتكز على استهلاك الطاقة من مصادر النفط التقليدي في عمليّة الحفر والاستخراج والفصل والتكرير. وفيما يتطلّب استخراج ١٠٠ برميل نفط تقليدي، صرف طاقة تعادل برميلي نفط فقط، يتطلّب استخراج ثلاثة إلى خمسة براميل نفط من رمال القطران، صرف طاقة تعادل برميلي نفط أيضاً[٥]. لذلك تُعتبر عملية استخراج النفط غير التقليدي غير كفوءة من ناحية مردود الطاقة، وترتكز على توافر

[1] The Age of Easy Energy is Over, Interview with Allianz Global Energy Fund Christopher Wheaton, http://knowledge.allianz.com/en/globalissues/energy_co2/fossil_fuels/energy_fund_wheaton.html
[2] Spiegel and others, Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future, OPCIT, p 48.
[3] IBID, p 54.
[4] IBID, p 55.
[5] Petro Canada Reviews Oil Sands Strategy" *Rigzone,* May 2, 2003, Archived at http://www.fromthewilderness.com/free/ww3/062303_nat_gas_crisis.html

النفط الرخيص. كما أنها تتأثر بشكل كبير بارتفاع أسعار النفط التقليدي لأنها تستهلكه في عمليّة الاستخراج.

- الاستثمارات: استغرقت كندا أربعة عقود لبناء بنية تحتية ملائمة لاستخراج النفط من رمال القطران، ولم يتجاوز انتاجه حتى اليوم مليون برميل يومياً. ويتطلّب رفع انتاج النفط غير التقليدي صرف استثمارات هائلة يذهب جزء كبير منها لبناء بنية تحتية لنقله من مراكز الانتاج البعيدة إلى مراكز الاستهلاك. وتستدرك الوكالة الدولية للطاقة هذه العوامل بالقول أنه رغم وفرة احتياطات النفط غير التقليدي، "لا يوجد أي ضمانة أنه سيتم استغلالهم بالسرعة المطلوبة لملاقاة مستويات الطلب المرتفعة"[1] خلال العقدين المقبلين.
- الأثر البيئي: كل هذه العوامل لم تأخذ بعين الاعتبار بعد الأثر البيئي الناتج عن استخراج النفط غير التقليدي. وهنالك أثر بيئي مباشر يتمثّل باستهلاك كميات كبيرة من المياه العذبة (برميلين من المياه لاستخراج برميل من النفط من رمال القطران[2])، تدمير الأنظمة الإيكولوجية ومساحات شاسعة من الأراضي في حالة رمال القطران والصخر الزيتي، التسبّب بأضرار بالغة للمحيطات والقضاء على أجناس السمك وتدمير المنظومات الإيكولوجية وتلويث المياه في حالة النفط البحري. كذلك، تطلق عمليّة استخراج النفط الثقيل نسبة انبعاثات مضاعفة مقارنة مع النفط التقليدي، إذ تطلق انبعاثات كربونية كبيرة خلال عملية الاستخراج الطويلة بالإضافة إلى الانبعاثات التي تطلقها عند استهلاكها.

إذاً، رغم أن احتياطات النفط غير التقليدي تبلغ أضعاف احتياط النفط التقليدي، إلا أن العوامل الجيولوجية والسياسية والمالية والبيئية تحدّ من قدرتها على المساهمة بشكل ملموس في إمدادات الطاقة. وتقتصر قدرة النفط غير التقليدي على زيادة الانتاج خلال العقدين المقبلين على ٨ ملايين برميل إضافي كحدّ أقصى[3]، وذلك إذا افترضنا أن كل العقبات السياسية والبيئية والمناخية والمالية تم معالجتها. وهذه نسبة قليلة إذا ما أخذنا بعين الاعتبار أن استهلاك النفط في العام ٢٠٣٠ سيكون بحدود ١٠٥ مليون برميل يومياً.

[1] World Energy Outlook 2008, IEA, OP.CIT, p 8.

[2] IBID, p 8.

[3] هنالك احصاءات أخرى تقدّر القدرة الإضافية القصوى بـ ٥ ملايين برميل، راجع Matt Savinar, The Oil Age is over, United States 2004, , p28

رابعاً: أزمة الطاقة: أزمة بنيوية:

يتضّح مما تقدّم أن أزمة الطاقة الحالية هي أزمة معقّدة غير مسبوقة تاريخياً في حجمها وأمدها. ويتضّح الفارق بينها وبين أزمات الطاقة السابقة عند المقارنة بينها:

الجدول رقم ١: مقارنة أزمات الطاقة

الأزمة	أسعار النفط (بدولارات اليوم)	الأسباب
الصدمة النفطية الأولى ١٩٧٣	ارتفاع سعر البرميل من ٤ $ إلى ٢٠ $ لأشهر معدودة.	**أسباب سياسية واقتصادية:** ارتفاع الطلب بشكل غير مسبوق، موجة تأميم للصناعات النفطية في الدول المصدّرة أدت فيما بعد إلى سيطرة تقنين الانتاج، الحرب العربية – الاسرائيلية عام ١٩٧٣ والحظر العربي على تصدير النفط إلى الغرب
الصدمة النفطية الثانية ١٩٨٠	بعد استقرار سعر البرميل على ١٠– ١٥ $، ارتفع إثر الصدمة الثانية إلى ٨٢ $ لشهرين فقط.	أسباب سياسية: تسلّم الثورة الإسلامية مقاليد السلطة في إيران وانخفاض الانتاج الإيراني من النفط، الحرب العراقية – الإيرانية التي أدت إلى انقطاع في الامدادات
من العام ١٩٨٦ حتى ٢٠٠٣	تثبيت سعر البرميل بين ٢٠ و٣٠ $	رغم الارتفاع المستمرّ للطلب بقيت أسعار النفط ثابتة، في ظلّ سياسات صارمة لمنظمة الدول المصدّر للنفط "أوبك" التي حدّدت حصّة كل دولة من الانتاج
من العام ٢٠٠٤ حتى اليوم	ارتفاع تدريجي لسعر البرميل من ٢٠ $ إلى ١٤٧ $. وهو مستقرّ اليوم على ٧٠–٨٠ دولار في ظلّ توقّعات ببلوغه ١٠٠ دولار خلال عام أو اثنين.	**أسباب ظرفية:** أزمات سياسية ومضاربة، **وأسباب بنيوية:** تبخّر قدرة الانتاج على مجاراة الطلب، ضمور الاكتشافات الجديدة وبلوغ الأوج الجيولوجي لمعظم الحقول القديمة ما دفع الخبراء للحديث عن اقتراب "الذروة النفطية" حيث تضحي الجيولوجيا، لا السوق، هي العامل الأهم في تحديد مستويات الانتاج والأسعار. أزمة الطاقة تدخل في أطوار أكثر تعقيداً على وقع صعود سياسات الطاقة الوطنية، وتفاقم ظاهرة التغيّر المناخي .

تجتمع الأسباب الظرفية والبنيوية التي ذكرناها لتؤدّي إلى نتيجة واحدة: استمرار ارتفاع أسعار الطاقة، وخاصة النفط، بسبب ارتفاع كلفة استخراج الوحدة النفطية ونموّ الطلب العالمي على الذهب الأسود بنسب تتجاوز القدرة على زيادة عرضه في الأسواق. ويلخّص أحد الباحثين الأزمة بالقول: "نحن لسنا أمام نفاذ

النفط. هنالك الكثير منه بعد يكفينا لعدّة عقود، لكننا نعاني انكماش النفط الرخيص الذي يتدفّق بسهولة وذا النوعية الجيّدة"[1]. بعبارة أخرى: إن عصر النفط السهل والرخيص الثمن انتهى إلى غير رجعة.

ويفاقم الارتفاع المستمرّ للطلب على النفط من حدّة الأزمة، خاصة أنه يأتي هذه المرة من الدول النامية التي لا تستطيع خفض استهلاكها للطاقة من دون تعريض تنميتها وبالتالي أمنها السياسي والاقتصادي والاجتماعي للخطر. وفيما ينمو الطلب على الطاقة بنسبة ٢ في المئة سنوياً خلال العقدين المقبلين، يكافح قطاع الطاقة في العالم لزيادة الانتاج ومجاراة الطلب بنفس النسبة.

وفي حال صحّت توقّعات حصول الذروة النفطية خلال وقت قريب، فستدخل أزمة الطاقة عندها في أخطر مراحلها: بعد الذروة لا يمكن رفع نسبة إمدادات النفط إلى الأسواق العالمية، وبعدها بفترة قصيرة يبدأ الانتاج العالمي من النفط بالانخفاض إثر انحدار انتاج الحقول، بنسب سنوية تتراوح بين ٢ في المئة و ١٠ في المئة[2]، ما يعني أن الهوّة بين كمية الطاقة التي يؤمنها النفط وبين الطلب العالمي على الطاقة ستنمو بحدود ٤ إلى ١٢ في المئة سنوياً كل عام، أي لن يكون بامكان النفط تأمين سوى نصف الطلب على الطاقة العالمية بعد عقد واحد فقط من "الذروة النفطية". وتقول التوقعات الأكثر تشاؤماً على لسان مفوّض الطاقة في الاتحاد الأوروبي أندريس بيبالغز أن الفارق السلبي بين العرض والطلب "قد يبلغ ٢٠ في المئة خلال خمس سنوات من الآن"[3].

في الواقع، إن آثار الهوّة بين العرض والطلب هي موجودة بقوّة منذ اليوم، وتجد ترجمتها في الأسواق العالمية للطاقة بالارتفاع المستمرّ للأسعار، لا أسعار النفط فقط بل أيضاً الفحم، الغاز وحتّى اليورانيوم.

وتحاول أسواق الطاقة التكيّف اليوم مع الأزمة بالانتقال إلى مصادر أخرى للتعويض عن تأرجح إمدادات النفط. لكن القاعدة السائدة في الوقت الحالي هي الانتقال للاعتماد على المصدر الأرخص والأكثر ملائمة للبنية التحتية الحالية، ما جعل من الغاز والفحم أهمّ مصدران للطاقة بعد النفط. ورغم أن هذان المصدران متواجدان إلى جانب النفط منذ البدء، إلا أن تضاعف أسعار الأخير رفعت من أهميتهما حتى باتا اليوم صاحبا أسرع نسبة نمو في الطلب عليهما مقارنة مع مصادر الطاقة الأخرى ومنها مصادر الطاقة النظيفة

[1] Tertzakian, A Thousand barrel per second, OPCIT, introduction.
[2] Preparing For Peak Oil, OP.CIT, p 6.
[3] EU energy chief warns about 'peak oil', Euractiv, 16 January 2008: http://www.euractiv.com/en/energy/eu-energy-chief-warns-peak-oil/article-169582

والمتجدّدة. وسنعالج في الفقرة التالية وضع الغاز والنفط كمصدران للطاقة في القرن الواحد والعشرين قبل الانتقال إلى الحديث عن مخاطر أزمة التغيّر المناخي التي يسبّبها استهلاك هذه الأنواع من الوقود الأحفوري.

الفقرة الثانية: الفحم والغاز والانعطاف الخاطىء في سياسات الطاقة:

على وقع أزمة الطاقة المستمرّة اتجّهت أنظار الحكومات والأسواق إلى مصادر أخرى للطاقة لاستبدال النفط المرتفع الثمن، لكن القاعدة بقيت هي البحث عن "الثمرة الأقرب" أي المصدر الأقل كلفة والأسهل استعمالاً. والثمرة الأقرب هذه المرّة هي الأنواع الأخرى من الوقود الأحفوري أي الفحم والغاز، اللذان تواجدا منذ البداية إلى جانب النفط كمصدر أساسي للطاقة للحضارة الصناعية.

ورغم أن النفط والغاز هما الخيار الأفضل وفق المنطق الاقتصادي التقليدي إلا أن ارتفاع حصّتهما من نسب الاستهلاك العالمي للطاقة له عواقب وخيمة على المدى البعيد، إن من ناحية زيادة انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون والمساهمة في ظاهرة التغيّر المناخي، أم من ناحية كونهما موردان غير متجدّدان لا يمكن التعويل عليهما في أي استراتيجية جدّية للتنمية المستدامة. وسنعالج كلّ منهما في الفقرات التالية.

أ- الفحم الحجري:

رغم أن الفحم الحجري هو الوقود الأحفوري الأكثر إثارة للجدل كونه الأكثر تلويثاً على الإطلاق، إلا أن الطلب عليه خلال السنوات الماضية يشهد ارتفاعاً يفوق ارتفاع الطلب على أي مصدر آخر للطاقة.

وكان الفحم هو مصدر الطاقة الرئيسي الذي غذّى الثورة الصناعية، وهو اليوم المصدر الأساسي للطاقة في معامل توليد الكهرباء وفي صناعة الصلب، كما أنه يُستعمل في بعض الدول لصناعات أخرى وللتدفئة. ويمتاز الفحم كمصدر للطاقة بأنه رخيص، ناجح في معامل توليد الكهرباء، سهل التخزين رغم حجمه ووزنه الثقيل، ونقله سهل نسبياً بالقطار أو السفن أو الشاحنات إذ لا يتطلّب أي عمليّات إضافية كالغاز الذي يجب تبريده لدرجات حرارة متدنية جداً لنقله. بالإضافة إلى ذلك، يتمتّع الفحم بميزة إضافية كمصدر للطاقة وهي ملائمته للبنية التحتية الصناعية لأن استعماله بدأ منذ قرنين. ولا تحتاج البنية التحتية الصناعية، وخاصة

فيما يتعلّق بتوليد الكهرباء، لتعديلات جذرية عند ارتفاع الطلب عليه، بعكس الوقود الحيوي مثلاً الذي يتطلّب إعادة هندسة قطاع النقل بالكامل.

وتقع الاحتياطات العالمية الرئيسية للفحم في كبرى الدول المستهلكة للطاقة، إذ يملك أكبر أربعة مستهلكين للفحم في العالم ٦٧ في المئة من احتياطاته العالمية، وهم: الولايات المتّحدة، روسيا، الصين والهند. وهذه الدول هي كما نعلم، صاحبة أكبر نسبة انبعاثات للغازات الدفيئة التي تسبّب أزمة التغيّر المناخي. وجود الاحتياطات الهائلة من الفحم في هذه الدول تعطي هذا المصدر ميزة استراتيجية إذ تعوّل عليه لتعزيز استقلال وأمن الطاقة لديها كونه مصدر محلّي غير مهدّد بتقلّبات العلاقات الدولية مثل النفط. ويؤمّن الفحم حالياً ٧٠ في المئة من الاستهلاك الصيني للطاقة[١]، و٥٢ في المئة من الاستهلاك الهندي[٢] و٢٣ في المئة من استهلاك الطاقة في الولايات المتّحدة[٣]. عالمياً، ارتفعت مساهمته في استهلاك الطاقة من ٢٦ في المئة عام ٢٠٠٤ إلى ٢٩ في عام ٢٠٠٧[٤].

وتُعتبر أزمة الطاقة الحالية سبباً رئيسياً لارتفاع الطلب عليه كونه رخيص، ويقول مجلس الاستخبارات الأميركية في هذا الشأن أن "ارتفاع أسعار النفط والغاز الطبيعي سيضع أولوية جديدة للموارد الرخيصة، الوافرة، والقريبة من السوق"[٥]، والمقصود هو الفحم الحجري. بناء على ذلك، ينمو الطلب على الفحم بمعدّل اثنين في المئة سنوياً أي ضعف نموّ الطلب على النفط، ويأتي ٨٥ بالمئة من الطلب الجديد عليه من الصين والهند وحدهما[٦].

لكن العواقب البيئية لاستهلاك الفحم هي وخيمة. فبالإضافة إلى عمليات الاستخراج التي تدمّر أراضٍ شاسعة، ينتج حرق الفحم ينتج كميّات هائلة من الغازات السامّة، وهو اليوم المصدر الأوّل لانبعاثات الغازات الدفيئة والمسبّب الأول لظاهرة التغيّر المناخي: ٣٩ في المئة من الانبعاثات مصدرها الفحم، واذا ما استمرّ

[1] The Power and Interest News Report (PINR), http://www.pinr.com/report.php?ac=view_report&report_id=146

[2] Chevalier, The New Energy Crisis, OPCIT, p 87.

[3] EIA, *International Energy Annual* 2006, *U.S. Energy Consumption by Energy Source* (2006) www.eia.doe.gov/

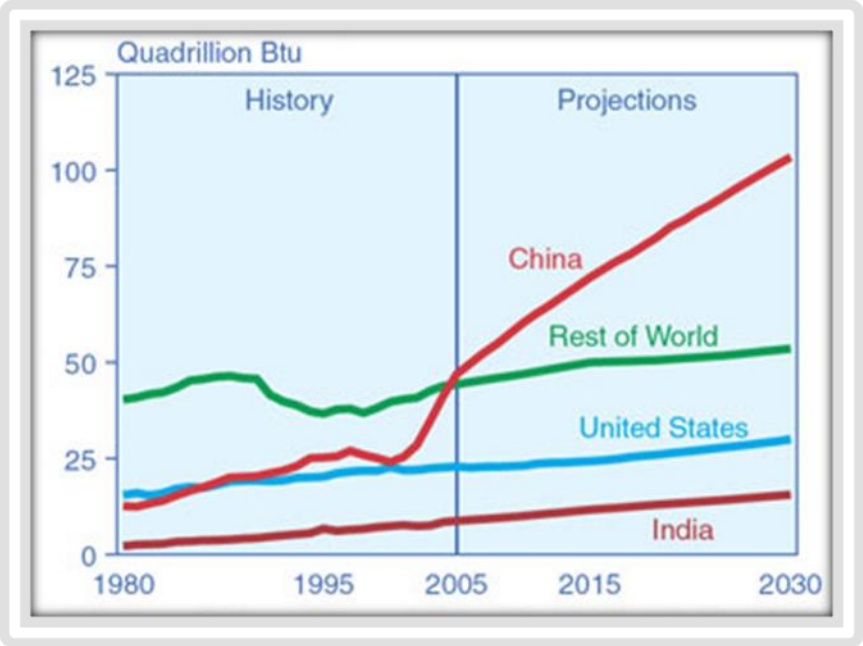
[4] Spiegel and others, Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future, OPCIT, p 28.

[5] Global Trends 2025: A Transformed World, National Intelligence Council, Op.CIT, p 43.

[6] World Energy Outlook 2008, IEA, OP.CIT, p 4.

الطلب بالارتفاع بمعدّلاته الحالية، سترتفع مساهمة الفحم في الانبعاثات إلى ٤٣ في المئة خلال عقدين[١]. كذلك، الفحم هو المسبّب الأول للامطار الحمضية التي تقضي على الزراعة والمباني وتؤثر على كل أشكال الحياة.

الرسم رقم ٦: استهلاك الفحم بحسب الإقليم بين ١٩٨٠ – ٢٠٣٠



الرسم رقم 6: يظهر الرسم استهلاك الفحم بحسب المناطق على مجال زمني يمتد لأربعة عقود. وبحسب التوقعات، فإن الاستهلاك الصيني للفحم سيبلغ في العام ٢٠٣٠ ضعف استهلاك بقية العالم منه.

(المصدر: Energy Information Administration (EIA), International Energy Annual 2005 (june –October 2007),

وبسبب استهلاك الفحم، أصبحت الصين اليوم صاحبة أكبر نسبة انبعاثات في العالم (تبني الصين منشأة لتوليد الكهرباء على الفحم كل أسبوع)[٢]، فيما ستتحوّل الهند، للسبب نفسه، إلى ثالث أكبر مسبّب للانبعاثات في العالم في العام ٢٠١٥ بعد الولايات المتّحدة.

وهنالك تجارب لتخفيض الانبعاثات الناتجة عن توليد الكهرباء من الفحم، عبر تقنية تُدعي "حبس وتخزين الكربون" Carbon Capture and Storage CCS. وتقوم هذه العملية على حبس انبعاثات الكربون قبل إطلاقها في الجوّ، ثم ضخّها في أنفاق أو مخازن تحت الأرض، لتخزينها هناك إلى أجل غير مسمّى.

[1] Spiegel and others, Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future, OPCIT, p 92.
[2] IBID, p 89.

غير أن هذه العمليّة لا تزال في طور التجربة، وهنالك شكوك كثير حول فعاليّتها وواقعيتها من الناحية العلميّة إذ أن الكربون سيتسرّب مع الوقت إلى الجوّ. كذلك هنالك شكوك حول إمكانية تطبيقها التجاري، إذ إن ٤٠ في المئة من الفحم تتم خسارته في العملية[١]، ما يحتّم توسيع استخراج الفحم بنفس النسبة للحفاظ على نفس مستوى الانتاج (ما يعني المزيد من الانبعاثات والتدمير البيئي خلال استخراج الفحم). كذلك إن اعتماد هذه التقنية مكلف جداً، ويجعل من الفحم أغلى من أي مصدر آخر للطاقة[٢].

إلى ذلك، يبقى الفحم مورداً غير متجدد أي غير ملائم لتنمية مستدامة طويلة الأمد. ورغم أن الإحصاءات حول مخزونات الفحم في العالم تؤكّد أنه يكفي لعقود طويلة، أو حتى قرنين من الزمن[٣]، إلا أنه هنالك العديد من الدراسات التي تحذّر من أن إنتاج الفحم في العالم قد يبلغ ذروته خلال العقود القليلة القادمة. واعتبرت هذه الدراسات أن تضاعف أسعار الفحم خلال السنوات الأخيرة من ٣٠ دولار للطن عام ١٩٨٦ إلى ٥٥ – ٦٠ دولار في العام ٢٠٠٩[٤] هو دليل على ذلك. وتحذّر دراسات لـ Energy Watch Group of Germany، من أن الانتاج العالمي من الفحم سيبلغ ذروته خلال عقدين أو ثلاثة من الزمن ليبدأ بعد ذلك بالانحدار[٥]. وكانت بعض الدول الصناعية كالمملكة المتّحدة وألمانيا شهدت خلال السنوات الماضية انخفاض انتاجها من الفحم بعدما استنفذت معظم احتياطاتها.

كذلك، إن المردود الصافي من الطاقة للفحم سيتضاءل خلال العقود المقبلة لأن سياسة "الثمرة الأقرب" كان كذلك السياسة السائدة في استخراجه إذ تم استخراج النوعيات الأفضل من الفحم أولاً، ومع الوقت سيكون الفحم الباقي "في أمكنة أصعب وأصعب ويقع أبعد تحت الأرض، كما أن الكثير من الفحم قد لا يتم استخراجه بسبب محتواه الكبريتي ونوعيته المتدنّية وكلفة أعمال التنجيم أو البنى التحتية"[٦]. وكان عائد الطاقة الصافي للنوعيات الجيدة من الفحم في بداية القرن العشرين هو ١٧٧ على واحد (أي أن الحصول على

[1] False Hope:Why Carbon Capture and Storage Won't Save the Planet, Greenpeace, May 2008, www.greenpeace.org/raw/content/usa/press-center/reports4/false-hope-why-carbon-capture.pdf
[2] Spiegel and others, Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future, OPCIT, page 93.
[3] Global Trends 2025: A Transformed World, National Intelligence Council, Op.CIT, p 43.
[4] Chevalier, The New Energy Crisis, OPCIT, page 44.

[5] Richard Heinberg, "Burning the Furniture", Archived At: globalpublicmedia.com/richard_heinbergs_museletter_179_burning_the_furniture
[٦] هاينبرغ، انتهت الحفلة: سراب النفط، مرجع سابق، ص ٢٠٢.

١٧٧ وحدة طاقة من الفحم يتطلّب صرف وحدة طاقة واحدة)، وهو اليوم يتراوح اليوم بين ٨٥ على واحد و٨ على واحد[١]، ومن المتوقّع أن ينخفض بعد ثلاثة عقود من الآن إلى اثنين على واحد[٢].

من وجهة نظر الاقتصاد التقليدي، وكذلك من منظور السياسات الوطنية لأمن الطاقة، يتمتّع الفحم بميزات عديدة مثل كلفته المتدنية وكفاءته في توليد الكهرباء واحتياطاته الهائلة والمتواجدة محلياً، ما يجعله مصدر الطاقة المفضّل بعد النفط. والطلب عليه كما رأينا هو الأكثر ارتفاعاً مقارنة مع المصادر الأخرى. إلا أن معاينة أعمق للاعتماد على الفحم تكشف لنا مخاطر مناخية وبيئية واقتصادية جمّة، أهمّها مساهمة الفحم الكبيرة في أزمة التغيّر المناخي. إلى ذلك يبقى الفحم مورد غير متجدّد في ظلّ بروز دراسات جدّية تحذّر من انخفاض امدادته في الأمد المنظور، ما يجعله غير صالح كمصدر للطاقة من وجهة نظر التنمية المستدامة. لذلك، وصفنا ارتفاع الطلب على الفحم على وقع أزمة النفط، بـ"الانعطاف الخاطىء"، لأنه لا يعني سوى تأجيل المشكلة التي تتمثّل في الأساس بالاعتماد على مورد غير متجدّد ومسبّب للانبعاثات كمصدر أساسي للطاقة للحضارة الإنسانية.

ب-<u>الغاز الطبيعي:</u>

مع ارتفاع أسعار النفط وتصاعد القلق حول ظاهرة التغيّر المناخي، تتجّه أنظار البعض إلى الغاز كمصدر أساسي للطاقة كونه يتمتّع بميزات الكلفة المنخفضة والوفرة وتدنّي الانبعاثات الكربونية الناتجة عن استهلاكه. ويؤمّن الغاز اليوم ٢٥ % من الطلب العالمي على الطاقة[٣]، وينمو الطلب عليه بحسب أرقام الوكالة الدولية للطاقة بمعدّل 1.5 إلى 1.8 % سنوياً[٤] (الطلب على النفط ينمو بمعدل ١ % سنوياً). وتؤكد الوكالة الأميريكة للطاقة أن "الوقود المقبول" كبديل للنفط على المدى القريب من حيث سعره وكلفته هو الغاز الطبيعي الذي سيرتفع استهلاكه خلال العقدين المقبلين وفقاً للوكالة الأميركية نحو ٦٠ %[٥].

ويتمتّع الغاز الطبيعي بميّزات عديدة من وجهة نظر الاقتصاد التقليدي تشجعّ عمليّة تحوّله إلى مصدر رئيسي للطاقة، فهو سهل الاستخراج نسبياً وأقلّ كلفة من مصادر الطاقة الأخرى، وأقلّ تسبباً بانبعاث ثاني أوكسيد الكربون مقارنة مع المصادر الكربونية الأخرى (تصدر عن الغاز نصف الانبعاثات التي يصدرها

[1] Heinberg, Searching for a miracle, OPCIT, page 33.
[2] Savinar, The Oil Age is over, OPCIT, page 40.
[3] Searching for a miracle, Heinberg, OPCIT, p 34.
[4] World Energy Outlook 2008, IEA, OP.CIT, p 4. See Also, World Energy outlook 2009, Fact sheet p 1.
[5] Global Trends 2025: A Transformed World, National Intelligence Council, Op.CIT, p 42.

الفحم)[1]. كذلك هنالك بنية تحتية مسبقة لنقل واستهلاك الغاز في معظم الدول الصناعية، ويمكن التحوّل من توليد الكهرباء على الفحم إلى توليدها على الغاز بكلفة قليلة نسبياً. كذلك يمكن استعمال الغاز في وسائل النقل، إذ يمكن تحويل السيارات والباصات والشاحنات لاستخدامه كوقود.

وتؤكد الوكالة الدولية للطاقة أن "الموارد المتبقيّة من الغاز الطبيعي وافرة لدرجة كافية لتغطية أي ارتفاع في الطلب حتى العام ٢٠٣٠ وما بعده، لكن كلفة تطوير الموارد الجديدة سترتفع مع الوقت"[2]. وتقدّر الوكالة مجموع احتياطات الغاز في العالم بـ ٨٥٠ ألف متر مكعّب (٦٦ ألف متر مكعب منها تم استخراجهم حتّى اليوم) ٤٥ % منها غاز غير تقليدي (الغاز الزيتي – الصخري، الغاز المضغوط، والغاز المستخرج من مسطّحات الفحم)[3]. وهنالك رهانات دولية عديدة خاصة لدى الدول المنتجة للغاز كروسيا والولايات المتّحدة وقطر، على رفع انتاج الغاز السائل NGL لتعويض تراجع امدادات النفط.

لكن ارتفاع الاعتماد على الغاز يحمل في طيّاته العديد من المخاطر. فهو كأي وقود أحفوري آخر مورد غير متجدّد، وحقوله تنضب جيولوجياً بمعدّلات أسرع بكثير من معدّلات نضوب الحقول النفطية. وتعتبر أكثر الاحصائيات المتفائلة الوكالة الدولية للطاقة أن الاحتياطات الباقية من الغاز الطبيعي تكفي لستة عقود فقط بمعدلات الانتاج والاستهلاك الحالية[4]، ما يعني احتمال بلوغ ذروة في انتاج الغاز شبيهة بالذروة النفطية خلال ثلاثة أو أربعة عقود.

وكانت وكالة معلومات الطاقة الأميركية تعتقد أن الولايات المتحدة تملك ما يكفي من احتياطات الغاز لخمسون عام مقبلة[5] قبل تراكم الأدلّة على وجود أزمة حقيقية في انتاج الغاز شهدت الولايات المتحدة بوادرها بين عامي ٢٠٠٢ و٢٠٠٤. وتجلّت هذه الأزمة بنقص حاد في امدادات الغاز أدى إلى انقطاع متكرر في التيار الكهربائي وإغلاق مصانع عديدة. وأصبحت الولايات المتحدة منذ ذلك الوقت تستورد نحو ١٥ في المئة من غازها الطبيعي من كندا [6].

[1] Searching for a miracle, Heinberg, OPCIT, page 34. See also: Spiegel and others, Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future, OPCIT, page 105.
[2] World Energy Outlook 2009, fact sheet, page 3.
[3] Energy Outlook 2009, fact sheet page 3.
[4] World Energy Outlook 2008, IEA, OP.CIT, p 8.
[5] U.S Energy information administration, International Energy Annual 2002, Table 81.
[6] يتحدّث هاينبرغ في كتابه "غروب الطاقة"، مرجع سابق، عن هذا الموضوع ببعض التفصيل: راجع ص ٥٦ – ٦٣.

وتشكّل محدودية الاكتشافات الجديدة لحقول الغاز التقليدي عائقاً آخر أمام توسيع قاعدة الانتاج والاستهلاك. وفيما تمّ اكتشاف نحو ٩٠٠٠ حقل جديد بين عامي ١٩٧٧ و١٩٨٧، عثر فقط على ٢٥٠٠ حقل في العقد الذي تلاه واستمرّ عدد الاكتشافات الجديدة بالانخفاض مذذاك الوقت[١]. والاكتشافات الجديدة هي عادة لحقول أصغر، ويشرح أحد الباحثين في حقل الطاقة في دراسة تعود إلى العام ٢٠٠١ هذا الأمر مشيراً إلى أنه في عام ٢٠٠٠ "تم حفر ١٦ ألف بئر غاز جديد مقارنة مع ١٠٤٠٠ بئر في العام ١٩٩٩. ولكن الانتاج ارتفع فقط بنسبة ٢ % في الفترة نفسها"[٢]. كذلك حذّر الباحث والعامل في مجال صناعة الطاقة، أندرو وايزمان ناشر دورية Energy Buisness watch، من مخاطر وضع الغاز في شمال أميركا في مقابلة مع مجلة كندية عام ٢٠٠٤ ، وأوضح أنه "بين الآن وسنة ٢٠١٥ سيبلغ العجز المتراكم في إمدادت الغاز الطبيعي مرتبة ٥٠ ألف متر مكعب، أي ما يقارب ٥٠ في المئة من مجمل استهلاك الولايات المتحدة للطاقة في كل قطاع. اعتقد أنه لو أدرك الجمهور الأبعاد الحقيقية لهذا العجز، لربما أثار لديه – ويجب أن يثير – قلقاً عارماً. فيما تبقى من هذا العقد، سنعاني على الأرجح من نقص حاد في امدادات الغاز الطبيعي الذي كنا نتوقع أن يكون الوقود الأعلى نمواً والذي لن تتاح لمعظمه بدائل متاحة في المديين القصير والمتوسط"[٣].

وتشكّل بريطانيا مثالاً آخر على ملامح أزمة الغاز المقبلة، إذ تحوّلت الدولة التي كانت تعيش في اكتفاء ذاتي كامل من الغاز من حقول بحر الشمال إلى مستورد دائم للغاز منذ العام ٢٠٠٤[٤]. وتعاني حقولها القديمة لاستخراج الغاز أعلى معدّل نضوب في العالم حيث من المتوقع وفق احصاءات رسمية أن تنفذ احتياطاتها كليا بحلول العام ٢٠١٧ وأن تعتمد على استيراد ٩٠ % من استهلاكها بعد عقد من اليوم[٥].

وتثير وجود الاحتياطات الكبرى من الغاز في الشرق الأوسط وروسيا (إيران وقطر وروسيا تحوي وحدها ٥٧ % من المخزون العالمي من الغاز الطبيعي) تبعات سياسية مشابهة للصراع على النفط. ولعلّ ذلك ما دفع

---

[١] هاينبرغ، انتهت الحفلة: سراب النفط، مرجع سابق، ص ١٩٥.

[2] Brad Vos, The Companies struggle to keep the natural gaz production level, www.detnews.com/2001/buisness/0108/10/b03-26559.html

[٣] هاينبرغ، غروب الطاقة، مرجع سابق، ص ٦٠.

[4] UK Dept of Trade and Industry (DTI), Natural Gas Production and Supply (updated monthly). http://www.dtistats.net/energystats/et4_2.xls.

[5] UK Dept of Trade and Industry, https://www.og.berr.gov.uk/information/bb_updates/chapters/Table4_4.htm.

الدول المصدّرة للغاز للحديث عن إنشاء "مجموعة الدول المصدّرة للغاز" OGEC على غرار "أوبك"، ومن المتوقّع أن تبصر المنظمة النور قريباً وتضم نحو ١٦ دولة مصدّرة.

إلى ذلك، يلقي ارتفاع الاستهلاك المحلّي في الدول المنتجة للغاز بثقله على امكانية زيادة امدادته العالمية، إذ إن ٨٠ % من ارتفاع الطلب العالمي على الغاز يأتي من الدول غير المنضوية في "منظمة التنمية والتعاون"، وخاصة دول الشرق الأوسط، ما يعني بقاء معظم انتاج الغاز للاستهلاك المحلّي، والخاصة الغاز القطري والإيراني الذي يُعتبر من أكبر احتياطات الغاز في العالم. وفي السياق نفسه، يشكّك الكثير من الباحثين في صحّة الرهانات على الغاز غير التقليدي والغاز السائل في ظلّ أزمة النفط وما ترتّبه على انتاج الغاز من عواقب. فانتاج الغاز السائل مكلف جداً ويتطلّب بنية تحتية ضخمة، وأكبر مشاريع انتاج الغاز السائل في العالم لا تتعدّى انتاج ما يوازي مئة ألف برميل نفط في اليوم[١]. كذلك إن مردود الطاقة الصافي من انتاج الغاز غير التقليدي هو منخفض نظراً لصعوبة عمليّة الاستخراج، وهو أقلّ من ١٠ على واحد (١٠ على واحد هو مردود الطاقة الصافي للغاز التقليدي)[٢].

وبما أن انتاج الغاز يعتمد في عمليّة التنقيب والاستخراج والتوزيع على النفط، من الطبيعي أن ترتفع أسعاره عند ارتفاع أسعار النفط، فضلاً عن الأسباب الأخرى لارتفاع الأسعار المتعلّقة بارتفاع الطلب وانخفاض الانتاج. وكانت الأزمة المستجدّة للغاز أدّت إلى ارتفاع أسعاره عالمياً من دولارين لكل ألف قدم مكعب في العام ٢٠٠٠ إلى ٨ دولارات في العام ٢٠٠٤، ووصلت أحياناً إلى ٤٧ دولار عام ٢٠٠٨[٣]. وسعره في الأسواق العالمية حالياً يتراوح بين ٤ و٦ دولارات، أي ضعف سعره قبل بداية أزمة الطاقة عام ٢٠٠٤، ما يدفع العديد من الباحثين إلى الحديث عن نهاية "عصر الغاز الرخيص الثمن" كما انتهى عصر النفط الرخيص. وكان رئيس الوزراء الروسي فلاديمير بوتين عبّر عن ذلك في الاجتماع التحضيري لمنظّمة الدول المصدّرة للغاز في موسكو في العام ٢٠٠٨، قائلاً: "إنّ عصر أنواع الطاقة الرخيصة الثمن والغاز الرخيص الثمن يوشك على الانتهاء رغم المشكلات المالية المعروفة"، مشيراً أن الأكلاف الضرورية لتطوير حقول الغاز الجديدة ترتفع ارتفاعاً حاداً[٤].

كذلك، يبقى الغاز ثالث أكبر مصدر للانبعاثات الكربونية بعد النفط والفحم. وتسير عمليّة مكافحة التغيّر المناخي في اتجاه معاكس تماماً لرفع الاعتماد على الغاز. ويتطلّب التغلّب على التغيّر المناخي ألا يتجاوز ارتفاع الطلب على الغاز الـ 0.7 % سنوياً خلال العقدين المقبلين[٥] (هو حالياً بين 1.5% و 1.8%)،

[1] The project of South Africa in Quatar, Spiegel and others, Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future, OPCIT, p 53.

[2] Heinberg, Searching for a miracle, OPCIT, p 35.

[٣] هاينبرغ، غروب الطاقة، مرجع سابق، ص ٥٦.

[٤] روسيا: عصر الغاز الرخيص ولّى، جريدة الأخبار، عدد الأربعاء ٢٤ كانون الأول ٢٠٠٨.

[5] Energy Outlook 2009, fact sheet, p 3.

ويقول البعض أن هذه النسبة مرتفعة جداً ويجب أن يتوقّف ارتفاع الطلب عليه كليّا خلال العقد المقبل للحؤول دون تفاقم ظاهرة التغيّر المناخي.

بعد تقييم الغاز كمصدر للطاقة، يمكن الاستنتاج أن ارتفاع استهلاكه لا يعني نهاية أزمة الطاقة، فالغاز الرخيص الثمن قد انتهى وسعره اليوم تضاعف كما النفط. وهنالك شكوك حول امكانيّة رفع انتاجه خلال السنوات المقبلة على خلفيّة العديد من العوائق التقنية والجيولوجية والسياسية. وحتى لو تمّ الاعتماد على مصادر الغاز غير التقليدي والغاز السائل لرفع الانتاج، فذلك يعني في أفضل الأحوال تأجيل المشكلة كونه مورد غير متجدّد، بالإضافة إلى عواقبه المناخية بسبب ارتفاع نسبة الانبعاثات الناتجة عن استهلاكه.

* * *

استعرضنا خلال هذا المبحث أسباب أزمة الطاقة التي تتميّز بأنها بنيوية تبشّر بأزمة طويلة الأمد في امدادات وأسعار النفط. كذلك تحدّثنا عن أن أزمة النفط في أسواق الطاقة دفعت إلى زيادة الاعتماد على أنواع أخرى من الوقود الأحفوري التي تمتّع بميزة الكلفة المنخفضة وتوافر البنية التحتية، مقارنة مع المصادر الأخرى من الطاقة. لكن الفحم والغاز هما موردان غير متجدّدان ويعانيان بدورهما من أزمة في زيادة الانتاج ما أدّى إلى ارتفاع أسعارهما بشكل مشابه للنفط. هذا ما دفع أحد المدراء السابقين في الوكالة الدولية للطاقة ورئيس الأبحاث الاقتصادية سابقاً لدى توتال، جان–ماري بودرير، للتحذير من ذروة ثلاثية في مجال الطاقة "ستحلّ كسلسلة من الكوارث الاقتصادية وستقتل الدخل القومي حول العالم"، هي الذروة النفطية بحدود عام ٢٠١٧، ذروة الغاز بحدود العام ٢٠٣٠، وذروة الفحم بين ٢٠٤٠ – ٢٠٥٠[1].

إلى ذلك، يؤدّي زيادة استهلاك الوقود الأحفوري بكافة أنواعه إلى تفاقم أخطر أزمة وجودية واجهها الجنس البشري حتى اليوم والتي سببها في الأساس بدء استهلاك الوقود الأحفوري. وهذه الأزمة هي التغيّر المناخي الذي يهدّد بالقضاء على كل الظروف البيئية التي أتاحت الحياة على الأرض، وسنتكلّم عنه وعن أسبابه خلال المبحث التالي.

[1] Clarke, The battle for barrels: Peak Oil Myths and World Oil Futures, OPCIT, p 36.

المبحث الثالث

الوقود الأحفوري والتغيّر المناخي

كان اكتشاف الوقود الأحفوري حدثاً فريداً في التاريخ البشري، فهو قدّم للإنسان طاقة شبه مجّانية لم تكن متاحة له في أي مرحلة تاريخية سابقة. لكن حرق هذا المورد بكميّات هائلة منذ قرن ونصف حتّى اليوم لتغذية نموّ الحضارة الصناعية لم يمرّ من دون آثار بيئية ومناخية غير مسبوقة بدورها. فاستهلاكه أدّى إلى إطلاق كميّات كبيرة من ثاني أوكسيد الكربون في الجوّ الذي سبّب ما يُعرف اليوم بظاهرة التغيّر المناخي.

هذه الظاهرة هي اليوم أخطر أزمة واجهها المجتمع البشري في تاريخه لأنها تهدّد للمرة الأولى وجود الإنسان نفسه وظروف الحياة على الكوكب. وهذه الأزمة هي أحد العوامل الرئيسية التي تقود التحوّل العالمي في مجال سياسات الطاقة. فما هو التغيّر المناخي؟ وما هي أسبابه؟ وكيف يمكن التغلّب عليه؟

الفقرة الأولى: التغيّر المناخي: ماهيّته وأسبابه ونتائجه:

التغيّر المناخي يعني تغيّر أنماط المناخ الموجودة على سطح اليابسة والمحيطات من حيث درجات الحرارة ومعدّلات تساقط الأمطار ودورات الجفاف والمطر وما شابه. وهي ظاهرة قد تحصل بشكل طبيعي بناء على تحوّلات مناخية دورية تشهدها الكرة الأرضية. وقد تحصل في منطقة محدّدة كالمنطقة التي تتحوّل من خصبة إلى جافة بفعل قطع الغابات، وقد تحصل عالمياً كما حصل في العصور الجليدية القديمة. أما التغيّر المناخي الذي يشغل النقاشات العامّة اليوم، فالمقصود به التغيّر الذي يسبّبه أسلوب حياة الإنسان على الأرض. ويتمثّل في الوقت الحالي بارتفاع درجات الحرارة عالمياً المعروف بالاحترار العالمي.

أ- أسباب الاحترار العالمي

يُقصد بالاحترار العالمي ارتفاع معدّل درجات الحرارة لسطح اليابسة والمحيطات الذي بدأ بشكل ملحوظ منذ منتصف القرن الماضي والذي من المتوقّع أن يستمرّ مستقبلاً. منذ بداية القرن العشرين حتى اليوم، ارتفعت درجات الحرارة ما بين 0.56 و0.92 درجة مئوية بحسب اللجنة الحكومية حول التغيّر المناخي IPCC[1]، وهي لجنة مكوّنة من أفضل العلماء في العالم وخلصت في أبحاثها إلى أن سبب الاحترار العالمي هو ارتفاع تركيز غازات الدفيئة في الجوّ والناتج بشكل أساسي عن النشاط البشري. خلاصات اللجنة تبنّتها ووافقت عليها أهم ٤٠ مؤسسة علمية وأكاديمية علوم حول العالم[2]، ما حسم إلى حدّ كبير النقاش حول الأسباب الحقيقية للتغيّر المناخي بعدما كانت دول كبرى مثل الولايات المتّحدة وروسيا والصين تشكّك في الدراسات العلمية التي تتحدّث عن مسؤولية البشر في هذه الأزمة.

وتنتج عمليّة الاحتباس الحراري عن امتصاص غازات الدفيئة في الجوّ، ما يؤدّي إلى انخفاض كميّة أشعة الشمس التي تخرج من الأرض بعد وصولها إلى سطحها خلال النهار، ما يؤدي بدوره إلى ارتفاع درجات الحرارة. ولا يوجد أي خلاف علمي على هذه الظاهرة، إنما كان هنالك نقاش سياسي حول المسؤولية البشرية عنها. وأدّى النشاط البشري المحموم منذ الثورة الصناعية إلى ارتفاع نسبة غازات الدفيئة في الجوّ، خاصة ثاني أوكسيد الكربون، الميثان، الأوزون، الـ CFC وأوكسيد النيتروجين. منذ عام ١٧٥٠، ارتفعت انبعاثات الميثان وثاني أوكسيد الكربون ٣٦ و ١٤٨ في المئة على التوالي[3]. وبحسب البيانات المستخرجة من طبقات الجليد القديمة، إن نسبة الانبعاثات المذكورة هي الأعلى منذ ٦٥٠ ألف عام على الأقل[4]. وحرق الوقود الأحفوري هو السبّب الرئيسي لارتفاع الانبعاثات، وهو مسؤول عن ثلاثة أرباع انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون. أما الربع الباقي فهو ناتج عن استعمال الأراضي وخاصة عمليّة التوسّع الزراعي ونزع الغابات[5].

ب-التطوّر المتوقّع للتغيّر المناخي:

---

[1] IPCC (2007-05-04). "Summary for Policymakers", *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

[2] Royal Society, "Joint science academies' statement: Global response to climate change". 2005.

[3] EPA, "Recent Climate Change: Atmosphere Changes". *Climate Change Science Program*. United States Environmental Protection Agency, 2008.

[4] Renato Spahni, "Atmospheric Methane and Nitrous Oxide of the Late Pleistocene from Antarctic Ice Cores". *Science* Magazine, **310** (5752): November 2005. .

[5] IPCC, "Summary for Policymakers". OPCIT.

يقول العلماء أنه حتى في حال نجحنا اليوم في تثبيت انبعاثات الغازات الدفيئة على مستواها في العام ٢٠٠٠، ستستمرّ ظاهرة الاحتباس الحراري لفترة طويلة بسبب بطء استجابة المحيطات والمناخ الأرضي لعمليّة التبريد، وسيرتفع معدّل درجات الحرارة خلال العقود المقبلة نصف درجة مئوية على الأقل[١].

لكن الوضع المستقبلي هو أسوأ بكثير في ظلّ استمرار حرق الوقود الأحفوري ونزع الغابات والنشاط البشري الصناعي المكثّف. ويرتبط مستوى ارتفاع درجات الحرارة خلال العقود المقبلة بمجموعة من العوامل الطبيعية، الاقتصادية، السوسيولوجية والتكنولوجيّة. وتعطي اللجنة الحكومية حول تغيّر المناخ عدّة سيناريوهات في هذا الشأن. ووفقاً لمعدّلات الاستهلاك الحالية من الوقود الأحفوري ستتراوح ارتفاع نسبة تركيز ثاني أوكسيد الكربون في الجوّ بحلول نهاية هذا القرن ما بين ٥٧١ و ٩٧٠ جزء بالمليون، أي ارتفاع قدره ٩٠ و ٢٥٠ في المئة على التوالي بالمقارنة مع العام ١٧٥٠[٢]. وفي ما يتعلّق بدرجات الحرارة، تعني هذه النسب أن الحرارة سترتفع لتصل إلى ما بين درجة مئوية ونصف، وست درجات خلال القرن الواحد والعشرين[٣]. وفي الحالتان، إن النتائج التي سيتركها ذلك على البشر وعلى البيئة الأرضية هي كارثية.

وكانت بوادر تأثيرات التغيّر المناخي بدأت بالظهور في السنوات الأخيرة مع بروز ظواهر مناخية متطرّفة سبّبت دماراً هائلاً، خاصة منذ العام ٢٠٠٥ الذي كان بحسب مركز دراسات لمؤسسة الفضاء الأميركية "نازا" أدفأ عام في التاريخ منذ بدء تسجيل درجات الحرارة[٤]. وكان العام نفسه شهد ذوبان الجليد خلال فصل الصيف في المحيط المتجمّد الشمالي وفتح ممرّات للملاحة البحرية على جهتي روسيا والولايات المتّحدة للمرّة الأولى في التاريخ[٥].

ج: نتائج وتأثيرات التغيّر المناخي

[1] Gerald A. Meehl, "How Much More Global Warming and Sea Level Rise". *Science* Magazine, **307** (5716), 3-18-2005.

[2] I.C Prentice, "The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide: SRES scenarios and their implications for future CO2 concentration". *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC on Climate Change*, 2001.

[3] IPCC, Summary for policy makers 2007. OPCIT.

[4] James E Hansen, "Goddard Institute for Space Studies, GISS Surface Temperature Analysis". NASA Goddard Institute for Space Studies, 2006.

[5] Steve Connor, Scientists warn that there may be no ice at North Pole this summer, The Independent Newspaper, **Friday, 27 June 2008.**

يمكن قياس تأثيرات التغيّر المناخي بشكل مباشر حالياً عبر قياس معدّلات درجات الحرارة، ارتفاع مستويات البحار وتراجع الغطاء الجليدي في نصف الكرة الشمالي[١]. أما التأثيرات غير المباشرة في الوقت الحالي، فتشمل تغيّر أنماط الطقس وخاصة تزايد الأنماط المتطرّفة كالأعاصير والفياضانات وموجات الحرّ والجفاف. لكن التأثيرات الأخطر لهذه الظاهرة لم نشهدها بعد، وهي تتراوح بين التأثيرات الفيزيائية المباشرة على الطقس والطبيعة والمنظومات الحيّة والإيكولوجيّة، والتأثيرات السوسيولوجيّة على المجتمعات البشرية.

١ – التأثيرات الفيزيائية للتغيّر المناخي، وهي عديدة:

- الطقس[٢]: سيؤدّي التغيّر المناخي إلى تغيّر أنماط الطقس المعتادة، وخاصة أنماط تساقط الأمطار، حيث ستشهد بعض المناطق تزايداً في العواصف والمطر، فيما ستشهد مناطق أخرى تزايد الجفاف والقحط. والعنوان العريض في هذا المجال هو بروز الطقس المتطرّف كالعواصف الكبرى، الأعاصير الاستوائية، موجات الحرّ والبرد، الجفاف، ارتفاع مستوى البحار وضمنه موجات التسونامي. على الصعيد المحلّي، ستؤدّي تغيّر أنماط الطقس إلى تغيّر جذري في المناطق: ذوبان الثلوج في القطبين الشمالي والجنوبي، اختفاء الغابات المدارية مثل الأمازون[٣]، توسّع الصحارى، تضرّر المناطق الساحلية نتيجة ارتفاع مستويات البحار وتكرّر الأعاصير الساحلية.
- تراجع الجليد وارتفاع مستويات البحار: يؤدّي ارتفاع درجات الحرارة إلى تراجع الغطاء الجليدي في القطبين وعلى قمم الجبال ما يؤدّي بدوره إلى ارتفاع مستوى البحار (تتوقّع اللجنة الحكومية ارتفاع مستويات البحار ما بين ١٨ و ٥٩ سنتيمتر بحلول نهاية القرن)[٤]. وبالإضافة إلى ما سيتركه ذلك من نتائج على المناطق الساحلية، يؤدّي تراجع الأنهار الجليدية حول العالم إلى أزمات متعدّدة في توافر المياه العذبة، صيد الأسماك في الأنهار، الزراعة وتوليد الطاقة.

---

[1] IPCC (2007a). "Summary for Policymakers. OPCIT, In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

[2] IPCC, summary for policy makers, IBID.

[٣] ستفقد الأمازون ٧٠ في المئة من حجمها بحسب دراسة عن التأثيرات المناخية عليها في القرن الحالي: Vizy Cook, "Effects of 21st Century Climate Change on the Amazon rainforest". *Journal of Climate, June 2007*.

[4] IPCC, OPCIT.

- المحيطات: يؤدّي ارتفاع درجات حرارة سطح المحيطات وزيادة نسبة ثاني أوكسيد الكربون في المياه إلى نتائج عديدة تؤدّي في المجمل إلى تهديد الحياة البحرية. كذلك قد يؤدّي ذلك إلى تغيير أنماط التيارات البحرية الدافئة خاصة في نصف الكرة الشمالي، ما سيؤدّي إلى انخفاض درجات الحرارة بشكل كبير في بعض المناطق خاصة في شمال أوروبا[١].
- المنظومات البيولوجية والإيكولوجية: يؤثّر تغيّر أنماط الطقس والحرارة على كل المنظومات الإيكولوجية حول العالم. ومن المتوقّع أن يؤدّي التغيّر المناخي إلى تهديد التنوّع الإيكولوجي وانقراض فصائل حيّة عديدة. وتحذّر بعض الدراسات من أن ارتفاع الحرارة ٤ درجات مئوية سيؤدّي إلى انقراض جماعي لكلّ الكائنات الحيّة على الكوكب[٢].

٢- التأثيرات السوسيولوجيّة: بالإضافة إلى التأثيرات الفيزيائية المباشرة، سيترك التغيّر المناخي عواقب قاسية على المجتمعات البشرية. منها:

- تهديد الامن الغذائي: يؤثّر التغيّر المناخي بشكل كبير على الزراعة وانتاج الغذاء حول العالم بسبب ارتفاع درجات الحرارة وتغيّر أنماط الطقس والأمطار. كذلك يؤدي ذلك إلى تزايد الحشرات الضارة واستفحال الجفاف ونقص المياه العذبة التي تؤثّر جميعها على الناتج الزراعي.
- تهديد الأمن الصحّي: التغيّرات في الطقس، الحرارة، الزراعة والأنظمة الإيكولوجية ستترك آثاراً خطيرة على الصحّة البشرية. وتشير الدراسات حتى الآن إلى أنه هنالك تغيير في أنماط انتشار الأوبئة بسبب ارتفاع الحرارة وأنماط الطقس. كذلك إن عدد الوفيات الناتج عن سوء التغذية والطقس المتطرّف كموجات الحرّ والبرد والفيضانات هو إلى ارتفاع.
- تهديد الأمن المائي: خلصت دراسة اللجنة الحكومية حول تغيّر المناخ بعد تقييم كل المناطق حول العالم إلى أن تناقص موارد المياه العذبة سيكون أحد النتائج الرئيسية للتغيّر المناخي[٣].

---

[1] Lenton, T. M.; Held, H.; Kriegler, E.; Hall, J. W.; Lucht, W.; Rahmstorf, S.; Schellnhuber, H. J, "Tipping elements in the Earth's climate system", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, February 2008.

[2] S.H Schneider, "Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. In: IPCC, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. OPCIT.

[3] IPCC, Climate Change 2007, OPCIT.

- الهجرة والصراعات: من المتوقّع أن يؤدّي الشحّ في الموارد، وخاصة تلك المائية والزراعية، إلى تزايد حدّة الصراعات بين المجموعات السكّانية المختلفة، إن داخل البلد الواحد أو بين البلدان. وتتوقّع دراسة حول التأثيرات السياسية للتغيّر المناخي، أنه "من شبه المؤكد أن الجفاف والنقص في الغذاء والفيضانات ستؤدّي إلى نزوح جماعي للناس عبر الحدود، وقد يصل عدد اللاجئين البيئيين في منتصف هذا القرن إلى أكثر من ٢٠٠ مليون شخص"[١].

إلى ذلك، لن تتوزّع نتائج التغيّر المناخي بشكل متساوٍ على جميع المناطق، ومن المتوقّع أن تكون الدول الأفقر هي الأكثر تأثراً بسبب انخفاض قدرتها على التكيّف مع النتائج. وبحسب بحث اللجنة الحكومية حول تغيّر المناخ، فإن أكثر المناطق تأثراً في العالم هي أفريقيا جنوب الصحراء والمناطق الآسيوية الساحلية القائمة على مصبّات الأنهار في الصين والهند ومصر مثلاً التي تحوي مدن مليونية على مستوى البحر، بالإضافة إلى الجزر الصغيرة في المحيطات المهدّدة بالاختفاء تماماً مثل جزر توفالو والمالديف وسليمان.

الفقرة الثانية: الوقود الأحفوري ومكافحة التغيّر المناخي:

تبلغ نسبة تركيز ثاني أوكسيد الكربون في الجّو اليوم ما بين ٣٩٠ و ٤٥٥ جزء بالمليون (بحسب احصاءات متباينة)[٢] مقارنة مع ٢٨٠ جزء بالمليون قبل الثورة الصناعية و٣٦٨ جزء بالمليون في العام ٢٠٠٠، وهي لا تزال في طور الارتفاع ومرشّحة للوصول إلى ما بين ٥٤٠ و٩٧٠ جزء بالمليون بحلول نهاية هذا القرن إذا ما "استمرّت الأعمال كالمعتاد" على الكوكب[٣]. في ظلّ هذا السيناريو، من المتوقّع أن ترتفع درجات الحرارة ما بين درجتان وست درجات مئوية، ما يعني في الواقع تحقّق السيناريو الذي تحدّثنا عنه في الفقرة السابقة: انقراض معظم الكائنات الحيّة وانهيار غالبية المنظومات الإيكولوجية على الكوكب، تقوّض الأمن الغذائي والمائي والبشري وتفاقم النزاعات بجميع أشكالها، اختفاء بعض الجزر والمدن عن الخرائط وتحوّل مساحات شاسعة إلى صحارى جافّة، أي باختصار، نهاية الحضارة الإنسانية التي نعرفها اليوم. وللحؤول دون حدوث

[1] AN UNCERTAIN FUTURE: LAW ENFORCEMENT, NATIONAL SECURITY AND CLIMATE CHANGE, Oxford Research Group, London, 2008, Chris Abbott, page 4.

[2] IPCC, OPCIT.

[3] IPCC, 2001b:8

هذا السيناريو، هنالك ضرورة لإعادة هندسة النظام الاقتصادي وعملية التنمية من اقتصاد مرتكز على الوقود الأحفوري إلى اقتصاد منخفض الكربون.

لكن في ظلّ الإجماع العلمي على هذه الضرورة هنالك خلاف حول الأرقام الضرورية للحؤول دون الكارثة: تعتبر بعض الدراسات البيئية أن المستوى المسموح لارتفاع درجات الحرارة مقارنة مع معدّلاتها في العام ٢٠٠٠ هو درجة مئوية واحدة[١] قبل بلوغ نقطة اللاعودة، أما الحكومات والمؤسسات الدولية فقد حدّدت نقطة اللاعودة بدرجتين مئويتين كالوكالة الدولية للطاقة ومجمع الاستخبارات الأميركي[٢]. تبعاً لذلك، تعتبر معظم مراكز الأبحاث والمنظّمات غير الحكومية حول العالم أن النسبة القصوى المسموح بها لتركيز ثاني أوكسيد الكربون في الجوّ يجب أن تكون ٣٥٠ جزء بالمليون[٣]، فيما تتبنّى بعض الحكومات الغربية والمؤسسات الدولية كالوكالة الدولية للطاقة رقم ٤٥٠ جزء بالمليون[٤]. وفي الحالتان يجب تخفيض الانبعاثات ما بين ٤٠ و ٩٠ في المئة عن مستوياتها في العام ٢٠٠٠، الأمر الذي تعتبره وكالة الطاقة نفسها "تغييراً جذرياً كاملاً".

لكن المشكلة أن انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون والتنمية الاقتصادية كانتا طوال القرن الماضي تمشيان جنباً إلى جنب. فالطاقة الرخيصة التي وفّرها الوقود الأحفوري جعلت منه المحرّك الأساسي للنموّ لدرجة بات فيها ضرورة لا يمكن التخلّي عنها من دون تعريض معدّلات النموّ ومستوى المعيشة والدخل القومي للخطر. وهذه هي الصعوبة الرئيسية في التوصّل لاتفاق عالمي لتخفيض انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون: إن دولاً صناعية مثل الولايات المتّحدة كانت تعتبر حتّى وقت قريب أن تخفيض انبعاثات الكربون يهدّد ريادتها الاقتصادية العالمية، فيما تعتبر دول نامية كالصين والهند أن حقّها في ملاحقة التنمية يعني ضمناً حقّها في مستويات مرتفعة من الانبعاثات كربونية، مشبِّهة العملية بمسار التنمية في الدول الغربية التي سبّبت المشكلة بالأساس.

وما يزيد الطين بلّة أنه لم يعد يكفي أن تقوم الدول الصناعية بتخفيض انبعاثاتها لمعالجة المشكلة، فبعض الدول الصناعية وخاصة أوروبا الغربية واليابان التي كانت مسؤولة في الماضي عن ارتفاع انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون قد خفّضت انبعاثاتها خلال العقدين الماضيين بناء على بروتوكول كيوتو، وستكون الدول

[1] Pushker A. Kharecha1 and James E. Hansen, Implications of ‘‘Peak Oil’’ for atmospheric CO2 and climate, GLOBAL BIOGEOCHEMICAL CYCLES, VOL. 22,, published 5 August 2008. p 8.
[2] Global Trends 2025: A Transformed World, National Intelligence Council, OP.CIT, p 41. Also World Energy outlook IEA 2008 and 2009.
[3] See: http://www.350.org/understanding-350
[4] World Energy Outlook 2008, IEA, OP.CIT, p 11.

الناشئة كالصين والهند والبرازيل والشرق الأوسط هي المسؤولة عن ثلاثة أرباع الانبعاثات الجديدة خلال العقدين المقبلين[١]. فالصين مثلاً أصبحت أكبر مسبّب لانبعاث غازات ثاني أوكسيد الكربون (٢٢ % من الانبعاثات العالمية)، تليها الولايات المتّحدة (١٧ %) والهند (5.5 %)[٢].

وكان بروتوكول كيوتو الذي وُقّع عام ١٩٩٧ ودخل حيّز التنفيذ عام ٢٠٠٨، هو المعاهدة الدولية الأولى التي التزمت بموجبها ٣٧ دولة صناعية بتخفيض انبعاثات الغازات الدفيئة لديها بنسبة 5.2 %، ووقّعت عليها فيما بعد ١٨٧ دولة شملت معظم دول العالم باستثناء الولايات المتّحدة. واعتمد البرتوكول على العديد من الآليات مثل إنشاء سوق الكربون لشراء وبيع حصص الكربون بين الدول وإنشاء صندوق تمويل للدول النامية لتحقيق كفاءة في مجال استهلاك الطاقة وتحقيق تنمية منخفضة الكربون. ورغم نجاح بعض الدول منذ ذلك الوقت في تخفيض انبعاثاتها وخاصة ألمانيا، فرنسا والمملكة المتّحدة، تم انتقاد البروتوكول على أنه "معاهدة شكلية" تعتمد على اجراءات غير ملزمة للدول الأعضاء لم تؤدّي في الواقع إلى تخفيض الانبعاثات ككلّ. وتمّ انتقاد آليات شراء حصص الكربون بشكل خاص، وهو الآلية الرئيسية في بروتوكول كيوتو لتخفيض الانبعاثات. ويقوم هذا النظام على وضع سقف للانبعاثات من قبل سلطة مركزية تشرف على تنفيذ البروتوكول (حصص كربون)، ويمكن للشركات أو الدول أن تتاجر بحصص الكربون فيما بينها؛ والدولة التي تنجح في تخفيض انبعاثاتها يمكنها بيع حصصها الكربونية لدولة أخرى تحتاج لزيادة حصّتها من الانبعاثات. وتم انتقاد هذه الآلية لأنها سمحت للدول الصناعية التي تمتلك الأموال أن تستمرّ أو حتّى أن ترفع من انبعاثاتها عبر شراء الحصص. وفي معظم الأحيان كان تحديد حصّة كل دولة من الانبعاثات يتمّ بناء على توصية من الدولة نفسها. كنتيجة لذلك، كانت الحصص المخصّصة للانبعاثات كبيرة ولم يكن هنالك من سقف محدّد لها: عند تطبيق هذا النظام في أوروبا ابتداءً من العام ٢٠٠٥، بدأ طنّ الكربون في السوق الجديدة بسعر ٣٠ دولار ثم انخفض في العام ٢٠٠٦ إلى ١٠ دولار ليصبح في العام ٢٠٠٧ مجّاني تقريباً[٣].

مع اقتراب نهاية المرحلة الأولى من بروتوكول كيوتو في العام ٢٠١٢، دخلت الدول في مفاوضات جديدة ابتداءً من العام ٢٠٠٧ لتوقيع اتفاقية جديدة. وشهدت العاصمة الدنماركية كوبنهاغن أهمّ جولة في

---

[1] IBID, p11.
[2] "U.S. Greenhouse Gas Emissions 1990–2004". Pew Center for Global Climate Change. http://www.pewclimate.org/global-warming-basics/facts_and_figures/us_ghgemissions90_04.cfm
[3] Chevalier, The New Energy Crisis, OPCIT, p 95.

المفاوضات في كانون الأوّل ٢٠٠٩. ورغم الآمال الدولية العريضة التي عُلّقت على جولة كوبنهاغن للخروج باتفاقية جديدة، في ظلّ مواقف إيجابية غير مسبوقة من دول مثل الولايات المتّحدة والصين والهند والروسيا، كانت نتيجة الاجتماع مخيّبة للآمال: فشل المجتمعون في التوصّل حتّى إلى إجماع على البيان الختامي غير الملزم – الذي اكتفى بالكلام عن أن التغيّر المناخي "هو أعظم التحدّيات المعاصرة وأنه يجب اتخاذ خطوات لمنع ارتفاع درجة الحرارة أكثر من درجتين مئويتين"[١]. ولم يكن هنالك أي إشارة لأرقام الانبعاثات أو للآليات المطروحة في ظلّ اتهامات متبادلة بين الدول النامية والدول المتقدّمة بتفشيل الاجتماع وخاصة بين الولايات المتّحدة والصين.

إلى ذلك، يمكن تصنيف الاستراتيجيّات المطروحة للتعامل مع التغيّر المناخي اليوم ضمن إطارين اثنين: استراتيجيات التكيّف، واستراتيجية تخفيف الانبعاثات أو الاقتصاد المنخفض الكربون.

أ- <u>استراتيجيات التكيّف:</u>

تعرّف اللجنة الحكومية حول تغيّر المناخ، التكيّف بأنه "المبادرات والاجراءات المتّخذة لتخفيف هشاشة الأنظمة الطبيعية والبشرية أمام الآثار الفعليّة أو المتوقّعة للتغيّر المناخي"[٢].

ومن الطبيعي أن تكون القدرة على التكيّف لدى الدول النامية أضعف من تلك لدى الدول المتقدّمة، لأن تنفيذ هكذا استراتيجية مرتبط بمجموعة من العوامل مثل الموارد الاقتصادية والمالية وتوافر التكنولوجيا والمعلومات واليد العاملة المتخصّصة، فضلاً عن البنية التحتية وقدرة المؤسسات السياسية على تنفيذ السياسات العامّة. وهذا ما يجعل من مقترح إنشاء صندوق دولي لتمويل استراتيجيات التكيّف في الدول النامية متواجد دائماً في كل جولة مفاوضات حول المناخ. وتتماهى استراتيجية التكيّف على المدى البعيد مع استراتيجيات التنمية المستدامة، إذ تشمل:

- تحسين القدرة على الوصول إلى الموارد الطبيعية.
- تخفيض معدّلات الفقر وعدم المساواة بين المجموعات السكانية المختلفة.
- تحسين التعليم والقدرة على الوصول إلى المعلومات.

[1] "Copenhagen deal: Key points". BBC News. 2009-12-19.

[2] IPCC, p 76. IPCC (2007a). "Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland. P. 104.

- تحسين البنية التحتية.
- تحسين قدرات المؤسسات العامة وفعاليّتها.

أما على المدى القصير، فتشمل استراتيجيات التكيّف تحسين البنية التحتية لمواجهة آثار التغيّر المناخي، تقنين الموارد المائية، الانتقال إلى زراعات تتكيّف مع نسب جفاف أكبر، بناء سدود للحماية من الفياضانات ومن ارتفاع مستويات البحار. وفي بعض الأحيان تكون استراتيجية التكيّف دراماتيكية كما في حالة الجزر الصغيرة في المحيط الهادىء التي وضعت خطط لإخلاء جميع السكّان.

ب-<u>الاقتصاد المنخفض الكربون</u>

تُعرّف استراتيجية مكافحة تغيّر المناخ بأنها "الإجراءات المصمّمة لمنع التغيّر المناخي على المدى البعيد"[1]، ويمكن تحقيقها عبر تخفيض انبعاثات الغازات الدفيئة أو زيادة القدرة الطبيعية على امتصاص هذه الغازات (التشجير وإقامة الغابات). ويقوم الاقتصاد المنخفض الكربون على إهادة هندسة شبه كاملة لأسلوب الحياة المعاصر، إذ تشمل:

- التحوّل من استعمال مصادر الطاقة المرتكزة على الوقود الأحفوري إلى مصادر الطاقة النظيفة والمتجدّدة في مجالات توليد الكهرباء، النقل، الصناعة، والاستهلاك المنزلي.
- زيادة كفاءة استهلاك الطاقة في كافة المجالات.
- تغيير الزراعة من زراعة مركزية تعتمد على الوقود الأحفوري بشكل كثيف إلى زراعة عضوية ولا مركزية قريبة من مراكز الاستهلاك.
- تخفيض معدّل انتقال البضائع والسكّان، و \ أو تحسين كفاءة وسائط النقل والاعتماد على وسائل غير ملوّثة مثل السيارات الكهربائية أو العاملة على الهيدروجين وما شابه.
- إعادة هندسة مُدنية تشمل الطرقات والمباني لتخفيض نسب استهلاك الوقود الأحفوري في التدفئة والنقل والحياة اليومية.

[1] Fisher, B.S. (2007). "Issues related to mitigation in the long term context. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, OPCIT.

- الحفاظ على الغابات وإعادة تشجير على نطاق واسع.
- تخفيض معدّلات الاستهلاك ومعدّلات التزايد السكّاني على السواء.

وهنالك اقتراحات عديدة لتحقيق هذه الأهداف، وترتكز حتى الآن على الدور المركزي للسوق في عمليّة التحوّل مع الاعتراف بدور مساعد للدولة في ذلك. ومن هذه الاقتراحات اقتراح سوق الكربون Cap and Trade الذي سبق وتحدّثنا عنه آنفاً، اقتراحات الدعم الحكومي لتشجيع تقنين استهلاك الطاقة والتحوّل إلى الطاقة البديلة وقد يكون هذا الدعم غير مباشر عبر فرض ضرائب على انبعاثات الكربون، أو مباشر موجّه إلى قطاعات بعينها كقطاع الطاقة المتجدّدة عبر الدعم المالي المباشر والإعفاء من الضرائب.

لكن لا تكفي السياسات المرتكزة على السوق الحرّ لتحقيق تحوّل بالحجم المطلوب. لذلك يتم اليوم تداول اقتراحات أخرى أكثر جذرية مثل فرض قوانين على استهلاك الطاقة والانبعاثات الكربونية (مثل تحديد شروط قانونية – تقنية على شركات السيارات لانتاج آليات ذات كفاءة وقود عالية كما فعلت الولايات المتّحدة بعد الصدمة النفطية الأولى) وقيام الحكومات بتنفيذ مشاريع ضخمة قد تكون مشتركة مع القطاع الخاص في مجال الطاقة البديلة والهندسة المدنية والزراعة..ألخ.

في جميع الأحوال، وبغضّ النظر عن طبيعة السياسات التي ستبصر النور، يبقى أن التغلّب على التغيّر المناخي مشروط بالتخلّي عن الوقود الأحفوري بطريقة أو بأخرى. وهذا ما يجعل من التغيّر المناخي أحد العناصر المؤثرة في أزمة الطاقة، حيث لم يعد التحوّل من الوقود الأحفوري إلى الطاقة المتجدّدة ضرورة اقتصادية فقط، بل أصبح ضرورة وجودية تؤثّر على مصير الكوكب بأكمله.

الفصل الثاني

الطاقة البديلة

تتأثّر أزمة الطاقة التي تحدّثنا عنها باسهاب في الفصل الأوّل، بثلاث عناصر رئيسية:

- سياسات أمن الطاقة التي تتمحور حول تحقيق أكبر قدر ممكن من الاستقلالية الوطنية في مجال امدادات الطاقة، خاصة بعدما أثبتت الصدمتان النفطيتان عام ١٩٧٣ و ١٩٨٠ هشاشة الاقتصاد العالمي

أمام امدادات النفط. وتقود سياسات أمن الطاقة لدى العديد من الدول لوضع خطط للاستعاضة عن النفط بمصادر طاقة محلية كالفحم والغاز والوقود الحيوي والنووي.

- الأزمة البنيوية في إمدادات النفط التي تعود لأسباب جيولوجية واقتصادية طويلة الأمد والتي تحدّ من قدرة الذهب الأسود على تأدية الدور الحاسم نفسه للحضارة الصناعية الذي أدّاه خلال القرن العشرين.
- أزمة التغيّر المناخي الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري والتي يستوجب التغلّب عليها الحدّ جذرياً من استهلاك الوقود الأحفوري.

هذه العوامل الثلاث تقود اليوم تحوّلا عالمياً واسعاً في مجال الطاقة من الاعتماد على النفط كمصدر رئيسي للطاقة إلى الاعتماد على مصادر بديلة. وفيما يشكّل الفحم والغاز البديلان الأقرب عن النفط في سياسات الطاقة الحالية بسبب تدنّي كلفتهما ووفرتهما، إلا أن كونهما مصدران غير متجدّدان مع ما يسبّباه من تلوّث ومساهمة في التغيّر المناخي، يحدّ من قدرتهما على الاضطلاع بدور مصدر الطاقة الرئيسي للقرن الواحد والعشرين، خاصة أن الاعتماد عليهما يعني تأجيل المشكلة لا حلّها كما سبق وبيّننا في المبحث السابق. وفي ظلّ الحاجة لإيجاد مصادر متجدّدة ونظيفة للطاقة على وقع التغيّر المناخي والحاجة لتنمية مستدامة طويلة الأمد، تبرز مصادر أخرى للطاقة تشكّل بنسب متفاوتة عناصر رئيسية في سياسات الطاقة للقرن الواحد والعشرين. ورغم التفاؤل العام الذي يحيط مصادر الطاقة النظيفة والمتجدّدة إلا أنه هنالك جدل حام في أوساط الخبراء وفي أروقة صناعة القرار حول قدرة هذه المصادر على استبدال الوقود الأحفوري كليّاً. فمن جهة أولى، هنالك تشكيك في قدرة الطاقة الشمسية والمائية والهوائية على التوسّع تقنياً وجغرافياً. ومن جهة ثانية هنالك نقاش حاد حول زراعة المحاصيل الزراعية لاستعمالها في انتاج الوقود الحيوي، نظراً لتأثير ذلك على الأمن الغذائي والاجتماعي حول العالم. وهنالك أيضاً اعتراض واسع على عودة الرهان على الطاقة النووية بسبب مخاطرها البيئية والأمنية، وسنتحدّث عنها في هذا الفصل بسبب اعتبارها الواسع على أنها "طاقة بديلة" رغم أنها مصدر غير متجدّد. كذلك هنالك تباين كبير في التوقّعات حول مستقبل الهيدروجين، بين من يعتبره مفتاح المستقبل وبين من يشكّك به كمصدر فعّال للطاقة. إضافة إلى ذلك كلّه، تطالعنا نشرات الأخبار كل يوم بأخبار عن اختراعات جديدة في مجال الطاقة ستغيّر أسلوب حياتنا.

أمام كلّ ذلك، يبدو من الضروري الحديث عن كلّ مصدر بديل للطاقة وتقييمه بناء على معايير علميّة واقتصادية بهدف رسم صورة واضحة عنه وعن مساهمته المتوقّعة في سياسات الطاقة في القرن الواحد والعشرين. ولا بدّ لنا في البداية من تعريف ماهيّة الطاقة البديلة والإضاءة على معايير تقييمها المختلفة.

المبحث الأول

الطاقة البديلة: تعريفها، أنواعها ومعايير تقييمها

من المتعارف عليه أن "الطاقة البديلة" تعني جميع مصادر الطاقة غير الكربونية – النفط بكل أنواعه والغاز والفحم. وبالتالي تدخل الطاقة النووية والوقود الحيوي والطاقات الشمسية والهوائية والمائية والهيدروجين والخشب ضمن هذا التصنيف. إلا أنه هنالك صعوبتين على أرض الواقع تجعلان من تعبير الطاقة البديلة

يحمل أحياناً دلالات مختلفة: فمن جهة، تستعمل العديد من الدراسات الحكومية تعبير الطاقة البديلة لتتكلّم عن "كل ما ليس نفطاً"، فتشير إلى أن الغاز مثلاً هو مصدر بديل للطاقة.

من جهة ثانية، إن عمليّة توليد الطاقة من المصادر البديلة هي عمليّة تستهلك الوقود الأحفوري، خاصة خلال عمليّة إنشاء البنى التقنية والتحتية والنقل والتوزيع والصيانة. وهذا يجعل من الحديث عن طاقة "نظيفة" بالكامل في الوقت الحالي أمرٌ غير واقعي علمياً.

كذلك، إن تعبير "الطاقة البديلة" ليس مرادفاً للطاقة "النظيفة"، فهو يشير في الوقت نفسه إلى مصادر مسبّبة للتلوث كالطاقة النووية، ومصادر أقل تلويثاً كالطاقة الهوائية والشمسية. لذا يميل العديد من الباحثين إلى استعمال تعبير "الطاقة البديلة والنظيفة" أو الطاقة المتجدّدة للإشارة إلى مصادر الطاقة غير المسبّبة للتلوث وهي عادة الطاقات الهوائية والشمسية والمائية والوقود الحيوي.

ولقد آثرنا في دراستنا استعمال تعبير "الطاقة البديلة" للإشارة إلى كل موارد الطاقة غير الكربونية، و"الطاقة البديلة النظيفة والمتجددة" للإشارة إلى المصادر البديلة للطاقة باستثناء الطاقة النووية والطاقة الحيوية الناتجة عن حرق الحطب. وفي جميع الأحوال، لا تشير هذه التعابير إلى حصيلة تقييميّة لمصادر الطاقة، لأن معيار التقييم لا يقتصر فقط الشقّ البيئي بل يرتكز على عدّة عوامل سنتحدّث عنها في الفقرة التالية.

ورغم أن مصادر الطاقة الهوائية والمائية كانت معروفة للمجتمعات البشرية منذ ما قبل الثورة الصناعية مع المطاحن والنواعير الموجودة على الأنهار، إلا أنها كانت شبه منسيّة طوال الفترة التي كان فيها النفط الرخيص والوافر سيّد أسواق الطاقة. إلا أنه منذ الصدمة النفطية الأولى عام ١٩٧٣ عاد البحث عن بدائل نظيفة ومتجدّدة للطاقة يشكّل عنواناً رئيسياً في السياسات العامة للحكومات ومراكز الأبحاث حول العالم.

لكن التحوّل إلى الطاقة النظيفة والمتجدّدة ليس بالسهولة التي تتحدّث عنها الأمم المتّحدة والمنظمات البيئية المتحمّسة. إذ رغم أننا نجد مصدراً أو أكثر للطاقة كيفما اتّجهنا في بيئتنا الطبيعية: في أشعة الشمس، في الهواء، على قمم الجبال وفي أعماق البحار، وفي الحرارة الجوفية وحتى في النباتات والزراعة... لكن مجرّد وجود هذه الطاقة لا يعني أنها قابلة للاستهلاك البشري المباشر، إذ لا بدّ من وجود قدرة تكنولوجية على حصاد أي نوع من الطاقة، تخزينه، نقله، ووضعه في حالة جاهزة للاستهلاك. لهذه العمليّة المعقّدة عدّة

تقييمة تؤثّر مباشرة على امكانية تحويلها إلى مصدر حقيقي للطاقة، وهي: عائد الطاقة الصافي، الكلفة المالية، الاعتمادية على موارد أخرى، الأثر البيئي، التجدّد، سهولة الاستعمال، حجم المساهمة أو قابلية الترقّي، الموقع الجغرافي للمورد، القدرة على الاعتماد عليه، كثافة الطاقة، قابلية المصدر للنقل.

وسنتحدّث عن كل معيار منها في الفقرات التالية.

أ- **<u>عائد الطاقة الصافي Energy Return on Energy Invested (ENROI</u>:** العائد الصافي للطاقة هو أهمّ معيار في عمليّة تقييم مصادر الطاقة، وهو يعني: كمية الطاقة الصافية التي نحصل عليها في نهاية عمليّة الاستخراج مقارنة مع كميّة الطاقة المبذولة للحصول عليها أي:

العائد الصافي للطاقة Enroi = مجموع كمية الطاقة التي حصلنا عليها عند نهاية عملية الاستخراج – كمية الطاقة التي صرفناها خلال عملية استخراج المورد.

وهذا المبدأ يشبه مبدأ معروف في إدارة الأعمال هو مبدأ العائد الصافي للاستثمار Return on Investment – ROI، الذي يعني العائد الصافي للاستثمار بعد طرح كلفة إنشاء المشروع.

مثلاً، إن العائد الصافي للطاقة في أفضل حقول النفط كان في الماضي ١٠٠ على واحد، أي أن الطاقة المصروفة لتشغيل البئر واستخراج مئة برميل نفط منه كانت فقط برميل نفط واحد. وإن قلنا مثلاً أن العائد الصافي للطاقة لحقل ما هو ١٠ على واحد، فذلك يعني أيضاً أن استخراج عشرة براميل نفط يتطلّب صرف طاقة تعادل برميل نفط واحد. لذلك كلّما كان مجموع العائد الصافي للطاقة أعلى، كلّما كان مصدر الطاقة أفضل وأكثر كفاءة؛ ففي الحقل الثاني مثلاً الذي يبلغ عائده ١٠ على ١، يتطلّب استخراج مئة برميل نفط صرف ما يعادل عشرة براميل مقابل صرف برميل واحد فقط لاستخراج نفس الكميّة من الحقل الأوّل (الذي يبلغ عائده ١١١٠٠).

الطاقة الصافية إذاً هي الطاقة التي تبقى للاستهلاك المباشر بعد طرح الطاقة المبذولة (أو المستثمرة) في عمليّة الاستكشاف، الحفر، مدّ الأنابيب، الاستخراج والتكرير والتوزيع وبناء البنية التحتية لكلّ ذلك. وبالتالي، لكي يكون أي مصدر للطاقة "مصدراً" بكل ما للكلمة من معنى، على عائد الطاقة الصافي أن يكون إيجابياً وإلا فإن الكمية المبذولة لاستخراج المورد سوف تكون أكبر من كمية الطاقة التي نحصل عليها في نهاية

العملية أي أنها ستكلّف صرف طاقة من دون أن تكون مصدراً لها. وفي العالم الاقتصادي، إن النسبة المقبولة للعائد الصافي للطاقة هي ١\١٠ على الأقل لكي يكون هنالك فائض كاف من الطاقة لإقامة وتشغيل منشآت مكلفة، ولكي يكون هنالك كذلك هامشاً للربح للحكومات والشركات.

وتخضع كل مصادر الطاقة، متجدّدة كانت أم غير متجدّدة، لمبدأ العائد الصافي للطاقة. والمصدر الذي يستهلك في عمليّة الاستخراج طاقة أكبر من تلك التي نحصل عليها في نهاية العمليّة، يكفّ عن كونه مصدراً للطاقة. وبالعودة إلى مثال النفط لتوضيح هذا المبدأ: عندما تصبح الطاقة المطلوبة لاستخراج النفط من البئر أكبر من عدد البراميل التي نحصل عليها، كأن نكون بحاجة إلى ما يعادل ١٠ براميل من الطاقة لاستخراج خمسة براميل، يصبح البئر غير قابل للاستغلال التجاري ويكفّ عن كونه مصدراً للطاقة لأن عائده الصافي من الطاقة أصبح سلبياً.

ولا يجب خلط مفهوم العائد الصافي للطاقة مع مفهوم "الكفاءة". والكفاءة في مجال الطاقة تعني مدى قدرة المحرّك أو الآلة على تحويل مُدخلات الطاقة Input إلى طاقة ميكانيكية أو طاقة فعليّة output فنقول مثلاً أن محرّك الديزل تصل كفاءته إلى ٣٥ في المئة بمعنى أنه يستطيع تحويل ٣٥ في المئة من الوقود الذي نضعه في المحرّك إلى طاقة ميكانيكية فيما تضيع بقيّة الطاقة كحرارة لا يمكن الاستفادة منها. ومفهوم العائد الصافي للطاقة هو مفهوم أشمل لأنه يأخذ بعين الاعتبار كل الطاقة المبذولة للحصول على الطاقة الصافية. وفي مثال يشرح هذا التمييز يمكن الحديث عن مثال الخلايا الفوتوفولطيّة: عند حساب كفاءتها، نجد أنها تصل أحياناً إلى ٣٠ %، أي أنها تحوّل بنجاح ٣٠ في المئة من الطاقة الشمسية التي تصل إلى سطحها إلى طاقة ميكانيكية في المحرّك. أما إذا ما أردنا حساب العائد الصافي للطقاة للخلايا الفوتوفولطية، فعلينا عندها أن نشمل في حساباتنا الطاقة التي صُرِفت في تصنيعها وتركيبها وتشغيلها وصيانتها ونقلها وتوزيعها، ويصل العائد الصافي في هذه الحالة إلى خمسة على واحد، أي أن الحصول على خمس وحدات من الطاقة عبر الخلايا الفوتوفولطية يتطلّب في المجمل صرف وحدة طاقة واحدة.

إن الحفاظ على عائد صافي إيجابي لأي مصدر للطاقة هو بالتالي أمر شديد الأهمية لمنتجي الطاقة وللمجتمع ككل. فهذا المعيار الصامت كان عاملاً رئيسياً في معظم التحوّلات التاريخية التي شهدها المجتمع البشري. فإذا ما كان عائد الطاقة الصافي يساوي تماماً الطاقة المبذولة للحصول عليه (واحد على واحد)، فهذا يعني أنه لا يوجد أي فائض للطاقة يمكن الاستفادة منه للقيام بأنشطة أخرى في المجتمع غير استخراج

الطاقة. وهذه كانت هي الحالة لدى بعض المجتمعات البدائية حيث كان كلّ أفراد المجتمع منخرطين في عمليّة جمع الغذاء لأنه لا يوجد فائض طاقة غذائية تسمح لأفراد آخرين أن يمارسوا مهام أخرى. في المجتمعات القديمة، كان المصدر الرئيسي للطاقة هو الغذاء (لأن الأداة الأساسية للطاقة كانت الطاقة العضلية للحيوان أو الإنسان)، وكانت نسبة العاملين في الزراعة من السكّان تتخطّى الـ ٧٠ بالمئة لأن عائد الطاقة الصافي من الغذاء متدنٍ. ويقدّر الباحث الأركيولوجي لين وايت عائد الطاقة الصافي لدى مجتمعات القطاف والصيد البدائية بعشرة على واحد، أي أن كل وحدة طاقة (عضلية) كانت تبذلها تلك المجتمعات للحصول على الغذاء كان عائدها الصافي عشر وحدات من الطاقة[١]. وهذا الفائض هو الذي سمح لتلك المجتمعات القيام بالنشاطات الاجتماعية الأخرى مثل التناسل وتربية الأطفال ورواية القصص والممارسة الفنيّة وبناء المستوطنات. وبما أنّ مجتمعات الصيد والقطاف هي أقدم مجتمعات إنسانية معروفة، يستنتج وايت أن العائد الصافي للطاقة الضروري لبقاء واستدامة أي مجتمع بشري هو ١٠ على واحد على الأقل[٢]. وكانت المجتمعات الزراعية فيما بعد، رفعت من نسبة العائد الصافي للطاقة عبر الزراعة المستقرّة والريّ، العبودية، تدجين الحيوانات، والآلات البدائية كالمحراث والدولاب. أما الانتقال إلى المجتمعات الصناعية فقد كان ممكناً فقط مع اكتشاف النفط الذي بلغ عائده الصافي نسبة أعلى من أي مصدر آخر وهي ١٠٠ على واحد[٣]. أي أن النفط كان في الواقع طاقة شبه مجّانية لأنه وفّر كميّات هائلة من الطاقة بقليل من الجهد والكلفة.

وهنالك بعض الانتقادات التي وُجّهت لهذا المعيار، منها صعوبة حساب كلّ الطاقة المبذولة في عملية إنشاء البنى التحتية والاستخراج والصيانة والتوزيع وما إلى هنالك. كذلك هنالك فروقات هامّة في عائد الطاقة الصافي بين موقع جغرافي وآخر بالنسبة لبعض المصادر المرتبطة بالجغرافيا كالطاقة الشمسيّة والهوائية. انتقاد آخر للمعيار هي أنه لا يأخذ الكلفة البيئية بعين الاعتبار ويتحدّث فقط عن الكلفة الاقتصادية المباشرة، فلا تدخل مثلاً الموارد المائية المصروفة والأثر البيئي وكلفة الانبعاثات الكربونية في حساباته. رغم ذلك، يبقى عائد الطاقة الصافي أحد أهمّ المعايير لتقييم مصادر الطاقة، لأنه "يحدّد ما إذا كان مصدر الطاقة قادر بنجاح على دعم مجتمع بحجم معيّن ومستوى عالٍ من التعقيد"[٤].

[1] Euan Mearns,"Should EROEI be the most important criterion our society uses to decide how it meets its energy needs?", The Oil Drum, http://europe.theoildrum.com/node/4428
[2] Heinberg, Searching for a miracle, OPCIT, p 25.
[3] Heinberg, Searching for a miracle, OPCIT, p 23.
[4] IBID, p 27.

من المهم الإشارة هنا، إلى أن البدائل الحالية للنفط تمتلك عائد صافي من الطاقة أدنى بكثير من الذهب الأسود الذي لا يزال عائده الصافي اليوم عالياً ما بين ٦٠ و ٣٠ على واحد[1]. ويبلغ العائد الصافي للطاقة الحيوية (الإيثانول) مثلاً ما بين ٥ على واحد و1.8 على واحد[2]، فيما يرتفع العائد الصاف لمصادر أخرى كالطاقة الهوائية إلى ١٧ على واحد.

ب- **الكلفة المالية المباشرة:** هي المعيار الثاني الذي تهتمّ به عادة الحكومات وشركات الطاقة لتحديد خياراتها الاستراتيجية. ويجب الأخذ بعين الاعتبار أن هذه الكلفة تنعكس مباشرة على المواطن عبر السعر الذي يجب أن يدفعه مقابل الكهرباء والوقود وكل شيء آخر. لكن الكلفة النهائية التي يدفعها المستهلك لا تعكس دوماً الكلفة المباشرة إذ إن معظم منشآت توليد الكهرباء في العالم تستفيد من الدعم الحكومي لتخفيض سعر الطاقة. كذلك، لا يدخل الأثر البيئي ضمن الكلفة المباشرة رغم أن إصلاحه فيما يتطلّب بعد تخصيص موارد مالية كبيرة قد تفوق الكلفة المالية المباشرة لاستخراج الطاقة نفسها (كما في حالة مناجم الفحم واليورانيوم التي تدمر مساحات هائلة من الأراضي).

ج- **الحاجة لموارد إضافية:** تمرّ معظم مصادر الطاقة بعمليّة استخراج وتكرير وتوزيع معقّدة قبل أن يكون بامكان المستهلك النهائي استعمالها. امتاز النفط تاريخياً أنه مصدر لا يحتاج للكثير من الموارد الإضافية إذ يتم تكريره مباشرة بعدما يخرج من باطن الأرض حيث يضحي قابلاً للاستهلاك المباشر، لتوليد الكهرباء أو كوقود للسيارات..ألخ. إلا أن العمليّة هي أكثر تعقيداً لدى المصادر الأخرى مثل رمال القطران الذي يتطلّب استخراج النفط منها عمليّة طويلة تبدأ بالحفر واستخراج الرمال الصلبة ثم استخراج النفط من الرمال على عدّة مراحل قبل الوصول إلى مرحلة التكرير، وتصرف هذه العملية كمّيات هائلة من الغاز والمياه والطاقة في مختلف مراحلها. كذلك الأمر في حالة الخلايات الفوتوفولطية (الشمسية) إذ هنالك حاجة لموارد إضافية لصنعها مثل الغاليوم والإنديوم والبلاتينيوم، وهي مواد ثمينة ونادرة وغير متجدّدة. وتؤثر حاجة مصدر الطاقة لموارد إضافية على سعره، قابليته للاستعمال، أثره البيئي وقدرته على أن يكون مصدر مستدام للطاقة.

د- **الأثر البيئي:** يترك كل مصدر للطاقة أثراً بيئياً يكون عادة سلبياً. وقد يكون الأثر البيئي الأكثر سوءاً ناتج عن عمليّة الاستخراج كما في حالة اليورانيوم الذي يؤدي استخراجه إلى تدمير مساحات شاسعة من الأراضي. ويمكن أن ينتج الأثر عن عمليّة الاستهلاك كما في حالة انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون الناتجة

[1] IBID, p 25.
[2] IBID, p 25.

عن حرق الوقود الكربوني. ويمكن أن يكون الأثر البيئي ناتج عن المنشأة بحد ذاتها كما في حالة السدود المائية الضخمة التي تغمر أراضٍ زراعية واسعة وتؤثر على الثروة السمكية في الأنهار. وقد يكون ناتج أيضاً عن عمليّة التوليد كما في حالة النفايات المشعّة التي تتركها المفاعلات النووية.

هـ – قابلية التجدّد: لكي يكون مصدر الطاقة مصدراً مستدام يمكن الاعتماد عليه من جيل إلى آخر بشكل دائم من دون تعريض قدرة الأجيال المستقبلية على الاستفادة منه، عليه أن يكون متجدداً. ومن مصادر الطاقة ما هو متجدّد بشكل يومي ولانهائي للطاقة مثل الشمس والهواء، ومنه ما يتجدّد ببطء شديد مثل الطاقة المتأتية من الحرارة الجوفية، ومنه ما يحتاج إلى ملايين السنين لكي يتكوّن مثل النفط.

و – سهولة الاستخدام Convenience of use: أي أن يلائم مصدر الطاقة البنية الصناعية والتجارية والمنزلية وأن يندمج بسهولة في البنى التحتية من دون الحاجة إلى صرف مبالغ مالية كبيرة أو إلى بذل عمليات تقنية معقّدة من جانب المستهلك لكي يتمكن من الاستفادة منه.

ز – حجم المورد أو القدرة على المساهمة: كان من السهل نسبياً في حالة الوقود الكربوني كالنفط والفحم والغاز، تقدير حجم الاحتياطات التي يمكن استخراجها واستهلاكها بناء على مسح جيولوجي للحقول، وكذلك الأمر في حالة الطاقة النووية التي يمكن ربطها بحجم الاحتياطي المتبقي من اليورانيوم. إلا أن تقدير حجم المورد يزيد صعوبة في حالة الطاقة المتجدّدة. فالطاقة الشمسية وتلك الهوائية مثلاً هي لانهائية نظرياً، إلا أن قدرتها على المساهمة كمصدر للطاقة مرتبط بالعناصر التكنولوجية والجغرافية إلى درجة كبيرة ما يجعل وصفها بـ"مورد لانهائي" غير دقيق علمياً. كذلك الأمر في حالة رمال القطران مثلاً التي تساوي احتياطاتها احتياط النفط التقليدي إلا أن مساهمتها في امدادات النفط لا يمكن أن ترتفع إلى أكثر من ٥ ملايين برميل يومياً لأن استخراجها يتم على بقعة جغرافية محدودة من الأرض.

ح– موقع المورد جغرافياً: وهو يؤثر على القدرة على استخراج المورد إذ يمكن لبعض الموارد أن تقع في أماكن جغرافية صعبة كمصادر الطاقة المرتكزة على الحرارة الجوفية التي تتطلّب الحفر عدّة كيلومترات في باطن الأرض. وبعض الموارد الأخرى موجودة في أماكن نائية بعيدة عن مراكز الاستهلاك كالطاقة الشمسية التي تشكّل الصحراء أفضل أماكن انتاجها أو تلك الهوائية التي تتواجد غالباً في المناطق غير المأهولة بالسكان. ويؤثّر موقع المورد على حجم البنية التحتية التي يجب بناؤها لنقل وتوزيع الطاقة، ما يؤثر مباشرة على عدد من العناصر الأخرى مثل الكلفة والأثر البيئي وسهولة الاستخدام.

ط- القدرة على الاعتماد عليهReliability: يبرز هذا المعيار بشكل خاص في حالة الطاقة المتجدّدة المرتكزة على الطاقة الشمسية والهوائية إذ إن الدورات الطبيعية مثل الليل والنهار وهدوء الرياح تؤثر مباشرة على حجم الطاقة التي يمكن توليدها من هذان المصدران. الأمر الذي يحدّ من القدرة على الاعتماد عليهما بشكل دائم لسدّ الطلب على الطاقة خلال أوقات مختلفة من اليوم والسنة بعكس معمل الكهرباء العامل على الفحم أو الغاز مثلاً الذي يمكن تشغيله ٢٤ ساعة كافة أيام السنة من دون توقف.

ي - كثافة الطاقة: وهي الطاقة التي تحملها أو تؤمّنها كل وحدة للطاقة. ويمكن قياسها وفقاً للوزن: مثلاً، يمكن الحصول على ما بين ٢٠ و ٣٥ ميغا جول من كيلوغرام واحد من الفحم فيما يمتلك الغاز كثافة أعلى إذ نحصل منه على ٥٥ ميغا جول من كل كيلوغرام منه، ويمكن الحصول على ٤٢ ميغا جول من كل كيلوغرام من النفط[1]. وتُعتبر كثافة الطاقة في أنواع الوقود الكربوني عالية جداً مقارنة مع المصادر البديلة، إذ إن البطارية النموذجية مثلاً تبلغ كثافتها الطاقيّة ما بين 0.1 و 0.5 ميغا جول \ كيلوغرام[2]. وهذا هو السبب الذي يؤخّر اعتماد السيارات العاملة على الكهرباء بشكل واسع إذ إنها تتطلّب بطاريات ثقيلة جداً مقارنة مع خزّان وقود الديزل. وتؤثّر كثافة الطاقة بشكل مباشر على كلفة وصعوبة الاستخراج والنقل والتوزيع والاستهلاك حيث أن المصادر التي تمتلك كثافة عالية للطاقة هي الأكثر كفاءة اقتصادياً وعملياً ومالياً بطبيعة الحال.

ك - سهولة النقل: هذا المعيار مرتبط إلى حدّ كبير بالمعيار السابق إذ كلّما تدنّت الكثافة الطاقيّة للمورد كلّما ارتفعت الحاجة لاستخراج ونقل كميّات أكبر منه لتوليد نفس الكميّة من الطاقة. كذلك تؤثر طبيعة المورد على قابليّته للنقل: النفط مثلاً كان تاريخياً افضل مصدر قابل للنقل لأنه سائل سهل التخزين وسهل النقل بالأنابيب والسفن والقطارات والسيارات بعكس الفحم الذي لا يمكن نقله سوى بالبرّ أو البحر لأنه غير سائل. وتطرح الطاقة الشمسيّة والهوائية والمائية إشكالية نقلها إذ لا يمكن القيام بذلك مباشرة بل يجب تحويلها إلى كهرباء ونقل الكهرباء المولّدة عنها عبر كابلات مكلفة وهشّة لملايين الكيلومترات. ويطرح نقل الكهرباء لمسافات كبيرة مشاكل ليست موجودة في حالة النفط أو الغاز أو الفحم، لأن ذلك يستوجب بناء بنية تحتية ضخمة من العواميد والكابلات ومنشآت التحويل وما إلى هنالك، فضلاً عن أن الكهرباء تخسر كميّات لا يستهان بها عند نقلها لمسافات كبيرة.

[1] Heinberg, Searching for a miracle, OPCIT, page 19.
[2] IBID, p 19.

بالإضافة إلى هذه المعايير العلمية لا يمكن إغفال العامل الاقتصادي إذ إن منطق السوق يكون أحياناً صاحب الكلمة الفصل في تبنّي أو إستبعاد المصادر الجديدة للطاقة. لذلك لا بدّ من أن يكون المصدر قادر على منافسة باقي المصادر على مستوى السوق من حيث كلفته بالنسبة للمستهلكين ومردوده للمنتجين.

وتعتمد العديد من الحكومات في الوقت الحالي مبدأ دعم مصادر الطاقة المتجدّدة لجعل كلفتها منافسة لكلفة الطاقة الآتية من الوقود الأحفوري. كذلك من المعلوم أن بعض أنواع الطاقة غير مرغوبة "سياسياً"، إما بسبب الصراعات الدولية مثل الطاقة النووية (أو حتى الطاقة المتجدّدة كالطاقة الشمسيّة التي قد تكون منشآتها أحياناً خارج الحدود الوطنية للدولة)، أو بسبب تجنّب الحكومات تطبيق سياسات غير شعبية للطاقة كتلك التي تتطلب صرف مبالغ كبيرة من الميزانية ولا تظهر نتائجها إلا على المدى البعيد أو تلك التي تتعارض مباشرة مع مصالح قطاع الطاقة التقليدي كقطاع صناعة النفط في الولايات المتّحدة الذي يُعتبر من أكبر الداعمين الماليين في حملات الانتخابات الرئاسية.

إن تقييم مصادر الطاقة إذاً يستوجب استعمال عدّة معايير علميّة ومالية واقتصادية وسياسية معقّدة. تاريخياً، كان النفط أفضل مصدر للطاقة تنطبق عليه هذه المعايير باستثناء معياري التجدّد والأثر البيئي حيث تتضح اليوم خطورة إهمالهما. ولا بدّ لأي مصدر بديل للطاقة أن يستوجب كافة هذه المعايير، ولو بدرجات متفاوتة وإلا فلا يمكن اعتباره مصدراً رئيسياً ومستداماً للطاقة قادر على استبدال ادمان المجتمعات الصناعية على النفط. وعلى ضوء هذه المعايير، سنتناول مصادر الطاقة البديلة في الفصول التالية.

المبحث الثاني
الطاقة البديلة المثيرة للجدل

بعد الصدمة النفطية الأولى عام ١٩٧٣ وما خلّفته من آثار اقتصادية شديدة في الدول الصناعية، اتجهت الأنظار إلى الطاقة النووية كبديل عن النفط، خاصة أن الدول المتقدمّة كانت تمتلك التكنولوجيا والأموال والخبرة التقنية اللازمة لذلك. في ذاك العقد، شهدت الطاقة النووية ذروة ازدهارها مع بناء عدد كبير من المفاعلات في الولايات المتّحدة، فرنسا، بريطانيا، وحتى اليابان التي كانت قبل ذلك التاريخ ترفض الطاقة النووية رفضاً مبدئياً على خلفية تعرّضها للقصف بقنبلتين نوويتين خلال الحرب العالمية الثانية.

في المقابل، اختارت دولاً أخرى منعطفاً آخر غير النووي، فاختارت ألمانيا والدنمارك الطاقة الهوائية فيما كثّفت البرازيل أبحاثها في مجال الوقود الحيوي.

اليوم، مع الصدمة النفطية الأقسى التي يشهدها العالم، عادت الطاقتان الحيوية والنووية إلى الواجهة بقوّة، خاصة أنهما يتفوّقان على مصادر الطاقة الأخرى كالشمسيّة والهوائية من ناحية الكلفة والفعاليّة، وهما يشهدان اليوم ثالث ورابع أسرع نسبة نمو في الطلب عليهما حول العالم بعد الغاز والفحم في ظلّ خطط حكومية طموحة لرفع مساهمتهما من مجمل الطلب العالمي.

ورغم الآمال الكبيرة المعقودة حول هذا المصدران إلا أنهما في الواقع من أكثر مصاد الطاقة المثيرة للجدل: الطاقة النووية هي طاقة غير متجدّدة وتشكّل خطراً كبيراً على البيئة والسلامة العامة فيما تتنافس الطاقة الحيوية مع الغذاء وتهدّد الأمن البشري لدرجة اعتبرها البعض "جريمة ضد الإنسانية". في الفقرات التالية، سنناقش وضع هذان المصدران للطاقة حول العالم، وتوقّعات نموهما المستقبلية ونعالج الجدل المُثار حول آثارهما السياسية والبيئية والغذائية.

الفقرة الأولى: الوقود الحيوي:

إن استعمال المواد العضوية من أجل الحصول على الطاقة هو ممارسة قديمة جداً، بدأت منذ اكتشاف النار وتستمرّ حتى زمننا الحالي حيث لا تزال تشكّل المصدر الرئيسي للطاقة للعديد من المجتمعات الريفية النائية التي تحرق الحطب والفضلات العضوية للتدفئة والطهو. ومع مكتشفات العلم الحديث، دخلت الطاقة العضوية مرحلة جديدة كمصدراً للطاقة بعد التوصل في منتصف القرن الماضي إلى استخراج وقود سائل من مادة "الإيثانول" المستخرجة بدورها من محاصيل غذائية كالذرة والنخيل.

وللتمييز بين الطريقة التقليدية المتمثلة بإحراق الكتلة العضوية للتدفئة وبين استخراج الإيثانول منها لصناعة الوقود السائل في عمليّة صناعية معقّدة، يُعرف المصدر الأول بالكتلة الحيوية، فيما يُطلق عادة على المصدر الثاني اسم الوقود الحيوي. والوقود الحيوي هو نوعان أساسيان: البيو–فيول المُستخرج من الإيثانول، والبيوديزل الذي يقوم انتاجه على نفس المبدأ إلا أنه يمكن يمكن استعماله مباشرة في محرّكات الديزل من دون تعديلها، بعكس البيو – فيول الذي يستوجب محرّكات معدّة خصيصاً له.

أ.ميزات الوقود الحيوي ونموّه المتوقّع: يشهد الوقود الحيوي اليوم سرعة نمو هائلة تفوق النموّ على مصادر الطاقة المتجدّدة الأخرى مثل الشمسية والهوائية والمائية. وبحسب الوكالة الدولية للطاقة، سيكون الوقود الحيوي رابع أكبر مساهم في مصادر الطاقة خلال العقدين المقبلين بمساهمة تصل إلى ١٨٠٠ مليون طن، مقابل ٥٠٠٠ مليون طن لكلّ من النفط والفحم، و ٣٨٠٠ طن للغاز وما يعادل ١٠٠٠ مليون طن للطاقة النووية، فيما لن تتجاوز مساهمة جميع مصادر الطاقة المتجدّدة الأخرى مجتمعة أكثر من ٤٠٠ مليون طن[1] (أنظر الرسم في الصفحة التالية).

وتكمن أهمية الوقود الحيوي بشكل خاص بأنه يُعتبر مصدراً متجدداً للطاقة كونه مستخرج من محاصيل زراعية يمكن زراعتها دورياً. وهو يتميّز أيضاً أنه وقود سائل يمكن الاعتماد عليه في قطاع النقل، بعكس كل

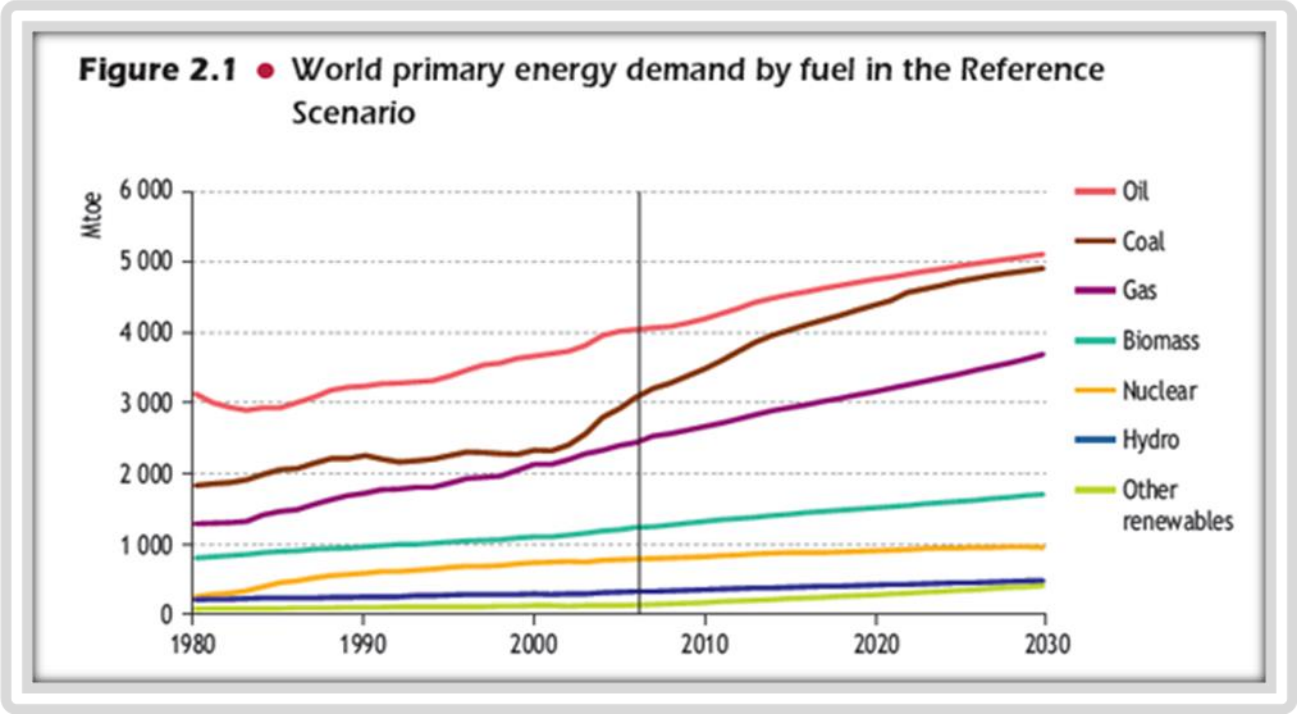
[1] weo 2008: *World primary energy demand by fuel in the reference scenario*, p 80(

أنواع مصادر الطاقة الأخرى (باستثناء النفط والغاز) غير السائلة التي تُستخدم فقط لانتاج الكهرباء مثل الفحم والنووي والطاقات الشمسية والهوائية والمائية. وما يزيد من أهميّته بحسب المدافعين عنه، هو أنّه يصدر انبعاثات عند الاحتراق أقلّ بكثير مما تُصدر أنواع الوقود الأخرى، ما يجعله مناسباً لسياسات مكافحة التغيّر المناخي. وشهدت الأعوام الماضية الكثير من المديح الرسمي لهذا النوع من الطاقة فيما بدأت العديد من الدول تطبيق سياسات تهدف إلى زيادة الاعتماد عليه كإحدى مصادرها الأساسية للطاقة.

وكانت أزمة الطاقة دفعت الحكومات الغربية منذ عام ٢٠٠٣ بشكل خاص إلى زيادة الأبحاث والاستثمارات في مجال تطبيقات الطاقة المستخرجة من الايثانول حتى أصبحت اليوم قادرة إلى حدّ ما على تلبية بعض احتياجات الطاقة، رغم أن كلفتها لا تزال مرتفعة مقارنة بكلفة استخراج الوقود من النفط: انتاج لتر من البنزين من الايثانول يصل إلى أكثر من ٦٠ سنت أميركي بينما انتاج نفس الكمية انطلاقاً من النفط بأسعاره الحالية هو ٤٤ سنت فقط[١].

[١] صباح جاسم، الوقود الحيوي: جريمة ضد الانسانية أم إنجاز حضاري؟ شبكة النبأ المعلوماتية -االاحد ١١ أيار2008/ http://www.annabaa.org/nbanews/70/147.htm

الرسم رقم ٧: اتجاهات نموّ الطلب على كلّ نوع من الطاقة خلال نصف قرن



الرسم رقم (٧): نموّ الطلب على كل نوع من الطاقة من العام ١٩٨٠ حتى العام ٢٠٠٦ وتوقعات اتجاهات نمو الطاقة حتى العام ٢٠٣٠ بحسب السياسات الحالية: ينمو الطلب على النفط والفحم ليصل إلى نحو ٥٠٠٠ مليون طن سنوياً عام ٢٠٣٠، فيما يصبح طلب الغاز نحو ٣٨٠٠ مليون طن معادل للنفط (MTOE: Million Tons of Oil Equivalent)، ويرتفع الطلب على الوقود الحيوي (الايثانول بشكل أساسي) إلى نحو ١٨٠٠ مليون طن نفطي وعلى الطاقة النووية نحو ١٠٠٠ مليون طن. أما الطلب على القوة الهيدروكهربائية المائية والمصادر المتجددة الأخرى فنموّه محدود جداً ولا تتجاوز حصّته من الطلب ٤٠٠ مليون طن سنوياً خلال العقدين المقبلين. (مصدر الرسم: weo 2008: *World primary energy demand by fuel in the reference scenario*, p 80)

لذلك لا يزال انتاج الوقود الحيوي مقتصر على الدول المتقدّمة التي تمتلك التكنولوجيا المطلوبة لصناعته، ويجري انتاج نحو ٩٠ في المئة من الايثانول في الولايات المتحدة والبرازيل وحدهما[١]، كما أن البنية التحتية المؤهّلة لاستهلاك الوقود الحيوي لا تزال بدورها محصورة بشدّة بين الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي ومؤخراً في آسيا الشرقية، التي تمتلك نماذج آليات قادرة على استهلاكه في محرّكاتها.

[١] الشربيني، أحمد، المحاصيل الزراعية: طعام للبشر أم وقود للمحركات؟ مجلة العربي، العدد ٦٠٠، كانون الأول ٢٠٠٨، ص ١٥٨.

في العام ٢٠٠٧ كان انتاج الوقود الحيوي قد تضاعف مقارنة مع العام ٢٠٠٠[١]، وهو يقدّم اليوم نحو ٢ في المئة من الوقود المستخدم في النقل على الطرقات في العالم، وتشير التقديرات إلى أن هذه النسبة سوف ترتفع بحلول العام ٢٠٣٠ إلى ٥ في المئة[٢].

وتستعمل الولايات المتحدة منذ الآن ثلث انتاجها من الذرّة لصناعة الايثانول[٣]، فيما يخطّط الاتحاد الأوروبي لرفع استهلاك الوقود الحيوي إلى ١٠ في المئة من مجمل استهلاكه للطاقة[٤]. أيضاً هنالك سباق محموم بين العديد من دول آسيا الشرقية والدول الصناعية الغنيّة على عقد اتفاقيات وشراء أراضي زراعية في أفريقيا وآسيا لاستعمالها في انتاج الوقود الحيوي مثل كوريا الجنوبية التي عقدت مؤخراً اتفاقية مع مدغشقر تعطي لسيول بموجبها الحقّ باستخدام خمسين في المئة من أراضي الجزيرة الزراعية لزراعة محاصيل الوقود الحيوي[٥].

ب. **الآثار الاجتماعية والبيئية للوقود الحيوي:** لم يمرّ نموّ الاعتماد على الوقود الحيوي من دون عواقب اقتصادية واجتماعية خطيرة، خاصة أنه مستخرج من المحاصيل الزراعية. وظهرت هذه العواقب خلال الأعوام الثلاثة الماضية عبر تضاعف أسعار الغذاء عدّة مرّات، ما دفع منظّمة الفاو التابعة للأمم المتّحدة بالتحذير من شبح مجاعة عالمية، وذلك رغم أن نسبة مساهمة الوقود الحيوي لا تزال ضئيلة جداً مقارنة مع الطموحات الحكومية للاعتماد على هذا المصدر خلال العقد المقبل.

وحمّلت الأمم المتحدة عبر مسؤوليها الرسميين مسؤولية الأزمة العالمية للغذاء على الحكومات الماضية في التوسّع في زراعة محاصيل الوقود الحيوي على حساب المحاصيل الغذائية. ولعلّ الانتقاد الأقسى أتى على لسان المقرّر الخاص للأمم المتحدة للحقّ في الغذاء، جان زيغلر، الذي اتهم الولايات المتحدة والاتحاد

---

[1] Bioenergy Profile: Plugging into Nature, knowledge.allianz.com/en/globalissues/energy_co2/energy_profiles/bioenergy.html

[٢] الشربيني، المحاصيل الزراعية: طعام للبشر أم وقود للمحركات؟ مرجع سابق، ص ١٦٢.

[3] How Green Are BioFuels?, Patrick Blum And Thilo Kunzemann, September 2007, http://knowledge.allianz.com/en/globalissues/energy_co2/renewable_energy/biofuels_food_environment.html

[٤] الأمم المتحدة: الوقود الحيوي أحد أهم أسباب أزمة الغذاء العالمية، الوكالة الألمانية للأنباء ، AFP، ٢٩ نيسان ٢٠٠٨.

[5] Javier Blas. Land leased to secure crops for South Korea. Financial Times, November 18 2008.

الأوروبي بسلوك "طريق إجرامي"، معتبراً أن انتاج الوقود الحيوي هو "جريمة في حقّ الانسانية"، ومحذراً من أن "العالم يتجه نحو فترة اضطرابات طويلة جداً ونزاعات مرتبطة بارتفاع الأسعار ونقص المواد الغذائية"[١]. وطالب زيغلر بوقف اختياري لاستخدام الوقود الحيوي لمدّة خمس سنوات على الأقل لتجنّب أزمة غذائية غير مسبوقة.

ويشرح رئيس لجنة منظمة التنمية والتعاون الاقتصادي حول التنمية المستدامة، بريس لالوند، أسباب ارتفاع الأسعار بالقول "السبب الأول بسيط: تحتاج لأرض لزراعة الغذاء ومحاصيل الوقود الحيوي، ولا يتوفّر لدينا اليوم المزيد من الأراضي. أما السبب الثاني فهو أن انتاج الغذاء والوقود الحيوي يستعملان نفس مؤشر الأسعار في الوقت الحالي: يمكن أن يكون المنتج سكّر، أو حبوب، أو زيت نباتي. والأسعار ترتفع أكثر وأكثر لاننا نحتاج لكميات أكبر وأكبر"[٢].

ويأتي ذلك في ظلّ توقعات بحصول أزمة غذائية عالمية بسبب التضاعف السكّاني بغضّ النظر عن نموّ نسبة الوقود الحيوي، وحذّر البنك الدولي من أن أسعار الغذاء ستتضاعفي جميع الأحوال خلال العقدين المقبلين[٣] بسبب النموّ السكاني والتضخّم المالي والتحوّل إلى حميات غذائية أكثر استهلاكاً للوحدات الحرارية إثر نموّ الطبقات الوسطى خاصة في آسيا، والوقود الحيوي سيزيد هذه الأزمة سوءاً. كذلك اعتبر صندوق النقد الدولي على لسان مديره دومينيك ستراوس خان أن "الوقود الحيوي يمثّل مشكلة أخلاقية" محذراً بدوره من أن "الأسوأ من أعمال الشغب المرتبطة بالغذاء لم يقع بعد.. مئات الألوف سيتضررون"[٤]. وكان نقص الغذاء وارتفاع الأسعار سبّب اضطرابات سياسيةّ واجتماعيّة وأعمال شغب في عدّة بلدان وخاصة تلك النامية الأكثر تأثراً بارتفاع الأسعار مثل هايتي ونيجيريا وأندونيسيا، ما طرح تساؤلات مقلقة حول مصير الاستقرار السياسي في ظلّ تزايد الاعتماد على الوقود الحيوي.

وفيما بادر الاتحاد الأوروبي أواخر عام ٢٠٠٨ إلى إعلان تخفيض في خططه لرفع الاعتماد على الوقود الحيوي، لا تزال معظم الحكومات ماضية في خططها في هذا المجال. واعتبر الرئيس الفرنسي نيكولا ساركوزي أن الردّ على الأزمة الغذائية الراهنة لا يتمّ عبر التخلّي عن الوقود الحيوي بل يكمن في اعتماد

---

[١] الأمم المتحدة: الوقود الحيوي أحد أهم أسباب أزمة الغذاء العالمية، AFP، مصدر سابق.

[2] How Green are biofuels, Blum and Kunzemann, OP.CIT.

[3] Global Trends 2025: A Transformed World, National Intelligence Council, Op.CIT, p 51

[٤] صباح جاسم، الوقود الحيوي: جريمة ضد الانسانية أم إنجاز حضاري؟ شبكة النبأ المعلوماتية، مرجع سابق.

استراتيجية "طموحة" لدعم الزراعة، مقترحاً إنشاء شراكة عالمية للأغذية والزراعة وتنسيق أكبر بين المؤسسات المالية الدولية والحكومات والقطاع الخاص[١]. كذلك أجاب الرئيس الأميركي ردّا على سؤال حول التضارب بين الأمن الغذائي العالمي وأمن الطاقة قائلاً "حقيقة الأمر أن مصالحنا القومية تقتضي زراعة المزارعين للطاقة"[٢]، وفي هذا الوقت كانت الإدارة الأميركية الجديدة برئاسة باراك أوباما تعلن أنها تهدف إلى انتاج ملياري برميل من الايثانول بحلول نهاية الولاية الأولى للرئيس الجديد عام ٢٠١٣[٣].

ويقول المدافعون عن الوقود الحيوي، أنه يوفّر فرص عمل جديدة في المناطق الريفية التي تعاني صعوبة في تصريف انتاجها الزراعي[٤] ويمنح المناطق الريفية حيوية اقتصادية جديدة مع امكانية قيام الدول بتوزيع جديد للأراضي الزراعية على الفلاحين الفقراء للاستفادة من زراعتها بمحاصيل الوقود الحيوي.

غير أن ما يحصل على أرض الواقع يناقض هذا التفاؤل في ظلّ تزايد عمليّات الاستيلاء الحكومي على الأراضي في دول العالم النامي لإتاحة استثمارها أمام شركات الطاقة العالمية. وفي هذا المجال هنالك تحذيرات من أن "التوسّع في انتاج الوقود الحيوي سيقود إلى ازدياد حدّة الصراعات على الأراضي الزراعية، وسيقود هذا الصراع إلى تهديد كبير لحياة مئات الملايين من المزارعين والرعاة وصيادي الأسماك في آسيا وأفريقيا وأميركا اللاتينية"[٥]. وكانت قمّة الغذاء المنعقدة في روما العام الماضي حذّرت من أن بعض الدول التي توقّع حالياً اتفاقيات للسماح للدول الصناعية والغربية باستثمار أراضيها لزراعة الوقود الحيوي، تقوم بعمليات مصادرة للأراضي من يد صغار المزارعين والفلاحين لتخصيصها للمستثمرين الأجانب بحجّة أنها "أراضي غير مدرّة"[٦].

وتؤدّي زيادة الأراضي والاستثمارات المخصصة للوقود الحيوي، لا إلى زيادة أسعار الغذاء فقط، بل إلى زيادة أسعار المياه أيضاً (خاصة أن انتاج محاصيل الوقود الحيوي يتطلب استخدام كميات أكبر من المياه)،

---

[١] المصدر نفسه.
[٢] المصدر نفسه.
[3] Sarah Lozanova, Obama Plans to reduce foreign Oil dependence, Cleantechnica.com, June 5th, 2008, http://cleantechnica.com/2008/06/05/obamas-plan-to-reduce-foreign-oil-dependence/

[٤] ساهم انتاج الوقود الحيوي بخلق مليون فرصة عمل عام ٢٠٠١ وحده في البرازيل، وغالبيتها في المناطق الريفية، الشربيني، المحاصيل الزراعية: طعام للبشر أم وقود للمحركات؟ ، مجلة العربي، مصدر سابق، ص ١٦٣.
[٥] نقلاً عن وثائق منظمة الأغذية والزراعة العالمية، الشربيني، المحاصيل الزراعية: طعام للبشر أم وقود للمحركات؟ مرجع سابق، ص ١٥٨.
[٦] المصدر نفسه.

بالإضافة إلى زيادة أسعار الأراضي، الأمر الذي يساهم في إقصاء نسبة كبيرة من المزارعين الفرديين والصغار عن أراضيهم بعدما تصبح كلفة استئجار الأرض وزراعتها أكبر من قدرتهم الماديّة.

وفيما تُعتبر أحد الميزات الرئيسية للوقود الحيوي هي التخفيف من آثار تغيّر المناخ عبر الحدّ من انبعاثات غاز ثاني أوكسيد الكربون، هناك تحذيرات من أن عمليّة انتاجه بحدّ ذاتها قد تكون أكبر خطر يهدّد البيئة العالمية على المدى البعيد بسبب عمليات إزالة الغابات والمستنقعات لتحويلها إلى أراض زراعية.

ويُنتقد المدافعون عن أن الوقود الحيوي وقود منخفض الكربون، بأنهم يأخذون بعين الاعتبار فقط عملية استهلاكه المباشر، ولا يأخذون بعين الاعتبار عمليّة تصنيعه الطويلة. فمن أجل التوصّل إلى الوقود الحيوي، يجب أولاً زراعة المحصول، مع ما يعينيه ذلك من استخدام مكثّف للوقود الأحفوري في عمليّة الزراعة والريّ ورشّ الأسمدة ومضادات الحشرات والحصاد والنقل والتخزين، ثم عمليّة تخمير الحبوب لاستخراج الإيثانول منها وتحويله في نهاية المطاف إلى وقود سائل ثم نقله إلى أسواق الاستهلاك.

بالإضافة إلى ذلك، تسبّب عمليّة إزالة الغابات والأراضي البريّة انبعاثات كربونية أكثر بكثير مما يطلقها استهلاك مصادر الطاقة. وتشير دراسة حول الأثر البيئي للوقود الحيوي، إلى أن إزالة المساحات الخضراء من أجل زراعة الوقود الحيوي تطلق في الجوّ ١٧ إلى ٤٢٠ ضعف كميّة الكربون التي يمكن توفيرها باستهلاك الوقود الحيوي[١]. وفي هذا السياق، تأتي ٧٥ في المئة من انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون في البرازيل مثلاً من عمليّة إزالة الغابات وحدها، التي يحرّكها بشكل أساسي الطلب على الأراضي الزراعية من أجل زراعة المزيد من محاصيل الوقود الحيوي (البرازيل هي اليوم أكبر منتج في العالم لهذا النوع من الوقود[٢]). والأمر نفسه في أندونيسا حيث كانت غاباتها المدارية البالغة مساحتها ٩٠ مليون هكتاراً تمثّل ١٠ في المئة من الغابات المدارية المتبقية في العالم، لكنها خسرت في الأعوام الخمسة الماضية نحو ستين في المئة من غاباتها لمصلحة زراعة النخيل المستخدم في استخراج الوقود الحيوي[٣].

[1] Joseph Fargione, Jason Hill, David Tilman, Stephen Polasky and Peter Hawthorne,"Land Clearing and the Biofuel Debt," *Scienc MAgazinee*, February 7, 2008.
[2] How green are biofuels, Blum and Kunzemann, OP.CIT.
[3] IBID..

كذلك، أثيرت مخاوف من حصول أمر مشابه في مدغشقر، التي تعدّ من أفقر دول العالم وحيث يعاني في الأصل ٥٠ في المئة من أطفالها ما دون الثلاث سنوات من سوء التغذية[١]، ولكنها غنيّة بمنظوماتها الايكولوجية المتنوّعة والنادرة في العالم. ومن شبه المؤكّد أن الزراعة الجديدة التي تولّتها الشركات الكورية الجنوبية مثل "دايوو"، ستكون على حساب المساحات الطبيعيّة وستؤدّي إلى تدمير حتمي لمئات المنظومات الإيكولوجيّة وقد تؤدّي إلى انقراض أنواع عديدة من السلالات الحيّة. وفي معرض دفاعها عن حقّها في استثمار الأرض المدغشقرية، لم تنف شركة "دايو" نيّة التوسّع الزراعي على حساب البيئة، قائلة "أن (الأرض المستثمرة) هي أرض غير مستغلّة أبداً وقد تُركت في الماضي من دون أن يُمسّ بها"[٢].

وكانت منظمة "أصدقاء الأرض"، و"غرينبيس"، و"الجمعية الملكية لحماية الطيور"، و"الصندوق العالمي من أجل الطبيعة"، أعلنت في بيان مشترك ردّا على إعلان الحكومة البريطانية خطّة لزيادة اعتمادها على الوقود الحيوي في النقل بنسبة ٥,٧٥ % بحلول العالم المقبل، "أن الاتجاه الحالي سيؤدي إلى تدمير الغابات المطرية والمستنقعات، ولن يهدد فقط المنظومات الإيكولوجية والفصائل الحيّة، ولكن سيطلق انبعاثات كربونية في الجوّ أكبر بكثير مما يمكننا أن نتأمله من نسبة الحدّ منها عبر استبدال الوقود الأحفوري"[٣]، وأن الاعتماد على الوقود الحيوي كبديل سيؤدي في نهاية المطاف إلى تسريع عمليّة تغيّر المناخ لا الحدّ منها. ورغم التحسّن المتوقع في مردوده وكفاءة استهلاكه، يتطلّب النموّ المقدّر في انتاج الوقود الحيوي بحلول العام ٢٠٣٠ إلى ٣٥ مليون هكتار من الأراضي[٤]، وهي مساحة تعادل مجموع مساحتي فرنسا وإسبانيا معاً. لذلك، حتى في حالة استمرار سياسة الاعتماد على الوقود الحيوي، يمكن تخيّل التأثير الكارثي لذلك على البيئة العالميّة وعلى أسعار الغذاء، وخاصة أن معظم الأراضي الزراعية ستكون في الدول النامية التائقة إلى حلّ سحري وسريع للتنمية، والتي لن تتردّد في قطع غاباتها والقضاء على مساحاتها الطبيعية من أجل زراعة المحاصيل المنتجة للايثانول.

ج. عائد الطاقة الصافي للوقود الحيوي: إلى ذلك، وبسبب العمليّة الزراعية – الصناعيّة المركّبة التي تتطلّبها صناعة الوقود الحيوي، يمتلك هذا المصدر للطاقة عائد طاقة صافي متدنّي. ويتفاوت عائد الطاقة من الوقود الحيوي بين منطقة وأخرى بسبب الاختلاف في خصوبة الأراضي الزراعية وفي طبيعة المحصول،

---

[1] Song Jung-a, C. Oliver, and T. Burgis. Daewoo to cultivate Madagascar land for free. Financial Times, November 19, 2008.

[2] IBID.

[3] How green are biofuels?, Blum and Kunzemann, OP.CIT.

[٤] الشربيني، المحاصيل الزراعية: طعام للبشر أم وقود للمحركات؟ مجلة العربي، مرجع سابق، ص ١٦٣.

وأفضل نسبة عائد صافي من الطاقة من الإيثانول هي في البرازيل التي تخصّصت في انتاج هذا النوع من الوقود منذ الصدمة النفطية الأولى عام ١٩٧٣. وعائد الطاقة الصافي للوقود الحيوي البرازيلي هو بين 1:8 و1:10[١]، لكنها تنفض في الولايات المتّحدة إلى 1:1,8 أو حتى 1:1 في بعض الولايات[٢] (أي أن عائد الطاقة الصافي هو صفر لأن الطاقة المطلوبة للانتاج تعادل الطاقة التي يتم انتاجها من خلال العمليّة). كذلك يتراوح عائد الطاقة الصافي للديزل بحسب الدراسات المختلفة بين 1:1,25 و1:9[٣]. وتجدر الإشارة هنا إلى أن المجتمعات الصناعية الحديثة ارتكزت في نموّها على مصدر للطاقة تراوح عائده الصافي ما بين 1:100 و 1:30. لا بدّ من التذكير أيضاً أن عمليّة انتاج الوقود الحيوي تعتمد بدورها على النفط، إن خلال عمليّة زراعة وحصاد المحصول، أو خلال عمليّة تصنيعه وتوزيعه، وهي تتأثّر بالتالي بارتفاع الأسعار الذي يطال النفط.

لذلك، ورغم أن الوقود الحيوي هو البديل السائل الوحيد للنفط الذي يتواجد حالياً بكميات تجارية، إلا أن توسيع الاعتماد عليه كمصدر للطاقة له عواقب خطيرة على الأمن الغذائي والاجتماعي والسياسي حول العالم، خاصة أنه يتنافس مع استعمال الغذاء والمياه لتلبية الحاجات الإنسانية. وبعكس التفاؤل البيئي الذي أحاط به في البدء كمصدر طاقة منخفض الانبعاثات إلا أن الأثر البيئي لعمليّة تصنيعه نفسها هو أكبر مما توفّره عملية استهلاكه، إن من ناحية الانبعاثات الكربونية الناتجة عن إزالة الغابات من أجل زراعة المحاصيل، أو من ناحية تسبّبه بالقضاء على منظومات إيكولوجية بكاملها للسبب نفسه. يضاف إلى ذلك أن تصنيع هذا النوع من الطاقة يرتكز على النفط، ما يجعله عرضة للأزمات التي يتعرّض لها الأخير، فضلاً عن أن عائده الصافي من الطاقة هو متدنّي بشكل لا يسمح له بالتحوّل إلى بديل حقيقي عن النفط الذي يمتلك عائداً صافياً عالياً جداً. لكلّ هذه الأسباب نرى أن الوقود الحيوي هو من ناحية أولى ليس بديلاً حقيقياً عن النفط بالمعنى الاقتصادي البحت للكلمة، وهو من ناحية ثانية مصدر غير صالح للطاقة من منظار التنمية المستدامة إذا ما أخذنا أثره البيئي بعين الاعتبار.

---

1 Charles A. S. Hall, in comments on "Provisional Results from EROEI Assessments," *The Oil Drum*, www.theoildrum.com/node/3810

2 Adam Liska.,"Improvements in Life Cycle Energy Efficiency and Greenhouse Gas Emissions of Corn Ethanol," *J. Industrial Ecology Magazine*,Volume 13:1, 2009.

3 "Soybean biodiesel has higher net energy benefit than corn ethanol—study," *Mongabay.com*, http://news.mongabay.com/2006/0711-umn.html

الفقرة الثانية: الطاقة النووية:

لا عجب أن الكهرباء المولّدة من الانشطار النووي كانت مصدراً أساسياً للطاقة منذ خمسينات القرن الماضي. فهي فعّالة جداً، ومن أرخص مصادر توليد الكهرباء، لا تصدر انبعاثات كربونية تُذكر، ومعدّل عائدها الصافي من الطاقة هو ١٥ على واحد (بعض الدراسات تضعه في معدّلات أدنى من ذلك بكثير تصل إلى ٥ على واحد عند حساب الطاقة المصروفة في عمليّة البناء الطويلة[١]).

هنالك اليوم نحو ٤٤٠ مفاعلاً نووياً حول العالم (١٠٤ منهم في الولايات المتّحدة وحدها)[٢] ، ويساهمون بـ ٦ في المئة من الاستهلاك العالمي من الطاقة[٣]. والغالبية الساحقة من المفاعلات النووية اليوم تُصنّف تكنولوجياً على أنها من "الجيل الثالث" من المفاعلات الذي يعمل بالمياه الخفيفة وهنالك أبحاث نظرية حول "جيل رابع" يُفترض أن يكون أكثر أماناً وأقلّ تلويثاً لكنه لا يزال محلّ تشكيك واسع ويقول البعض أنه "لا يزال في عوالم المخيّلة العلميّة"[٤].

أ.خطط توسيع الاعتماد على الطاقة النووية: تشهد الطاقة النووية اليوم انتشاراً سريعاً خاصة بعدما دخلت الدول الشرق أوسطية ودول شرق آسيا سباق محموم على شراء المفاعلات النووية من الصين وروسيا وفرنسا. وفي الوقت الذي كُتبت فيه هذه السطور هنالك خطط واقتراحات لبناء أكثر من ٢٠٠ مفاعل نووي حول العالم خلال القرن الحالي[٥]، ٤٠ منها في روسيا، ٣١ في الصين تليها فرنسا واليابان والهند والمملكة المتّحدة والولايات المتّحدة بخطط لبناء ما بين ثمانية و ١٥ مفاعل نووي في كل منها[٦]. وتؤكد الوكالة الدولية للطاقة أنه "رغم أن نسبة مساهمة الطاقة النووية ستنخفض من ٦ في المئة عام ٢٠٠٦ إلى ٥ في المئة عام ٢٠٣٠ من مجمل الاستهلاك العالمي للطاقة، إلا أن انتاجها سيرتفع في كلّ الدول القادرة على شراء مفاعلات نووية"[٧].

---

[1] Robert Powers and Charles Hall,"The Energy Return of Nuclear Power," Appendix F, *The Oil Drum*, 2008, www.theoildrum.com/node/3877

[2] Heinberg, Searching for a miracle, OPCIT, p 36.

[3] EIA, *U.S. Nuclear Generation of Electricity*, 2007; Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21),"Renewables 2007: Global Status Report," 9, www.ren21.net/

[4] Heinberg, Searching for a miracle, OPCIT, p VI.

[5] Spiegel and others, Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future, OPCIT, p 13.

[6] IBID, p 122, also : Chevalier, The new Energy Crisis, OPCIT, p 205.

[7] World Energy Outlook 2008, IEA, OP.CIT, p 5.

وتشكّل السياسات الوطنية لأمن الطاقة دافعاً قوياً لزيادة الاعتماد على الطاقة النووية والاستعاضة بها عن النفط الخارجي. ويبرز ذلك في المطالبات الأوروبية الشرقية لبناء مفاعلات نووية بهدف تحقيق الاستقلال في مجال الطاقة عن الغاز الروسي[١]. كذلك إن سياسات مكافحة التغيّر المناخي هي أحد الدوافع الرئيسية لنموّ الطاقة النووية، وتعبّر لويولا دي بالاسيو المفوّضة السابقة لسياسات الطاقة في الاتحاد الأوروبي عن ذلك قائلة: "لا يمكننا في الوقت نفسه تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة وإغلاق الباب أمام النووي"[٢]. وكان التحوّل من استخدام النفط إلى الطاقة النووية مثّل محور قمّة الدول الصناعية الثمانية في العام ٢٠٠٨ التي دعا فيها رئيس الوزراء البريطاني غوردون براون إلى "نهضة الطاقة النووية"[٣]. وأجازت لندن بعد فترة قصيرة من ذلك بناء ثمانية مفاعلات نووية على اراضيها بعد الامتناع عن ذلك لعقود[٤].

ب. العقبات المالية والمخاطر السياسية والبيئية للاعتماد على الطاقة النووية: هنالك عقبات مالية وسياسية وبيئية عديدة أمام توسيع الاعتماد على الطاقة النووية. من النحاية المالية، المفاعلات النووية مكلفة جداً وتصل كلفة الواحد منها إلى ٩ بليون دولار وتتخطّى أحياناً ثلاث أضعاف هذا الرقم. وترتفع الكلفة أكثر إذا ما أضفنا إلى ذلك تكاليف تأمين سلامة المفاعل والصيانة ومعالجة الفضلات النووية. لذلك يأخذ بناء المفاعلات النووية وقتاً طويلاً جداً يتجاوز العقد. وهو النوع الوحيد من الطاقة الذي تضطلع الحكومات بمهمّة تمويله والإشراف عليه مباشرة حتّى في الدول الغربية التي لا تمارس فيها الدولة دوراً اقتصادياً يُذكر.

ولا يمكن إهمال الأثر البيئي الخطير للطاقة النووية. وتجدر الإشارة أولاً إلى أن الطاقة النووية ليست خالية كلياً من الانبعاثات الكربونية لأن عمليّة بناء المنشأة تستمرّ لأكثر من عقد، وصيانتها ومعالجة النفايات النووية فيما بعد هي كلّها عمليات تعتمد على الوقود الكربوني وتطلق نسبة كبيرة من الانبعاثات في الجوّ. إضافة إلى ذلك، يبدأ التلوّث البيئي الناجم عن الطاقة النووية من أعمال تنجيم اليورانيوم التي تدمّر مساحات واسعة من الأراضي. ويُذكر في هذا المجال الحالة الشهيرة في نيو مكسيكو، حيث "أتلفت مناجم اليورانيوم

[1] See: Energy Shift, OP.CIT, page 124.

[2] Spiegel and others, Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future, OPCIT, p 55.

[٣] لتفادى أزمة الطاقة.. بريطانيا تجيز بناء ٨ مفاعلات نووية على الأقل، نيو نيوز نقلاً عن الـ CNN، http://www.new-news.com/world-news/details.asp?id=756&c=7

[٤] المرجع أعلاه.

آلاف الهكتارات من الأراضي وسمّمت العمّال وعائلاتهم. وكان الحدث برمّته مرعباً وأحدث وصمة دائمة في السجّل الصناعي"[١].

وينتج كل مفاعل سنوياً ما مقداره ١٠٠٠ طن مكعّب من الفضلات المشعّة، فضلاً عن مصارف الماء المشعّ التي تحمل نفايات خام اليورانيوم والتي تصل إلى مئة ألف طن مكعّب سنوياً لكل مفاعل. ورغم مرور نحو نصف قرن على بدء استعمال الطاقة الذرية لتوليد الكهرباء، إلا أنه لم تنجح أي دولة بعد بإقامة مخازن دائمة لفضلاتها النووية المشعّة، وكانت تستعيض عن ذلك ببيعها لدول العالم الثالث أو بدفنها في أعماق الأرض مسبّبة تلوّثاً غير قابل للإصلاح في المياه الجوفية وفي قدرة الأرض على زرع المحاصيل والسكن. وبسبب هذه المخاطر والكلفتها العالية للمنشأة، كانت بعض الدول المتقدمة مثل دول الاتحاد الأوروبي (باستثناء فرنسا وبريطانيا) والولايات المتحدة وكندا توقّفت عن بناء المفاعلات النووية على أراضيها منذ عقد على الأقلّ. والولايات المتحدة مثلاً لم تبن أي مفاعل جديد منذ السبعينات من القرن الماضي[٢]. ورغم الخطط الغربية الطموحة لزيادة الاعتماد على النووي، لا يزال خيار المضي نحو النووي مخاطرة سياسية كبيرة في الدول الغربية في ظلّ ضغط الرأي العام المتوجّس دوماً من تكرار حادثة تشيرنوبيل وثري مايل آيلاند (بنسلفانيا – الولايات المتحدة).

كذلك تحدّ العوامل السياسيّة من انتشار المفاعلات النووية، لا سيّما في دول العالم الثالث. وفيما يتحدّث مجمع الاستخبارات الأميركية عن ضرورة وضع ضوابط شديدة لانتشار المفاعلات حول العالم، تثير الحكومات مخاوف من امكانية تحوّل استخدام الوقود النووي والنفايات النووية إلى برامج التسلح العسكري. والحالة الإيرانية هي الأكثر إثارة للجدل في هذا المجال، حيث تصرّ الحكومة الإيرانية أن برنامجها النووي سلمي فيما تتهمها الحكومات الغربية أنه يخفي برنامج أسلحة دمار شامل. كذلك هنالك مخاوف من وقوع المواد النووية في قبضة مجموعات محليّة عسكرية أو شبه عسكرية، ومن تزايد الأهداف السهلة لكن الهشّة، للمجموعات الارهابية الدولية والمحليّة. وكان العديد من المعلقين والخبراء الأمنيين حذّروا إثر أحداث ١١ أيلول ٢٠٠١ في الولايات المتحدة من أن "الكارثة كانت ستكون أكبر بكثير إذا ما تمّ خطف الطائرة وجعلها تصطدم بمفاعل نووي"[٣].

---

[١] هاينبرغ، انتهت الحفلة: سراب النفط، مرجع سابق، ص ٢١٠.
[٢] المرجع نفسه، ص ٢٠٧.
[٣] المرجع نفسه، ص ٢١٢.

إلى ذلك، تبقى الطاقة النووية طاقة غير متجدّدة وغير صالحة بالتالي لتكون مصدراً مستداماً للطاقة. وحتى، لو افترضنا أنه من الممكن تجاوز العقبات السياسية والأمنية والمالية والتقنية والبدء ببناء مئات المنشآت النووية الجديدة حول العالم (تحتاج الولايات المتحدة وحدها لمئتين وخمسين مفاعل نووي جديد بالإضافة إلى المئة التي تملكها الآن إن أرادت استبدال محطات توليد الكهرباء العاملة على النفط والغاز والفحم[١])، فإن مخزونات اليورانيوم لن تكفي لتشغيلها سوى لعقود قليلة.

وتتشارك معظم الدول المخاوف حول احتياطات اليورانيوم المحدودة. وتقول وكالة معلومات الطاقة الأميركية أن مخزونه يكفي لتوسّع محدود فقط في الطاقة النووية حتى النصف الثاني من القرن الحالي[٢]. وتشير دراسات أخرى أن كل احتياطي اليورانيوم لا يكفي سوى لستّ عقود اذا ما طُبّقت الخطط الحالية لتوسيع الاعتماد على الطاقة النووية[٣]. وهنالك إحصائية شهيرة في هذا المجال تشير إلى أنه إذا ما تمّ توسيع الطاقة النووية وفقاً للخطط الحالية، فإنه بعد منتصف عقد العشرينات في القرن الحالي، ستكون الطاقة المتوجّبة لمعالجة النفايات النووية أكثر من مجموع الطاقة التي ستنتجها المفاعلات بما تبقّى من موارد اليورانيوم[٤].

بالإضافة إلى كل ذلك لا تؤمّن الطاقة النووية حلّا سوى لمشكلة واحدة فقط هي توليد الكهرباء لكنها لا تمتلك أي تأثير مثلاً على قطاع النقل أو على كل ما ليس متعلّقاً باستخدام الطاقة الكهربائية. ورغم الأبحاث والتجارب العديدة التي أجريت على وسائل نقل تعتمد بالكامل على الطاقة الكهربائية، لا تزال هذه التكنولوجيات حتى اليوم غير عمليّة حيث أن "بطاريات التخزين الحالية مكلفة جدّا وهي عديمة الفائدة في الطقس البارد وتحتاج إلى استبدال بعد استخدامها لعدّة سنوات. كما أنه لا تتوفر حالياً بطاريات تستطيع مثلاً تحريك آلية زراعية ثقيلة أو تؤمّن عبور طائرة للمحيط"[٥]. ولا يتطلب الكثير من المقدرات التحليلية للاستنتاج أن استبدال البترول بالكهرباء في نحو مليار وسيلة نقل منتشرة حول العالم هو بحدّ ذاته مشكلة تقنيّة واقتصاديّة جدّية.

لكلّ هذه الأسباب هنالك تشكيك كبير بالتوقّعات المرتقبة حول وتيرة نموّ الطاقة النووية خلال العقود المقبلة خاصة أن وتيرة بناء المفاعلات الجديدة هي أبطىء بكثير من التوقّعات بسبب العقبات المالية والأمنية

---

[١] المرجع نفسه، ص ٢١٣.

[2] Global Trends 2025: A Transformed World, National Intelligence Council, Op.CIT, p 44.

[٣] هاينبرغ، غروب الطاقة، مرجع سابق، ص ٢٨.

[4] See: Energy Watch Group. *Uranium Resources and Nuclear Energy*.energiekrise.de/news/docs/specials2006/REO-Uranium_5-12-2006.pdf

[٥] هاينبرغ، انتهت الحفلة: سراب النفط، مرجع سابق، ص ٢١٤.

والسياسية والبيئية وضعف امدادات اليورانيوم. وعلى سبيل المثال، إن أقرب مفاعل نووي قيد البناء حالياً لن يدخل قيد التشغيل قبل العام ٢٠١٨[١]. وتخلص إحدى الدراسات إلى أن "وتيرة أعداد المفاعلات النووية لن تكون كافية لإلغاء الحاجة لتوسيع القدرة الكهربائية من مصادر أخرى خلال العقدين أو الثلاثة المقبلين"[٢]، أي أن النموّ في مجال الطاقة النووية لن يكون قادراً على جعلها مصدراً بديلاً للطاقة بل سيكون له دور الحفاظ على مساهمتها الحالية في استهلاك الطاقة لا أكثر. وتتشابه خلاصات مجلس الاستخبارات الأميركي حول هذا الموضوع، وتشير إلى أنه "بسبب متطلبات البنية التحتية (التقنية والبشرية) والقانونية، والمخاوف حول انتشار المعرفة والمواد النووية، وصعوبات معالجة الوقود النووي، سيكون من المستحيل توسيع انتاج الطاقة الذرية خلال العقدين المقبلين بما يكفي لسدّ كامل الطلب على الطاقة الكهربائية"[٣].

ورغم "حمّى النووي" التي تجتاح العالم، ورغم فعاليته كمصدر للطاقة، إلا أنها بسبب كونها مصدراً غير متجدّد، وأثرها البيئي البالغ الذي لا يمكن إصلاحه، ومخاطرها على السلامة والأمن والصحّة العامة، لا تشكّل الطاقة النووية بديلاً حقيقياً عن مصادر الوقود الكربوني، ولا هي أيضاً خيار حكيم على المدى الطويل ولا يمكن الاعتماد عليها كمصدر رئيسي للطاقة في عمليّة تنمية مستدامة لا تعرّض قدرة الأجيال المستقبلية على الاستفادة من الموارد الطبيعية والعيش بانسجام مع محيطهم البيئي.

المبحث الثالث

[1] Spiegel and others, Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future, OPCIT, p 123.
[2] IBID, p 124.
[3] Global Trends 2025: A Transformed World, National Intelligence Council, Op.CIT, p 44- 45.

الطاقة النظيفة والمتجدّدة

تعتبر الطاقة المتجددة من الهواء والشمس والمياه من أقدم مصادر الطاقة حيث كانت الطواحين في المزارع والنواعير على الأنهار أولى الأشكال الميكانيكية لمنشآت توليد الطاقة. لكن رغم قدمها وانخفاض كلفتها ووفرتها، بقي استخدامها محدوداً وتأخرت تقنياً في ظلّ عالم صناعي كان يبني نفسه على مبدأ استهلاك الوقود الأحفوري.

ويقوم مبدأ الطاقة المتجدّدة على استخدام القوى الطبيعية كالهواء والشمس والمياه والحرارة الجوفية، لتوليد الطاقة، ما يجعل منها الطاقة المثلى لتنمية مستدامة لا تهدّد المحيط البيئي الطبيعي. وتُستخدم الطاقة المتجدّدة بشكل أساسي لتوليد الكهرباء، ولا تشكّل اليوم سوى أقلّ من ١ % من مجموع الطاقة المُستهلكة في العالم، حيث يشكّل الفحم والغاز والنفط والنووي والوقود الحيوي الـ ٩٩ % الباقية[1].

وشهدت الطاقة النظيفة نمواً سريعاً وتطوراً تقنياً كبيراً خلال السنوات الماضية، فاتحة الطريق أمام قطاع الطاقة لمجالات جديدة لم تكن موجودة في الماضي مثل استغلال الهيدروجين وتوليد الطاقة من أمواج البحر ومن الحرارة الجوفية، لكن لا يزال امامها الكثير من العوائق الجغرافية والتقنية والمالية. وسنعالج في الفقرات التالية كافة أنواع الطاقة المتجددة النظيفة: الطاقة الهوائية، الطاقة الشمسية، الطاقة المائية بمختلف أنواعها، الهيدروجين، بالإضافة إلى فقرة أخيرة نسلّط فيها الضوء على آخر الطرق والأبحاث العلمية لتوليد الطاقة.

الفقرة الأولى: الطاقة الهوائية:

[1] Solar Energy profile: straight from the source, http://knowledge.allianz.com/en/globalissues/energy_co2/energy_profiles/solar.html

الطاقة المولّدة من الرياح هي اليوم الأسرع نمواً والأكثر شعبية بين مصادر الطاقة المتجددة. ويقوم مبدأ توليد الطاقة الهوائية على الاستفادة من التيارات الهوائية لتحريك شفرات مروحة متصّلة بتوربينات ذات تقنية عالية تولّد الكهرباء من حركة الدوران.

أ. النموّ السريع للطاقة الهوائية ومحاسنها: شهد توليد الطاقة الهوائية تطوراً تقنياً ملحوظاً خلال السنوات الأخيرة وهي اليوم الأسرع تطوراً بين مصادر الطاقة المتجددة. وتبلغ قدرة الطاقة الهوائية حالياً أكثر من ١٥ جيغا واط من الطاقة الكهربائية المولّدة عالمياً والمقدّرة بـ ٣٠٠٠ جيغا واط[١]. وشهدت تقنية التوربينات الهوائية في العقود الماضية تطوراً تقنياً كبيراً وتطوّر تقنية التوربين من القدرة على توليد ٣٠٠ كيلو واط للتوربين الواحد إلى قدرة تصل اليوم إلى ستة ميغا واط[٢]. كذلك تم توسيع وتطوير شفرات المراوح لكي تدور ببطء حتى لا تتسبّب بمقتل الطيور المهاجرة التي تتبع في العادة اتجاهات الرياح الموسميّة. وعائد الطاقة الصافي للتوربينات الهوائية اليوم يتراوح بين 1:24 و1:18 بحسب دراسات مختلفة[٣].

ب. ميّزات الطاقة الهوائية: تشهد الطاقة الهوائية هذا النموّ السريع بسبب محاسنها البيئية والمالية. فهي من ناحية أولى أنظف أنواع الطاقة على الإطلاق إذ لا تطلق أي انبعاثات كربونية ولا تسبّب تلوّثاً بيئياً يُذكر. وهي كذلك من أرخص أنواع الطاقة المتجدّدة رغم الكلفة الكبيرة نسبياً للتوربينات الهوائيّة التي انخفضت كلفتها خلال العقدين الماضيين نحو ٩٠ في المئة[٤].

وقد تضاعف انتاج الطاقة الهوائية بين عامي ٢٠٠٣ و٢٠١٠ مدفوعاً وقاد بارتفاع الاعتماد عليه في الدول الناشئة بشكل أساسي خاصة البرازيل والهند والصين، والاتحاد الأوروبي. وتُعتبر الدانمارك رائدة الطاقة الهوائية في العالم حيث تصل مساهمة الأخيرة إلى ٢٠ في المئة من مجمل طاقتها الكهربائية[٥].

ووفقاً لدراسة أجرتها جامعة ستانفورد يمكن من الناحية النظرية الاعتماد على الرياح لتوليد طاقة كافية لسدّ كل الطلب العالمي على الكهرباء إذ تبلغ قدرة الاستفادة من الرياح بحسب الدراسة خمسة أضعاف الاستهلاك العالمي للطاقة عام ٢٠٠٠[٦]. لكن هذه الخلاصة هي محلّ تشكيك كبير، وتقول أبحاث دولية حول التغيّر

---

[١] هاينبرغ، انتهت الحفلة: سراب النفط، مرجع سابق ص ٢١٦.
[٢] المرجع نفسه، ص ٢١٧.
[3] Ida Kubisewski and Cutler Cleveland, "Energy from Wind: A Discussion of the EROI Research," *The Oil Drum*, www.theoildrum.com/node/1863
[4] Wind Energy Profile: The Big Promise, http://knowledge.allianz.com/en/globalissues/energy_co2/energy_profiles/energy_profile_wind.html
[5] IBID.
[6] Wind of change, The Economist Magazine, Dec 4th 2008.

المناخي أنه يمكن الاستفادة الاقتصادية من ٤ إلى ١٠ % فقط من مجمل القدرة النظرية لأنواع الطاقة المتجدّدة ومنها الهوائية[١]. فرغم كل ميّزاتها المتفوّقة تقف شروط جغرافية ومالية وسياسيّة عديدة عائقاً أمام توسيع الاعتماد على الطاقة الهوائية كبديل كامل عن مصادر الطاقة الكربونية.

ج. الشروط الجغرافية والمالية والسياسية للطاقة الهوائية: بعكس الانطباع الشعبي الشائع عنها، لا يمكن وضع توربينات توليد الطاقة الهوائية في أي مكان يوجد فيه رياح؛ فالتوربينات الحديثة يمكن لها توليد الكهرباء فقط في المناطق التي تتراوح فيها سرعة الرياح ما بين ١١ كيلومتر كحدّ أدنى و٨٠ كيلومتر في الساعة كحد أقصى. سرعة الرياح المثلى للتوربينات هي ٢٤ – ٣٢ كيلومتر في الساعة[٢]. وبالتالي، لكي تكون عمليّة وضع التوربين الهوائي في الموقع نافعة اقتصادياً وطاقوياً، أي لمردودها المالي والطاقوي يفوق كلفة تصنيعها وتركيبها وتشغيلها وصيانتها، يجب أن يكون موقع التوربين الهوائي في مكان تكون فيه سرعة الرياح "مثاليّة". وتحدّ هذه الشروط الجغرافية من القدرة على توسّع الطاقة الهوائية حيث أن أفضل مواقع توليد الطاقة وفقاً لهذه الشروط هي المناطق الساحلية والبحار. ويقود ذلك إلى واقع أن مزارع التوربينات الهوائية الكبيرة تُبنى في غالب الأحيان في مناطق جغرافية بعيدة عن مراكز الاستهلاك.

ومن المهم الإشارة حين نتحدّث عن قدرة التوربين الهوائي على التوليد أن نشير إلى أن قدرة التوربين الهوائي التجاري هي نحو ٢ ميغاواط فقط. في المقابل قدرة المعمل المتوسّط الحجم العامل على الفحم هي ٤٠٠ ميغا واط والمنشأة النووية تتجاوز قدرتها ١٠٠٠ ميغاواط. أي أننا نحتاج إلى نحو ٢٠٠ توربين هوائي كبير الحجم لاستبدال معمل واحد على الفحم وهذا يتطلّب مساحة هائلة. وفي الواقع، إن المساحة الكبيرة المطلوبة للتوربينات الهوائية هي إحدى نقاط الضعف الكبيرة لهذا النوع من الطاقة. ويتراوح قطر التوربين الهوائي التجاري ما بين ٥٠ و٩٠ متر، ما يجعل المساحة المطلوبة لتوليد ١٠٠٠ ميغا واط مثلاً من الطاقة الهوائية يتراوح ما بين ١١٠٠ و٢٠٠٠ كيلومتر مربّع[٣] أي نحو ١٠١١ من مساحة لبنان. وهناك أمثلة موجودة على المساحة الكبيرة التي تتطلّبها الطاقة الهوائية، فعلى سبيل المثال أكبر منشأة لتوليد الطاقة الهوائية في العالم هي قيد البناء في تكساس في الولايات المتّحدة وتبلغ قدرتها نحو ١٠٠٠ ميغا واط ومساحتها ١٦٠٠ كلم مربع[٤].

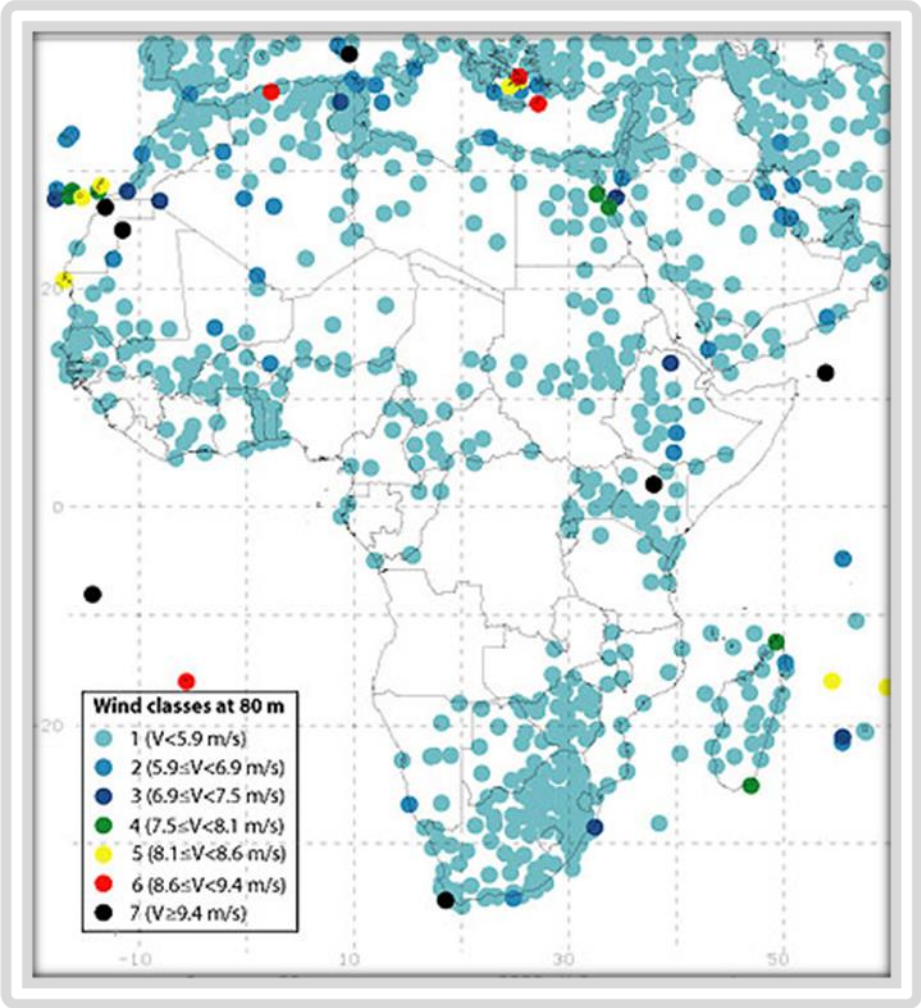
[1] Climate Change 2007:, Synthesis Report, Summary for Policymakers, An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Spain, November 2007, P 18.
[2] National Renewable Energy Laboratory, Wind Potential, www.nrel.gov/wind/potential.html
[3] Ted Trainer, Renewable Energy cannot sustain a consumer society, Springer Publishing, Amesterdam 2007, p 13.
[4] **Pickens Mesa Power Orders 1,000 MW of Wind Turbines, The Energy Blog, May 2008, http://thefraserdomain.typepad.com/energy/2008/05/pickens-mesa-po.html**

وهنالك عوائق جغرافية أخرى أمام توسيع الطاقة الهوائية بالإضافة إلى شرط سرعة الرياح، إذ هناك اعتراضات سياحية وبيئية عليها في الأماكن التي تُبنى عليها، لأنها بحسب المعترضين تؤدي إلى تخريب المناطق الطبيعية خاصة بسبب الحاجة لبناء مراكز الصيانة وتحويل الكهرباء والإمدادات والطرقات بين التوربينات والخطوط الكهربائية من مراكز التوليد إلى مراكز الاستهلاك. وما يزيد من معارضة السكّان المحليين هو أن الهوائيات تُسبّب أيضاً اضطرابات في الحقول الالكترو – مغناطيسيّة حولها ما يؤدّي إلى أعطال في إشارات الاتّصال والبثّ اللاسلكي في المنطقة المحيطة بها.

وبعد دراسة ميدانية لتوليد الطاقة الهوائية في عدّة دول، توصّلت إحدى الدراسات إلى أن "عامل الإقصاء" للطاقة الهوائية (أي العوامل التي قد تمنع إنشاء طاقة هوائية في المناطق المؤاتية لها) يبلغ ٤٠ في المئة[1]. أي أن ٤٠ في المئة من أفضل المناطق المؤاتية لتوليد الطاقة الكهربائية في العالم قد لا تشهد يوماً إقامة منشآت هوائية عليها. والأسباب تتراوح بين كون الأراضي مستعملة لهدف آخر كالزراعة، المحميات الطبيعية، الضرورات العسكرية، الغابات والسهول والتجمّعات السكانية والصناعية، وجودها في أنظمة إيكولوجية دقيقة أو مهدّدة، تداخلها مع المياه الجوفية أو المسطّحات المائية، مسافتها البعيدة عن مراكز الاستهلاك، وجودها ضمن ملكيات خاصة لأفراد قد يعارضون إنشائها ضمن أراضيهم، وأخيراً المعارضة السياسية أو البيئية أو حتى السياحية التي قد تنشأ محلياً أو وطنياً لبناء منشأة من هذا النوع. وكانت الدول الغربية التي ابتدأت في تطبيق الطاقة الهوائية على نطاق واسع شهدت حركة معارضة محليّة واسعة باتت معروفة اليوم باسم "ليس في حديقتي الخلفية" Not in my Backyard .

[1] Trainer, Renewable Energy cannot sustain a consumer society, OPCIT, p 13.

الرسم رقم ٨: المواقع الفضلى لتوليد الطاقة الهوائية في أفريقيا والشرق الأوسط



الرسم رقم (٨): تبيّن الخارطة التالية سرعة الرياح في قارة أفريقيا وبلدان الشرق الأوسط لتحديد المواقع الأمثل لإنشاء محطات توليد الكهرباء الهوائية، وتعتبر هذه المنطقة من العالم الأفقر في مجال الرياح حيث يوجد مواقع معدودة فقط تبلغ الرياح فيها سرعة تحوي امكانية توليد أكثر من ٧ فولت \ واط بالساعة (النقاط بالألوان الخضراء والصفراء والحمراء والسوداء التي يتراوح فيها معدّل سرعة الرياح بين ٨ متر \ بالثانية و٩,٤ متر\ بالثانية). وأفضل مواقع توليد الطاقة الهوائية تقع في ساحل المتوسط وخاصة في مصر والمغرب بالإضافة إلى موريتانيا وجنوب أفريقيا ومدغشقر وجزر الكناري.

(المصدر: Archer, C.L. and M.Z. Jacobson (2005) Evaluation of global wind power, Journal of Geophysical (Research, N"110, D12110 www.stanford.edu/group/efmh/winds/global_winds.html

---

ويطرح إنشاء منشآت الطاقة الهوائية في الأماكن الجغرافية المؤاتية بعيداً عن مراكز الاستهلاك مشكلة نقل الكهرباء لمسافات كبيرة. ومن المعروف أن الكهرباء المولّدة في المعمل لا تصل بكاملها إلى المستهلك إذ يتم خسارة الكثير منها في منشآت التحويل وعند نقلها على الخطوط الكهربائية. وبحسب دراسات مختلفة حول

هذا الأمر، تخسر الكهرباء ما بين ١٠ و١٦ في المئة من كميتها الأساسية كل ٤٥٠٠ كيلومتر عند نقلها فوق الأرض[١]، وتزيد هذه النسبة عند نقلها في كابلات في أعماق البحار. ويشير المهندس تيد تراينر الذي درس الطاقة الهوائية بشكل مفصّل في دراسة له، أنه هنالك ٦ في المئة خسارة إضافية في حالة الطاقة الهوائية بسبب الإمدادات الضرورية بين التوربينات نفسها[٢] فضلاً عن أن كلفة الإمداد والنقل والتحويل لمسافات طويلة هي مرتفعة وستؤدي عند بناء منشآت هوائية كبيرة إلى رفع كلفة هذا النوع من الطاقة بشكل ملحوظ.

إلى ذلك، تعاني الطاقة الهوائية من مشكلة التقطّع في توليد الكهرباء بسبب تفاوت سرعة الرياح بحسب المناخ. وتتفاوت سرعة الرياح بين الليل والنهار وبين الصيف والشتاء. ويؤخذ على خرائط أطلس الهواء – كالصورة الموجودة في الرسم رقم ٨ في الصفحة السابقة) التي يُحدد على أساسها المواقع الفضلى لبناء منشآت هوائية، أنها لا تأخذ بعين الاعتبار تفاوت سرعة الهواء خلال العام في المنطقة المحدّدة وتعتمد فقط على المعدّل العام لسرعة الرياح خلال السنة. وهذا أمر مهمّ لأنه إذا كان معدّل الرياح في منطقة ما هو ٢٥ كيلومتر في الساعة مثلاً (أي ضمن مجال الـ ٢٤ – ٣٢ كيلومتر المثالي)، فذلك نظرياً هو مثالي لإقامة منشأة هوائية قدرتها مثلاً ١٠٠٠ ميغا واط. إلا أن واقع سرعة الرياح فعلياً قد يختلف جذرياً عن الصورة التي تعطينا إياها نسبة معدّل الرياح السنوية: من ناحية أولى إن سرعة الرياح في المنطقة الجغرافية الواحدة تتفاوت بشكل كبير وقد لا تكون كل المنطقة صالحة لإقامة توربينات هوائية فعّالة (إن بسبب سرعة الرياح غير الملائمة أو لأسباب جغرافية أخرى ككونها جبال وعرة مثلاً). من ناحية ثانية لا يعكس معدّل الرياح السنوي سرعة الرياح طوال العام لأن المعدّل هو المكان الوسط بين أدنى سرعة للرياح وأقصاها. والواقع المناخي عادة يشير إلى أن سرعة الرياح تكون بطيئة جداً، خاصة في الصيف، إلى ما دون الـ ١١ كيلومتر في الساعة الضرورية لتشغيل التوربين، وقد تصل في الشتاء إلى ما فوق ٥٠ كيلومتر التي تحتّم إطفاء التوربين لأسباب متعلّقة بالسلامة. كذلك هنالك فروقات بين الليل والنهار في سرعة الرياح. لذلك إن أرقام أطلس الهواء حول معدّل سرعة الرياح لا تعكس في الواقع السرعة الحقيقية للرياح سوى لفترة تتراوح ما بين ٤٣ و٨٢ في المئة من الوقت خلال السنة[٣]، وتنخفض هذه النسبة كثيراً في بعض المناطق.

[1] Trainer, Renewable Energy cannot sustain a consumer society, OPCIT, p 37.
[2] IBID, p 37.
[3] IBID, page 18, see discussion p 13-20.

وبسبب تفاوت سرعة الرياح بين الليل والنهار والصيف والشتاء، لا يولّد التوربين الهوائي الطاقة القصوى التي يمكن له توليدها في الأبحاث النظرية. ولا تتخطى عادة نسبة الطاقة التي يولّدها التوربين خلال العام في أفضل الدول المولّدة للطاقة الهوائية مثل الدنمارك وألمانيا أكثر من ٣٠ في المئة من قدرته القصوى[١] (المنشأة العاملة على الفحم والمنشأة النووية تولّدان خلال العام ٩٠ في المئة من قدرتهما القصوى[٢]). أي أن المنشأة الهوائية التي تبلغ قدرتها النظرية ١٠٠٠ ميغا واط \الساعة، تولّد في الواقع ما معدّله ٣٠٠ واطاالساعة خلال العام. ويبلغ التقطّع في الانتاج أرقام كبيرة جداً أحياناً إذ قد يصل إلى ٩٠ في المئة من القدرة القصوى في شهر ما وقد ينخفض إلى صفر. هذه المشكلة تحتّم بدورها إنشاء توليد احتياطي للكهرباء، إمّا عبر إنشاء محطّات لتوليد الكهرباء من مصادر أخرى، أو عبر إنشاء بطّاريات ضخمة لتخزين الكهرباء في أيام التوليد العالية (الحلّ الأخير هو حلّ نظري فقك لأن تقنية البطاريات الكبيرة حتى الآن لا تزال في طور الدراسة وأمامها طريق طويلة للتوصّل إلى تطبيقات تجارية). وفي الحالتان ترتفع كلفة توليد الكهرباء من الهواء إلى درجة كبيرة، فضلاً عن أنها لا تلغي كلياً الحاجة لتوليد الكهرباء من مصادر أخرى لتغطيّة التقطّع في الانتاج.

وتشكّل كلفة التحوّل الهيكلي إلى الطاقة الهوائية عائق آخر أمام المضيّ في الاعتماد عليها. وعلى سبيل المثال، يتطلب انتاج نحو ١٨ في المئة من الاستهلاك الأميركي للطاقة من الطاقة الهوائية إنشاء نصف مليون توربين أو حوالي ٢٠ ألف كل سنة ابتداءاً من اليوم[٣]. وبما أن سعر الطاقة الكربونية – الضرورية لتأمين القدرة على تصنيع وتركيب وإنشاء التوربينات ومنشآت الطاقة الهوائية وكابلات التحويل والتوزيع– هو بدوره في ارتفاع دائم، سيكون تأمين الاستثمارات اللازمة لتوليد الطاقة الهوائية على نطاق واسع أكثر وأكثر صعوبة. وفي ظلّ هذه الحسابات الجغرافية والماليّة ستكون قدرة الطاقة الهوائية على التوسّع محدودة جداً. وتشير بعض الاحصاءات إلى أن أكبر منتج للطاقة الهوائية في العالم وهو ألمانيا، يقترب منذ الآن من بلوغ ذروة قدرته على انتاج هذا النوع من الطاقة[٤] بسبب الشروط الجغرافية، رغم أن الطاقة الهوائية لا تسهم حتى الآن سوى بـ 4.7 % من الطلب على الكهرباء[٥].

[1] Trainer, Renewable Energy cannot sustain a consumer society, OPCIT, , p 11,22,
[2] Tertzakian, A Thousand barrel per second, OPCIT, p 206.
[٣] هاينبرغ، انتهت الحفلة: سراب النفط، مرجع سابق، ص ٢٢٠.
[4] Wind Energy Profile: The Big Promise, knowledge.allianz.com , OPCIT.
[5] Trainer, Renewable Energy cannot sustain a consumer society, OPCIT, p 12.

ورغم أن الطاقة الهوائية يمكن أن تساهم في توليد الكهرباء بنسب ملحوظة في الدول المتطوّرة التي تمتلك المواقع الجغرافية المناسبة والقدرة المالية والتكنولوجية، إلا أنه بسبب مشاكل ارتفاع كلفتها، التقطّع في الانتاج، بُعد المنشآت عن مراكز الاستهلاك وقلّة الأماكن التي يمكن بناء منشآت هوائية كبيرة فيها، فإن قدرتها على المساهمة في سدّ الطلب على الكهرباء ستبقى محدودة في المستقبل ويتم تقديرها كحد أقصى بـ١٠ إلى ٢٠ % في أكثر السناريوهات تفاؤلاً[1]. ولا يدخل في حسابات السيناريوهات هذه الطاقة الكهربائية الإضافية المطلوبة في حال أرادت المجتمعات الصناعية تحويل سياراتها من الوقود الكربوني إلى الكهرباء. وإذا ما أخذنا ذلك بعين الاعتبار، فإن مساهمة الطاقة الهوائية ستكون أدنى بكثير من الرقم المذكور لأن تحويل النقل للعمل على الكهرباء يحتّم زيادة انتاج الكهرباء عدّة أضعاف.

لذلك، ورغم أن الطاقة الهوائية باتت متطوّرة تقنياً وذات مستقبل واعد، إلا أن القدرة على الاعتماد عليها تتفاوت بين منطقة جغرافية وأخرى، كما أن توسّعها تحدّه العوامل الجغرافية الطبيعية (المساحة والملائمة الجغرافية وشروط الرياح)، والهندسية (تقطّع الانتاج)، والبشرية والاقتصادية (الاعتراضات المحلية، الكلفة والبنية التحتية المطلوبة والبُعد عن مراكز الاستهلاك).

الفقرة الثانية: الطاقة الشمسية:

إن الإحصاءات العلمية حول الامكانيات النظرية للطاقة الشمسية هي من دون شك مذهلة: الأرض تتلقّى يومياً طاقة شمسيّة تفوق الطاقة التي تستخدمها كلّ البشرية خلال عام واحد، والطاقة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض كل عشرون يوم تعادل كل الطاقة التي تحويها كامل احتياطات الكوكب من النفط والفحم والغاز مجتمعين[2].

أ. أنواع الطاقة الشمسية: هنالك ثلاث طرق أساسية للاستفادة من الطاقة الشمسيّة: الطريقة الأولى تُعرف بالطاقة الشمسية "السلبية" وهي تتمثّل بالاستفادة من أشعة الشمس لزيادة الحرارة الطبيعية والضوء في مساحات العيش والعمل – المباني. وتهدف هذه الطريقة إلى تخفيض استهلاك الطاقة قدر المستطاع والاستفادة من الطاقة الشمسية الطبيعية لتدفئة المباني وإضاءتها وتقليل التفاوت في درجات الحرارة داخل المبنى عبر إعادة هندسته (كوضع نوافذ عاكسة لزيادة امتصاص الأشعّة، بناء أروقة شفافة، تعزيز العوازل

[1] IBID, p 40.
[2] Solar Energy profile: straight from the source, knowledge.allianz.com, OPCIT.

في الجدران، وتوجيه الجزء الطولي من المبنى تجاه الشمس...ألخ). ولكن هذه الطريقة تدخل ضمن تصنيف "توفير الطاقة" وليست مصدراً للطاقة بحد ذاتها.

الطريقة الثانية تتمثّل بالخلايا الفوتوفولطية photovoltaic التي تقوم على استعمال لوحات شمسية مصنوعة من السيليكون لامتصاص الأشعة وتحويلها مباشرة إلى كهرباء. وتُستعمل هذه التقنية عادة للمشاريع الصغيرة والفردية، ويمكن رؤيتها اليوم على سقوف المنازل وبعض المباني التجارية في الدول المتقدّمة، وتُستعمل بشكل واسع في تسخين المياه المنزلية.

الطريقة الثالثة للاستفادة من الطاقة الشمسية تتمثّل بتوليد الكهرباء عبر استعمال تكنولوجيا الطاقة الشمسية الحرارية Thermal Solar. وتقوم الأخيرة على استخدام اللوحات الشمسية الكبيرة – المرايا – لتركيز أشعة الشمس الهابطة إلى سطح الأرض، من أجل تسخين سائل (يكون عادة مياه) يقوم بدوره عند التبخّر بتشغيل توربينات التوليد.

ب. ميزات الطاقة الشمسية: تمتلك الطاقة الشمسيّة ميّزات عديدة كمصدر للطاقة: هي طاقة متجدّدة، مجّانية ووافرة. بعد تركيب الخلايا الفوتوفولطية أو اللوحات الحرارية، يمكن حصاد أشعة الشمس يومياً، مجانياً، من دون توقّف وبكميّات كبيرة ومن دون التسبّب بأي تأثيرات بيئية سلبيّة. ولا يسبّب استعمال الخلايا الفوتوفولطية أي انبعاثات كربونية مباشرة. كذلك إن المنشآت الشمسية الحرارية تطلق انبعاثات أقلّ بثماني مرّات من تلك التي تطلقها منشآت توليد الكهرباء على الفحم[1]، والانبعاثات الناتجة عنها في هذه الحالة هي فقط بسبب عمليّات التصنيع والتركيب والصيانة، لا بسبب عمليّة توليد الكهرباء.

ج. عائد الطاقة الصافي، مساهمتها الحالية وتوقّعات نموّها المستقبلي: عائد الطاقة الصافي من الطاقة الشمسية هو جيّد نسبياً لكنّه ليس مرتفعاً. ويصل في حالة الخلايا الفوتوفولطية إلى ما بين ١:3.75 و1:10 [2]، وهو مرشّح للارتفاع مع التقدّم التكنولوجي. أما العائد الصافي من اللوحات الشمسية الحرارية فيختلف بحسب المناطق وهو يصل إلى ما فوق 1:10 في المناطق الاستوائية لكنه يصبح سلبياً في المناطق التي لا تتعرّض كثيراً لأشعة الشمس كأوروبا وبالتالي لا يمكن تطبيقه فيها.

[1] Solar Energy profile: straight from the source, knowledge.allianz.com, OPCIT.
[2] Charles A. S. Hall,"The Energy Return of (Industrial) Solar – Passive Solar, PV,Wind and Hydro," Appendix G-2: Photovoltaics, *The Oil Drum*, www.theoildrum.com/node/3910

من الناحية النظرية يمكن للطاقة الشمسية أن تكفي كل احتياطات الكوكب من الطاقة. وتقدّر إحدى الدراسات مثلاً أن تغطية كل سطوح المباني في العالم بالألواح الشمسية يولّد طاقة تعادل ٢٦٨ مليون برميل يومياً[١] أي نحو ثلاث أضعاف الاستهلاك الحالي من النفط. لذلك شهدت الطاقة الشمسية خلال الأعوام الماضية بنوعيها الحراري والفوتوفولطي نمواً ملحوظاً، خاصة الخلايا الفوتوفولطية التي بلغ معدّل نموّها السنوي ٥٠ في المئة[٢].

لكن رغم ذلك تبقى مساهمة الطاقة الشمسية في توليد الطاقة حول العالم محدودة جداً لأنه رغم القدرة النظرية الكبيرة لها، إن قدرتها الفعلية حالياً من الناحية التقنية هي محدودة ومساهمتها اليوم في الاستهلاك العالمي للطاقة هي متواضعة جداً لا تتجاوز ١ جيغا واط من مجموع الاستهلاك العالمي من الكهرباء البالغ نحو ٣٠٠٠ جيغا واط \ الساعة[٣]. وحتى في الدول الرائدة في الطاقة الشمسية لا تتخطى النسبة الـ ١ في المئة، حيث تلبّي مثلاً أقلّ من ٠,١ % من احتياجات الطاقة في الولايات المتحدة ونحو ٠,٣ % من احتياجات الطاقة في ألمانيا. والتحدّي الأساسي في هذا المجال هو تطوير الأساليب التقنيّة والتكنولوجيا لتحويل الطاقة الشمسية الهائلة من إمكانية نظرية إلى طاقة فعلية جاهزة للاستعمال البشري.

<u>د. العوائق التي تقف أمام توسّع الطاقة الشمسية:</u> المشكلة الرئيسية للطاقة الشمسية اليوم تتمثّل بكلفتها وبكونها تكنولوجيا عالية يقتصر امتلاكها على الدول المتقدّمة. وباستثناء مشاريع معدودة حول العالم لا تستطيع كلفة الطاقة الشمسية اليوم منافسة كلفة الطاقة المتأتية من مصادر الوقود الكربوني أو النووي. وتقتصر منشآت توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية على دول متقدّمة كدول أوروبا الغربية واليابان والولايات المتّحدة. ويتوقّع خبرء الطاقة أن تنخفض كلفة الخلايا الفوتوفولطية بنهاية العقد الحالي نحو ٥٠ في المئة على وقع تزايد انتشارها واندماجها في الشبكة الكهربائية[٤]، لكن لا يوجد توقّعات مماثلة فيما يتعلّق للألواح الشمسية الحرارية.

المشكلة الكبيرة الثانية التي تعانيها الطاقة الشمسية بنوعيها هي مشكلة التقطّع أو التفاوت في توليد الكهرباء بين الليل والنهار وبين المواسم المشمسة والمواسم الغائمة. وهناك حالياً أبحاث في أسبانيا لاختبار القدرة على

[1] Heinberg, Searching for a miracle, OPCIT, p 42.
[2] Heinberg, Searching for a miracle, OPCIT, p 42.
[٣] هاينبرغ، انتهت الحفلة: سراب النفط، مرجع سابق، ص ٢٢٢.
[4] Piegel and others, Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future, OPCIT, page 136.

حفظ الحرارة الشمسية في المنشآت على شكل بخار مضغوط بهدف الاستمرار في توليد الكهرباء في الليل كما في النهار[1] لكن هذه الأبحاث لا تزال في طور البداية ومن المستبعد أن تدخل نطاق التطبيق التجاري في وقت قريب. والحلّ الآخر لهذه المعضلة هو الاعتماد على بطاريات كبيرة للتخزين ما يؤدي إلى تعقيدات تقنية في البنية التحتية وكلفة إضافية، فضلاً عن أن تقنية التخزين بهذا الحجم غير موجودة بعد كما سبق وذكرنا عند الحديث عن الطاقة الهوائية.

العائق الثالث هو العائق الجغرافي حيث أن الأماكن الفضلى لبناء منشآت اللوحات الشمسية الحرارية هي محدودة جغرافياً (بعكس الخلايا الفوتوفولطية التي يمكن وضعها في أي مكان تقريباً). والمناطق الفضلى للطاقة الشمسية الحرارية هي تلك التي تكون فيها زاوية هبوط أشعة الشمس عاموديّة قدر المستطاع أي في المناطق الاستوائية. وبالتالي إن الدول المتواجدة على خط الاستواء هي أكثر الدول التي يمكنها الاستفادة من هذا المصدر، وتنخفض هذه القدرة كلما ابتعدنا عن الاستواء شمالاً أو جنوباً. لذلك إن أكبر مشاريع الطاقة الشمسية في العالم اليوم هو مشروع ديزير – تيك لمدّ الطاقة الشمسية من الصحراء الأفريقية الشمالية إلى أوروبا، والذي يفترض أن يؤمن ١٥ % من استهلاك أوروبا من الكهرباء بحلول نصف القرن الحالي. وبالتالي تقع أفضل الأماكن لتوليد الطاقة الشمسية في العالم في أماكن بعيدة نسبياً عن مراكز الاستهلاك الصناعية ما يضع عوائق جدية متعلقة بالبنية التحتية للنقل والتوزيع (وبالتالي الكلفة أيضاً).

وكما في حالة الطاقة الهوائية تستوجب الطاقة الشمسية تخصيص مساحات كبيرة من الأراضي لإقامة المنشآت. وتحتاج منشأة قدرتها ٢٠ ميغاواطاالساعة إلى أكثر من ألف مرآة عاكسة لكن مساحة كل مرآة من هذا النوع تبلغ ١٢٠ متر مربّع، أي أن المنشأة المذكورة ستأخذ مساحة "مئة ملعب كرة قدم" كما في حالة منشأة من الحجم نفسه في إسبانيا[2]. وأكبر منشأة حرارية في العالم متواجدة في صحراء موهافي في الولايات المتحدة، استغرق بناؤها ست سنوات وتبلغ مساحتها نحو ٦٤ كيلومتر مربع، وقدرتها القصوى هي ٣٥٠ ميغا واط \ الساعة[3] (أي نحو ثلث قدرة المنشأة النووية التقليدية). وفي مثال عن استحالة رفع الاعتماد على الطاقة الشمسية بسبب ما تتطلبّه من مساحة، تقدّر إحدى الدراسات أن المساحة المطلوبة لتوليد حاجة

[1] "Andasol 1 Goes Into Operation," *Renewable Energy World.com*, November 6, 2008. www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2008/11/andasol-1-goes-into-operation-54019

[2] Power in the desert: solar towers will harness sunshine of southern Spain, Guardian Newspaper, 24 November 2008.

[3] Spiegel and others, Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future, OPCIT, p 137.

الولايات المتحدة من الكهرباء باستعمال الطاقة الشمسية هي ٢٢ ألف كيلومتر مربع[1] أي ما يعادل ضعفي مساحة لبنان مغطّى بالكامل باللوحات الشمسية.

في الواقع، إن مدّ اللوحات الشمسية على نطاق عالمي على أسطح المباني هو مهمّة غير قابلة للتحقيق تكنولوجياً واقتصادياً وعملياً. فهكذا مهمّة ترتكز على عدد من الافتراضات غير الواقعية أوّلها أن التكنولوجيا المطلوبة لذلك ستكون متوافرة بالكميات الهائلة الكافية لجميع الدول في العالم وهذا أمر مستحيل لأن تصنيع الخلايا الفوتوفولطية والحرارية يتطلّب موارد نادرة نسبياً كالنحاس والألمنيوم. الافتراض اللامعقول الثاني هو أن التكنولوجيا الشمسية ستكون متوافرة بكلفة قليلة لجميع سكان العالم. كل ذلك ولم نتحدّث بعد عن الصعوبات الهندسية لهكذا مهمة، فوضع لوحات شمسية على سطح ناطحة سحاب مثلاً لا يكفي سوى لتأمين جزء بسيط جداً من الطاقة التي تستهلكها هذه البناية خلال اليوم. كذلك تهمل هذه المقترحات انخفاض قدرة الطاقة الشمسية في المناطق الواقعة شمالي وجنوبي الكرة الأرضية، ولا تأخذ بعين الاعتبار كذلك الكلفة والموارد المطلوبة لإعادة هيكلة قطاع الطاقة والسكن بالكامل لكي يتكيّف مع امدادات كهربائية وشبكات توليد وتوزيع وتخزين على كل مبنى. إلى ذلك، إن أي تحوّل بهذا الحجم يستوجب قراراً مالياً واقتصادياً وسياسياً دولياً غير مسبوق وعلى أعلى المستويات.

تجدر الإشارة أيضاً إلى أنه رغم أن الطاقة الشمسية هي طاقة متجدّدة، هي ليست خالية كلياً من الآثار البيئية. فالمنشآت الحرارية الشاسعة التي تُقام عادة في البراري لها تأثيرات سلبية على الأنظمة الإيكولوجية والحياة البريّة في هذه المناطق. كما أن هذه المنشآت تستوجب استهلاك كمّيات كبيرة من المياه لتنظيفها يومياً ولتخزينها في الأنابيب للتبخّر. كما أن زيادة تصنيع تكنولوجيات الطاقة الشمسية تستوجب استهلاك كميات أكبر من المعادن والموارد الثمينة وغير المتجدّدة التي تدخل في صناعتها مثل النحاس، الغاليوم، التيتانيوم، الكاميديوم ومواد أخرى. إلى ذلك، يُعرف عن المنشآت الشمسية عمرها القصير نسبياً إذ تتلف المرايا العاكسة والتكنولوجيات المصاحبة لها بوتيرة سريعة نسبياً ما يستوجب استبدالها دورياً (ما يرفع أيضاً كلفة صيانة المنشأة).

[1] IBID, p 137.

وتجدر الإشارة إلى أن الطاقة الشمسية، كأي نوع آخر من الطاقة في الوقت الحالي، تعتمد في عملية تصنيعها ووبنائها وصيانتها على المصانع والآلات والأدوات العاملة على الوقود الكربوني. وهي بالتالي ترتبط ولو إلى درجة بسيطة، بتقلّبات وأزمات النفط.

لكلّ هذه الأسباب، تبقى المكانة المستقبلية للطاقة الشمسية موضع جدل مستمرّ بين الباحثين في هذا المجال بين من يأمل أن تسدّ كافة احتياجات الإنسان من الطاقة في المستقبل، وبين من يرى أن العوائق الطبيعية والتقنية والمالية ستبقي مساهمتها محدودة جداً. ونميل نحن إلى أن نستخلص إلى أن الطاقة الشمسية، في حال تم تجاوز الصعوبات التقنية وتخفيض أكبر في كلفتها، هي مؤهلة لكي تكون إحدى المصادر الرئيسية للطاقة خلال القرن الحالي، إلا أن العوامل الطبيعية والهندسية الأخرى مثل الموقع الجغرافي وتفاوت الليل والنهار ومشكلة تخزين الكهرباء، ستبقي مساهمتها محدودة في المكان وفي الكميّة، وتحول دون تحوّلها إلى مصدر طاقة شامل.

الفقرة الثالثة: الطاقة المائية:

تشكّل الطاقة المولّدة من الموارد المائية أكبر مصدر متجدّد للطاقة اليوم حول العالم إذ تنتج نحو ٨٠ في المئة من مجموع الطاقة المولّدة من الموارد المتجددة[١] أو ما يعادل ١٨ في المئة من الاستهلاك العالمي للكهرباء[٢]. كان هذا النوع من الطاقة يقتصر في الماضي على الطاقة الهيدروليكية من السدود لكنه بات يشمل اليوم أنواع عديدة أخرى منها توليد الطاقة من المدّ والجزر، من الأمواج، ومن التيارات البحرية.

أ.الطاقة الهيدروليكية التقليدية: يقوم هذا النوع من الطاقة على استخدام سدود هيدروليكية تولّد الكهرباء عبر استعمال ضغط المياه لتحريك التروبينات. وأبرز ميّزاتها أنها ذات كلفة تشغيل منخفضة وانبعاثاتها الكربونية ضئيلة جدًا. وعائد الطاقة الصافي من الطاقة الهيدروليكية عالٍ بشكل عام ويتراوح بين ١:١٢ و١:٢٦٧ بحسب حجم وموقع السدّ[٣]. وتنتج السدود الضخمة على الأنهار الكبيرة النسبة الأكبر من الطاقة الهيدروليكية حول العالم لكن هنالك العديد من المشاريع المحليّة الصغيرة المنتشرة على الضفاف المائية في العديد من

[1] Water Energy Profile: riding the waves
http://knowledge.allianz.com/en/globalissues/energy_co2/energy_profiles/water.html

[٢] هاينبرغ، انتهت الحفلة: سراب النفط، مرجع سابق، ص ٢٣٢.

[3] Heinberg, Searching for a miracle, OPCIT, p 35.

البلدان مثل زيمبابوي وهولندا وسيريلانكا تؤمّن احتياجات محدودة من الطاقة وتُعرف بالمشاريع "الميكرومائية".

رغم أنها تساهم بنسبة عالية من توليد الكهرباء في العالم إلا أن نمو الطاقة المائية بكافة أنواعها هو الأدنى مقارنة مع المصادر المتجدّدة الأخرى. ويبلغ نموها السنوي ١ – ٢ في المئة[١] (مقابل ٢٠ في المئة للطاقة الهوائية و ٣٠ في المئة للطاقة الشمسية). ويعود هذا النموّ البطيء إلى أن معظم الأنهار الكبرى في العالم قد شهدت إقامة سدود مائية عليها في الماضي ولم يعد هناك الكثير من المجالات المتاحة لإقامة سدود جديدة إلا في دول العالم الثالث التي يستغرق بناء السدود فيها فترات طويلة.

وتعترض بعض المنظمات البيئية على بناء سدود جديدة بسبب بعض العواقب السلبية على البيئة الطبيعية والاجتماعيّة. فالسدود والمحطات تؤثّر على الأنظمة الإيكولوجية وخاصة البيئة النهرية وتقضي على أشكال الحياة السمكية فيها. كذلك يستوجب إنشاء البحيرة الصناعية غمر مناطق زراعية واسعة بالمياه والتسبّب بنزوح السكان كما حصل في أكبر سدّ في العالم في الصين (Three Gorges Dam) على نهر يانغتزي الذي غمرت بحيرته الاصطناعيّة حتّى الآن أكثر من ٢٦٠ كيلومتر مربع من الأراضي الزراعية وتسبّب بنزوح نحو نصف مليون نسمة[٢]. كذلك تسبّب السدود الكبيرة في المناطق الاستوائية نسبة كبيرة من انبعاثات غاز الميثان بعد غمر الأراضي الخضراء، وهو مساهم رئيسي في ظاهرة الاحتباس الحراري. ووفقاً لإحصاءات مركز الأبحاث البرازيلي حول الجوّ والفضاء INPE، تطلق محطات السدود في العالم أكثر من مئة مليون طن من الميثان سنوياً في الأجواء[٣].

ورغم بعض الاعتراضات البيئية على إنشاء سدود جديدة، يتوقّع "الصندوق العالمي من أجل الطبيعة" أنه يمكن زيادة ٣٧٠ جيغا واط جديد إلى قاعدة انتاج الطاقة المائية من سدود جديدة بحلول العام ٢٠٥٠ من دون أن يكون هناك عواقب وخيمة على البيئة (لكن هذه النسبة ضئيلة مقارنة مع حجم الاستهلاك اليومي من الطاقة البالغ حالياً نحو ٣٠٠٠ جيغا واط والذي سيتضاعف مرة واحدة بحلول العام ٢٠٥٠). وتقدّر

[1] Water Energy Profile: riding the waves
http://knowledge.allianz.com/en/globalissues/energy_co2/energy_profiles/water.html
[2] CHINESE HYDRO CONTINUES TO DRAW CRITICISM, TRENDS in RENEWABLE ENERGIES Magazine, Issue #83, June 7 2007, p19.
[3] Water Energy Profile: riding the waves, knowledge.allianz.com, OPCIT.

المؤسسة العالمية للطاقة الهيدروليكية أن ثلث القدرة الهيدروليكية في العالم تم تطويرها حتى الآن[١]، لكنها تشير إلى أن تطوير الثلث الباقي ليس أمراً مؤكداً لأنه مرتبط بعوامل جغرافية ومالية وسياسية محلية في المناطق المحتملة للسدود.

ب. الطاقة المديّة: الطاقة المديّة هي طاقة لا تزال في طور التجربة وتعتمد على نفس مبدأ تجميع المياه في مكان محدّد عند المدّ ثم الاستفادة من الضغط الذي تولّده عند خروجها عند الجزر لتحريك توربينات توليد الكهرباء. وهنالك فقط منشأة مديّة واحدة في العالم في فرنسا بُنيت منذ العام ١٩٦٦[٢]. وميزات هذه التكنولوجيا أنها تولّد كهرباء من مصدر متجدّد ومن دون انبعاثات كربونية إلا عند البناء والصيانة. أما نقاط ضعفها فهي أولاً قلّة الأماكن الصالحة لإنشاء هذا النوع من الطاقة في العالم إذ لا يمكن إنشاؤها إلا حيث يكون الفارق بين المدّ والجزر على الشاطىء بارتفاع ٥ أمتار على الأقل، وهناك ٤٠ موقع فقط على الكوكب بهذه المواصفات[٣]. هنالك أيضاً الكلفة المالية والتكنولوجيا العالية التي يتطلّب بناؤها وتشغيلها وصيانتها (كلفة صيانتها عالية بسبب وجودها في مياه مالحة)، بالإضافة إلى أن الكهرباء التي تولّدها ضئيلة نسبياً ومتقطّعة لأنها مرتبطة بحركة المدّ والجزر. كما أنها ذات تأثيرات بيئية سلبية على الأنظمة الإيكولوجية البحرية. ومن المتوقع أن تبقى مساهمة هذا النوع في مصادر الطاقة خلال العقدين المقبلين ضئيلة جداً.

ج. طاقة الأمواج: هو نوع جديد من الطاقة لا يزال أيضاً في طور التجربة وهو عبارة عن توربينات توضع في البحار مصمّمة للاستفادة من حركة الأمواج لتوليد الكهرباء. وهنالك منشأة وحيدة في العالم من هذا النوع تنتج الكهرباء تجارياً أمام شواطىء البرتغال وقدرتها 2.25 ميغا واط لكنّها توقّفت مؤخراً عن العمل[٤]. ميزات هذه التكنولوجيا أنها متجدّدة تصدر القليل من الانبعاثات، والكهرباء التي تنتجها منخفضة الكلفة. لكنها تعاني أيضاً من عدّة مشاكل تحدّ من إمكانيّة توسّعها في المدى المنظور، منها أن كلفة بنائها عالية جداً وتتطلّب تكنولوجيا غير متوافرة إلا في الدول المتقدّمة. وهناك أيضاً مشكلة نقل الطاقة من "مزارع الأمواج" في البحار العالية إلى مراكز الاستهلاك، ومشكلة التآكل بسبب الملوحة والأضرار التي تسبّبها العواصف والرياح البحرية وعمليّة الصيانة المكثّفة التي يتطلّبها ذلك. كذلك هنالك مشكلة التقطّع في الانتاج التي تعانيها مثلها مثل معظم أنواع الطاقة المتجدّدة، إذ إن حركة الأمواج تختلف بين الليل والنهار وبين المواسم. كذلك هنالك

[1] Heinberg, Searching for a miracle, OPCIT, p 36.
[2] "Renewables 2007: Global Status Report,", Renewable Energy Policy Network, www.ren21.net.
[3] Newman, The final energy crisis, OPCIT, p 170.
[4] Heinberg, Searching for a miracle, OPCIT, p 54.

تحذيرات من أضرار بيئية للثروة السمكية والأنظمة الإيكولوجية في المحيطات في حال تمّ التوسّع في هذا النوع من الطاقة. لذلك، نرى أنه من المبكر جداً إصدار تقييم نهائي لهذا المصدر، خاصة أن مساهمته في استهلاك الطاقة في المدى المنظور ستبقى محدودة جداً.

د. طاقة التيارات البحرية: يقدّر البعض قدرة الطاقة في التيارات البحرية على الكوكب بـ ٤٥٠ جيغا واط[1] أي نحو ١٥ في المئة من مجموع الاستهلاك العالمي الحالي من الطاقة. والاستفادة من هذا النوع من الطاقة لا تزال مدار البحث النظري، وتقوم على افتراض امكانية وضع منشآت هيدروليكية في قاع المحيطات ذات مراوح واسعة تشبه تلك التي نراها في الطاقة الهوائية، للاستفادة من حركة التيارات البحرية السريعة لتحريك التوربينات وتوليد الطاقة. وهناك اقتراح لبناء أوّل منشأة من هذا النوع في العالم بين جزر الفيليبين وكلفتها ٣ بلايين دولار وقدرتها ٢٢٠٠ ميغا واط[2]. ورغم أن هذا النوع من الطاقة هو متجدّد نظرياً ومنخفض الكربون إلا أنه هنالك اعتراضات بيئية شديدة عليه خاصة أنه يشكّل خطراً كبيراً على الأنظمة الإيكولوجية البحرية والثروة المائية والملاحة البحرية، بالإضافة إلى أنه يسبّب إبطاء حركة التيارات البحرية مع ما يمكن أن يعنيه ذلك من نتائج غير منظورة على المناخ واليابسة والتوازن البيئي. بالإضافة إلى ذلك، كلفته عالية جداً ويحتاج لتكنولوجيا متقدّمة وصيانة مكثّفة. ومن المُستبعد أن يشهد هذا النوع من الطاقة توسّعاً ملموساً خلال العقدين المقبلين.

إن طرق الاستفادة من الطاقة المائية لم تعد تقتصر إذاً على السدود الهيدروليكية النهرية بل باتت تشمل أيضاً حصاد طاقة المدّ والجزر والأمواج والتيارات البحرية. رغم ذلك، لا يشهد هذا النوع من الطاقة أي نمو يُذكر لعدّة أسباب، منها يعود إلى نفاذ الأماكن الصالحة لإنشاء سدود جديدة على الأنهار حول العالم (تراجعت مساهمة الطاقة الهيدروليكية في انتاج الكهرباء من 21.5 في المئة من عام ١٩٧٣[3] إلى ١٨ في المئة حالياً)، ومنها لأن التكنولوجيات الجديدة مكلفة جداً، لا تزال في طور التجربة، لا يمكن إقامتها سوى في أماكن جغرافية صعبة وتعتمد في الأساس على النفط الرخيص للقيام بعمليات تصنيعها وبنائها وصيانتها. لذلك لا غرابة إذا في الاستنتاج أن نموّ الطاقة المائية بكافة أنواعها خلال الفترة المقبلة سيبقى هامشياً وليس بالامكان التعويل عليه لتعويض النقص في انتاج النفط.

[1] Newman, The final energy crisis, OPCIT, p 170.
[2] IBID, p 169.
[3] Spiegel and others, Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future, OPCIT, p 139.

الفقرة الرابعة: الهيدروجين:

الهيدروجين هو نوع الطاقة الوحيد الذي بلغ التفاؤل به حدّاً وصل إلى الحديث عن "اقتصاد الهيدروجين" و"عصر الهيدروجين الآتي بعد انقضاء عصر النفط" مع ما يعنيه ذلك من تحوّلات سياسية واجتماعية واقتصادية كبرى ترتكز على هذا النوع من الطاقة المتجدّدة واللانهائية.

ويتميّز الهيدروجين بأنه أكثر العناصر وفرة في الوجود لكنه غير موجود كعنصر مستقلّ في الطبيعة، ويجب بالتالي استخراجه من العناصر الاخرى مثل المياه أو النفط والغاز والفحم.

كمصدر للطاقة، يتم استعمال الهيدروجين كمكوّن متجدّد في "خلايا الوقود" التي تولّد الكهرباء ذاتياً. وخلايا الوقود هي عبارة عن جهاز يمكنه تحويل مزيج من الهيدروجين والهواء إلى مياه وكهرباء باستعمال أبسط معادلة كيميائية معروفة وهي أوكسجين O2 وهيدروجين H2 لانتاج مياه H2O، وتولّد هذه العملية كهرباء بسبب الإلكترونات المُحرَّرة – التي تحمل شحنات كهربائية – خلال العمليّة. ومن المفترض أن تقوم هذه الكهرباء بتشغيل محرّك السيّارة، وبالتالي فهي تقدّم نظرياً، طاقة نظيفة ومتجدّدة. ولا تنتج خلايا الوقود أي انبعاثات للغازات الدافئة كثاني أوكسيد الكربون، ويصدر عنها فقط مياه صافية خلال العمليّة. ويمكن توليد الكهرباء من خلايا الوقود لفترة طويلة طالما توفّرت كميات الهيدروجين المناسبة. ونظراً لميّزاتها العديدة، ارتفعت الرهانات التكنولوجية والاقتصادية وحتى السياسية لهذه التكنولوجيا حتى دفعت البعض للحديث عن قدوم عصر الهيدروجين.

أ- دعاة "عصر الهيدروجين":

يتحدث جيريمي ريفكن، صاحب كتاب "اقتصاد الهيدروجين: خلق الشبكة العالمية للطاقة وتوزيع السلطة على الأرض"، بتفاؤل عن "الثورة القادمة للهيدروجين" قائلاً: "نحن الآن قبيل فجر اقتصاد جديد باستعمال الهيدروجين كحامل للطاقة، الأمر الذي سيغيّر بشكل جذري طبيعة الأسواق المالية والمؤسسات السياسية والاجتماعية كما فعلت طاقة الفحم والبخار في بداية العصر الصناعي"[1]. ويؤكد باحث آخر أن الهيدروجين ملائم لكل شيء فهو "قادر على تشغيل الطائرات، السيارات، القطارات والسفن، تشغيل المصانع ومعامل توليد الكهرباء، تدفئة المنازل والمكاتب وتأمين الطاقة للمستشفيات والمدارس ويمكن استعماله في تطبيقات واسعة كوقود كيميائي بالإضافة إلى الكهرباء"[2].

[1] Rifkin, Jeremy, The Hydrogen Economy, The Environmental Magazine, Emagazine.com, **January/February 2003.**
[2] Peter Hoffman, Tomorrow's Energy: Hydrogen, Fuel cells and the prospects for a cleaner planet, MIT Press, from Rifkin, The Hydrogyn Economy, Emagazine, OP.CIT.

وبحسب مؤيّدي التحوّل إلى الهيدروجين، فإن الاعتماد على هذا النوع من الطاقة سيؤدي إلى إعادة توزيع الطاقة في المجتمع من فوق إلى تحت، أي من سيطرة الشركات والاحتكارات والحكومات على مصادر الطاقة وتوزيعها إلى تحويل كل فرد (يمكنه الوصول إلى مخزون من الهيدروجين ويمتلك خلايا وقود)، إلى منتج ومستهلك للطاقة في الوقت نفسه. لكنّ ذلك سيتطلّب، حتى باعتراف المتحمسين لاقتصاد الهيدروجين أنفسهم، قيام الحكومات في ظلّ تعاون الشركات والقوى الاقتصادية بنشر التقنيات الملائمة بأكبر قدر ممكن وفتح المجال أمام إنشاء مراكز مستقلّة وعامة لتوزيع الهيدروجين وخلايا الوقود. ويستوجب هذا التحوّل أيضاً إجراء تعديلات شاملة على البنية التحتية للطاقة: الكهرباء والنقل بشكل خاص، وإنشاء مصانع كبيرة لانتاج الهيدروجين وتأمين وصل ملايين خلايا الوقود لدى المستهلكين بخطوط الطاقة.

وكان الاستثمار في توليد الطاقة من الهيدروجين انطلق بزخم كبير أوائل العقد الحالي حيث أعلن الاتحاد الأوروبي عام ٢٠٠٣ تحويل أكثر من ملياري دولار للأبحاث وللتطبيقات العمليّة للتحوّل إلى اقتصاد الهيدروجين. وقال رئيس المفوضية الأوروبية وقتها رومانو برودي أن "الجهود العلميّة للاتحاد الأوروبي في هذا المجال ستكون بالنسبة لأوروبا بأهميّة برنامج الفضاء بالنسبة للولايات المتحدة في الستينات والسبعينات"[١]. وكان الشعار الشهير لدعاة الهيدروجين في ذلك الوقت يقول أن "التحوّل الشامل يبعُد عشر سنوات على الأكثر"[٢].

ب: اقتصاد الهيدروجين: وهم أم احتمال حقيقي؟

بعد نحو عقد من التفاؤل العارم حول الهيدروجين، لم يتم تحقيق أي تقدّم يذكر في هذا المجال. وفي معظم الدول التي اتجهت أنظارها للهيدروجين كمصدر مستقبلي للطاقة، تداعت معظم الخطط التي وُضعت لتحقيق تحوّل هيكلي شامل أو وُضعت على رفوف الانتظار.

على سبيل المثال، أيسلندا الرائدة في مجال الهيدروجين، والتي اكتسبت بسبب ذلك في الماضي لقب "بحرين الشمال"، لا تملك اليوم سوى محطة واحدة توزّع الهيدروجين بعد عشر سنوات من العمل على خطة "التحوّل". كذلك أوقفت ولاية كاليفورنيا الأميركية خطّتها القاضية بإنشاء ٢٠٠ محطة هيدروجين بحلول العام ٢٠١٠ ولم تفتح حتى الآن سوى خمس محطات. كذلك أوقفت بريطانيا خطّة لتطوير ووضع ٦٠ باصاً للنقل العام تعمل على خلايا الوقود الهيدروجينية في الخدمة[٣]. بالإضافة إلى ذلك، لا يوجد حتى اليوم أي سيّارة

[1] EU moves towards the hydrogen economy, http://www.europaworld.org/week161/eumoves23104.htm

[2] Pearce, Fred, Kicking the habit, New Scientist Magazine issue 2266, 25 November 2000.

[3] Strahan, David, What happened to the hydrogen economy?, New Scientist magazine, Issue 2684, 28 November 2008, p40.

مصنّعة تجارياً تعمل على خلايا الوقود الهيدروجينية، ولا تزال السيارات التجريبية البحثية والبالغة كلفتها مئات آلاف أو ملايين الدولارات قيد الاختبار.

وتعود هذه الانتكاسة لأسباب عديدة أهمّها معضلة تصنيع الهيدروجين نفسه. فهذا العنصر كما قلنا غير متواجد بشكل مستقّل في الطبيعة ويجب استخراجه من مصادر أخرى. العمليّة الأقل كلفة لاستخراج الهيدروجين هي من الغاز الذي يُستخرج منه اليوم نحو نصف كميات الهيدروجين في العالم. لكنّ هذه العملية تطلق كميّات كبيرة من ثاني أوكسيد الكربون في الجوّ[١]. كذلك يمكن استخراج الهيدروجين من الغازولين أو من الميثانول وهذه العملية تنتج بدورها نسبة كبيرة من الانبعاثات. ويعترف ريفكين نفسه صاحب كتاب "اقتصاد الهيدروجين"، أن الاعتماد على الغاز لانتاج الهيدروجين سيصل إلى طريق مسدود لأنه من المعروف بحسب ريفكن "أن انتاج الغاز سيبلغ ذروته بدوره في وقت ما بين عامي ٢٠٢٠ و٢٠٣٠ مسبباً أزمة ثانية في الطاقة في ذروة الأزمة النفطية"[٢].

أما استخراج الهيدروجين من دون الاعتماد على الوقود الكربوني، فيمرّ بعمليّة مكلفة ومعقدّة تُعرف بـ Electrolysis وهي تتمثّل بـ"كهربة" المياه للحصول على الهيدروجين بعد فصله عن الأوكسجين. ويجب فيما بعد ضغط الهيدروجين لتخزينه ووضعه في خلايا الوقود. وتشير دراسة تقنيّة معمّقة حول المسألة إلى أن عائد الطاقة الصافي من هذه العمليّة هو متدنّ جداً ولا يزيد عن ١١١,٢٤. وتجدر الإشارة إلى أن العائد الصافي المذكور لا يشمل الطاقة المبذولة في عمليّة تصنيع وتوزيع خلايا الوقود نفسها، فضلاً عن أن الأخيرة لا تزال قليلة الكفاءة وتخسر الكثير من الطاقة بدورها خلال عملية توليد الكهرباء[٣]. ومع حساب تلك الأمور يصبح عائد الطاقة الصافي للهيدروجين سلبياً، أي أن عملية تصنيعه تؤدّي إلى خسارة الطاقة لا إلى توليدها.

كذلك، إن خلايا الوقود التي هي الحلقة الأساسية لاقتصاد الهيدروجين لا تزال عالية الكلفة وخاصة لما تحتويه من بلاتينيوم يقدّر سعر كلّ مئة غرام منه بـ ٣٠٠٠ دولار (كل خلية وقود متوسطة الحجم تحوي داخلها نحو ١٠٠ غرام من البلاتينيوم)[٤]. ويشير بحث حول الموارد المطلوبة لتحقيق تحوّل هيكلي واسع إلى الهيدروجين إلى أن هكذا تحوّل هو مستحيل لأسباب لها علاقة بالموارد الأخرى. ففي مجال السيارات فقط، إن البلاتينيوم المطلوب لتصنيع خلايا وقود هيدروجينية مساوية للعدد المنتج سنوياً من السيارات

[1] Peter Hoffman, Tomorrow's Energy: Hydrogen, Fuel cells and the prospects for a cleaner planet, OP.CIT.
[2] IBID.
[3] See: Kendall, Gary, Plugged in: Report on transportation Fuels, World Wide Fund for Nature, 2008, p129 - 147.
[4] David Strahan, Whatever happened to the hydrogen economy?, OP.CIT, p40.

حول العالم، وحتى ولو كانت كل خلية تحمل فقط ما معدّله ٢٠ غراماً فقط من البلاتينيوم لخلية الوقود الواحدة (أي أقلّ بخمس مرات مما هي عليه اليوم) سيكون استهلاك البلاتينيوم بحدود ١٤٢٠ طن سنوياً، ما سيؤدي إلى نفاذ كامل احتياطات هذا المعدن على الكوكب خلال سبعون عام فقط[١]. ويؤيد المستشار السابق للحكومة السويسرية حول الهيدروجين، أرمين ريلر، هذا الرأي ويقول أنه لا يمكن الاعتماد على الهيدروجين كمصدر للطاقة إلا بشكل جزئي لأن "البلاتينيوم هو مادة نادرة حقاً، ويتم انتاجها في خمسة مناجم فقط حول العالم"[٢].

كذلك تطرح عمليّة إنتاج الهيدروجين نفسها مشكلة استهلاك الكهرباء لأن عمليّة استخراج الهيدروجين من المياه تستوجب استعمال الكهرباء بكميات كبيرة، ولكي تكون هذه العملية خالية من الانبعاثات الكربونية يجب الاعتماد خلالها على الكهرباء المولّدة من موارد الطاقة المتجددة كالشمسيّة والهوائية التي قد لا تكون قادرة على تأمين فائض يكفي من الطاقة لعمليّات من هذا النوع على نطاق واسع.

وبالتالي من المتوقّع أن يؤدي الاعتماد على الهيدروجين إلى تضاعف الطلب على الكهرباء وخاصة إذا ما أراد قطاع النقل الاعتماد على خلايا الوقود. وتقدّر مؤسسة بحثية بريطانية أنه في حال البدء باستخدام الهيدروجين سيبدأ الطلب على الكهرباء في المملكة بالارتفاع بحدود ٣٠ في المئة سنوياً[٣]، ما سيجعل من مهمّة انتاج ما يكفي من الكهرباء شبه مستحيلة. كذلك، قدّر عدد من الباحثين الأميركيين أن الولايات المتّحدة تحتاج لـ ٣٥٠ مفاعل نووي جديد لكي تتمكّن من انتاج هيدروجين كافي لتحويل أسطول الـ٢٣٠ مليون سيارة على طرقات بلدهم إلى سيارات عاملة على الهيدروجين[٤].

لذلك تم وصّف الهيدروجين على أنه "ناقل للطاقة" وليس مصدراً لها. وعلى حدّ تعبير أحد الباحثين: "الهيدروجين ليس مصدر جديد للطاقة على الإطلاق، بل هو في الواقع وسيط حامل للطاقة يمكن أن ندخله في سلسلة الطاقة الحالية"[٥].

[1] Same source, p 40.
[2] Cohen, David, Earth's natural wealth: an audit, New Scientist Magazine, 23 May 2007, p 34.
[3] Department for Transport, http://www.dft.gov.uk/pgr/scienceresearch/technology/lctis/e4techlcpdf
[4] Tertzakian, A Thousand barrel per second, OPCIT, p 174.
[5] IBID, p 171.

وبما أن تصنيع الهيدروجين يتطلّب استهلاك الكهرباء، لا يمكن في الواقع القول أن الاعتماد عليه سيخفّض نسبة الانبعاثات الكربونية. صحيح أن استهلاك الهيدروجين نفسه لا يؤدي إلى انبعاثات لكن عمليّة تصنيعه تستوجب كهرباء ستأتي على الأرجح من الوقود الكربوني ما يعيدنا إلى المربّع الأوّل.

كذلك يطرح تخزين الهيدروجين مشكلة لم تُحل بعد نهائياً: تخزينه في حالته الغازيّة غير ممكن وتحويله إلى سائل وتخزينه هو عمليّة مكلفة وتصرف الكثير من الطاقة خاصة أن الوزن نفسه من الهيدروجين يتطلّب مساحة أكبر بأربع إلى ١١ مرّة المساحة التي يتطلّبها الغازولين أو الديزل[1]. أي أن نقل ما سعته شاحنة واحدة من الوقود يحتاج ما بين أربع أو ١١ شاحنة لنقله في حالة الهيدروجين بين محطّة وأخرى. وهنالك تساؤلات أيضاً حول مخاطره على السلامة العامة، فهو مادّة سريعة الاشتعال ويحترق من دون صوت أو لون أو رائحة ولا يمكن أحياناً معرفة حالة الحريق إلا عند الاحتكاك الجسدي بها. وكل ذلك يتطلّب المزيد من اجراءات الأمان والمتطلّبات المالية، ويرفع بالتالي الكلفة.

أما المشكلة الأكبر أمام اقتصاد الهيدروجين، فهي الاستثمارات الهائلة وغير المسبوقة تاريخياً التي تتطلّبها التعديلات الشاملة على البنية التحتية للطاقة لانتاجه واستهلاكه. كذلك هنالك صعوبات سياسيّة تتمثل بمعارضة قطاع الطاقة النافذ لخطوات ستنتهي بالحدّ من أرباحه وسيطرته على موارد الطاقة، كما أنه لا يمكن تخيّل تخلّي الحكومات عن موارد رخيصة للطاقة كالفحم والغاز وغيرها والمخاطرة بمصيرها السياسي عبر تحويل ميزانيتها الوطنية نحو اقتصاد قائم على الهيدروجين لن تكون آثاره ملموسة قبل عقود.

وكان "مجلس البحوث القومي الأميركي" توصّل عام ٢٠٠٤ إلى خلاصة مفادها أنه "في أحسن الأحوال سيستغرق التحوّل إلى اقتصاد الهيدروجين عقوداً كثيرة، لذلك من المحتمل ألا نشهد تخفيضات كبيرة في واردات النفط أو إصدارات ثاني أوكسيد الكربون في الـ ٢٥ سنة المقبلة"[2]. ولكلّ هذه الأسباب، نرى أن "اقتصاد الهيدروجين" هو مقولة لا تزال بعيدة المنال لعقود على الأقل، ومن المرجّح أن يبقى الهيدروجين في الأمد المنظور عنصراً هامشياً في سياسات الطاقة.

الفقرة الخامسة: مصادر أخرى للطاقة:

[1] Savinar, The Oil Age is over, OPCIT, p 41.
[2] THE HYDROGEN ECONOMY: OPPORTUNITIES, COSTS, BARRIERS, AND R&D NEEDS, Michael P. Ramage, National Research Council of the National Academies, 3 March 2004, p: ES8.
http://fuelcellsworks.com/ramage.pdf

بالإضافة إلى المصادر المذكورة آنفاً، هنالك مصادر متجدّدة أخرى تتراوح بين تلك التقليدية مثل الكتلة الحيوية التقليدية (الحطب والنفايات العضوية)، وتلك التي تشهد بدايات تطبيقاتها مثل الطاقة الجوفية، وتلك التي لا تزال ضمن نطاق البحث النظري أو التطبيقي مثل الانصهار النووي والطاقة في أعماق المحيطات. وفضّلنا تناول هذه المصادر في فقرة منفصلة لأسباب عديدة منها أن بعضها هو الأدنى نمواً في مجال الطاقة، أو لأن كل التوقعات تشير إلى أن حصّتها من مجمل استهلاك الطاقة العالمي لن تشهد تطوّرا ملموساً خلال العقدين المقبلين.

أ.الطاقة الحيوية التقليدية Biomass: هي أقدم مصدر معروف للطاقة وتقوم ببساطة على حرق الحطب والفضلات الزراعية والقمامة للاستفادة من النار. ولا تزال هذه الطريقة حتّى اليوم المصدر الرئيسي للطاقة في التدفئة والطهي لنحو لنحو ملياري نسمة في دول العالم الثالث[1] ممن لم تصلهم بعد مصادر الطاقة الحديثة. ورغم أنها مصدر الطاقة لنحو ثلث سكان الأرض إلا أن نسبة مساهمتها في مجموع الاستهلاك العالمي للطاقة هي نحو عشرة في المئة فقط.

وهذا النوع من الطاقة يحمل مخاطر بيئية وصحيّة عديدة. فهو من ناحية أولى مساهم أساسي في عمليّة إزالة الغابات في المناطق الفقيرة حيث يلجأ السكان للتحطيب للحصول على الطاقة أو لزراعة الأراضي. ويؤدّي حرقه داخل التجمّعات السكنية والمنازل إلى أمراض صحيّة خطيرة فضلاً عن أنه يصدر نسبة عالية من الانبعاثات الكربونية.

ب. الطاقة من النفايات: يمكن الاستفادة من النفايات لتوليد الطاقة عبر ثلاثة طرق: حرقها مباشرة في منشأة توليد للاستفادة من بخارها لتوليد الكهرباء، حرقها بطريقة غير مباشرة عبر مزجها مع المواد الفحمية التي يتم حرقها في محطات التوليد، أو استخلاص غاز الميثان من النفايات العضوية واستعماله كبديل عن الغاز السائل العادي أو النفط.

وتصل الطاقة المنتجة من حرق النفايات العضوية إلى ١ بالمئة من مجمل الاستهلاك العالمي للطاقة[2]، وبعض الدول كاليابان وسينغافورة تحرق ما بين ٥٠ و٨٠ في المئة من نفاياتها لتوليد الطاقة[3].

لكن مساوىء هذا النوع من الطاقة هي أولاً أنه يطلق في الجوّ الكثير من المواد السّامة الموجودة في النفايات فضلاً عن أن الانبعاثات الكربونية الناتجة عن حرق النفايات تفوق تلك التي يصدرها معمل توليد عامل على الفحم، النفط أو الغاز[4]. بالإضافة إلى ذلك، إن استراتيجيات مكافحة التغيّر المناخي واعتماد التنمية

[1] Bioenergy Profile: Plugging into Nature, knowledge.allianz.com/en/globalissues/energy_co2/energy_profiles/bioenergy.html

[2] Searching for a miracle, Heinberg, OPCIT, p 46.

[3] EIA, *Electricity Net Generation From Renewable Energy by Energy Use Sector and Energy Source*, 2007, www.eia.doe.gov/cneaf/alter- nate/page/renew_energy_consump/table3.html

[4] Searching for a miracle, Heinberg, OPCIT, p 47.

المستدامة تستوجب ضمناً تخفيض نسبة النفايات الصادرة عن الاستهلاك ما يعني تدنّي نسبة النفايات المتاحة لتوليد الكهرباء. وبالتالي إن توسيع الاعتماد على هذا المصدر من الطاقة يتحرّك عكس اتجاه السياسات المناخية والبيئية كما أنه لا يمكن اعتباره مصدراً مستداماً للطاقة.

وتعوّل بعض الحكومات على الطريقة الأكثر نظافة وكلفة المتمثّلة بتقنيات استخراج الغاز من النفايات العضوية. وألمانيا هي الدولة الرائدة في هذا المجال مع تطويرها لأول معمل لتوليد الكهرباء على الغاز الاحيائي تصل قدرته إلى ٤ ميغا واط. ويقول الخبراء أن الغاز الاحيائي يمكن أن يؤمن ما نسبته عشرة في المئة من احتياجات ألمانيا من الكهرباء بحلول العام ٢٠٢٠[١].

أما أفضل مصادر الغاز الإحيائي فهي القمامة العضوية الغنيّة بغاز الميثان: فضلات الطعام والمجارير والفضلات الزراعية والحيوانية. ويمكن استخراج هذا الغاز من المكبّات أو حتّى من المجارير، إما بشكل مباشر أو عبر منشآت مخصصة لذلك. وهذا النوع من الغاز يصدر انبعاثات أقل للغازات الدفيئة مقارنة بأي وقود حيوي آخر وخاصة الايثانول[٢]. وينتج كل ٣٠ مليون طن من النفايات العضوية (ما يعادل نفايات بريطانيا خلال عام واحد)، ٦ مليون طن من الغاز العضوي، أي يمكنه أن يؤمّن ١٦ في المئة على الأقل من استهلاك قطاع النقل في بريطانيا[٣]. ومن المعروف أن الغاز العضوي "يشكّل وقوداً مثالياً للباصات والآليات الثقيلة بشكل خاص"[٤]. وكانت العديد من المدن الأوروبية بدأت باستعماله على نطاق واسع مثل مدينة ليل الفرنسية التي تملك ١٢٠ باصاً من أصل ٤٠٠ للنقل العام يعملون على الغاز الحيوي، فيما تطبّق سويسرا والسويد وألمانيا برامج طموحة لتوسيع الاعتماد عليه.

ويشكّل استخلاص الغاز من النفايات العضوية حلاً متعدداً لأكثر من مشكلة بيئية؛ فهو من جهة أولى طاقة رخيصة ومتجدّدة نسبياً بما أنه هنالك دوماً نفايات جديدة، ينتج وقوداً صديقاً للبيئة ويؤمّن حلاً جزئياً لمشكلة الكميّات المتزايدة من النفايات. كما أنه يمكن لجميع الدول الاستفادة منه إذا ما توفّرت التكنولوجيا الملائمة، كما يمكن للدول النامية تأمين مردود مالي منه عبر بيع نفاياتها إلى الدول التي تمتلك هذه التكنولوجيا.

ج. الطاقة الحرارية الجوفية: تُبنى معامل الاستفادة من الحرارة الجوفية عادة قرب الينابيع الحارّة أو فوّهات البراكين. وتم استخدامها لتوليد الكهرباء للمرّة الأولى قرب روما في العام ١٩٠٤[٥]، لكنها بقيت محدودة جدّا بسبب ندرة المواقع التي تسمح ببناء هكذا منشآت.

---

[1] IBID, p47.

[2] National Society for Clean Air and Environmental Protection, 'Biogas as a road transport fuel', June 2006, http://www.environmental-protection.org.uk/transport/biomethane-transport-forum/.

[3] Same source.

[4] Preparing for Peak Oil, OP.CIT, p 21.

[٥] هاينبرغ، انتهت الحفلة: سراب النفط، مرجع سابق، ص ٢٣٤.

ويقوم مبدأ الطاقة الحرارية الجوفية على استخدام البخار أو المياه الحارة تحت سطح الأرض للتدفئة كما في أيسلندة مثلاً، أو لتشغيل توربينات وتوليد الكهرباء منها. ورغم الحديث العام عن أن هذا النوع من الطاقة يمكن الاستفادة منه في كافة أنحاء العالم إلا أن استخدامه بشكل فعّال كمصدر للطاقة باستخدام التكنولوجيا البشرية الحالية هو محدود جداً ومحصور بأماكن جغرافية محدّدة. وهنالك أبحاث حالياً على تكنولوجيات جديدة تتيح الاستفادة من الحرارة الجوفية على نطاق أوسع لكنها لا تزال في إطار البحث النظري. وكانت مصادر الحرارة الجوفية في العام ٢٠٠٦ تساهم بنحو ١٠ جيغا واط من استهلاك الكهرباء في العالم[١]، وتقع أكبر منشأة للطاقة الجوفية في منطقة الينابيع الحارّة في كاليفورنيا في الولايات المتحدة وتولّد نحو ٧٥٠ ميغا واط.

ويتراوح عائد الطاقة الصافي للطاقة الجوفية بين 1:2 و1:13 بحسب الموقع الجغرافي والتنكولوجيا المستخدمة[٢]. ومن محاسنها أنها منخفضة الانبعاثات وتتفوّق على المصادر المتجدّدة الأخرى من حيث أنها تولّد طاقة بشكل مستمرّ وغير متقطّع كما في حالتي الطاقة الشمسية والهوائية. لكن هنالك خلاف حول ما إذا كان هذا النوع من الطاقة هو متجدّد فعلاً لأن التجارب الأميركيّة السابقة أظهرت أن البخار الجوفي والمياه الساخنة تُستَنفذ بشكل تدريجي إذا ما تمّ استعمالها لادارة التوربينات. وبحسب إحد الأبحاث، "تمّ تقدير الفترة التي تُستنفذ فيها الحرارة الجوفية لدرجة تضحي الحقول غير مفيدة تجارياً بـ٤٠ و٥٠ سنة لمعظم الحقول"[٣]. كذلك، من نقاط ضعف الطاقة الجوفية أن الاستفادة منها مقيّدة بالجغرافيا، منشآتها مكلفة، وتتطلّب صرف كميات كبيرة من المياه.

د. الطاقة الحرّة والانصهار النووي: هنالك الكثير من الحديث العلمي عن "الطاقّة الحرّة" Free Energy، التي لا تزال في طور الأبحاث والتجربة، وهي بحسب أكثر التقديرات المتفائلة بعيدة نصف قرن على أفضل تقدير من أن تدخل حيّز التطبيق عملي.

وهنالك عدّة أنواع من الأبحاث حول الطاقة الحرّة، منها يقوم على بناء آلات دائمة الحركة بالاعتماد على حقول مغناطيسيّة، ومنها يقوم على "حصاد" الفراغ الفضائي الذي تقول بعض أبحاث فيزياء الكمّ أنه قد يحوي طاقة، ومنها ما يرتكز على وسائل الاندماج النووية الباردة والحارّة التي تنتج طاقة هائلة من خلال عمليّة اندماج الأنوية. وفي مجال الاندماج البارد تعتبر الأبحاث التي أجراها الفيزيائيان ستانلي بونز ومارتن

[1] "Renewables 2007: Global Status Report,", Renewable Energy Policy Network, www.ren21.net

[2] Searching for a miracle, Heinber, OPCIT, p 46.

[٣] هاينبرغ، انتهت الحفلة: سراب النفط، مرجع سابق، ص ٢٣٥.

فليشمان في الولايات المتحدة في العام ١٩٨٩ أكثر الأبحاث جديّة في هذا المجال. وزعما وقتها أنهما توصّلا إلى تحقيق اندماج بارد بحرارة الغرفة بين نواة الهيدروجين والبالاديوم والتيتانيوم والليثيوم، حيث أطلق التفاعل المذكور كمّا هائلاً من الطاقة. وقال الباحثان أن هذه العملية يمكن إجرائها ضمن شروط معقولة لأن الاندماج يحدث في آلة صغيرة نسبياً، ولا تنبعث عنه إشعاعات مضرّة تذكر[١]. لكن الباحثان تراجعا عن صحّة بحثهما فيما بعد، ولم يستطع أي مختبر في العالم محاكاة تجربتهما حتى اليوم.

كذلك ترى العديد من مراكز الأبحاث أن فكرة إنتاج الطاقة من الاندماج الحارّ النووي هي فكرة غير قابلة للتطبيق التقني البشري، لأنها لا يوجد بعد مادّة معروفة للإنسان قادرة على احتمال حرارة ٢٠٠ مليون درجة سلسيوس الناتجة نظرياً عن الانصهار النووي[٢]، ولا يوجد كذلك أي مادة معروفة قادرة على التعامل مع دفق النوترونات المشعّة الذي ينتج عن العمليّة[٣]. وهذا ما يدفع العديد من الباحثين لاتهام الأبحاث في هذا المجال أنها أبحاث ذا أهداف عسكرية لا علميّة.

إلى ذلك، هنالك حديث عن مصادر أخرى للطاقة لم تدخل بعد مجال البحث النظري الحقيقي وهي أقرب للخيال العلمي منها للعمل في الوقت الحالي، مثل الاستفادة من حرارة أعماق المحيطات واستخراج الهيليوم من سطح القمر لاستخدامه في المفاعلات النووية.

خاتمة الفصل الثاني

يؤمّن الوقود الأحفوري ٨٥ في المئة من الطاقة اليوم، وهو مصدر غير متجدّد ويعيش أزمة طويلة الأمد في إمداداته تؤدي إلى ارتفاع مستمرّ في أسعاره، كما أن آثاره البيئية والمناخية غير مقبولة. وفي ظلّ ضرورة الانتقال إلى مصادر بديلة ومتجدّدة للطاقة، كان لا بدّ من عمليّة تقييم شاملة تطال هذه المصادر. ومع الأخذ بعين الاعتبار المعايير التي حدّدناها في المبحث الأوّل لتقييم مصادر الطاقة، يجب أن تتمتّع مصادر الطاقة الرئيسية في المستقبل بالميزات التالية:

[1] I. Rothwell, Cold Fusion and the Future, www.lenr-canr.org/acrobat/RothwellJcoldfusiona.pdf.

[٢] هاينبرغ، انتهت الحفلة: سراب النفط، المرجع نفسه، ص ٢٤٧.

[٣] لدراسة مفصّلة حول هذه الصعوبات: Newman, The final energy crisis, OPCIT, p 23. ,

- قادرة على تأمين مساهمة كبيرة في استهلاك الطاقة محلياً أو عالمياً. أي يجب أن تكون مساهمتها على الأقل ربع استهلاك الطاقة لكي تكون قادرة على تخفيض مساهمة الوقود الأحفوري الذي يؤمّن كل نوع منه نحو ربع أو ثلث الاستهلاك العالمي.
- على عائد الطاقة الصافي له أن يكون 1:10 على الأقل وما فوق (عائد الطاقة الصافي للنفط هو اليوم نحو 1:50).
- أن يكون متجدّداً.
- أن تكون آثاره البيئية والمناخية والاجتماعية والجيوبوليتيكية مقبولة.

إن الأخذ بهذه المعايير في ظلّ البحث عن مصدر رئيسي للطاقة لاستبدال النفط، يضيّق خيارات سياسات الطاقة إلى حدّ كبير: يجب تخفيض الاعتماد على أو استبعاد الطاقة النووية لأنها تعتمد على موارد غير متجدّدة (اليورانيوم) ولأن آثارها البيئية وخيمة جداً. كذلك الأمر بالنسبة للطاقة الحيوية بسبب تدنّي عائدها الصافي من الطاقة ونظراً لآثارها الاجتماعية غير المقبولة، فضلاً عن أنها لا تسهم بالفعل في خفض الانبعاثات بل العكس. كذلك الأمر بالنسبة للطاقة الحيوية التقليدية (حرق الحطب) بسبب تأثيراتها البيئية والصحية السلبية، وكذلك بالنسبة للطاقة من النفايات التي لها تأثيرات بيئية سلبية فضلاً عن أن انتاجها يرتبط بانتاج النفايات وهو بالتالي غير قابل للتوسيع وفقاً للحاجة. كذلك إن الهيدروجين لا يشكّل مصدر حقيقي للطاقة كما سبق وبيّنا، خاصة وأن انتاجه يتطلّب زيادة انتاج الكهرباء فضلاً عن أن مشاكل تخزينه وتوزيعه لا تزال من دون حلول فعليّة.

بعد استبعاد هذه المصادر كمصادر رئيسية للطاقة، يبقى لدينا الطاقات الشمسية، الهوائية، المائية والجوفية، وهي لا تنتج مجموعة اليوم أكثر من ٢ في المئة من استهلاك الطاقة حول العالم. ويعاني كل مصدر من هذه المصادر المتجدّدة من عوائق جدية تقف أمام تحوّله إلى مصدر يوازي النفط في قدرته العالمية، وهذه العوائق هي بشكل خاص:

- **العائد الصافي من الطاقة:** كما سبق وأسلفنا، إن المجتمعات الصناعية المعاصرة بُنيت على فائض من الطاقة لمصدر كان عائده الصافي 1:100 وهو اليوم نحو 1:50. أما مصادر الطاقة المتجدّدة فعائد الطاقة الصافي الأعلى لها هو ١:٢٤ في حالة الطاقة الهوائية.

- **عوائق الجغرافيا:** تحدّ الجغرافيا من توسّع هذه المصادر إذ إن منشآتها مرتبطة بشروط بيئية محدّدة ولا يمكن الاستفادة منها بشكل متساوٍ في كافة أنحاء العالم. فالطاقة المائية بكافة أنواعها مرتبطة بشروط الأنهار والمدّ والجزر ووجود الأمواج العالية كل أيام العام. كذلك إن الأماكن الفضلى للطاقة الشمسية تقع في الصحارى وفي المناطق الواقعة على خطّ الاستواء. والمناطق المثلى للطاقة الهوائية هي تلك التي يوجد فيها معدّلات سرعة رياح عالية، وهكذا أماكن هي غالباً إما على السواحل أو في المناطق الداخلية النائية. وكذلك هنالك شروط جغرافية صعبة للطاقة الجوفية.
- **التقطّع في الانتاج:** باستثناء الطاقة الجوفية والطاقة الهيدروليكية المائية، يتفاوت انتاج الطاقات الشمسية والهوائية والمائية بنسب تصل إلى ٩٠ في المئة بسبب العوامل المناخية كالليل والنهار والصيف والشتاء. وفي معظم الأحيان لا يتناسب توقيت التفاوت في الانتاج مع الذروة في الطلب على الكهرباء كما في حالة الطاقة الشمسية التي تصل إلى أدنى انتاج لها في الشتاء في الوقت الذي يكون الطلب على الكهرباء والتدفئة والمياه الساخنة في أعلى مستوياته.
- **مشكلة التخزين:** للتغلّب على مشكلة التقطّع في الانتاج، يتطلّب الاعتماد على الطاقة المتجدّدة بناء منشآت ضخمة لتخزين الكهرباء لاستهلاك الأخيرة حين تغيب الشمس وتهدأ الرياح وتتوقّف التوربينات عن العمل. لكن المشكلة هنا هي أنه لا يوجد تكنولوجيا قادرة بعد على تخزين الكهرباء بكميّات كبيرة. ورغم أن تقنية البطاريات متواجدة منذ عقود عديدة إلا أن تخزين الكهرباء بكميات كبيرة المعروف بـ MASSIVE ELECTRIC STORAGE MES غير متوافر بعد تكنولوجياً والنماذج التجريبية منه هي عالية الكلفة ومتدنّية الفعالية وغير قابلة للاستخدام التجاري[١]. وسبب ذلك يعود بشكل أساسي إلى أن الطريقة التقليدية لاستهلاك الكهرباء قامت منذ البدء على توزيع الكهرباء مباشرة بعد الانتاج للمستهلكين ولم يكن هنالك حاجة لتخزين الكهرباء لأن الفحم أو النفط أو اليورانيوم كان جاهز ومتوافر دائماً لمعامل انتاج الكهرباء وكانوا يستطيعون انتاجها متى ما شاؤوا لأنها غير مرتبطة بعوامل طبيعية خارجة عن إرادتهم.
- **مشكلة الكلفة والتكنولوجيا والبنية التحتية:** في دراسة تناولت كلفة بناء توربينات هوائية وبنية تحتية مناسبة لتأمين ٢٠ في المئة من كهرباء الولايات المتّحدة بحلول العام ٢٠٢٤ من مصادر متجدّدة، بلغت

[١] للمزيد حول هذه المشكلة: Alan Sangester, Energy for a warming world: A plan to hasten the demise of fossil fuel, springer publications, United Kingdom, 2010, page 80-83.

الكلفة ٨٢٠ بليون دولار[1]. والسبب الرئيسي لذلك يعود إلى بُعد مصادر الطاقة المتجدّدة عن مراكز الاستهلاك وضرورة بناء خطوط إمدادات طويلة وإعادة هندسة شبكة الكهرباء وإضافة منشآت لتخزين الكهرباء وتحويلها وما شابه، مع ما يستوجبه ذلك من بنية تحتية جديدة تتطلّب استثمارات هائلة قد لا تكون متوافرة للعديد من الدول. بالإضافة إلى ذلك إن التكنولوجيات الفعّالة في هذا المجال هي في يد الدول المتقدّمة التي تمتلك المال ومراكز الأبحاث، ونقل التكنولوجيات هذه إلى الدول النامية هو معضلة سياسية وتنموية دولية مستقلّة بحدّ ذاتها.

- **مشكلة قطاع النقل:** كل أنواع الطاقة المتجدّدة تنتج حصراً الكهرباء، وهذا يعني أنها لا تشكّل حلاً لاستهلاك الطاقة في مجال النقل وفي القطاعات الأخرى التي تحتاج للنفط السائل في عمليّاتها، إلا في حال تمّ تحويل قطاع النقل بالكامل إلى العمل على الكهرباء. ورغم أن الفكرة تبدو منطقية للوهلة الأولى، إلا أن تحويل قطاع النقل إلى الكهرباء يستوجب رفع انتاج الكهرباء أضعاف مستوياته الحالية، وهو أمر قد لا يكون بمقدور أنواع الطاقة المتجدّدة مجاراته.

لهذه الأسباب، نعتقد أن الصورة الشعبية عن طاقة بديلة قادرة على تأمين كل احتياجات المجتمع الصناعي بوتيرة الاستهلاك والنموّ الحالية ليس دقيقة كثيراً. ومعظم الدراسات التي تعتبر أن الطاقة البديلة يمكنها أن تكون بديلاً كاملاً عن الوقود الأحفوري تعتمد على الإمكانية النظرية للموارد المتجدّدة ككميّة أشعة الشمس التي تسقط على سطح الأرض، من دون الأخذ بعين الاعتبار التكنولوجيا البشرية والشروط الجغرافية والمناخية لحصاد هذه الطاقة. وتخلص معظم الدراسات المفصّلة حول قدرة الطاقة البديلة النظيفة على المساهمة في مجمل استهلاك الطاقة إلى أن الطاقة المتجدّدة قادرة على تأمين نصف استهلاك المجتمع البشري للطاقة على المدى البعيد وفقاً لوتيرة النموّ الحالية[2]. والرسم البياني على الصفحة التالية هو حصيلة دراسة تقنيّة مفصّلة حول مصادر الطاقة البديلة، ويظهر أفضل التقديرات الممكنة لمساهمة الطاقة البديلة في مزيج الطاقة في المستقبل باستثناء الوقود الحيوي. ويمثّل الرقم الأول من اليسار المساهمة المتوقّعة لمصدر الطاقة بالواط في عام ٢٠٣٠ في حال تم تطويره بشكل واسع منذ اليوم، فيما يمثّل الرقم الثاني مساهمة مصدر الطاقة نفسه على المدى البعيد ما بعد العام ٢٠٥٠ حيث من المتوقّع أن يستقرّ النموّ السكاني والاستهلاكي وبالتالي استقرار الطلب على الطاقة على ٣٠ تيرا واط في الساعة (هو اليوم ١٥ تيرا في

[1] Rebecca Smith,"New Grid for Renewable Energy Could Be Costly," *The Wall Street Journal,* February 9, 2009.
[2] Sangester, Energy for a warming world: A plan to hasten the demise of fossil fuel, OPCIT, p 77.

الساعة). وتتماثل هذه الأرقام مع أرقام سيناريو "الأعمال كالمعتاد" في التقرير السنوي للوكالة الدولية للطاقة التي تتوقّع أن تقتصر مساهمة الطاقة المتجدّدة (ومن ضمنها الوقود الحيوي) في العام ٢٠٣٠ على 8.6 في المئة[1].

جدول رقم ٢: نموّ الطاقة البديلة وفقاً لسيناريو التوسيع المكثّف للطاقة المتجدّدة[2]

Resource	Installed power at the point of consumption by 2030 (TW)	Available power at the point of consumption (TW) (2050+)
Hydro	0.8400	~ 2.000
Wind	0.4300	7.500
Wave	0.0003	0.022
Tidal	0.0001	0.200
Solar	0.0600	4.500
Geothermal	0.0090	0.140
Nuclear	0.8000	1.800
Total	2 .1400	~16.200
Fraction [5] of (projected demand)	8.9% (~ 24 TW)	54.0% (~ 30 TW)

كخلاصة إذاً، إن مصادر الطاقة البديلة تتمتّع بميزات مهمّة تجعلها بديل ضروري عن الوقود الأحفوري. فمصادر الطاقة هذه هي متجدّدة، نظيفة، وقادرة على تأمين نسبة جيّدة من الطاقة بكلفة مقبولة نسبياً ومن دون آثار بيئية أو سياسية أو اجتماعية مدمّرة. إلا أن الأمر المهمّ الثاني الذي يجب استخلاصه هو أن هذه المصادر أيضاً ليست حلاً سحرياً فورياً كما ارتسمت الصورة عنها إعلامياً وشعبياً. فمن هذه الناحية لا يوجد مورد متجدّد قادر على الحلول وحده مكان الوقود الأحفوري بشكل عام أو النفط بشكل خاص. ومن المرجّح أن تكون سياسات الطاقة في المستقبل قائمة على مزيج من عدّة موارد، وفقاً للموقع الجيوبوليتيكي والامكانيات التكنولوجية والمالية المتوافرة، فالطاقة التي قد تكون لدولة ما مصدراً رئيسياً كالطاقة الشمسية في شمال أفريقيا، قد تكون في مكان آخر كروسيا الباردة ثانوية جداً.

لكن في جميع الاحوال، من الواضح أن أزمتي النفط والتغيّر المناخي، وإلى جانبهما صعود السياسات الوطنية للطاقة القائمة على تأمين سلامة إمدادت الطاقة محلياً، تدفع جميعها تجاه زيادة الاعتماد على

[1] WEO 2009, Executive summary, page 4.

[2] Sangester, Energy for a warming world: A plan to hasten the demise of fossil fuel, OPCIT, p 78.

المصادر البديلة للطاقة مبشّرة بتحوّل غير مسبوق في مجال الطاقة سيترك آثاره بوضوح على الخارطة العالمية. كذلك، إن أزمة طويلة الأمد في إمدادات مورد حيوي كالنفط، مع ما تعنيه من آثار سلبية على التنمية الدولية، تحتّم من دون شك إعادة النظر في استراتيجيات التنمية للانتقال من نمو اقتصادي تقليدي غذّاه النفط الرخيص إلى تنمية مستدامة تتجنّب الوقود في فخّ الاعتماد كلياً على مورد نافذ. وهذه هي المسائل التي سنعالجها في الفصل الأخير.

الفصل الثالث

أزمة الطاقة وعالم الغد، الطاقة البديلة والتنمية المستدامة

بعد تناول الفصل الأوّل من هذا البحث العوامل التي تحتّم التخلّي عن النفط والوقود الاحفوري والبحث عن مصادر بديلة للطاقة، أوضح الفصل الثاني أن المصادر البديلة للطاقة غير جاهزة بعد لاستبدال النفط على نطاق واسع في المدى المنظور، أي خلال العقدين المقبلين اللذان تعتبرهما بعض المنظّمات الدولية ومنها الأمم المتّحدة أنهما آخر فترة متاحة لنا للحؤول دون تفاقم التغيّر المناخي إلى وتيرة غير قابلة للعكس.

إذاً، إننا نرى اليوم ظاهرتان متزامنتان في مجال الطاقة: الظاهرة الأولى هي الأزمة الطويلة الأمد للوقود الأحفوري وخاصة النفط، التي تلقي بثقلها على العلاقات الدولية والتنمية الاقتصادية، والظاهرة الثانية هي التحوّل العالمي إلى الطاقة البديلة، الذي نظراً لعدم جهوزية تقنيات الطاقة البديلة للاستغلال بشكل واسع، سيمشي إلى جانب أزمة الطاقة لفترة طويلة، وهي ظاهرة تساهم بدورها في إعادة رسم الخرائط السياسية والاقتصادية وتقود عمليّة إعادة نظر واسعة في استراتيجيات التنمية.

على متن هذا الفصل سنتناول تأثير أزمة الطاقة على العلاقات الدولية والخارطة الجيوبوليتيكية وعمليّة التنمية حول العالم في مبحث أوّل، فيما سنحلّل في المبحث الثاني موقع الطاقة البديلة في استراتيجيات التنمية المستدامة، كجزء أساسي من سياسات الطاقة خلال العقود المقبلة. وسننهي الفصل بمبحث ثالث صغير يضيء على امكانات وواقع الطاقة البديلة في لبنان.

المبحث الأول

أزمة الطاقة، التنمية والعلاقات الدولية: لمحة من المستقبل

بما أن الطاقة هي العمود الفقري للمجتمعات المعاصرة، سواء كانت متقدّمة أم في طور التنمية، هي تترك آثارها الواضحة على كل شيء تقريباً: على العلاقات والسياسات الدولية، على الاستقرار السياسي، عمليّة التنمية الاقتصادية، الأمن الغذائي العالمي، والاقتصاد العالمي وعملية العولمة المالية، بالإضافة إلى آثاره غير المرئية على الحياة اليومية في الصناعة والنقل والصحة العامة وأنظمة المعلومات وغيرها...

وسنعالج في هذا المبحث نتائج أزمة الطاقة مركّزين بشكل خاص على محاولة استقراء سيناريوهات المستقبل في ظلّ واقع استمرار وتيرة تضاعف أسعار الطاقة في المدى المنظور.

الفقرة الأولى: الطاقة والعلاقات الدولية المعاصرة

شهدت العلاقات الدولية خلال العقد الماضي تحوّلات جذرية غيّرت الكثير من الوقائع الجيوبوليتيكية التي سادت في آخر عقد من القرن العشرين: عودة روسيا كقطب عالمي قوي على الساحة الدولية، صعود الصين وانخراطها الأكبر في العلاقات الدولية، توسّع الناتو إلى شرق أوروبا وارتفاع التوتّر مع روسيا، هجمات الحادي عشر من أيلول ٢٠٠١ على الولايات المتّحدة وما تبعها من اجتياح أميركي لأفغانستان ثم العراق، انخراط صيني وأميركي وهندي وأوروبي أكبر في شؤون القارة الأفريقية ومنها تدّخلات عسكرية مباشرة، تراجع الدور الأميركي حول العالم وتزايد الحديث عن سقوط القطبية العالمية وبروز القطبيات الإقليمية المتعدّدة.

في كلّ هذه التحوّلات كان النفط وسياسات أمن الطاقة بمثابة العامل الخفي فيها الذي يتمّ الحديث عنه تارةً همساً وتارةً علناً. فالصعود الروسي يعود جزئياً إلى الفائض المالي الكبير الناتج عن تصدير النفط (وهو كان أعلى من أي فترة تاريخية سابقة بسبب أزمة الطاقة) بعد نجاح روسيا في إعادة انتاجها النفطي إلى ما فوق مستويات انتاج الاتحاد السوفياتي سابقاً. كذلك إن الانخراط الصيني المتعاظم في السياسة الدولية، ومنها قبول بكين بالمشاركة في قوّات حفظ السلام حول العالم للمرّة الأولى منذ تأسيس الأمم المتحدة، يعود في جزء هام منه إلى الظمأ الصيني للنفط بعدما تحوّل العملاق الآسيوي إلى ثالث أكبر مستورد للنفط في العالم. واليوم تتواجد الشركات الصينية غالباً إلى جانب خبراء عسكريين ومدنيين واقتصاديين صينيين في المناطق الغنية بالنفط مثل السودان، تشاد، نيجيريا، فنزويلا، إيران، دول آسيا الوسطى وغيرها من الدول الغنية بموارد الطاقة.

وفي مثال يعبّر بوضوح عن تأثير أزمة الطاقة على السياسات الدولية، قامت كونغرس الولايات المتّحدة في العام ٢٠٠٣ بالموافقة على تغيير القوانين المرتبطة بالهجرة من المكسيك مقابل شرط أن تقوم الأخيرة بفتح حقولها النفطية للمستثمرين الأميركيين[١]. والمكسيك باتت اليوم ثالث أكبر مصدّر للنفط إلى الولايات المتّحدة، وكان هذا القرار بمثابة ترجمة عمليّة لتقرير صدر عام ٢٠٠١ عن وزارة الطاقة الأميركية يقول:"المكسيك هي مصدر يمكن الاعتماد عليه لاستيراد النفط، لديها قاعدة احتياطات واسعة تفوق تلك التي تملكها الولايات المتّحدة بنحو ٢٥ %"[٢].

وتؤثر أزمة الطاقة على السياسات الدولية بشكل واضح عبر أربع ظواهر رئيسية:

أ. **بروز السياسات القومية في ما يتعلّق بالنفط:** والأمثلة الأبرز في هذا المجال هي في روسيا وفنزويلا وإيران. وفيما القطاع النفطي في إيران هو مؤمّم منذ العام ١٩٧٩، خاضت حكومتي في روسيا وفنزويلا صراعاً طويلاً مع قطاع النفط الخاص وأخضعته في نهاية المطاف لسيطرة الدولة، وباتت هي من يحدّد سياسات الطاقة المحليّة والدولية للشركات الوطنية الصاعدة مستفيدة في الوقت نفسه من فائض الأموال الذي تجلبه الصادرات النفطية من الخزينة.

ب. **تصاعد وتيرة الصراعات الدولية على وقع هيمنة السياسات القومية على سياسات الطاقة دولياً ومحلياً:** وتحمل سياسات أمن الطاقة عادة هدفين رئيسيين: ١) محاولة الحدّ من الاعتماد على مصادر خارجية في مجال الطاقة (تأمين الاستقلال أو الاكتفاء الذاتي في مجال الطاقة)، و٢) تأمين امدادات الطاقة التي يعتمد عليها اقتصاد الدولة. ويمكن ملاحظة هذه السياسات بشكل واضح في خطابات معظم قادة الدول الغربية التي تركّز على تأمين الاستقلال في مجال الطاقة والابتعاد عن النفط، ومنها خطط الرئيسين الأميركيين الأخيرين جورج بوش وباراك أوباما القاضية بالحدّ من الاعتماد الأميركي على النفط الأجنبي. كذلك يمكن ملاحظة دور هذه السياسات الطاقوية في معظم الأزمات الدولية الحالية: التمدّد الشرقي لحلف شمال الأطلسي يهدف بحسب العديد من المحلّلين إلى لجم النفوذ الروسي في دول بحر قزوين والخليج العربي الأغنياء بالنفط. كذلك هنالك دوافع نفطية قوية للتدخّل الأميركي في فنزويلا والوجود العسكري الأميركي في العراق وأفغانستان والأزمة مع إيران. استقلال تيمور الشرقية كان بحسب بعض المحلّلين يهدف

[1] "Mexicans Outraged by Immigration-Oil Move," *Kansas City Star Newspaper,* May 10, 2003.
[2] Michael Klare, "Bush-Cheney Energy Strategy: Procuring Other People's Oil," *Foreign Policy in Focus,* (January 2004), Archived at http://www.fpif.org/papers/03petropol/politics.html

لإبعاد أندونيسيا عن احتياطات النفط البحرية وتسهيل دخول الشركات المتعدّدة الجنسيات. كذلك تتغذّى النزاعات المحليّة في الصومال واليمن من الصراعات الدولية الخفية للسيطرة على أحد أهم ممرّات النفط في العالم (باب المندب)، وكذلك هي حال الصراعات الداخلية في معظم مناطق أفريقيا مثل دلتا النيجر، شرق تشاد، دارفور في السودان، التي تغذّيها كلها اعتبارات نفطية دولية ومحليّة متعدّدة (منذ العام ٢٠٠٢ حتى اليوم، تضاعف الوجود العسكري الأميركي والصيني والفرنسي في القارة السمراء).

ومن الأمثلة التاريخية المهمّة لتأثير أزمة الطاقة على العلاقات الدولية هو العامل النفطي الخفي في سقوط الاتحاد السوفياتي. وأظهرت وثيقة رسمية تعود للعام ١٩٧٧، نشرتها الاستخبارات الأميركية عام ٢٠٠١ بعنوان "أزمة النفط السوفياتية الوشيكة"[١]، أن الولايات المتحدة كانت أوّل دولة في العالم استعملت "الذروة النفطية" ضدّ خصومها. وتسلّط هذه الوثيقة الضوء على خطورة بلوغ الذروة النفطية على مكانة القوى العظمى. وهي توقّعت بشكل دقيق بلوغ انتاج النفط في الاتحاد السوفياتي ذروته في أوائل الثمانينات، مؤكدة أن ذلك سيكون له نتائج اقتصادية سلبية مهمة: "عندما يتوقف إنتاج النفط عن النمو، وربما قبل ذلك، سيحصل ارتداد عميق تنعكس آثاره على الاقتصاد المحلي للاتحاد السوفياتي وعلى علاقاته الاقتصادية الدولية"[٢]. ويشير بحث حول هذه القضية إلى أنه من المرجح أن إدارة رونالد ريغان "أسست استراتيجية حربها الباردة على دراسة السي آي أي تلك، متوقعة أن ضعضعة اقتصاد الاتحاد السوفياتي نتيجة نضوب النفط لديه ستؤدي إلى انهياره إذا ما دُفع بقوّة على جبهات أخرى"[٣]. ويضيف البحث أنه "فور استلامها الحكم عام ١٩٨١، تخلّت إدارة ريغان عن سياسة تخفيف التوتر التي كانت سائدة، وبنت بدلاً منها ترسانة عسكرية هائلة، كما أشعلت حروباً بالوكالة في مناطق نفوذ الاتحاد السوفياتي، مع حرمان السوفييت في الوقت نفسه من معدات وتكنولوجيا النفط التي كانوا بأمس الحاجة إليها"[٤]، ما جعل الاتحاد السوفياتي ينفق أموالاً هائلة على التسليح فيما كانت عائداته من النفط تترنّح. في هذا الوقت كانت السعودية تُغرق السوق العالمية بالنفط الرخيص ما قلّص مكاسب السوفيات من العملات الصعبة رغم زيادة انتاجهم من النفط، ودفع الاتحاد السوفياتي نحو الانهيار بعد سنوات معدودة على بلوغ "الذروة النفطية" في العام ١٩٨٧.

[1] The Impending Soviet Oil Crisis, CIA, 1977, www.foia.cia.gov (File Tag is: er 77-10147).
[2] The Impending Soviet Oil Crisis, CIA, 1977, www.foia.cia.gov (File Tag is: er 77-10147).
[٣] هاينبرغ، ريتشارد، غروب الطاقة، مرجع سابق، ص ٥١.
[٤] المرجع أعلاه، ص ٥١.

ويتوقّع الباحثون في شؤون الطاقة أن العلاقات الدولية في المرحلة المقبلة سوف تقوم على دبلوماسية "الدماء مقابل النفط". ويعدّد أحدهم الأنواع المرتقبة للصراع على وقع أزمة الطاقة، وهي:

- الصراع بين الأمم المستهلكة القوية والأمم المنتجة الضعيفة وما قد ينتج عنه من حروب غير متكافئة كالارهاب الدولي.
- زيادة تدخل الدول الكبرى والإقليمية في شؤون الدول الغنية بالنفط إلى مستويات غير مسبوقة.
- الحروب الأهلية والنزاعات الأهلية المسلّحة وتزايد النزاعات الداخلية على المناطق الغنية بالنفط التي قد ترتفع أصواتها المطالبة بالانفصال.
- الصراع بين الأمم المستهلكة نفسها[١].

ويشكّل الصراع بين الولايات المتحدة وإيران مثالاً على النوع الأول من النزاعات بين الدول الكبرى والدول المصدّرة الأضعف، فيما تشكّل النزاعات الداخلية في أفريقيا التي سبق وذكرناها مثالاً على النوعين الثاني والثالث. وإن كانت الأنواع الثلاثة الأولى التي عددناها سابقاً حول النزاعات الدولية على النفط مألوفة نسبياً في العلاقات الدولية المعاصرة، إلا أن النزاع المباشر بين الأمم المستهلكة الكبرى بقي غائباً منذ انتهاء الحرب العالمية الثانية، والعامل الرئيسي لاحتمال رؤيته مجدداً هو إمكانية فشل الأسواق الحرّة في تلبية احتياجات الطاقة.

وتختلف قدرة السوق على لجم الصراعات بحسب وفرة الموارد إذ كانت "آليات السوق فيما مضى ناجحة إلى حدّ بعيد في تهدئة هذا النوع من الصراع، ما دام العرض كافياً لتلبية الطلب على المورد المتنافس عليه. ولكن عندما يحصل شحّ شديد في هذا المورد، يصبح الصراع فيما بين المستهلكين أكثر احتمالاً"[٢].

والمفارقة أن مجمع الاستخبارات الأميركية نفسه يعترف أيضاً في تقريره الأخير بعدم قدرة السوق وحده على تلبية الطلب المستقبلي، ملمّحاً إلى ضرورة تدخّل الدولة لتأمينه من دون تحديد طريقة التدخّل، حيث يقول "بعكس الفترات السابقة حيث كان الخطر الكبير يبدو آتياً من شحّ الموارد فقط، فإن النموّ الملحوظ في الطلب من الأسواق الناشئة، مع القيود المفروضة على الانتاج الجديد – كالقيود المفروضة الآن من الشركات

[١] هاينبرغ، ريتشارد، غروب الطاقة، مرجع سابق، ص ٩١ – ٩٤.
[٢] المرجع أعلاه، ص ٩٣.

الوطنية التي تديرها الدول في السوق العالمي للطاقة – تحدّ من امكانية أن تكون قوى السوق وحدها قادرة على تصحيح انعدام التوازن بين العرض والطلب"[1]. ويمكن فهم العبارة السابقة على أنها تلميح واضح إلى عدم ارتياح الدولة الأميركية إلى سيطرة الشركات الوطنية على احتياطات النفط، وإلى احتمال اتخاذ خطوات أحادية جديدة لتأمين استمرار الامدادات النفطية في شرايين القطب الأميركي.

وبما أن الجزء الأكبر من الاحتياطي النفطي يتواجد في الشرق الأوسط فمن الطبيعي أن تكون هذه المنطقة أكثر المناطق اضطراباً في ظلّ الأزمة النفطية. وتتفق معظم التحليلات على أن القادم دولياً في منطقة الشرق الأوسط سيكون أكثر تعقيداً مما سبق، وقد عبّر المدير التنفيذي العام لشركة "شيفرون" العالمية للنفط ديف أورايلي عن ذلك قائلاً ببساطة "إننا نرى الآن بدايات حروب مزاد علني على النفط الشرق أوسطي بين الشرق والغرب"[2]، في إشارة إلى الصراع الذي يلوح على الموارد الإيرانية بشكل خاص بين روسيا والصين من جهة، والولايات المتحدة وأوروبا من الجهة الأخرى.

كذلك من المتوقّع أن تشهد معظم مناطق الانتاج الأخرى تزايد الضغوطات الدولية عليها كأن تشدّد روسيا ضغوطها على دول أوروبا الشرقية الغنية بالغاز الطبيعي لابقائها ضمن نفوذ موسكو، وأن تقوم الصين بمواجهة مباشرة مع الغرب بلتأمين النفط نظراً للتوتر الكبير منذ الآن في المناطق النفطية التي تتاوجد فيها بكين مثل: أفريقيا، أميركا الجنوبية وإيران.

ج. **تصاعد مشكلة "لعنة الموارد":** يُطلق تعبير لعنة الموارد على الدول الغنية بالموارد الطبيعية لكن التي تمتلك بنية سياسية واقتصادية واجتماعية هشّة لدرجة تمنعها من استغلال مواردها الطبيعية في عمليّة التنمية ما يتيح للدول القويّة بالتدخّل مباشرة فيها والاستفادة من ثرواتها. هذه هي حالة الدول الأفريقية بشكل خاص التي رغم مواردها الطبيعية الهائلة تبقى أسيرة دوّامة من الفساد والنزاعات الداخلية والدولية. وتؤشّر أزمة الطاقة إلى تضاعف وقع هذه المشكلة. وتشكّل الدول الأفريقية المصدّرة للنفط جنوب الصحراء الحالة الأكثر هشاشة في هذا المجال: من المتوقع أن تبلغ عائدات هذه الدول خلال العقدين المقبلين نحو ٤ ترليون دولار منها ٣,٥ ترليون في نيجيريا وأنغولا وحدهما[3]. لكن رغم ذلك، تبقى هذه الدول الأفقر في العالم حيث لم تصل

[1] Global Trends 2025: A Transformed World, National Intelligence Council, OP.CIT, p 41.
[2] Interview with Dave O'Reilly, Finanical Times, 15 February 2008.
[3] World Energy Outlook 2008, IEA, OP.CIT, p 11.

الكهرباء بعد إلا لثلث سكانها[1]. وبسبب انعدام التنمية والفقر، إن نسبة الاستهلاك الداخلي من النفط في هذه الدول هي الأدنى في العالم وقد صدّرت عام ٢٠٠٧ نحو ٥,١ مليون برميل يومياً فيما بلغ استهلاكها اليومي نصف مليون برميل فقط[2]. في الواقع، إن انخفاض الاستهلاك الداخلي من الطاقة في الدول الأفريقية المصدّرة للنفط يشكّل اليوم ضرورة للدول الصناعية المتعطّشة للنفط وهذا ما يدفع البعض للحديث عن أن بقاء الأنظمة الديكتاتورية الفاسدة التي تهمل التنمية الاقتصادية في أفريقيا هو ضرورة للدول الصناعيّة المتقدّمة. ولعلّ برنامج المفوضّية الأوروبية لتحسين كفاءة حرق الحطب في بعض الدول الأفريقية[3] هو خير مثال على الرغبة الغربية بإبقاء الاستهلاك الأفريقي من النفط في أدنى مستوياته. ولعلّ الباحث الأميركي مارك جونز محقّ في قوله: "أعين الدول المتقدّمة المتعطّشة للنفط تبقى موجّهة نحو القارة السوداء، بكل بساطة لأنها سوداء (مظلمة) جداً"، في إشارة إلى انعدام الكهرباء لدى غالبية سكّان أفريقيا.

د. **مخاطر أزمة الطاقة على الاستقرار السياسي الداخلي:** اختبر العالم السياسي عام ٢٠٠٨ أولى ملامح الاضطرابات الناتجة عن أزمة الطاقة حيث شهدت عشرات البلدان الأوروبية والآسيوية احتجاجات مناهضة للسياسات الحكومية حيث قامت الحكومات عند تزايد فاتورة الطاقة بالحدّ من برامج الرعاية الحكومية. وكان وقع هذه السياسات في العالم النامي أشد عنفاً حيث وصلت فاتورة الطاقة في بعض البلدان إلى ١٥ – ٢٠ % من مجموع الناتج القومي[4]. وقاد قرار الحكومة الأندونيسية مثلاً برفع الدعم عن المشتقات إلى تظاهرات يومية عنيفة كادت تسقط الحكومة[5]، فيما أدت بعض التظاهرات العنيفة في لبنان احتجاجاً على ارتفاع أسعار الوقود إلى سقوط قتلى وجرحى. ولا يمكن أن يمرّ ارتفاع أسعار الطاقة من دون أن يؤثّر مباشرة على الاستقرار السياسي لأن ارتفاع سعر النفط يرفع معه أسعار معظم المواد الأولية والمنتجات الصناعية والنقل، فضلاً عن العبء الذي يلقيه على الخزائن العامّة للحكومات. فأزمة الطاقة تلقي بثقلها على عمليّة التنمية وتؤثّر مباشرة على سوق العمل لأنه "من دون فائض الطاقة لا يمكن للاقتصاد أن ينمو، وإن لم ينمو الاقتصاد لن يكون بالامكان خلق وظائف جديدة"[6].

---

[1] World Energy Outlook 2008, IEA, OP.CIT, p 11.
[2] World Energy Outlook 2008, IEA, OP.CIT, p 10.
[3] Global Forum on Sustainable Energy, ADC Energy Programs and Projects, http://www.gfse.at/fileadmin/dam/gfse/gfse%206/pdf/SADC
[4] Chevalier, The New Energy Crisis, OPCIT, p 120.

[5] *Le Monde*, 30 May 2008
[6] Savinar, The Oil Age is over, OPCIT, p 26.

وتحذّر الاستخبارات الأميركية من أن عدداً من الدول الفقيرة سيكون في خطر التحوّل إلى "دول فاشلة" بسبب أزمة الطاقة، وخاصة تلك التي تمتلك معدّل متدنٍ للدخل القومي كالدول الأفريقية وبعض دول آسيا الوسطى والشرق الأوسط (خاصة باكستان)، وبعض دول أميركا اللاتينية[1].

الفقرة الثانية: التنمية التقليدية في ظلّ أزمة الطاقة:

إن الطاقة هي العمود الفقري للنموّ والتنمية الاقتصادية وهي اليوم أحد معايير قياس الفقر أو التقدّم حول العالم. استهلاك كميّات متزايدة من الطاقة يعني بطريقة أو بأخرى نشاطاً اقتصادياً متزايداً والعكس صحيح. أفقر ملياري نسمة في العالم ممن يعيشون على أقل من دولار واحد في اليوم يسكنون في مناطق لا يوجد فيها كهرباء. وبالتالي لا يملكون الحدّ الأدنى من وسائل الحياة الكريمة والتنمية الاقتصادية مثل المياه النظيفة، المسكن، الغذاء، التدفئة، الدواء ووسائل النقل... فالفقر الاقتصادي مرتبط بالفقر الطاقوي لأن الوصول إلى الطاقة هو شرط لـ:

- تأسيس الأعمال الانتاجية وخلق الوظائف وتحريك العجلة الاقتصادية.
- تأمين وسائل التعليم العصرية من مدارس وجامعات ومكتبات ومعاهد.
- تحسين وسائل النقل والاتصالات والمعلومات بما له من آثار على التنمية الاقتصادية والاجتماعية.
- تأمين المياه النظيفة، وتأمين امكانية تخزين الغذاء في البرادات والطهو، فضلاً عن التدفئة.
- تحسين الصحّة العامة من مستشفيات ومستوصفات وأنظمة صرف صحّي ومعالجة النفايات.
- حماية البيئة.
- تحسين المساواة بين الجنسين وظروف الأطفال، كون النساء والأطفال هم الأشد معاناة في ظلّ الفقر بحسب ما تظهره الدراسات.

وبالتالي إن أي أزمة في إمدادات الطاقة لها آثارها الخطيرة على الأمن الغذائي وتطرح معضلات مالية واجتماعية وصحّية متعدّدة تطال كل شيء في حياتنا.

[1] Ending Dependence: Hard Choices for Oil-Exporting States, John V. Mitchell and Paul Stevens, OP.CIT, p 35

أ: مسار التنمية في ظلّ الاعتماد على الوقود الأحفوري و"معضلة جوهانسبرغ":

تطرح أزمة الطاقة معضلات عديدة أمام عمليّة التنمية الاقتصادية، وهي بشكل رئيسي:

- **انكماش النشاط الاقتصادي وتقلّص الدخل القومي:** طوال القرن الماضي، كان ارتفاع الدخل القومي مرتبطاً بارتفاع استهلاك النفط: على سبيل المثال، في العام ١٩٥٠ كان الدخل القومي الأميركي 1.8 ترليون دولار ومعدّل استهلاك النفط 6.5 مليون برميل في اليوم، بحلول العام ٢٠٠٤، ارتفع الدخل القومي إلى 10.8 ترليون دولار وأصبح استهلاك النفط 20.7 مليون برميل يومياً[1]. وخلال التسعينات كان معدّل النمو الاقتصادي العالمي 3.5 في المئة سنوياً، فيما كان معدّل نموّ الطلب على النفط 1.2 في المئة سنوياً، ما جعل الدراسات الاقتصادية تتحدّث عن أن المعدّل الطبيعي لارتفاع استهلاك الطاقة مقارنة مع ارتفاع الناتج القومي يجب أن يكون الثلث لكي تنجح عملية التنمية[2]. ومع دخول العالم في أزمة طاقة طويلة الأمد، فإن التنمية الاقتصادية بنموذجها التقليدي المرتكزة على النموّ الرقمي والأسواق الحرّة ستدخل بدورها في أزمة غير معروفة النتائج.
- **تبخّر الأموال المخصّصة للتنمية لمصلحة تسديد فاتورة الطاقة المرتفعة:** يؤدّي تزايد العبء المالي لفاتورة الطاقة إلى تبخّر الكثير من الأموال المخصّصة للتنمية. ويؤكد تقرير عام ٢٠٠٨ لمجمع الاستخبارات الأميركية، أن "أكثرية الدول الـ ٣٢ التي تستورد ٨٠ في المئة أو أكثر من حاجاتها من الطاقة ستتعرّض لتباطوء النمو الاقتصادي بشكل ملحوظ"[3]. وبالتالي إن أكثر الدول هشاشة في هذا المجال هي الدول النامية أو تلك التي يعتمد اقتصادها على النفط بشكل شبه كلّي مثل لبنان. ولن تنجو الدول المصدّرة للنفط من تأثيرات الأزمة لأن تضاعف الاستهلاك الداخلي وتدنّي انتاج الحقول النفطية سيقود إلى تدنّي كمية النفط المخصصة للتصدير، وبالتالي تدنّي الدخل النفطي رغم ارتفاع سعر البرميل. وتتوقّع دراسة بريطانية أنه إن لم تقوم الدول النفطية برفع اعتمادها على الطاقة البديلة إلى ١٥ –٢٠ في المئة خلال السنوات المقبلة فإن مردود التصدير النفطي لن يكون بامكانه تسديد العجز المالي

[1] Tertzakian, A Thousand barrel per second, OPCIT, p 105-106.
[2] Maugeri, The Age of Oil, OPCIT, p 250.

[3] Global Trends 2025: A Transformed World, National Intelligence Council, OP.CIT, p 45.

في ميزانيتها بعد عام ٢٠٣٠، حتى في دول مثل الكويت والعربية السعودية وإيران وأذربيجان وكازاخستان ونيجيريا وفنزويلا[1].

- **تراجع برامج التنمية الدولية:** الضحية الأهمّ لأزمة الطاقة هي احلام التنمية وخطط التنمية الدولية. وتؤكد الأمم المتحدة أنه لا يمكن تحقيق أهداف التنمية المحددة في "خطّة الألفية" إلا من خلال تأمين حصول الشعوب الفقيرة على الحدّ الأدنى من امدادات الطاقة، لكن هذه المهمّة في ظلّ أزمة الطاقة هي شبه مستحيلة. وكان البرنامج المذكور الذي وقّعته ١٨٩ دولة عام ٢٠٠٠، يهدف إلى خفض نسبة الفقر والجوع إلى النصف بحلول العام ٢٠١٥، وتأمين التعليم الابتدائي لجميع سكان العالم، تخفيض نسب وفيات الأطفال وتعزيز المساواة الجندرية والحدّ من انتشار الأوبئة والأمراض المعدية وتأمين الاستدامة البيئة...ألخ. واعترف التقرير السنوي لتقييم أهداف الألفية في صيف عام ٢٠٠٨ في ظلّ ذروة أزمة الطاقة أنه "بالاستناد إلى المسارات الحالية، من غير المرجّح تحقيق أهداف الألفية. التقدّم تجاهها هو بطيء جداً في الدول الهشّة، وهنالك حتى تراجع في بعض الأماكن"[2].

بالإضافة إلى ذلك، تزيد أزمة التغيّر المناخي معضلة جديدة على معضلة التنمية لأن الاحتباس الحراري يستوجب التخلّي عن الوقود الكربوني بغضّ النظر عما إذا كان الأخير في أزمة أم لا. والمعضلة الأخيرة هي مدار البحث الرئيسي اليوم في ظلّ مفاوضات المناخ، حيث يُطلق عليها اسم "معادلة أو معضلة جوهانسبرغ". والاسم هو نسبة لمؤتمر قمّة الأرض عام ٢٠٠٢ في جنوب أفريقيا الذي طُرحت فيه إشكالية "كيف يمكن الحفاظ على التنمية (أي الاستمرار في نفس معدّلات استهلاك الطاقة) وتخفيض الانبعاثات الكربونية في الوقت نفسه". والحلّ الوحيد يكمن في اعتماد استراتيجية التنمية المستدامة والاقتصاد المنخفض الكربون الذي تحدّثنا عنه في المبحث الثالث من الفصل الأوّل. وسنتعمّق أكثر في ارتباط التنمية المستدامة بالطاقة البديلة في المبحث التالي.

ب: الزراعة النفطية: تحدّي الأمن الغذائي في ظلّ ارتباط الثورة الخضراء بالوقود الأحفوري:

[1] Ending Dependence: Hard Choices for Oil-Exporting States, John V. Mitchell and Paul Stevens, OP.CIT, p 35.

[2] Newman, The final energy crisis, OPCIT, p 22.

لعلّ أخطر تداعيات أزمة الطاقة المحتملة هي تلك التي تطال الأمن الغذائي الدولي. فالزراعة المعاصرة، التي ترتكز على ما عُرف باسم "الثورة الخضراء"، تقوم في عمليّة الانتاج والتوزيع على الوقود الأحفوري بشكل شبه كامل. فهي ترتكز على زراعة وحصاد أراضٍ شاسعة بالاعتماد على الجرارات الآلية (العاملة على الوقود الأحفوري)، وتستوجبّ ضخّ كميات كبيرة من المياه لمسافات طويلة، وتعتمد على استهلاك كميات كبيرة من الأسمدة البترو كيميائية كالنيتروجين، ومبيدات الحشرات والقوارض والأعشاب الضارة، وهي كلها مواد مصنّعة من المشتقات البترولية. كذلك، هي تعتمد على تخزين وحفظ ونقل الغذاء بشكل آمن وصحّي وسريع من مراكز الانتاج البعيدة في الريف، إلى مراكز التوزيع والاستهلاك في المدن، وهذه عمليّات تستهلك كميات كبيرة من الوقود الأحفوري والطاقة في كلّ مراحلها. كذلك ترتكز المزارع الكبيرة لانتاج اللحوم والحليب، بالإضافة إلى عمليات صيد الأسماك للأهداف التجارية، وعمليات تصنيع المواد الغذائية وحفظها، على استهلاك مكثّف للطاقة.

وتستهلك الزراعة في بعض الدول كميات من الطاقة معادلة لاستهلاك القطاع الصناعي أو التجاري، ففي الولايات المتحدة مثلاً تبلغ نسبة الطاقة المبذولة في الزراعة ١٧ في المئة من مجمل الطاقة المُستهلكة في الدولة متفوّقة بذلك على استهلاك القطاع العسكري من الطاقة التي تبلغ ٩ في المئة فقط[١]. لهذا السبب، إن إطعام أميركي واحد خلال عام يستوجب ١٥٠٠ ليتر من النفط حيث أن كل سعرة حرارية من الغذاء تستوجب ما يعادل عشر سعرات حرارية من الوقود الكربوني لانتاجها[٢]. وفي الدول الأقلّ تطوّراً، تنخفض هذه النسبة تقريباً إلى النصف. ويصف هاينبرغ النظام الزراعي المعاصر بأنه "هشّ بشكل كبير جداً في جميع مستوياته أمام نقص إمدادات الوقود وارتفاع الأسعار"[٣].

وفي الواقع، إن العالم اختبر أكثر من مرّة تأثير أزمة الطاقة على الزراعة في أكثر من مكان في العالم، وهنالك مثالين تاريخيين بارزين يمكن أن يكونا نموجاً لتأثير أزمة الإمدادت النفطية على الأمن الغذائي وهما المثال الكوري الشمالي ونظيره الكوبي. ففي العام ١٩٩١ مع انهيار الاتحاد السوفياتي، فقدت هاتان الدولتان مصدر النفط الرخيص الذي كانت تؤمّنه موسكو لهما. ومع خسارة مصدر النفط الرخيص وعدم قدرة هافانا

[1] Richard Heinberg, Peak everything: Waking up to the century of declines, New Society Publishers, Canada 2007, p 48.
[2] David Pimentel and Mario Giampetro, "Food, Land, Population and the US Economy" *Carrying Capacity Network*, 11/21/1994. Archived at http://www.dieoff.com/page40.htm
[3] Heinberg, Peak everything: Waking up to the century of declines, OPCIT, p 48.

وبيونغ يانغ مالياً على شراء نفس الكميّات من النفط بسعره العادي في الأسواق العالميّة، دخلت كلّ من الدولتان في أزمة غذائية هي الأشدّ في تاريخهما المعاصر. وسنعرض الحالتان للإضاءة على ما يمكن أن يحصل للأمن الغذائي في العالم حين تترنّح إمدادات النفط.

١: النموذج الكوري الشمالي: الانهيار الشامل: كانت الزراعة في كوريا الشمالية زراعة مركزية واسعة منظّمة على أساس تعاونيات حكومية تنتج بشكل رئيسي الأرز والقمح. وكانت الدولة الكورية منذ الخمسينات طبّقت خطّة مكثّفة لتحديث القطاع الزراعي عبر إدخال الريّ الآلي، الكهرباء، الأسمدة والمبيدات، والمكننة. وبحلول الثمانينات كان القطاع الزراعي الكوري الشمالي من أكثر القطاعات الزراعية تطوراً في العالم مع كهرباء تغطّي كامل الريف وأكثر من ٧٥ ألف آلية زراعية وعدّة مصانع لانتاج الأسمدة والمبيدات. وكان معدّل استهلاك النفط في الزراعة الكورية هو ١١٠ – ١٤٠ ليتر لزراعة هكتار من الأرض سنوياً[١]. كذلك كان نظام الريّ يعتمد بشكل شبه كامل على الوقود الأحفوري حيث كان يتمّ ضخّه من الأنهار والمسطّحات المائية إلى القنوات والخزّانات المائية باستعمال المضخّات الكهربائية.

حين انهار الاتحاد السوفياتي انخفضت واردات كوريا الشمالية من النفط ٩٠ في المئة، ومن الفحم ٥٠ في المئة بسبب عجزها المالي عن شراء الوقود بأسعاره العالمية[٢]. ومع انقطاع النفط السوفياتي، وما سبّبه ذلك من هبوط أيضاً في انتاج الفحم المحلّي، لم تستطع كوريا الشمالية الحفاظ على نفس المستوى من الانتاج الزراعي، توقّفت المضخّات المائية على العمل وكذلك مصانع الأسمدة والمبيدات وبقيت الجرارات الآلية متوقّفة في الحقول غير قابلة للاستعمال[٣]. ورغم محاولات الحكومة الكورية تعويض نقص الطاقة بزيادة أعداد اليد العاملة الزراعية (زاد عدد العاملين في الزراعة في كوريا الشمالية من ٢٥ في المئة من السكان في الثمانينات إلى ٣٦ في المئة في التسعينات[٤])، تراجع انتاج الغذاء نحو ٥٠ في المئة وهبط انتاج الحبوب مثلاً ٤٥ في المئة عن مستواه في الثمانينات. ولا تزال هذه الدولة تعاني حتى اليوم من مشاكل بنيوية في قطاعها الزراعي بسبب قلّة الإمدادات النفطية حيث بلغ عجزها الغذائي في العام ٢٠٠٧ نحو مليون طن[٥]. وما زاد الطين بلّة هو سنوات القحط والجفاف التي ضربت شمال شرق آسيا خلال التسعينات، بالإضافة إلى الفيضانات التي قضت على المحاصيل الزراعية لسنوات متتالية. وذلك يعود جزئياً إلى انحسار الغطاء

[1] Newman, The final energy crisis, OPCIT, p 264.
[2] Newman, The final energy crisis, OPCIT, p 262.
[3] *FAO/WFP Crop and Food Supply Assessment, Mission to the Democratic People's Republic of Korea*, 1998–2004, Section 2, www.fao.org/giews/english/alert/index.htm, accessed May 10, 2007.
[4] Nicholas Eberstadt, *The End of North Korea*, AEI Press, Washington, 1999, p. 67.
[5] Lindsay Beck, "North Korea Facing 1 Million Tonne Food Shortage – WFP," Reuters, March 26, 2007.

النباتي في كوريا الشمالية نتيجة القطع الكثيف للأشجار لاستخدام الحطب كمصدر للطاقة، وإلى الزراعة المكثّفة للأراضي التي عرّت التربة بشكل كبير. المحصّلة النهائية كانت انهيار المنظومة الزراعية الحديثة في كوريا الشمالية وحصول أسوأ أزمة مجاعة في عقد التسعينات.

٢: المثال الكوبي: التحوّل إلى المحليّات: بعكس نظيرتها الكورية الشمالية لم تبني كوبا نظاماً زراعياً نفطياً خلال حقبة النفط السوفياتي الرخيص وبقيت الزراعة فيها تعتمد إلى حدّ كبير على الوسائل التقليدية. ورغم أن المبدأ الأساسي للتنظيم الزراعي في كوبا قبل انهيار الكتلة الاشتراكية كان الزراعة المركزية الواسعة التي ترتكز على التنظيم والسيطرة الحكومية المباشرة، استمرّت في الجزيرة الكاريبية تقاليد قوية لزراعة ريفية تقليدية وغير مركزية. وكان العائق الأساسي أمام إنشاء نظام زراعي مركزي حديث هو ضعف قطاع النقل في الجزيرة الذي يتيح نقل الغذاء من الأطراف الزراعية إلى مراكز الاستهلاك المدنية. لذلك عندما انهار الاتحاد السوفياتي واختفى النفط الرخيص من المستودعات الكوبية، كان خيار هافانا هو عكس الخيار الكوري تماماً، فبدل أن تحاول الحكومة كل ما في وسعها للحفاظ على سير النظام الزراعي المركزي قامت بإعادة هيكلة القطاع الزراعي بأكمله. وارتكزت إعادة الهيكلة على إعادة توزيع الأراضي بهدف تشجيع الزراعة الريفية المحلّية وترافق ذلك مع إعادة تنظيم إدارات الدولة بشكل لامركزي حيث تم توزيع المؤسسات العامة على جميع المناطق لتشجيع السكان على البقاء في الأرياف. وتم تحويل المزارع التابعة للدولة إلى مزارع فلاحية صغيرة وتعاونيات محليّة تُدار مباشرة من قبل المزارعين. كذلك تم تشجيع سكّان المدن على انتاج غذائهم حيث بات تقليد زراعة الخضار والفاكهة على الشرفات والسطوح من المناظر التقليدية في المدن والبلدات الكوبية. كذلك تم تعديل المناهج التربوية حيث بات اكتساب المهارات الزراعية الأساسية جزءاً من التعليم الابتدائي للأطفال. هذه الخطة المرتكزة على تغيير النمط الزراعي من زراعة مركزية نفطية إلى زراعة محلّية عضوية كانت المفتاح لتجنيب كوبا مجاعة شبيهة بتلك التي حصلت في كوريا الشمالية. واليوم كوبا هي إحدى الدول القليلة في العالم المكتفية ذاتياً غذائيا حيث يحصل الكوبيون على ٨٠ في المئة من طعامهم من الأسواق المحلية أو من الطعام الذي ينتجوه بأنفسهم[1].

ويطرح ارتباط الزراعة الحديثة بالوقود الأحفوري تساؤلات خطيرة في ظلّ استفحال أزمة الطاقة. فالزراعة النفطية كانت في الواقع هي المسؤولة عن الانفجار السكّاني في القرن العشرين من مليار نسمة إلى ستة مليارات ونصف في العام الحالي، والمخاوف الحالية من أن أزمة الطاقة يمكن أن تؤدّي إلى مجاعة عالميّة غير مسبوقة هي بالتالي مبرّرة. وفي هذا الإطار يحذّر العديد من الباحثين من أن "المعجزة الزراعية التي

[1] Newman, The final energy crisis, OPCIT, p 250.

حصلت في القرن العشرين قد تصبح كارثة زراعية في القرن الواحد والعشرين"[١] على وقع أزمة الطاقة. ويقول باحث آخر إن نهاية عصر النفط "قد تعني أن مالتوس لم يكن مخطئاً، بل كان فقط متقدّماً على عصره"[٢].

ج: المعضلة المالية والاقتصادية في ظلّ أزمة الطاقة:

تطرح أزمة الطاقة مضاعفات أخرى على المجالين المالي والاقتصادي لا تقلّ خطورة عمّا تحدّثنا عنه في الفصول السابقة. وما يزيد الأمر جديّة أن أزمة الطاقة تتزامن اليوم مع أسوأ أزمة اقتصادية – مالية للقرن الحالي، والتي شبّهها البعض بأزمة عام ١٩٢٩ الكبرى.

التأثير الأهم والأخطر لأزمة الطاقة على الصعيد المالي – الاقتصادي هو أنها تمتصّ بلايين الدولارات الإضافية من ميزانيات الدول لتسديد الفاتورة المرتفعة للطاقة. فالطاقة هي من الضرورات الأساسية لأي اقتصاد ولا يمكن تخفيض نسب استيرادها او استهلاكها إن ارتفعت أسعارها. وفي هذا المجال يشير الخبراء الماليون إلى أن أزمة الطاقة ستؤدي إلى تضاعف حجم أي أزمة اقتصادية في العالم. ويتحدّث بعض الاقتصاديين مثل جايمس هاميلتون ونوريبل روبيني عن أن أزمة الطاقة هي السبب الرئيسي للأزمة المالية والكساد الاقتصادي الذي شهدناه في العام ٢٠٠٨. ويقول هذان الاقتصاديان أن الأزمة المالية بدأت بتقلّص ميزانيات الدول الصناعية الغنيّة وتراجع الدخل القومي بسبب ارتفاع فاتورة النفط في الوقت الذي ساهمت فيه أموال الدوّل المصدّرة للنفط في تكبير حجم الفقاعة المالية بعدما اتجهت غالبية الاستثمارات إلى المضاربات والأسهم والقطاعات المالية غير المنتجة اقتصادياً[٣]. وأشار الباحث سمير أمين إلى أن الأزمة الاقتصادية التي بلغت ذروتها عام ٢٠٠٨ ترتبط أيضاً بالصراع على الموارد وخاصة مصادر الطاقة: "إن البعد الأساسي في هذه الأزمة النظامية (للرأسمالية)، يتعلق بالوصول إلى الثروات الطبيعية للكرة الأرضية، وهي ثروات أصبحت بشكل ملحوظ أكثر ندرة مما كانت عليه قبل نصف قرن"[٤].

---

[١] هاينبرغ، انتهت الحفلة: سراب النفط، مرجع سابق، ص ٢٧٣.

[2] Heinberg, Peak everything: Waking up to the century of declines, OPCIT, p 127.

[3] See: **Did High Oil Prices cause the Financial Crash?** By GIUSEPPE MARCONI for OIL-PRICE.NET, 2009/11/18, http://www.oil-price.net/en/articles/did-high-oil-prices-cause-financial-crash.php \ Also: **Oil Caused Recession, Not Wall Street** By TOM THERRAMUS for OIL-PRICE.NET, 2010/01/20 http://www.oil-price.net/en/articles/oil-caused-recession-not-wallstreet.php

[٤] أمين، سمير، الإنهيار المالي أزمة نظام؟ أجوبة خادعة وأخرى ضرورية، جريدة الأخبار ٨ كانون الأول ٢٠٠٨.

وفي ظلّ استمرار ارتفاع أسعار الطاقة هنالك مخاوف من أزمات اقتصادية دورية تحصل كلما عادت أسعار النفط إلى الارتفاع. ويقول روبرت ويسكوت المستشار الاقتصادي السابق للرئيس الأميركي أنه "إذا ارتفعت أسعار النفط إلى ١٢٠ دولار للبرميل وبقيت على هذا المستوى لعام واحد، فإنه من شبه المؤكد أن ذلك سيطلق ركوداً عالمياً"[١]. كذلك أشارت مؤسسة "غولدمان ساكس" المالية وممثلي منظمة "الأوبك" في دراسة لهم إلى أن النفط يمكن أن يبلغ ٢٠٠ دولار للبرميل خلال عامين، وأن ذلك سيعني أنه "رغم الجهود الحالية للتغلب على التباطؤ الاقتصادي الحالي لن يكون هنالك مهرب من كساد عالمي طويل الأمد"[٢]. وحذّرت دراسة لجامعة أوكسفورد عام ٢٠٠٧ من أن ارتفاع أسعار الطاقة "سيمحو بالكامل التقّدم في التنمية ضمن أهداف الألفية"[٣] التي حددتها الأمم المتحدة.

ويقول الخبراء الماليون أن ارتفاع أسعار النفط سيطرح أمام السياسات المالية معضلة غير قابلة للحلّ في المدى المنظور، إذ ان ارتفاع الأسعار يسبّب في الوقت نفسه كساداً وتضخماً، وسيكون السؤال حول ما إذا كانت البنوك المركزية ستقوم بتخفيض الفوائد لابعاد شبح الكساد أو برفعها لتجنّب التضخّم. وهنالك تحذيرات من أننا نواجه "احتمال وقوع الظاهرتين معاً ووجود خطر عدم التمكن من مواجهة أي منهما"[٤]. وكان حاكم بنك انكلترا ميرفين كيتغ قال أن عقد "التوسّع من دون تضخّم" (المعروف بـ Nice: non – inflationary continuous expansion) انتهى على خلفية ارتفاع أسعار النفط[٥].

د: آثار آخرى لأزمة الطاقة: الصناعة، النقل، الصحة العامة، البيئة وأوجه الحياة اليومية:

بما أن الوقود الأحفوري هو الأساس الحيوي للمجتمعات المعاصرة، فإن أي أزمة تطاله وخاصة النفط تنعكس سلباً على كافة أوجه الحياة.

[1] Wescott, Robert, What would a $120 oil mean for the Global Economy? Securing America's Future Energy, Washington DC, 2006, www.secureenergy.org/reports/westcott_report.pdf

[2] Blas, J. and Flood, C., 2008, "Analyst warns of Oil at $200 a barrel", Financial Times, May 6 2008, London.

[3] Energy, Politics and Poverty: A strategy for energy security, climate change and development assistance, University of Oxford, Great Britain, June 2007, p18.

[4] Preparing for Peak Oil, OP.CIT, p 7.

[5] ''Nice' inflation decade over', BBC News, http://news.bbc.co.uk/1/hi/programmes/moneybox/7404471.stm.

١: **ارتفاع الأثمان بشكل عام:** يدخل النفط ضمن العديد من المنتجات الصناعية وخاصة تلك البلاستيكية والسيارات الحديثة وكافة المنتجات المعلوماتية كالكمبيوتر وما شابه وكل التنكولوجيا الالكترونية الحديثة وبعض أنواع الثياب. وبالتالي إن ارتفاع أسعاره يؤدي مباشرة إلى ارتفاع أسعار كافة هذه المنتجات. وفي الواقع، بما أن كل عملية تصنيع وتوزيع للسلع تستوجب وقود أو كهرباء منتجة من الوقود الكربوني، فإن أزمة الطاقة تعني ارتفاع سعر كل شيء على الإطلاق بسبب ارتفاع تكاليف الانتاج.

٢: **أزمة قطاع النقل:** النقل هو القطاع الأكثر تضرراً في ظلّ أزمة الطاقة، وخاصة النقل الخاص. والخاسر الأكبر في مجال النقل هو قطاع الطيران لأنه لا توجد حتى اليوم تكنولوجيا للطائرات النفاثة لا ترتكز على الوقود السائل لأن محركات الطائرات لا يمكن لها العمل سوى على وقود ذات سيولة عالية وقدرة عالية على الاشتعال. وكان قطاع الطيران عاش أزمة كبيرة إثر ارتفاع أسعار النفط عام ٢٠٠٨ ولم يتعافى منها بعد. وأعلنت وقتها "رابطة النقل الدولي الجوي" (IATA) أن فاتورة الوقود لشركات الطيران ارتفعت من ٤٠ مليار دولار إلى ١٧٦ مليار خلال العام، ما أدّى إلى إفلاس ٢٤ شركة طيران بحلول النصف الأوّل من العام[١]. بالإضافة إلى ذلك، إن تكلفة صيانة الطرقات وإنشاء طرقات جديدة من الاسفلت (وهو من المشتقات البترولية) ترتفع بدورها. وفي حال عدم استطاعة الطاقة البديلة على الحلول مكان الوقود السائل ففي سيناريوهات المستقبل سيضحي السفر الجوّي أو حتى امتلاك سيّارة خاصة أمر متاح فقط للأغنياء من الطبقات العليا.

٣: **التدفئة والتبريد والصحة العامة** تلقي أزمة الطاقة بثقلها على عمليّتي التدفئة والتبريد المنزلي والصناعي على السواء. ومن أبرز آثار ذلك أنه يهدّد الصحة العامة خاصة في المجتمعات ذات المناخ المتطرف. وستواجه الصحّة العامة تحديات كبيرة في ظلّ ارتفاع أسعار الطاقة إذ لا يمكن إغفال أن "عمليات تكرير المياه ومياه الصرف الصحي والبحوث الطبية وتصنيع وتوزيع المضادات الحيوية واللقاحات جميعها بحاجة إلى طاقة"[٢]. فضلاً عن أنه هناك العديد من الأدوية المرتبطة بالمشتقات البترولية مباشرة. وسيشكّل كل ذلك تحدّياً كبير لأنظمة الصحة العامة حتى في الدول المتقدمة وسيصعّب عملية محاربة الأوبئة والأمراض المعدية.

[1] Preparing fo Peak Oil, OP.CIT, p 9.

[٢] هاينبرغ، "انتهت الحفلة: سراب النفط"، مرجع سابق، ص ٢٨٠.

٤: **الكهرباء، الأنظمة المعلوماتية والنظام المالي:** كل ذلك ولم نتحدّث بعد عن النقص في إمدادات الكهرباء. وتتوقع معظم الدراسات أن يصبح الحفاظ على كهرباء لـ٢٤ ساعة على ٢٤ في اليوم من الأحلام الصعبة حتى بالنسبة إلى الدول المتقدمة. وبالإضافة إلى ما يشكّله نقص إمدادات الكهرباء من خطر على كافة أوجه النشاط البشري نذكر على وجه التحديد آثاره على العمل والأمن والعمليات المالية والمعلوماتية والتعليم والصحّة والمستشفيات. وسيكون الاقتصاد المعلوماتي الجديد الذي يرتكز عليه النظام المالي والإعلامي بشكل كبير، أبرز ضحايا أزمة الطاقة لأنه يعتمد كلياً على توافر الكهرباء الدائمة وعلى تقنيات مصنوعة بشكل شبه تام من المواد البلاستيكية والمشتقات البترولية.

٥: **تسارع وتيرة التدهور البيئي:** بالإضافة إلى أزمة التغيّر المناخي التي سبق وتحدّثنا عنها، يقود ارتفاع أسعار الطاقة إلى تزايد الاعتداء على البيئة للحصول على الطاقة (كالحطب) مع ما يعنيه ذلك من تزايد وتيرة اختفاء الغابات والأنظمة الإيكولوجية. وكانت دراسة بيئية صدرت عام ٢٠٠٦ شارك فيها ١٣٠٠ عالم خلصت إلى أنه "من أصل ٢٤ نظام إيكولوجي مُصنّف على أنه ضروري للحياة البشرية، ١٥ منهم يتم دفعهم إلى ما وراء حدود الاستدامة تجاه حالة من الانهيار قد تكون مفاجئة وغير قابلة للعكس"[1].

* * *

تطرح أزمة الطاقة إذاً تحدّيات كبيرة على الاستقرار السياسي والاقتصادي والاجتماعي في العالم أجمع، فضلاً عمّا تشكّله من تهديد على الأمن الغذائي والصحي والبشري. وهذه التأثيرات نابعة من ظاهرة واحدة بسيطة جداً: ارتباط كافة النشاطات البشرية للمجتمعات المعاصرة بمصادر طاقة غير متجدّدة وذات آثار بيئية وخيمة: الوقود الأحفوري. وللخروج من هذه الحلقة المفرغة من الأزمات المترابطة، لا بدّ من انتهاج سياسات مختلفة جذرياً عما عرفه العالم في القرن الماضي تتمثّل بشكل أساسي باستراتيجيات التنمية المستدامة، وهو ما سنعالجه في المبحث التالي.

[1] Millenium Ecosystem Assessment. UNDP and several International NGOs, maweb.org/en/index.aspx

المبحث الثاني

التنمية المستدامة وسياسات الطاقة البديلة

قبل حصول الصدمة النفطية الأولى بأعوام قليلة، توقّع الجيولوجي الأميركي م.ك هوبرت، صاحب نظرية "الذروة النفطية"، وصول العالم الصناعي إلى أزمة طويلة الأمد في مجال الطاقة إن لم يكن هنالك من تحوّل هيكلي إلى مصادر الطاقة البديلة. وقال هوبرت وقتها: "إننا في أزمة ناتجة عن تطوّر المجتمع البشري. وهذا أمر فريد ومتعلّق بكلّ التاريخ البشري والبيئي، فهو لم يحدث مسبقاً ولا يمكن أن يحدث مرة أخرى. يمكنك

استخدام النفط مرة واحدة فقط. ويمكنك استخدام المعادن مرة واحدة فحسب. وإن استمرّينا على المنوال نفسه، سرعان ما سيتم حرق كل النفط واستخراج كل المعادن وبعثرتها"[1].

ورغم مرور أكثر من نصف قرن على كلامه، وحصول ثلاث صدمات نفطيّة حتى الآن ووصول الأزمة المناخية إلى ذروتها، لا يزال التحوّل الهيكلي الشامل إلى الطاقة المتجدّدة خياراً ثانوياً على الساحة الدولية والمحليّة. وتزيد ظاهرة تزامن الأزمات العالمية في مجالات الطاقة والمناخ والغذاء والعلاقات الدولية والغذاء والاقتصاد من صعوبة تطبيق هذا الخيار على أرض الواقع، وهو يواجه في الأصل عوائق اقتصادية وسياسية وتقنية مهمّة. وهذا ما يدفع الحكومات اليوم للاكتفاء بدور معالجة الأزمات، متجنّبة بذلك الكلفة السياسية والمالية المرتفعة للسياسات الوقائية وفي صلبها سياسات التنمية المستدامة.

ورغم كل هذه المتاعب، تظهر خلاصات الفصلين الأوّلين أن التحوّل إلى مصادر الطاقة المتجددة لم يعدّ مجرّد خيار تقني يمكن الأخذ به أو وضعه جانباً، بل هو ضرورة ملحّة لتجنّب انهيار المجتمعات المعاصرة على وقع شحّ الطاقة على الأمد الطويل، وللحؤول تعاظم ظاهرة التغيّر المناخي إلى درجة تهدّد بقاء الجنس البشري نفسه.

لذلك تبرز في هذا الفصل أهميّة معالجة الصلة الوثيقة للطاقة البديلة، النظيفة والمتجدّدة، بسياسات التنمية المستدامة كبديل استراتيجي للتنمية التقليدية التي ارتكزت في القرن الماضي على النموّ السريع المعتمد على الطاقة الأحفورية الرخيصة. وعلى ضوء ذلك سيتناول الفصل كذلك أهمّ العقبات التي تحول دون تطبيق استراتيجيات التنمية المستدامة بهدف رسم أشمل صورة ممكنة عن العوامل التي ترسم أفق سياسات الطاقة للقرن الواحد والعشرين. وعلى ضوء كل ذلك، سنختم الفصل بالحديث عن إمكانيات الطاقة المتجدّدة في لبنان والسياسات التي يمكن تطبيقها على أساسها.

الفقرة الأولى: الطاقة البديلة والتنمية المستدامة: الروابط والمبادىء والتجارب

[1] Robert L. Hickerson, Hubbert's Prescription for Survival, A Steady State Economy, 1995, www.hubbertpeak.com/hubbert/hubecon.htm

ظهر مصطلح التنمية المستدامة للمرّة الأولى في العام ١٩٨٧ في تقرير اللجنة العالمية للبيئة والتنمية التابعة للأمم المتّحدة الذي عرّف المصطلح على أنه "تنمية تستجيب لحاجات الحاضر من دون أن تعرّض قدرة الأجيال الطالعة للمجازفة في تلبية حاجاتها"[١]. على أثر التقرير المذكور دخل مصطلح التنمية المستدامة إلى العالم الاقتصادي والسياسي من بابه الواسع، وتتالت المؤتمرات الدولية من بعده وأثمرت عن اتفاقات ومعاهدات دولية مثمرة ارتكزت على مبادىء التنمية المستدامة، أهما بروتوكول مونتريال للحدّ من المواد المضعفة لطبقة الأوزون عام ١٩٨٧، و"قمّة الأرض" في ريو دي جانيرو عام ١٩٩٢ التي ركّزت على حماية البيئة، وبرتوكول كيوتو عام ١٩٩٧ الذي يهدف لتخفيض الانبعاثات المسبّبة للتغيّر المناخي بالإضافة إلى إعلان الألفية عام ٢٠٠٠ والعديد من المؤتمرات الإقليمية والدولية الأخرى.

ويلّخص الدكتور ريمون حداد مبادىء التنمية المستدامة بأربعة[٢] هي:

- "اعتبار الإنسان مركز اهتمامات التنمية المستدامة".
- اعتماد سياسات طويلة الأمد وأخذ مصلحة الأجيال القادمة بعين الاعتبار.
- إدراك الترابط الاقتصادي والبيئي والاجتماعي بين المحلّي والدولي.
- المسؤولية الإنسانية تجاه البشر وتجاه الطبيعة التي يشكّل الحفاظ على الحقوق الإنسانية والتناغم البيئي جوهرها.

وتجد التنمية المستدامة ترجمتها العمليّة في ثلاثة أبعاد مترابطة ببعضها بعضاً[٣]، هي الأبعاد الاجتماعية، البيئية والاقتصادية. ويركّز البعد الاجتماعي على التنمية البشرية التي تشمل ضمان الحقّ في الوصول للخدمات الصحّية والتربوية والحقوق والحريات والمشاركة لجميع أفراد المجتمع في الحياة العامة. أما البعد البيئي فهو منبثق من أهميّة الحفاظ على استدامة وتوازن البيئة الطبيعية والموارد والأنظمة الإيكولوجية الضرورية لحياة وازدهار الإنسان. ويتمحور البعد الاقتصادي على "تنظيم الانتاج والتوزيع وتوجيه الاستهلاك بهدف إشباع حاجات السكان" مع الأخذ بعين الاعتبار "دمع حسابات الأمد الطويل والمسؤولية الاجتماعية والبيئية"[٤].

---

[١] ريمون حداد، نظرية التنمية المستدامة، بيروت ٢٠٠٦، ص ٤.
[٢] للمزيد: المرجع أعلاه: ص ١٠-١٤.
[٣] أيضاً راجع: د. حداد، نظرية التنمية المستدامة، ص ١٦ – ٢٥.
[٤] المصدر نفسه، ص ١٨.

وتشكّل الطاقة البديلة أحد المفاتيح الرئيسية لنجاح التنمية المستدامة في أي مكان من العالم. وسنتحدّث في الفقرة التالية عن علاقتها بكلّ من أبعاد التنمية المستدامة.

الطاقة البديلة وأبعاد التنمية المستدامة

تشكّل الطاقة البديلة المتجدّدة إجابة بديهية لمسألتي "الأمد الطويل" وإدخال الكلفة البيئية ضمن الدورة الاقتصادية، اللتان تشكّلان أحد ركائز الاقتصاد المستدام والتوازن البيئي. فمن ناحية أولى إن هذه المصادر هي مصادر متجدّدة لا تنفذ بالاستهلاك ولا تهدّد بالتالي قدرة الأجيال اللاحقة على الاستفادة منها بعكس الوقود الأحفوري المعرّض للنفاذ مستقبلاً من دون وجود بديل مماثل يحلّ مكانه.

كذلك لا يسبّب توليد الطاقة من المصادر المتجدّدة انبعاثات غازيّة، ما يجعله عنصراً رئيسياً في عمليّة محاربة التغيّر المناخي والتخفيف من نسبة غازات الدفيئة الموجودة في الغلاف الجوّي خاصة أن البيئة الأرضية هي أساس التنمية ومن دونها لا وجود لأي امكانية للحياة البشرية. بالإضافة إلى ذلك، إن بعض أنواع الطاقة المتجدّدة تساهم في حلّ مشكلات بيئية أخرى، فتكنولوجيات الطاقة الشمسية يمكن استعمالها مثلاً في تنقية المياه فضلاً عن امكانية إطلاق بخار يسهم في تبريد الجوّ. في المقابل، إن الوقود الأحفوري هو السبب الأساسي للتدهور البيئي والتلوّث الذي يطال المياه والهواء والتربة فضلاً عن أنه السبب الأساسي لظاهرة الاحتباس الحراري.

إلى ذلك، تشكّل إمكانية الاستفادة من مصادر الطاقة البديلة محلياً (الطاقة الشمسية، الهوائية والهيدروليكية المائية) ميزة فريدة تسهم في تنشيط حيوية الاقتصادات الريفية ودعم فرص التنمية المحلية. ويمكن للطاقة البديلة المحلّية أن تؤمّن الطاقة الضرورية لعمليّة التنمية في المجتمعات الفقيرة؛ فالإنارة والتدفئة وتحسين وسائل النقل والاتصالات وتشغيل المستشفيات وتجهيز المدارس وضخّ المياه وحفظ الطعام والتجارة هي كلها نشاطات بحاجة لتوافر الكهرباء. ويسهم ذلك بدوره في تعزيز عمليّة التنمية الاجتماعية عبر زيادة فرص التعليم، وتعزيز مستوى الرعاية الصحّية محلياً وتعزيز الأمن الغذائي والمائي، ورفع العبء عن النساء اللواتي يعمل معظمهن في المجتمعات الفقيرة على جمع الحطب وحمل المياه والقيام بالمهمّات الشاقة.

وبذلك فإن الطاقة المتجدّدة والنظيفة هي حجر أساس لعمليّة التنمية المستدامة. لكن تنبغي الإشارة إلى أن هذه التنمية تحتّم استبعاد بعض المصادر التي تُصنّف تقليدياً على أنها بديلة، مثل الطاقة النووية التي ليست لا طاقة متجدّدة ولا طاقة صديقة للبيئة، والطاقة الحيوية ذات الآثار البيئية والاجتماعية الوخيمة. ورغم الصلة الواضحة للطاقة المتجدّدة مع التنمية المستدامة، تواجه عمليّة التحوّل الهيكلي من الوقود الإحفوري إليها عوائق عديدة نناقشها في الفقرة التالية.

الفقرة الثانية: العوائق الحالية أمام التحوّل الهيكلي للطاقة البديلة

إن التخلّي عن الوقود الأحفوري والتحوّل إلى مصادر الطاقة البديلة والمتجدّدة ليس بالسهولة التي تصوّرها بعض المنظمات البيئية المتحمّسة، إذ لا يقتصر كما هو الحال بحسب أدبياتها على "اتخاذ القرار السياسي"، بل يرتبط بمجموعة من العوامل التقنية والاقتصادية والسياسية والدولية المتداخلة والمعقدّة. ومن هذه العوامل هي التحديات الاقتصادية المتمثلة بشكل أساسي في مشكلتي الاستثمارات والبنية التحتية والخوف من الكساد، بالإضافة إلى الاعتبارات السياسية التي تضع الحكومات غالباً في موقع تجاهل المشكلة، بالإضافة إلى هيمنة المنطق الاقتصادي الليبرالي التقليدي في ظلّ أزمة تستوجب التدخل الواسع في الأسواق والاقتصاد، فضلاً عن معضلة النفاذ السريع للوقت أمام إمكانيات التحوّل الشامل.

أ- التجاهل الحكومي وتواضع الاجراءات والخطط البديلة:

رغم تراكم الدراسات التي تبيّن جديّة أزمة الطاقة لا تزال الخطوات الرسميّة في معظم دول العالم خجولة جدّا، إن لم تكن معدومة. وبسبب الاعتبارات السياسية يقوم العمل الحكومي اليوم على ذهنية "إدارة الأزمات" بدل انتهاج السياسات الوقائية المكلفة مالياً وسياسياً وانتخابياً. ولا تزال معظم الحكومات حول العالم ترفض علانيّة الحديث عن اقتراب "الذروة النفطية" رغم أن التحذيرات منها أتت في العديد من الأحيان على صفحات دراسات حكومية كما في فرنسا وألمانيا والسويد والولايات المتّحدة. وكنّا لاحظنا خلال دراستنا لمراجع هذا البحث اتجاه معظم مراكز الأبحاث في خطابها إلى السلطات المحليّة لادراكها ربّما أن ترجمة توصياتها على مستوى الحكومات المركزية لا يزال بعيد المنال.

وكان رئيس الوزراء البريطاني غوردون براون عبّر عن ما يدور في أروقة الحكومات الأوروبية حول هذا الشأن مؤكداً أنه بنظر لندن "إن موارد النفط والغاز في العالم وافرة كفاية لدعم النمو الاقتصادي في المستقبل المنظور"[1]. والمفارقة أن التصريح أتى في الوقت نفسه الذي فيه كان ٢٥ نائباً بريطانياً ينشأون "اللجنة البرلمانية المشتركة حول ذروة النفط والغاز" من أجل دراسة احتمالات "الذروة النفطية" وتاريخها وتأثيرها على اقتصاد المملكة المتحدة. وباستثناء اليابان ودول الاتحاد الأوروبي التي قررت رفع اعتمادهما على الموارد المتجددة (ومنها الوقود الحيوي) إلى ٢٠ في المئة بحلول عام ٢٠٢٠، تقتصر الخط العمليّة في بقية العالم الصناعي على تحرّكات محلية لمجالس المحافظات والبلديّات فيما لا تعير غالبية حكومات العالم الثالث أي أهميّة على الإطلاق للموضوع. ولا يوجد في أميركا الشمالية سوى ٢٠ بلدة ومدينة صغيرة في الولايات المتحدة وكندا درست وتبنّت وبدأت بتطبيق سياسات جديدة للطاقة[2] تهدف إلى التخلّي عن استهلاك النفط، وباتت تُعرف اليوم حول العالم باسم "استراتيجيات عصر الذروة النفطية" Peak Oil Strategy. وكانت مدينة أوراغون الأميركية السبّاقة في هذا المجال وباتت خطّتها اليوم نموذجاً يحتذى به بعدما استعانت في وضع خطّتها بعشرات الخبراء الاقتصاديين والتقنيين والبيئيين، وقامت الخطّة على ثلاثة أهداف أساسية[3]:

- تخفيض استهلاك النفط والغاز بنسبة ٥٠ في المئة خلال الخمسة وعشرون عام المقبلة عبر الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة وتحسين الكفاءة الاستهلاكية في مجالات النقل والكهرباء والتدفئة والاستهلاك الفردي.
- القيام بحملات دعائية والتواصل بشكل مباشر مع المواطنين لتثقيفهم حول "الذروة النفطية" وتشجيع تطبيق وابتداع الحلول المحليّة.
- فسح المجال أمام القادة المحليين والشركات والأعمال في نطاق المدينة للمشاركة في التخطيط ووضع السياسات العامة، وتشجيعهم على اتخاذ المبادرات العمليّة بأنفسهم.

[1] The official website of the prime Minister of United Kingdom, www.pm.gov.uk
[2] List is Available on: http://www.postcarboncities.net/peakoilresponses
[3] City of Portland, Oregon, 'Descending the Oil Peak: Navigating the Transition from Oil and Natural Gas – Report of the City of Portland Peak Oil Task Force', March 2007

وأقرّ الرئيس الأميركي الجديد باراك أوباما عند تسلّمه مقاليد الرئاسة خطة طموحة للطاقة لعشر سنوات مقبلة، خصّص بموجبها ١٥ مليار دولار لانفاقها على تقنيات الطاقة النظيفة ومنها الوقود الحيوي. وتتضمن خطة أوباما[1]:

- استثمار ١٥ مليار دولار في البنية التحتية لانتاج ونقل وتوزيع واستهلاك الطاقة المتجددة والنظيفة، مثل الطاقة الهوائية ومنشآت الطاقة الشمسية، والهدف هو الوصول إلى توليد عشرة بالمئة من الكهرباء في البلاد من الطاقة المتجددة بحلول العام ٢٠١٢، و ٢٥ % بحلول العام ٢٠٢٥.
- تخفيض الاستهلاك الأميركي من النفط المستورد بحلول االنصف خلال عشر سنوات من الآن.
- فرض ضريبة على انبعاثات الغازات الدفيئة. ومن المفترض أن يتم تمويل البرنامج بشكل أساسي من عائدات هذه الضريبة.
- وضع مليون سيارة هجينة تعمل على الكهرباء والوقود معاً في الأسواق الأميركية بحلول العام ٢٠١٥.

ورغم مرور نحو عامين على إقرار هذه الخطّة لم يتم تحقيق سوى القليل من التقدّم خاصة بعدما أطاحت الأزمة المالية الأخيرة معظم خطط التنمية الاقتصادية لولاية أوباما. وهنالك تشكيك واسع في أوساط الطاقة الأميركية بامكانية تطبيق هذه الخطّة نظراً للمعارضة الشديدة التي تواجهها من قطاعات نافذة في مجالات الصناعة (المعارضة للضريبة على انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون)، وفي الأوساط المالية المتشائمة من انفاق هذه المبالغ المالية الكبيرة في الوقت الذي تعاني فيه الميزانية خللاً خطيراً. كذلك، تواجه هذه الخطة انتقادات من الناشطين البيئيين الذين يرونها غير عمليّة وأقلّ بكثير مما هو مطلوب، إذ إن المبالغ المرصودة لها ضئيلة (١٥ مليار دولار على عشرة سنوات، مقابل ٧٨٠ مليار دولار تم انفاقها من الخزينة الأميركية عامي ٢٠٠٨ –٢٠٠٩ لانقاذ الأسواق المالية)، كما أن المبالغ غير متوفرة حالياً وتعتمد على إيرادات غير محقّقة بعد (الضريبة على الكربون)، فضلاً عن أنها تعطي الأهمية الأكبر للوقود الحيوي الذي لا يزال سبباً رئيسياً لأزمة الغذاء العالمية.

ب– التحديات المالية والإقتصادية أمام سياسات التحوّل:

[1] Barack Obama's plan to make America a global energy leader, official document from the state department, United States Government, 2008.

إن أهمّ أسباب العجز الحكومي في مواجهة أزمة الطاقة هو المتطلّبات الاقتصادية والمالية الهائلة لسياسات التحوّل.

وأهمّ هذه المتطلّبات هي المبالغ الخيالية المطلوبة للقيام بهكذا تحوّل إذ أنه من المفروض استثمار ترليونات الدولارات سنوياً لصرفها على أبحاث التطوير التقني وعمليّات التطبيق العملي وإنشاء البنى التحتيّة الملائمة لهذا النوع من الطاقة – من معامل الكهرباء وشبكات التوزيع وصولاً إلى وسائل النقل وتعديل الأبنية والمدن وإعادة تنظيم التجارة والاقتصاد والزراعة...ألخ. وعند الحديث عن بنية تحتية جديدة يجب الأخذ بعين الاعتبار أن البنية الانتاجية والاستهلاكية للمجتمعات المعاصرة تم تنظيمها طوال القرن الماضي على مبدأ استهلاك أنواع الوقود الكربوني ولن يكون استبدالها سهلاً، خاصة في ظلّ معضلات الجغرافيا والمساحة المطلوبة للمنشآت والمسافات الطويلة بين مراكز الانتاج والاستهلاك ومشكلة التخزين التي تطرحها أنواع الطاقة البديلة. ومن المعروف أن البنية التحتية الحالية للطاقة هي بنية غير مرنة وتشكّل بحدّ ذاتها مشكلة أمام التحوّل الهيكلي. فالبنية التحتية للطاقة الكربونية تقوم على دورة تشغيلية للرأسمال المادي تصل أحياناً إلى مئة وخمسين عام[1]، ومن الصعب إقناع هذا القطاع النافذ اقتصادياً والمتواجد بقوّة في مراكز القرارات الحكومية بالتخلّي فجأة عن استثماراته السابقة في البنية التحتية واستبدالها ببنية جديدة ملائمة للموارد المتجددة. وتظهر الدراسات حول دورة حياة البنية التحتية في قطاع الطاقة أن أي تقنية جديدة فيه تستلزم نحو ٢٥ عاماً لتصبح منتشرة بشكل واسع[2]، فكيف اذا كان الأمر متعلّق باستبدال كامل للبنية التحتية؟

وفي هذا المجال هنالك حالياً خلاف بين مؤيدي التحوّل الهيكلي حول دور السوق في عملية التحوّل، فالتيار الداعي لدور أكبر للدولة يدافع عن ضرورة فرض سياسات التحوّل من خلال أجهزة دولية وحكومية بأسرع وقت ممكن لتجنّب استفحال ظاهرة التغيّر المناخي واستباق حلول الذروة النفطية فيما يرى التيار الليبرالي أن الأسواق الحرّة قادرة وحدها، بتحفيزات حكومية بسيطة، على تحقيق تحول شامل خلال السنوات المقبلة.

وتأخذ معظم الحكومات والمؤسسات الدولية حالياً بالمنطق الثاني في التعامل مع أزمة الطاقة. وتؤكد الوكالة الدولية للطاقة مثلاً على أولوية السوق في السياسات الجديدة وتعتبر أنه "يجب على مسار الحدّ من الانبعاثات العالميّة أن يأخذ بعين الاعتبار المتطلبات التقنية والتكاليف في قطاع الطاقة. فالدورة العادية

[1] Global Trends 2025: A Transformed World, National Intelligence Council, Op.CIT, p 44.
[2] IBID, p 44.

لاستبدال الرأسمال هي كابح أساسي للسرعة التي يمكن فيها للتقنيات الجديدة المنخفضة الانبعاثات الدخول قيد الاستعمال بكلفة مناسبة"[1]. لكن انتظار الدورة العادية للرأسمال في مجال الطاقة قد لا يكون خياراً عقلانياً حيث تشير كل الإحصاءات إلى أنه لا بدّ من تحوّل واسع يطال بنى الانتاج والاستهلاك الموجودة حالياً للطاقة لا الاكتفاء فقط بتطبيق السياسات البيئية على المنشآت الجديدة. وتحذّر دراسة للوكالة الدولية نفسها من أنه "حتى ولو بُنيت كل معامل الكهرباء الجديدة في العالم من الآن وصاعداً كمنشآت لا تطلق أي انبعاثات كربونية على الإطلاق، ستكون الانبعاثات الناتجة عن قطاع الطاقة أقل بنسبة ٢٥ في المئة فقط بحلول العام ٢٠٢٠"[2] وهي نسبة قليلة جدّا بالمقارنة مع أكثر الخطط تواضعاً لمكافحة التغيّر المناخي.

وتستلزم معظم السيناريوات المقترحة لمواجهة التغيّر المناخي تخصيص ميزانيات خيالية قد لا تكون متوافرة لدى الحكومات خاصة عندما يضغط ارتفاع أسعار الطاقة بقوّة على ميزانيات الدول في كلّ مكان. وإذا ما أراد العالم تجنّب موجة انقراض شبه شاملة بسبب التغيّر المناخي عليه الحؤول دون ارتفاع معدّل درجات الحرارة ستّ درجات مقارنة مع بداية القرن العشرين. وتثبيت ارتفاع الحرارة على ثلاث درجات يستوجب تثبيت انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون على ٥٥٠ جزء بالمليون. وهذا بدوره يستوجب صرف ٤,١ ترليون دولار إضافي في البنية التحتية بين عامي ٢٠١٠ و٢٠٣٠[3]، علاوة على الترليونات المطلوب استثمارها في قطاع الطاقة الكربونية للحؤول دون انخفاض مستويات الانتاج. كذلك يستوجب السيناريو نفسه زيادة الانفاق الفردي في مجال الطاقة (للحصول على تقنيات أكثر نظافة وكفاءة في استهلاك الطاقة) بمعدّل ١٧ دولاراً لكل فرد في العالم[4]، أي ما يوازي دخل عدّة أسابيع أو شهور للعديد من المواطنين في أفقر بلدان العالم.

أما سيناريو تثبيت انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون على ٤٥٠ جزء بالمليون لتثبيت ارتفاع درجة الحرارة على درجتين مئويتين فقط (وهو الحدّ الأقصى لكي تبقى الحياة على الكوكب من دون تداعيات دراماتيكيّة)، فيستوجب إنفاقاً خيالياً يفوق ٥,٨ ترليون دولار بالإضافة إلى الاستثمارات العادية في مجال الطاقة[5]. وهو ما يجعله سيناريو صعب التحقيق. وتشير الوكالة حول هذا السيناريو أنه حتّى "وإن وضعنا جانباً الجدل حول مدى ملائمته السياسية، فإنه ليس من المؤكد أن حجم التحوّل المطلوب يمكن تحقيقه من الناحية التقنية"[6].

[1] World Energy Outlook 2008, IEA, OP.CIT, p 11.
[2] IBID, p 12.
[3] IBID, p 14.
[4] IBID, p 14.
[5] IBID, p 14.
[6] World Energy Outlook 2008, IEA, OP.CIT, p 14.

هذا كلّه ولم نذكر بعد الانفاق المطلوب للاضطلاع بالسياسات الأكثر جذرية التي طرحتها المنظمات البيئية على مؤتمر كوبنهاغن الماضي والقاضية بتثبيت الانبعاثات على ٣٥٠ جزء بالمليون لأن الحرارة قد ارتفعت درجتين منذ الآن رغم أن تركيز الكربون في الجو لم يبلغ بعد ٣٤٠ جزء بالمليون[١].

وفي الواقع، إن تداعيات أزمة الطاقة قد تشكّل دافعاً قوياً لبعض الدول، لا فقط لإسقاط مكافحة التغيّر المناخي عن جدولها بل أيضاً للاستفادة من نتائجه. وقد يفتح ذوبان الثلوج واعتدال المناخ في مناطق غنيّة بالموراد كانت سابقاً متطرفة مناخياً وغير قابلة للاستغلال الاقتصادي شهيّة الدول الكبرى على الموارد المدفونة تحت الجليد. وكانت الأعوام الماضية شهدت أكثر من اجتماع دولي حول تقاسم ثروات القطب الشمالي ومنطقة الغرينلاند التي من المتوقع أن تشهد خلال العقد الحالي للمرة الأولى في التاريخ ذوباناً كاملاً للثلوج صيفاً[٢]. وورد في التقرير الأخير لمجلس الاستخبارات الأميركي جردة حساب للدول الرابحة من ذوبان ثلوج قطبي الكرة الأرضية تقول أن "الحصيلتين الرئيسيتين لقطب شمالي مفتوح هو تحسين القدرة على الوصول إلى مصادر الطاقة والموارد المعدنية الهائلة فيه وطرق شحن بحرية أقصر"[٣]. وأكد التقرير أن الثروات المحتملة هي من حقّ الولايات المتحدة، كندا، روسيا، الدنمارك والنروج، بحسب القانون والاتفاقات الدولية، ومشيراً إلى رغبة مشتركة بين هذه الدول للتعاون التقني في استخراج موارد المنطقة الشمالية ومنع وصول "قوى عدائية" أو فاعلين غير حكوميين "خطيرين" إلى هذه المنطقة.

ولا تزال الحكومات الكبرى في طور رفض تطبيق خطّة دولية جذرية لتجنّب الآثار الكارثية للتغيّر المناخي رغم المواقف اللفظية الإيجابية. والسبب الحقيقي للرفض الحكومي هو في أن الاجراءات والتكلفة المتوقّعة للتوصّل إلى النسبة المعقولة بيئياً من الانبعاثات قد تؤّدي إلى تباطوء اقتصادي كبير في الدول المتقدّمة وتطيح بجزء لا يستهان به من طموحات التنمية السريعة في دول مثل الصين والهند وأندونيسيا والبرازيل. وهو ما عبّرت عنه المؤسسة الأميركية الرسميّة في تقرير مجلس الاستخبارات الأخير الذي حذّر من أن "التخفيضات الجذرية في النسبة المسموحة من انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون ستؤثر بشكل سلبي على

---

[١] راجع: Climate Solutions: The World Wide Fund For Nature Vision for 2050, Paper prepared for WWF's Global Energy Task Force by Karl Mallon, Greg Bourne and Richard Mott, WWF International, Switzerland 2007.

[2] TUAN C. NGUYEN and BILL BLAKEMORE, Arctic's First Ice-Free Summer Possible Even This Year, ABC News, June 27, 2008, http://abcnews.go.com/Technology/story?id=5265092

[3] Global Trends 2025: A Transformed World, National Intelligence Council, Op.CIT, p 53.

الاقتصادات الصاعدة التي لا تزال في مرحلة التقنيات القليلة الكفاءة، وستطال أيضاً المستهلكين الكبار في العالم المتقدّم مثل الولايات المتحدّة وقد تؤدي إلى غرق الاقتصاد العالمي في كساد أو أسوأ"[1].

ج- معضلة الشمال – الجنوب وسؤال الحق في التنمية المرتكزة على الكربون

أمام هذه المتطلّبات المالية الهائلة، قد يكون صرف الأموال لتحقيق تحوّل إلى الطاقة المتجددة هو رفاهية غير متاحة لدول مثل الصين والهند والدول النامية ذات الوضع المالي الصعب. فالوقود الأحفوري، رغم أزمته، يبقى المورد الأرخص (من ناحية الكلفة المباشرة) في مجال الطاقة، والتحوّل منه – إرادياً – إلى موارد أكثر كلفة هو مغامرة مالية وسياسية لا يمكن لمعظم حكومات العالم النامي القيام بها من دون دعم جدّي من الدول المتقدّمة.

والأموال والإرادة السياسية المطلوبة للتحوّل إلى الطاقة البديلة هي في معظم الأحيان في دول الجنوب معضلة سياسية بالدرجة الأولى. ففي حالة الصين مثلاً، لا يبقى لتطبيقات الطاقة المتجددة سوى ميزانية ضئيلة بالنسبة لميزانية مصادر الطاقة التقليديّة أمام ضغط النموّ الضروري لاستقرارها السياسي والاقتصادي. وهنالك سنوياً ٣٤ مليون وافد صيني جديد إلى سوق العمل لا ينجح سوى نصفهم فقط بإيجاد عمل[2] رغم أن النموّ لم ينخفض عن ٨ في المئة منذ عقدين إلى اليوم. ومن الطبيعي بالتالي أن تتّجه بكين إلى الطاقة الرخيصة والسهلة المتمثلة بالفحم الوافر على أراضيها والغاز والنفط وبناء المنشآت النووية والايثانول، لتوفير الأموال في تدعيم أمنها الاقتصادي والسياسي والاجتماعي. ولا يملك العملاق الآسيوي في الواقع القدرة على خفض أحادي لانبعاثات الكربون مخاطراً بتباطؤ التنميّة مع ما يعنيه ذلك من انهيار سياسي وربّما أزمة اقتصاديّة عالميّة.

وانطلاقاً من هنا، يمكن الإشارة إلى معضلة التفاوت الدراماتيكي في حصّة استهلاك الفرد من الطاقة بين الأمم المتقدّمة والأمم الأكثر فقراً، وبلغ الاستهلاك الأميركي السنوي ٨٠٧٦ كليوغراماً من النفط للفرد الواحد في عام ١٩٩٧، وتراوح الاستهلاك الأوروبي بين ٢٧٢٩ كليوغرام في اسبانيا و٦٤٣٥ في فنلندا فيما بلغ ٤٠٨٤ كيلوغراماً في اليابان. وكلّ ذلك مقابل ٤٧٩ كليوغرام فقط في الهند، و١٠٥١ كليوغرام في البرازيل

[1] Global Trends 2025: A Transformed World, National Intelligence Council, Op.CIT, p 55.

[2] جريدة الأخبار، ٥ كانون الأول، ٢٠٠٨، ص ٢٨.

و١٩٧ كليوغرام في بنغلادش التي تعتبر الأفقر في العالم من حيث الاستهلاك الفردي للطاقة[١]. ويأتي لبنان في المرتبة الـ ٧١ في العالم من حيث معدّل الاستهلاك الفردي من النفط[٢]، وهو رقم عالي جداً نسبة أنه لا يوجد موارد نفطية في هذا البلد، وتتجاوز حصّة اللبناني من استهلاك النفط حصّة نظيره في دول مثل روسيا، الصين، الهند، إيران، مصر، تركيا، كرواتيا، المسكيك، الأرجنتين[٣]. ويلقي هذا التفاوت بظلاله على أي سياسة عالمية للطاقة، حيث لا يزال الرأي العام في الدول المتقدمة ميالاً لرفض أي تخلّ عن مستوى معيشته المرتفع في سبيل بيئة سليمة وتنمية أكثر استدامة، فيما تشدّد قوى العالم النامي على حقّها في إيصال شعوبها إلى مستوى المعيشة الغربي الذي سبّب، بإسرافه في استهلاك الموارد ومنها موارد الطاقة، الأزمة في الأساس. ويتمثّل الحل المنطقي بتحديد معدّل عالمي لنسبة استهلاك الفرد من النفط وتطبيقه على مستوى دولي شامل، إلا أنه من الصعب تخيّل قيام الدول المتقدّمة إرادياً، باقتطاع الأموال والضرائب وتخفيض مستوى معيشة مواطنيها لزيادة مستوى معيشة الدول الفقيرة، فهذا أمر مستحيل في الواقع السياسي. وكان عمدة لندن ماييز هيلمان اختصر في مقابلة تلفزيونية عام ٢٠٠٥ وجهة النظر الغربية حين سؤل "كيف ستبدو بريطانيا حين تنجح تخفّض ٨٠ في المئة من انبعاثاتها الكربونية"، وكان جوابه: "دولة فقيرة جداً من العالم الثالث"[٤].

وتتجلى كل هذه الأسباب على المستوى السياسي كعوائق أمام اعتماد سياسات نظيفة للطاقة، إن على النطاق الدولي كقيام الدول الصناعية بحجب تقنيات انتاج الطاقة المتجددة النظيفة عن بعضها البعض وعن دول العالم النامي، أو حتى على المستوى الداخلي كما حصل في السويد التي قررت عام ٢٠٠٥ تطبيق خطّة للتخلّص بالكامل من الاعتماد على الوقود الأحفوري بحلول العام ٢٠٢٠[٥] قبل أن يرمى هذا التوجّه جانباً بعد عام واحد فقط إثر فوز يمين الوسط في الانتخابات البرلمانية. لذلك، وفي ظلّ بطء تطوّر موارد الطاقة المتجددة وارتفاع كلفتها، تقف التنميّة التقليدية المرتكزة على الوقود الأحفوري الرخيص، وجهاً لوجه مع سياسات التغلّب على التغيّر المناخي.

---

[١] راجع: هاينبرغ، غروب الطاقة، مرجع سابق، ص ٤٨- ٥٥.

[2] Oil Consumption per capita, All CIA World Factbooks 18 December 2003 to 18 December 2008, http://www.nationmaster.com/graph/ene_oil_con_percap-energy-oil-consumption-per-capita

[3] IBID.

[4] Sangester, Energy for a warming world: A plan to hasten the demise of fossil fuel, OPCIT, p 134-135.

[5] Swedish Commission on Oil Independence, 'Making Sweden an Oil-Free Society', 21 June 2006.

د- هل فات الأوان؟

كاستنتاج من كلّ ما سبق، قد تكون مشكلة نفاذ الوقت هي في الواقع محور أزمة الطاقة، لا مشكلة تناقص الامدادات. فالدول الغنيّة والفقيرة على السواء تتجه إلى الطاقة الرخيصة ذات التداعيات الأسوأ على البيئة والأمن البشري في سبيل تحقيق أكبر نموّ ممكن خلال أقصر فترة ممكنة معتقدة أنه يمكن لها فيما بعد تصحيح التداعيات االبيئية والمناخية السلبية بعد الوصول إلى المستوى الملائم من التنمية.

لكنها تغفل أنه في ظلّ التباطؤ والتردّد في اعتماد وتطوير موارد الطاقة المتجددة النظيفة، قد تصل أزمة التغيّر المناخي إلى نقطة اللاعودة، أو يداهمنا عصر الذروة النفطية من دون أن نكون امتلكنا القدرة على توليد ما يكفي من الطاقة لسدّ الطلب العالمي في ذلك الوقت. والنتيجة في الحالتان ستكون استفحال لأزمتي الطاقة والمناخ وربّما انهيارات سياسيّة واقتصاديّة كبيرة.

وبالعودة إلى الأرقام، ينمو الطلب على الطاقة سنوياً بمعدّل نحو اثنين في المئة كما بيّنا سابقاً، فيما لا يمكن للنفط مجاراة هذا الارتفاع إلا لسنوات محدودة. في المقابل، إن إهمال تطوير مصادر الطاقة المتجددة يعني تأخير اكتسابها القدرة على رفع انتاجها بما يعادل معدّل تناقص الانتاج النفطي أو على منافسة الوقود الأحفوري في السوق العالمي، وبالتالي فإن الهوّة المتزايدة بين الطلب على الطاقة والانتاج لن تترجم إلا بإحدى النتيجتين أو بكلتاهما معاً: ارتفاع جنوني لأسعار الطاقة ونقص حاد في الامدادات. وفي تصريح له حول الموضوع، كاد كبير الاقتصاديين في الوكالة الدولية للطاقة يتوسّل الحكومات للتخلّي باكراً عن النفط، قائلاً: "لا يجب أن نتمسّك بالنفط الخام حتى القطرة الأخيرة. يجب أن نترك النفط قبل أن يتركنا هو. يجب أن يتم تأسيس مقاربات جديدة عاجلاً. رغم أن البترول لم ينفذّ منا بعد، إن الوقت يداهمنا"[1]. ويحذّر تقرير آخر لوزارة الطاقة الأميركية من أنه "هنالك حظ ضئيل في التغلّب على آثار الذروة النفطية إن لم هنالك خطّة طوارىء قيد التنفيذ قبل عشر سنوات على الأقل من حصول الذروة"[2].

ويشكّل تأجيل تطبيق سياسات جديدة للطاقة مقامرة بحقّ مصير الكوكب، حيث إن سنوات إضافيّة معدودة في ظلّ المعدّل الحالي لانبعاثات الغازات السامّة ستقذف المناخ والبيئة الطبيعية إلى كوارث قد لا يكون من

[1] Birol, Fatih, We should leave oil before it leaves us , The independent Newspaper , Sunday, 2 March 2008.

[2] Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation & Risk Management, 2005, Project Led by Robert L. Hirsch, US Department Of Energy, Washington 2005, p 4, www.netl.doe.gov/publications/others/pdf/Oil_Peaking_NETL.pdf

الممكن بعدها القيام بأي شيء لعكس تأثيرات مئة عام من النموّ الجنوني. ويلاحظ مؤلف "ألف برميل في الثانية" أن الانتقال من مصدر للطاقة إلى آخر يتطلّب عشرات السنوات، فالتحوّل من الخشب إلى الفحم تطلّب ٧٥ عام، والتحوّل من الفحم إلى النفط استغرق قرناً من الزمن بين عامي ١٨٦٠ و١٩٦٠[١] مع العلم أن النفط يتمتع بأفضل الميزات الاقتصادية كمصدر للطاقة. ويضيف: "ليس هناك من أي سبب لنعتقد أن التحوّل التالي سيحصل في ليلة وضحاها، سيستغرق التحوّل عقود أو أكثر ليصبح ملموساً"[٢].

ويلخّص باحث آخر معضلة الوقت بالقول: "لدينا جدول زمني قصير – ٢٠ عاماً – لوقف حرق الوقود الأحفوري بهدف تخفيض انبعاثات الغازائت الدفيئة إلى ٩٠–٩٥ في المئة من مستواها للعام ٢٠٠٥، لكننا لسنا قريبين لهذه الدرجة من امكانية أن تقوم المصادر المتجدّدة بسدّ الطلب على الطاقة خلال هذه الفترة"[٣]. ويشير في مكان آخر إلى إحصائية مخيفة هي أنه "لتحقيق نصف استهلاكنا من الطاقة في العام ٢٠٥٠ – أي ١٤ تيرا واط – بالاعتماد على الطاقة المتجدّدة، علينا أن نبني ٥٢ ألف معمل كهرباء بسعة ٢٥٠ ميغا واط للواحد بمعدّل ثلاثة معامل في اليوم، كل يوم، لـ ٤١ عاماً المقبلة!"[٤].

هـ– منطق السوق الحرّ في مواجهة منطق التدخّل

في ظلّ هذا الواقع المعقّد، لا يمكن الخروج من هذه الدوامة السياسية – الاقتصادية المغلقة إلا عبر تنازلات مؤلمة من جانب الدول المتقدّمة والنامية على السواء، مع الإشارة إلى أن الدول الغنيّة يجب أن تتحمل المسؤولية الاكبر في هذا المجال كونها صاحبة المسؤولية الأكبر في الأزمة وكونها الأكثر اقتداراً بالنسبة إلى الدول النامية التي لا تمتلك حقّ التخلّي عن التنمية لشعوبها.

وفي جميع الحالات، لا بدّ من أن يكون المنطق الذي تُدرس وتقرّ بموجبه السياسات العالمية للطاقة مناقضاً للمنطق الذي ساد طوال العقود الماضية في التجارة الدولية وفي سوق الطاقة بالتحديد، والمعبّر عنه فكرياً بالنيوليبرالية القائمة على الإيمان المطلق بالسوق الحرّ وتقديس النموّ اللانهائي الذي لا يأخذ بعين الاعتبار قدرة البيئة الطبيعية على إسناده. فوفق منطق السوق، إن المصادر المتجددة للطاقة هي في المرتبة الثانية من حيث الأفضلية مقارنة مع الوقود الأحفوري والنووي. ولا بدّ بالتالي من وجود دعم حكومي بحثي وتقني

[1] Tertzakian, A Thousand barrel per second, OPCIT, p 168.
[2] IBID, p 168.
[3] Sangester, Energy for a warming world: A plan to hasten the demise of fossil fuel, OPCIT, p 48.
[4] Sangester, Energy for a warming world: A plan to hasten the demise of fossil fuel, OPCIT, p 139.

وخاصة مالي هائل لجعل الطاقة النظيفة ذات كفاءة عالية وكلفة مقبولة وبمتناول الأفراد والمؤسسات الانتاجية. وفي ظل منطق السوق سيكون أيضاً من الصعب ضبط معدّلات استهلاك الوقود الأحفوري لدى الشركات والصناعات ومؤسسات الأعمال الكبرى. ومن المرجح، في ظلّ ارتفاع فاتورة أسعار الطاقة، أن تقوم الشركات والصناعات برفض اقتراحات تقنين استخدامها للطاقة الأحفورية أو فرض ضرائب على انبعاثاتها من ثاني أوكسيد الكربون. ولا بدّ في هذا المجال من تدخّل الدولة في الاقتصاد والقطاعات الخاصة، إن عبر الدعم التقني والمالي للطاقة البديلة، أو عبر التنظيم القانوني وسنّ القوانين اللازمة وإجراء المشاريع الكبيرة للطاقة البديلة.

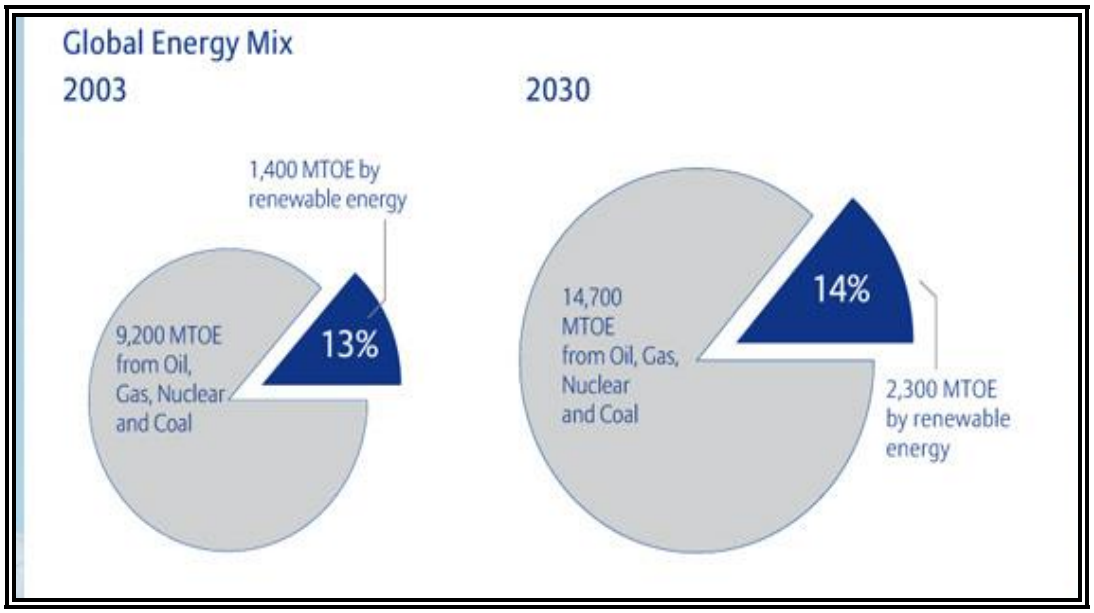
وبالبحث في التاريخ الاقتصادي للطاقة، نجد أن استهلاك النفط قد انخفض مرّة واحدة خلال النصف الثاني من القرن الماضي بسبب عوامل مرتبطة بالسوق، إذ انخفض نحو 3.5 في المئة خلال الكساد الاقتصادي بين عامي ١٩٧٩ –١٩٨٣[١]، وكان الانخفاض نتيجة أحد أسوأ الأزمات الاقتصادية في القرن الماضي وأدّى إلى أضرار اقتصادية بالغة وتداعي البنية التحتية الاقتصادية والاجتماعية، وهو بجميع الأحوال أقل بكثير من نسبة خفض الاستهلاك النفطي المطلوبة مناخياً والبالغة نحو 7.5 – ٩ في المئة سنوياً[٢].

---

[1] Newman, The final energy crisis, OPCIT, p 145.

[٢] Newman, The final energy crisis, OPCIT, p 145. وتعلّق الدراسة على النسبة الأخيرة بالقول: "من المستحيل تخيّل امكانية خفض الاستهلاك بهذه النسب لـ ١٠ – ١٥ عام على التوالي، إن ذلك سيكون مدمّراً".

الرسم رقم ٩: نموّ مصادر الطاقة البديلة في ظلّ السياسات الحالية للطاقة



الرسم رقم (٩) : يظهر الرسم نموّ الطاقة البديلة خلال العقدين المقبلين بحسب الاتجاهات الحالية لسياسات الطاقة. وإذا ما فضّلت الحكومات خيار "الأعمال كالمعتاد" لتحقيق التنمية السريعة وأحجمت عن تطبيق سياسات جذرية لمحاربة التغيّر المناخي، سينمو استهلاك الطاقة المتجددة ١ في المئة فقط حتى العام ٢٠٣٠.

(مصدر الرسم: تقرير الوكالة الدولي للطاقة، نقلاً عن www.knowledge.allianze.com/en/media/graphics)

وذلك يعني أن السوق وحده غير كافي لتحقيق التحوّل المنشود ولا بدّ من تدخّل الدولة لتشجيع التحوّل إلى مصادر الطاقة البديلة. يدعم هذه الخلاصة عودة استهلاك النفط للارتفاع ما أن وضعت الأزمة المالية الأخيرة أوزارها. ورغم استقرار سعر برميل النفط على سعر مرتفع هو ٨٠ دولار، أي أربعة أضعاف سعره قبل بداية أزمة الطاقة، لم يعرف الطلب عليه أي تراجع ولم تتأثر معدّلات الاستهلاك بارتفاع سعر البرميل.

ويدفع الأخذ بمنطق السوق إلى إحجام الحكومات عن تبنّي خطط جذرية طويلة الأمد. ويلاحظ ريتشارد هاينبرغ أن سياسات الحكومات في مواجهة أزمة الطاقة تميل إلى إلى اتباع السياسات التالية، وهي تتمحور حول السوق كمحور للتحوّل:

"١- وضع خطط لمواجهة الأزمات على المدى القصير، وعدم الاكتراث لمستقبل الأجيال القادمة لانهم سيركزون الجهود على وضع آليات متقدمة للتغلب على المشكلات التي سنحدثها من أجلهم.

٢- عدم الاكتراث بتقديم الجهود لتحسين كفاءة الطاقة لأن السوق سيؤمّن التحسينات المطلوبة.

٣- عدم الاكتراث بوضع البرامج الحكومية لتطوير الطاقة القابلة للتجدّد لأنه إذا دعت الحاجة لوجود بديل سيعود ارتفاع الأسعار في الأسواق ليصبّ في صالحهم.

٤- الاستمرار باستخدام الوقود الأحفوري المستخرج من باطن الأرض.

٥- معاملة قضية ازدياد السكان على أنها ذات فائدة ولا تشكّل مشكلة وعدم بذل أي جهد للحدّ من هذه الظاهرة"[١].

لذلك نرى أنه من الصعب الحديث عن سياسات جديدة للطاقة من دون أن تكون الدولة صاحبة الدور المحوري فيها. ونلاحظ أن الاتجاه السائد اليوم في مراكز الأبحاث هو التوجّه مباشرة إلى مراكز القرار إن كانت دولية أو حكومية أو محلية، بعدما كان الخطاب في الماضي يتوجّه نحو الأفراد لحثّهم على تغيير عادات الاستهلاكية. ويستوجب تطبيق سياسات التنمية المستدامة تخطّي كل هذه العقبات التي تحدّثنا عنها، مع العلم أن ذلك يعني ضمناً دوراً أساسياً للدولة في عمليّة التخطيط والتنفيذ والتقييم، بالإضافة إلى إعادة الاعتبار للمجتمعات المحليّة، اقتصادياً وسياسياً، وكل ذلك في ظلّ ضرورة وجود ضوابط دولية مُتفق عليها ضمن معاهدات يُجمع عليها الجميع. وسنعالج بعض هذه الخلاصات في الخاتمة، لكن قبل ذلك سنلقي نظرة على إمكانيات ووضع الطاقة البديلة في لبنان على ضوء كلّ ما سبق وعالجناه على متن الرسالة.

المبحث الثالث
لبنان والطاقة البديلة

منذ انتهاء الحرب الأهلية حتى اليوم، يعيش لبنان أزمة طاقة خاصة به حيث لم يبلغ مستوى انتاج الطاقة بعد مستوى الاستهلاك فيما تقدّم قطاع المولّدات الخاصة ليسدّ العجز. وفي ظلّ أزمة الطاقة التي تلقي بثقلها على العالم كلّه، دخلت أزمة الطاقة في لبنان مرحلة جديدة خلال الآونة الأخيرة وهي مهدّدة بالتفاقم إلى درجات غير مسبوقة خلال السنوات المقبلة في بلد يُعتبر من أكثر الدول الهشّة أمام صدمات النفط نظراً لضآلة حجم مساهمة الطاقة البديلة من استهلاكه.

[١] هاينبرغ، انتهت الحفلة: سراب النفط، مرجع سابق، ص ١٨٩ – ١٩٠.

ووفقاً لإحصاءات الاستهلاك العالمي للطاقة، يقع لبنان في المرتبة ٧٥ من أصل ٢١٣ منطقة حول العالم، ويبلغ استهلاكه ١٠٦٠٠٠ برميل نفط في اليوم، مقارنة مع ٢٢٩٠٠٠ برميل في اليوم في سوريا (المرتبة ٥٣ عالمياً) و ٢١ مليون برميل يومياً للولايات المتّحدة في المرتبة الأولى[١]. لكن ذلك لا يعني أن استهلاك لبنان من النفط هو متوسّط، بل هو في الواقع عالٍ جداً نسبة لعدد السكّان، إذ يفوق استهلاك دولة بحجم كرواتيا وتونس. ويظهر ذلك بوضوح عند مقارنة معدّل استهلاك الطاقة نسبة لعدد السكّان، حيث يستهلك الفرد اللبناني يومياً كميّة من النفط تفوق استهلاك كل نظرائه في الدول الناشئة وتحديداً الصين والهند وروسيا والبرازيل وجنوب أفريقيا[٢]. وبمقارنة الأرقام يظهر أن كل ألف مواطن لبناني يستهلكون يومياً ٢٦ برميل من النفط فيما يستهلك نفس العدد من المواطنين الروس مثلاً ٢٠ برميل، والصينيين نحو ست براميل، والهنود برميلين فقط[٣].

وهذه احصاءات مقلقة في ظلّ أزمة الطاقة، خاصة أن لبنان ليس دولة منتجة للنفط ولا يملك بعد أي منشآت للطاقة البديلة قيد التخطيط أو الإنشاء باستثناء السدود المعدودة على الأنهار.

الفقرة الأولى: الوقود الأحفوري وأزمة الطاقة في لبنان

بلغ مجمل الاستهلاك اللبناني من الكهرباء في العام ٢٠٠٨ نحو ٢٢٠٠ ميغا واط، تنتج منها شركة كهرباء لبنان نحو ١٥٠٠ ميغاواط فقط، والباقي يتم شراؤه من سوريا أو يتم توليده عبر المولّدات الخاصة[٤]. وبحسب مصدر الطاقة، يتم توليد ١٠-١٢ في المئة فقط من الكهرباء من مصدر متجدّد واحد هو الطاقة الهيدروليكية من السدود (وأكبرها من سدّ الليطاني بقدرة ١٩٠ ميغا واط)، فيما يتم توليد الباقي من المعامل العاملة على الفحم أو البترول – الفيول أويل[٥].

وإذا ما أخذنا بعين الاعتبار مجمل الاستهلاك من الطاقة (أي بالإضافة إلى قطاع النقل والتدفئة والقطاعات الأخرى التي لا ترتكز على استهلاك الكهرباء)، نجد أن الوقود الأحفوري هو مصدر ٩٧ في المئة من استهلاك الطاقة في لبنان مقابل ٢ في المئة فقط للمصادر المتجدّدة (الطاقة الهيدروليكية حصراً)[٦].

---

[1] Oil Consumption per capita, All CIA World Factbooks 18 December 2003 to 18 December 2008, OPCIT.

[2] IBID.

[3] IBID.

[4] Several Authors, Renewable energy in the Middle East, Edited by Michael Mason and Amit Mor, Springer Publications, Published in Cooperation with NATO Public Diplomacy Division, London 2008, p 60.

[5] Several Authors, Renewable energy in the Middle East, OPCIT, p 60.

[٦] **"امكانيات استخدام الطاقة المتجددة في لبنان" : مشروع مقترح : الاستراتيجية الوطنية لتشجيع استخدام الطاقة المتجددة**، الهيئة اللبنانية للبيئة والانماء بالتعاون مع حزب البيئة اللبناني وبرنامج جف، اعداد : حبيب معلوف، بيروت ٢٠٠٦

ولبنان هو من الدول التي تشهد أحد أسرع معدّلات النمو على الطاقة في العالم إذ يبلغ المعدّل السنوي لنموّ الطلب على الطاقة، منذ العام ٢٠٠٠ حتى اليوم، نحو ٣ إلى ٥ في المئة[١] .

ويترافق ارتفاع الطلب مع تآكل قدرة القطاع التقليدي لتوليد الطاقة في لبنان، إذ تقدّر وزارة الطاقة تراجع قدرة مؤسسة كهرباء لبنان على الانتاج خلال الأعوام الخمسة المقبلة من ١٥٠٠ ميغا واط إلى ١٢٥٠ ميغا واط بسبب انتهاء صلاحية بعض المعامل على التوليد[٢]. وخلال الفترة نفسها سيرتفع الطلب على الكهرباء من ٢٢٠٠ ميغا واط إلى نحو ٣٠٠٠ ميغا واط[٣]. أي أنه في حال عدم إنشاء قدرة توليد جديدة خلال أربع سنوات ستبلغ الفجوة بين انتاج الدولة من الكهرباء والطلب عليها أكثر نحو ٥٨ في المئة (١٧٥٠ ميغا واط)، وقد لا يمكن للتوليد الخاص وشراء الكهرباء من سوريا أن يسدّ هذا العجز. وهذا ما جعل وزراء الطاقة المتعاقبين خلال السنوات الأخيرة يطالبون بتطبيق "خطة طارئة" للكهرباء التي تعتمد بشكل أساسي على إنشاء معامل جديدة للطاقة عاملة على البخار أو الغاز أو الفحم[٤]. وتحذّر دراسة لوزارة الطاقة في العام ٢٠٠٨ من أن التقنين (أي نسبة انقطاع الكهرباء) سيرتفع من ٧ ساعات في العام ٢٠٠٨ إلى ١٤ ساعة في العام ٢٠١٤ وهي خلاصة أكدتها شركة "ديكون" الاستشارية في مجال الطاقة[٥]. وتتوقّع "ديكون" أن تصل كلفة تأمين التيار الكهربائي في لبنان خلال السنوات المقبلة إلى ٥٠٠ مليون دولار وقد ترتفع إلى مليار إذا ما استمرّ الهدر الحالي في الشبكات. وتحذّر الشركة في دراستها من أن الوضع الحالي "يتطلب سرعة في التحرك وإلا فإن ظروف هذا النظام ستزداد سوءاً باتجاه فشل كارثي"[٦].

ورغم أن الطاقة البديلة والمتجدّدة غير متواجدة في الخطط التي تعلنها الحكومات المتعاقبة ووزارات الطاقة إلا أن الأزمة التي تتمثّل بتفوّق العرض على الطلب تحتّم الاتجاه نحو مصادر الطاقة البديلة والمتجدّدة التي تشكّل مورداً وافراً في هذا البلد الصغير يمكن استثمارها على المدى البعيد لتأمين الاستدامة التنموية، الاستقرار والاستقلال في مجال الطاقة.

الفقرة الثانية: امكانيات ومعوقات الطاقة البديلة في لبنان:

رغم نقص الدراسات في مجال الطاقة البديلة في لبنان هنالك إجماع لدى الباحثين والمؤسسات المهتمة بهذا المجال على أنه يوجد امكانيات كبيرة لتطوير الطاقة المتجدّدة والنظيفة. وتُعتبر الطاقة الهيدروليكية من السدود على الأنهار غير المستغلّة أحد أهمّ مصادر الطاقة التي يمكن الاستفادة منها على المدى المتوسّط

[1] Several Authors, Renewable energy in the Middle East, OPCIT, p 62.

[٢] جريدة الأخبار، ١٦ ساعة تقنين في ٢٠١٤، عدد الأربعاء ١ نيسان ٢٠٠٩. http://www.al-akhbar.com/ar/node/127046

[٣] المصدر نفسه.

[٤] المصدر نفسه.

[٥] المصدر نفسه.

[٦] المصدر السابق.

تليها الطاقة الهوائية على المدى البعيد. وهنالك خلاف حول مدى الملائمة الاقتصادية للطاقة الشمسية رغم أن الإحصاءات تظهر أن لبنان يتنعّم بـ ٣٠٠ يوم مشمس في العام.

أ- **الطاقة الهيدروليكية:** تبلغ المساهمة الحالية للطاقة الهيدروليكية من الانتاج الكهربائي نحو ١٠- ١٢ %، وتشير الدراسات إلى أنه يمكن توليد ٢٥٠ ميغا واط إضافي من السدود على الأنهار اللبنانية غير المستغلّة[١]. ويبلغ مجموع السدود التي يمكن إنشاؤها نحو ١٦ سدّاً منها ٧ في شمال لبنان، ستة في جبل لبنان، واحد في الجنوب واثنان في البقاع. ويمكن رفع مساهمة الطاقة الهيدروليكية عبر هذه السدود ٨ في المئة (نسبة لحجم استهلاك الكهرباء المتوقّع خلال خمس سنوات)، لتبلغ بذلك مساهمة الطاقة الهيدروليكية من مجمل انتاج الكهرباء في لبنان نحو ٢٠ في المئة.

ب: الطاقة الهوائية: يُظهر أطلس مناخ لبنان الذي أجريت دراسته عام ١٩٧٦ أنه هنالك بعض المناطق اللبنانية الصالحة لإنشاء الطاقة الهوائية وخاصة في مرجعيون وعكّار والهرمل وبعض مناطق جبل لبنان التي يبلغ معدّل سرعة الرياح فيها 3.5 أمتار في الثانية وما فوق[٢].

وكانت مؤسسة لبنانية خاصة أجرت أوّل تجربة لتوليد الكهرباء من التوربينات الهوائية في سهل عكار خلال العامين الماضيين. وأعلنت الشركة أن خلاصة التجربة تشير إلى أنه "يمكن انتاج حوالي ٤٠٠ ميغاواط من الكهرباء عبر تركيب توربينات الهواء المولّدة للكهرباء"[٣]، أي ما يساوي نحو ١٣ في المئة من الاستهلاك اللبناني للكهرباء في العام ٢٠١٥. وتشير دراسة الشركة أيضاً إلى أن كلفة انتاج الكهرباء من التوربينات الهوائية هو أقل بنسبة ٥٠ في المئة من الانتاج على الفيول، لافتة إلى امكان بدء انتاج ٤٠ ميغا واط "فوراً" مع امكانية ربط خطوط الإنتاج الهوائي بمحطتي حلبا ودير عمار «من دون أي تعقيدات». لكن رغم مرور أكثر من عام على هذا الكلام لم يتم تحقيق أي تقدم في هذا المجال.

ويبدو أن الأزمات السياسية هي السبب الرئيسي الذي يحول دون تطبيق خطّة فعّالة للاعتماد على الطاقة البديلة. كذلك هنالك معارضة في وزارة الطاقة لهذا الاتجاه عبّر عنها المدير العام لمؤسسة كهرباء لبنان كمال حايك عام ٢٠٠٩ حيث اعتبر أن خيار الطاقة الهوائية "لا يعوّل عليه لأن توليد الكهرباء سيصبح مرتبطاً بالمورد الهوائي" المتغيّر بحسب الفصول، مستدلاً بدراسة قامت بها شركة كهرباء فرنسا تخلص إلى

---

[1] Several Authors, Renewable energy in the Middle East, OPCIT, p 60.

[2] Service Météorologique du Liban, *Atlas climatique du Liban* (in Arabic and French), Beirut: SML, 1976.

[٣] محمد وهبه، هل يمكن انتاج الكهرباء بالبدال؟، جريدة الأخبار اللبنانية، عدد السبت ٢٤ كانون الثاني ٢٠٠٩.

أن "الواقع المتاح للطاقة الهوائية في لبنان لا يسمح بانتاج أكثر من ٦٠ ميغا واط"[١]. وهنالك شكوك كذلك حول إمكانية الربط التقني بين انتاج الكهرباء التقليدي ومصادر الطاقة الهوائية في شبكة واحدة لأن "الطاقة الهوائية غير مستقرّة، وبالتالي فإن حجم إنتاجها غير مستقرّ أيضاً، فقد يكون في أقصاه حيناً وفي أدناه أحياناً مما يثير تساؤلات وشكوكاً في التحكم في الشبكة وقدرتها على ربط أكثر من مورد وتوزيعه على الخطوط"[٢].

كذلك هناك صعوبات إضافية في لبنان بسبب المساحات العقارية الواسعة التي يستوجبها انتاج الطاقة الهوائية (والشمسية) والتي قد لا تكون متوافرة بسبب الكلفة أو بسبب وقوعها في أماكن سكنية، صناعية أو زراعية خصبة لا يمكن الاستغناء عنها لصالح منشآت الطاقة كما في البقاع وعكار ومرجعيون.

ج- الطاقة الشمسية: لا يوجد في لبنان أي منشآت للطاقة الشمسية سوى منشآت تجريبية محدودة تقتصر على مبانٍ معدودة من ضمن مشاريع نفّذتها وكالات دولية مثل وكالة الأمم المتّحدة للتنمية التي نفّت مشروع تجهيز مستشفى في الهرمل ليكون عاملاً على الطاقة الشمسية التي يستمدها من الألواح على سطحه. ولا تدخل سخّانات المياه التي تشهد انتشاراً سريعاً ضمن الطاقة الشمسية لأنها ليست مصدراً للطاقة بكل ما للكلمة من معنى، وتتجسّد أهميتها في توفير الطاقة لا في توليدها.

وهنالك خلاف حول كفاءة الطاقة الشمسية كمصدر للطاقة في لبنان إذ ترى بعض المؤسسات الخاصة كمؤسسة "الطاقة البديلة" في بيروت أنه يمكن توليد ١٠٠ ميغا واط من الطاقة الشمسية في لبنان على المدى المتوسّط بسهولة[٣] أي ما نسبته نحو ٣ في المئة من الاستهلاك الكهربائي اللبناني عام ٢٠١٥. ويشكّك مدير "المركز اللبناني لترشيد استهلاك الطاقة" بيار خوري في ذلك معتبراً أن الطاقة الشمسية لا تصلح لانتاج الطاقة الكهربائية: "هذا النوع من الانتاج غير فاعل وتقتصر فائدته على تسخين المياه لأن الإنتاج اعتماداً على حرارة الشمس يتطلب استثماراً بقيمة ٦ دولارات لبلوغ قدرة إنتاج واط واحد فيما فترة استرداد الكلفة تصل إلى ٣٠ سنة. وذلك في مقابل ١٥ سنتاً لكل واطاساعة على الفيول"[٤].

---

[١] محمد وهبه، هل يمكن انتاج الكهرباء بالبدائل؟، جريدة الأخبار، مرجع سابق.

[٢] المرجع أعلاه.

[٣] تايلور لونغ، **الحلول البديلة من الكهرباء...لم تنقطع!**، موقع لبنان الآن، السبت ٢٦ كانون الثاني ٢٠٠٨ المصدر على الانترنت:

http://www.nowlebanon.com/Arabic/NewsArticleDetails.aspx?ID=28290

[٤] محمد وهبه، هل يمكن انتاج الكهرباء بالبدائل؟، جريدة الأخبار، مرجع سابق.

د- ترشيد استهلاك الطاقة: بالإضافة إلى امكانية تطوير مصادر الطاقة البديلة هنالك مجال واسع لترشيد استهلاك الطاقة نظراً للهدر الكبير الذي تتّسم به منظومة الطاقة اللبنانية. وكانت وزارة الطاقة قامت منذ العام ٢٠٠٥ بتشجيع استيراد وتركيب السخّانات الشمسية كجزء من خطة لتوفير استهلاك الطاقة خاصة أن تسخين المياه يشكّل ٢٢ في المئة من مجموع استهلاك الطاقة المنزلية في لبنان[١].

وكانت عدّة جمعيات أهلية ومصارف وجهات دولية حكومية وغير حكوميّة نفّذت العديد من المشاريع خلال السنوات الماضية لتشجيع تركيب السخّانات الشمسية. وتشير دراسة لـ"المركز اللبناني لترشيد استهلاك الطاقة" إلى أنه يمكن عبر توسيع الاعتماد على السخّانات الشمسية "تحقيق وفر في استهلاك الطاقة الكهربائية بقيمة ١,٤١٣ مليار دولار خلال ١٥ سنة فضلاً عن توفير ١٤٤٣٣ طناً من انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون"[٢]. وتشير رئيسة مختبر تجديد وحفظ الطاقة في الجامعة الأميركية في بيروت الدكتورة نسرين غدار، إلى أن ٤٠ – ٥٠ في المئة من استهلاك الطاقة في لبنان يذهب في الأبنية فيما يستخدم قطاع النقل الحصة الثانية الأكبر[٣]. لذلك من المهم البحث عن أساليب لتخفيض الطاقة المهدورة في هذين المجالين تحديداً، ومنها تركيب عوازل في الأبنية الجديدة لحفظ معدلات معتدلة للحرارة داخل المباني وتخفيض نسبة الطاقة المستخدمة في التدفئة والتبريد. وكذلك يمكن تخفيض استهلاك قطاع النقل من الطاقة لدرجة كبيرة عبر تحسين نظام النقل العام وإنشاء وسائل النقل المتقدّمة كالقطارات والتراموي العامل على الكهرباء.

* * *

خلاصة:

لا تزال مساهمة الطاقة البديلة في لبنان ضئيلة ولا تشهد في الواقع أي نموّ سنوي، ولعلّ السبب الرئيسي يعود إلى الأزمات السياسية المتلاحقة والحسابات السياسية الضيقة كون مناطق الأطراف هي الأكثر استفادة من الطاقة البديلة. ويعود كذلك إلى أن مفاهيم التنمية المستدامة (وضمنها سياسات الطاقة البديلة) لم تدخل بعد إلى فلك السياسات العامة. وكل هذه الأسباب تستوجب دراسة منفصلة تتخطّى معالجتها نطاق هذه الرسالة. لكن يبقى أن بدء التحوّل نحو مصادر الطاقة البديلة هو ضرورة قصوى في لبنان في ظلّ استفحال

[1] Several Authors, Renewable energy in the Middle East, OPCIT, p 64.

[٢] لونغ، **الحلول البديلة من الكهرباء...لم تنقطع!**، موقع لبنان الآن، مرجع سابق.

[٣] المرجع أعلاه.

أزمة الطاقة فيه وتحوّل انقطاع التيار الكهربائي وارتفاع أسعار المحروقات إلى واقع يهدّد عمليّة التنمية والاستقرار الاجتماعي والسياسي على المدى البعيد.
ووفقاً لمراكز الدراسات الجامعية والقطاع الخاص في لبنان يمكن رفع مساهمة الطاقة البديلة من مجمل انتاج الكهرباء من ١٠ في المئة إلى ٣٦ في المئة تتوزّع على النحو التالي: ٢٠ في المئة من المصادر الهيدروليكية، ١٣ في المئة من الطاقة الهوائية، ٣ في المئة من الطاقة الشمسية. كذلك هنالك امكانية واسعة لترشيد استهلاك الطاقة وكبح تصاعد الطلب عليها خلال السنوات المقبلة.

الخاتمة

تحوّل أم انهيار؟

تشير كل الدلائل الحالية حول أزمة الطاقة إلى أننا سندخل في السنوات القليلة المقبلة عصراً جديداً للطاقة معالمه الرئيسية هي النقص في الإمدادات، انتهاء النفط الرخيص ما ما يعنيه ذلك من نتائج استراتيجية، اشتداد الصراع على مصادر الطاقة والتحوّل إلى الطاقة البديلة.

وكما كان لصعود النفط آثار حاسمة على الاقتصاد والسياسة الدولية ونمط الحياة خلال القرن الماضي، سيكون لتراجعه في القرن الحالي تأثيرات غير معروفة بعد على شكل العالم الذي نعيش فيه. وتتميّز أزمة الطاقة الحالية أنها ليس مؤقتة أو ثانوية كما في الأزمات السابقة، بل تقف خلفها عوامل جيولوجية واقتصادية

بنيوية وطويلة الأمد منها بلوغ معظم حقول النفط الكبرى في العالم ذروة انتاجها وتدنّي وتيرة الاكتشافات النفطية وارتفاع كلفة الاستخراج. وهذا ما يدفع البعض للحديث عن أنها "الأزمة الأخيرة للطاقة" التي تمهّد إما للانتقال إلى مصادر الطاقة البديلة عن الوقود الأحفوري أو تكون مدخلاً إلى انهيار صناعي وحضاري شامل. هذا الأمر يجعل من عمليّة التحوّل الهيكلي إلى الطاقة البديلة ضرورة وجوديّة قبل فوات الأوان، خاصة في ظلّ استفحال ظاهرة التغيّر المناخي الناشئة عن حرق كميات هائلة من النفط والفحم والغاز خلال العقود الماضية.

وفي ظلّ أزمة مصادر الطاقة التقليدية، تلتفت معظم حكومات العالم إلى الموارد الأرخص والأسهل استخراجاً والأسهل تقنياً لتعويض النقص بحسب ما بيّنا على متن البحث. ولسوء الحظ، فإن الموارد التي تتمتع بهذه الصفات هي في الوقت الحالي إما موارد مسبّبة لانبعاثات سامّة أضعاف ما يسبّبه النفط كالفحم، وإما موارد هي بدورها على شفير ذروة الانتاج كالغاز، أو هي مصادر ذات نتائج اجتماعية وغذائية غير مقبولة كالوقود الحيوي، أو هي خطيرة على السلامة العامة كالنووي الذي يطرح معضلات بيئية وأمنيّة لا حلول حقيقية لها حتى الآن.

أمّا مصادر الطاقة التي يصحّ إطلاق عليها وصف المصادر المتجدّدة والنظيفة، فهي الطاقات الهوائية، الشمسية، المائية، بالإضافة إلى الهيدروجين والطاقة من النفايات العضوية، إلا أن كل هذه الأنواع متفاوتة من حيث إمكانيات تطبيقها التقني وتوسّعها. وتشهد أنواع الطاقة هذه نمواً لافتاً يتمثّل بتطوّرها التقني السريع والتوسّع في الاعتماد عليها مع ما يعنيه ذلك من انخفاض كلفتها وبالتالي تسهيل انتشارها أكثر فأكثر. وتُبشّر أنواع الطاقة الشمسيّة والهوائية والمائية بمستقبل لافت، لكنّ الهيدروجين يعاني من عوائق عديدة تحول دون الاعتماد عليه على نطاق واسع كتدنّي كفائته وكلفته المرتفعة جدّا ونقص البنى التحتيّة الضرورية لدورة الانتاج – التوزيع – الاستهلاك الخاصة به.

ورغم الفكرة السائدة حول إمكانية زيادة انتاج الطاقة من المصادر المتجدّدة إلى ما لا نهاية، إلا أن الواقع العملي يدحض هذه الفرضية حيث تحدّ العوامل التقنية والبيئيّة والماليّة من قدرتها على تأمين طاقة مساوية لما يؤمّنه النفط في المدى المنظور. فلكلّ منها شروط مالية وبيئية وجغرافية وتقنيّة وحتّى سياسية تحدّ من امكانية الاستخدام الواسع لها، فضلاً عن أن المردود الصافي للطاقة منها يبلغ في أفضل الأحوال نصف

المردود الطاقيّ للنفط، أي أن هذه الأنواع تسمح فعلياً بنصف النشاط الاقتصادي الذي سمح به النفط في الماضي.

وفي حال كان هنالك تلكّؤ أو تباطؤ في تحقيق عمليّة انتقال هيكلي إلى الطاقة البديلة وإلى استراتيجيات التنمية المستدامة، فسيكون ذلك فاتحة تأثيرات سلبية هائلة على كافة أوجه الحياة في الزراعة والتدفئة والكهرباء والتبريد والمستشفيات والمصانع والمنازل، مع ما يعنيه ذلك من مخاطر جديدة على التنمية والاستقرار السياسي والأمن البشري بكافة أشكاله. ولن يكون الاقتصاد العالمي بمنأى عن الصدمة التي قد تُترجم بأزمات كساد دولي أو ربّما طويلة الأمد تغذيها الكارثة المزدوجة لنقص امدادت الطاقة والارتفاع الجنوني في السعر لما كان سابقاً أرخص مورد للطاقة في التاريخ.

وفيما تتجذّر تأثيرات أزمة الطاقة أكثر وأكثر عالمياً مرفقة بعمليّة تحوّل محموم إلى مصادر بديلة عن النفط، تبرز على الصعيدين العالمي والداخلي معالم تحوّل ملموس يترك آثاره على كافة المجالات، ومن هذه المعالم:

- **<u>سياسات الطاقة الجديدة:</u>** يتمثّل التأثير الأكثر بروزاً لأزمة الطاقة بصعود سياسات جديدة في مجال الطاقة تتمحور حول مفهوم "الأمن الوطني للطاقة". والمفهوم الأخير بات اليوم محرّك رئيسي للتحوّل في مجال الطاقة في القرن الواحد والعشرين وتأثيراته واضحة في كافة أنحاء العالم خاصة في سياسات الاتحاد الأوروبي في شمال أفريقيا، وفي السياسات الصينية والأميركية والهندية في أفريقيا والشرق الأوسط. ويشكّل تنويع مصادر الطاقة الهاجس الرئيسي للحكومات في هذا المجال بعدما ثبت أن الاعتماد على النفط وحده مكلف سياسياً ومالياً واقتصادياً. ويطبع القلق العالمي من آثار التغيّر المناخي بدوره بصمات كثيرة على السياسات العامة الداخلية والدولية ويساهم في دفع عمليّة التحوّل في مجال الطاقة قدماً. لكن تجدر الإشارة إلى أن سياسات التحوّل عن الوقود الأحفوري وسياسات محاربة التغيّر المناخي لا تمشيان بالضرورة جنباً إلى جنب في كل الدول، إذ إن بعض سياسات الطاقة الجديدة هي مساهم رئيسي في زيادة الانبعاثات رغم تخفيض نسبة استهلاك الوقود الأحفوري فيها مثل سياسات البرازيل والولايات المتحدة بزيادة الاعتماد على الوقود الحيوي. وتتأثر سياسات الطاقة في هذا المجال بعدد من العناصر القانونية والدولية التي لا تزال غير محسومة حتى تاريخ كتابة هذه الخاتمة هي: ١) مصير الضوابط القانونية والضرائبية حول الانبعاثات الكربونية داخلياً ودولياً الذي يبقى معلّقاً بمصير

المفاوضات الدولية حول اتفاقية جديدة تخلف اتفاقية كيوتو، ٢) الاستراتيجيات المتغيّرة للحكومات فيما يتعلّق بأمن الطاقة والخطوات السياسية والعسكرية والاقتصادية التي يمكن أن تتخذها في هذا المجال، ٣) وتيرة التقدّم التكنولوجي خاصة فيما يتعلّق بتقنيّات الطاقة المتجدّدة.

- **إعادة خلط الأوراق الجيوبوليتيكية والاقتصادية حول العالم:** تؤدي أزمة الطاقة وسياسات الطاقة الجديدة إلى إعادة رسم الخارطة الجيوبوليتيكة حول العالم، إن من خلال سياسات تقليص (أو زيادة) الاعتماد على الدول النفطية مع ما يعنيه ذلك تأثيرات على العلاقة بين الدول المستهلكة والدول المصدّرة، أو من خلال سياسات تنويع مصادر الطاقة مع ما يعنيه ذلك من علاقات وتحالفات إقليمية ودولية جديدة كما في حالة الدخول الصيني القوي إلى أفريقيا، أو من خلال سياسات توسيع الاعتماد على الطاقة البديلة كمشروع الاتحاد الأوروبي للاستفادة من طاقة شمال أفريقيا مع ما يعنيه ذلك من آثار على العلاقات بين الطرفين. كذلك سيكون للارتفاع المرتقب في وتيرة الصراعات آثاره الدولية الملموسة، خاصة في ظلّ الصراعات التي تلوح في الأفق على موارد الطاقة الضرورية بعد النفط كاليورانيوم، وحتّى الشمس والهواء (صراع على الأراضي)، بالإضافة إلى الأراضي الزراعية الخصبة الضرورية لزراعة الوقود الحيوي، فضلاً عن اشتداد حالات عدم الاستقرار الداخلي في الدول الهشّة وتزايد ظاهرة الدول الفاشلة.
- **الآثار السياسية العامة:** من الآثار السياسية التي بدأت تظهر بوضوح منذ الآن هي عودة دور الدولة إلى ميدان الاقتصاد والتخطيط والتنمية بعد مرحلة من الانحسار في ظلّ السياسات النيو–ليبرالية. وتشهد عودة الدولة إلى الميدان العام زخماً متزايداً خاصة أن مواجهة أزمة الطاقة وتطبيق خطط التحوّل إلى الطاقة البديلة يستوجب تدخلاً مباشراً من الدولة من حيث سنّ القوانين والتشريعات ووضع الضوابط وتنفيذ المشاريع الكبرى للطاقة البديلة. إلى ذلك تظهر في المقابل عودة قوية للمحليّات إذ إن المصادر البديلة للطاقة هي محليّة بطبيعتها ومتمركزة غالباً في الأرياف وتشجّع على إنعاش الاقتصادات المحليّة. كما أنه هنالك صعود في قدرة المجتمع المدني والقطاع الخاص على المبادرة في ظلّ التلكؤ والتباطؤ الحكومي، وقد ظهرت العديد من الحركات العالمية والإقليمية والمحليّة التي نجحت في تطبيق خطط محليّة فعّالة للانتقال إلى الطاقة البديلة منها حركتي Relocalization وTransition اللتان ابتدئتا كمبادرة محليّة وتحوّلتا إلى حركة ناشطة في أوروبا وأميركا الشمالية ونجحتا في تنفيذ العديد من مشاريع الطاقة البديلة في قرى وبلدات عديدة.

ونظراً لجديّة أزمة الطاقة، تبرز الحاجة الملحّة لوضع سياسات تحوّل هيكلي جذري قيد التطبيق. لذلك بات اعتماد استراتيجيات التنمية المستدامة ضرورة ملحّة ولم يعد خياراً قابلاً للتأجيل. لكن رغم اقتناع معظم مراكز صناعة القرار حول العالم بهذه المقولة إلا أنه هنالك العديد من الصعوبات أمام تنفيذ هكذا سياسات للعديد

من الأسباب. فبالإضافة إلى تباطؤ الحكومات في التعامل الجدّي مع أزمة الطاقة لأسباب ذات طبيعة سياسية أو انتخابية أو مالية، وبالإضافة إلى التحدّيات الاقتصادية والمالية الهائلة التي تحول دون توسيع الاعتماد بسرعة على الطاقة البديلة، تبرز مشكلة الذهنية المتجذّرة للنيوليبرالية في مراكز الضغط وصناعة القرار. وهي فلسفة حكمت سياسات النموّ طوال العقود الماضية حيث أصرّ المدافعون عنها على انسحاب الدولة من الشأن الاقتصادي وهيمنة منطق السوق ومعارضة أية ضوابط على تبذير الموراد الطبيعية ما أدّى إلى أزمات متزامنة في الطاقة والبيئة والغذاء والاقتصاد والسياسة. والتلكؤ الحكومي المذكور في مجال الطاقة يؤدّي في الوقت الحالي إلى بروز مشكلة "توقيت" حيث تحتاج أي خطة متواضعة لتوسيع الطاقة البديلة إلى عقدين على الأقل لكي تظهر نتائجها الأولى على الأرض فيما قد لا تمهلنا أزمة النفط (وأزمة التغيّر المناخي) كلّ هذا الوقت قبل أن تضرب بكلّ قوتها وتُبخّر أي امكانية للتصرّف الفعّال.

لهذا السبب يرتبط الحلّ الاستراتيجي لأزمة الطاقة بكل القوى الفاعلة "سياسياً" والقادرة على المساهمة في التغيير، بدءاً من المجتمع الدولي، مروراً بالدولة التي تتحمل المسؤولية الأكبر في هذا المجال، وصولاً إلى المجتمعات المحلية والمنظمات غير الحكومية والأفراد. ومن الضروري للسياسات الجديدة أن تدور حول محور أساسي واحد هو تخفيض اعتماد المجتمعات المعاصرة على الوقود الأحفوري إلى أكبر حدّ ممكن. ولن يكون ذلك ممكناً إلا عبر تشجيع تطوير واستهلاك الطاقة البديلة.

وبسبب الصعوبات المذكورة، يبدو مستقبل العولمة غامضاً ولا يمكن توقّع تطوّر أزمة الطاقة أو نتائجها وفق سيناريو واحد محدّد المعالم، إذ أنه بسبب العوامل العديدة التي تؤثّر في هذا الشأن هنالك عدّة سيناريوهات ممكنة على المديين المتوسّط والبعيد. وبعد دراسة مختلف السيناريوهات التي قدّمتها الدراسات الخاصة ومراكز الأبحاث والدراسات الحكومية، استخلصنا ثلاث سيناريوهات رئيسية، قد يشبه المستقبل واحدة منها أو قد يكون مزيجاً منها جميعاً:

- **<u>الأعمال كالمعتاد والسيناريو المتفائل:</u>** تدافع العديد من الدراسات ومراكز الأبحاث والحكومات عن أن الأزمة النفطية هي مجرّد مشكلة في الاستثمارات والتقنيات، وتُهمل هذه الدراسات كلياً الأسباب الأخرى لأزمة الطاقة فضلاً عن عدم اعترافها بجديّة أزمة التغيّر المناخي. ويقول مؤيدو هذا الاحتمال أن الأسواق التي تشجّع المنافسة والاستثمارات الإضافية هي كافية لتشجيع الابداع التقني الذي سيحلّ بدوره مشكلة استخراج النفط أو يؤدي إلى تقدّم كبير وسريع في مجال الطاقة البديلة يحلّ المشكلة خلال وقت

قصير. وبناء على هذه الفرضية، يعتبر هذا التيار أن ذلك كافٍ لاستمرار الأعمال "كالمعتاد" على الكوكب من دون مشاكل أو انهيارات درامية في الاقتصاد أو العلاقات الدولية أو المناخ.

- **الأعمال كالمعتاد والسيناريو المتشاءم:** يقوم هذا السينارو على فرضية استحالة قيام الحكومات بالاتفاق على القيام بتحوّل هيكلي جذري إلى الطاقة البديلة وتنفيذه كاملاً في الوقت المناسب لأن ذلك يتطلّب من ظروف سياسية ومالية واقتصادية شبه مستحيلة. ويتوقّع هذا السيناريو أنه رغم الاتفاق اللفظي على ضرورة التغيير بين حكومات العالم، إلا أن الأعمال على الكوكب ستستمرّ كالمعتاد من دون تغيّرات تذكر في مجال الطاقة أو في أسلوب التنمية. ويتوقّع هذا السيناريو أن ذلك سيؤدي بدوره إلى استفحال تدريجي للأزمة في ظلّ شلل قدرة القطاعين العام والخاص على المبادرة أو الاضطلاع بحلول عالمية ذا شأن، وصولاً إلى انهيار شامل في البنى الاقتصادية والاجتماعية والسياسية على وقع شحّ الطاقة أو على وقع الانهيار المناخي – البيئي الشامل. ويصف أحد الباحثين هذا السيناريو القاتم قائلاً: "الحضارة الصناعية المتأخرة وفقاً لهذا السيناريو لديها عمر قدره مئة عام فقط من الـ ١٩٣٠ حتى ٢٠٣٠. حين تنقطع الكهرباء، سنعود إلى العصور المظلمة.. العصر الحجري ينتظرنا وراء المنعطف التالي"[١]. ويعتبر الكاتب أن نهاية النفط الرخيص التي حدثت عام ٢٠٠٥ هي أحد الأحداث الرئيسية لتحقّق هذا السيناريو، وبعد حصول الذروة النفطية (التي يقول أنها حدثت عام ٢٠٠٦)، ستدخل الحضارة في سنوات طويلة من الانهيار البطيء: "نقص في إمدادات الطاقة وانقطاعات في التيار الكهربائي حول العالم، يتبعها الانهيار التدريجي للزراعة النفطية، تدنّي انتاج الأسمدة والغذاء، انهيار في أنظمة النقل ثم في أنظمة البنوك والنظم المعلوماتية، تراجع الطبّ الحديث وتصنيع الدواء، نهاية البلاستيك، انهيارات في أنظمة الدفاع المُمكننة والالكترونية، تأثّر عمليات البناء والتصنيع والتجارة والشحن...ألخ"[٢].
- **سيناريو التحوّل الهيكلي الناجح:** يرى هذا السيناريو امكانية إيجاد الإرادة السياسية الكافية لتحقيق اتفاق دولي على القيام بتحوّل هيكلي ناجح مع ما يعنيه ذلك من تخصيص الأموال والجهود اللازمة لعمليّة التحوّل على المدى البعيد، مع ما يعنيه هذا الأمر أيضاً من إعادة هندسة شبه كاملة للمجتمعات البشرية وللأسلوب الذي تعيش فيه حياتها وتنتج وتستهلك فيه الطاقة.

[1] Richard C. Duncan, "The Peak of World Oil Production and the Road to the Olduvai Gorge", November 2000; text found in www.hubbertpeak.com.
[2] IBID.

إن حجم التحدّي في مجال الطاقة هو من دون شكّ كبير جداً، يزيده خطورة تزامنه مع أزمات أخرى لا تقلّ أهميّة عنه كالتغيّر المناخي والأزمات الغذائية والماليّة والاقتصادية والسياسيّة. وبالتالي فإن حجم الردّ المطلوب على أزمة الطاقة يجب أن يكون تاريخياً بكلّ ما للكلمة من معنى، وهو مهدّد اليوم بعجز المؤسسات الدولية والحكومات عن الاضطلاع بأدوارها في ظلّ الفوضى الناشئة عن تعدّد الأزمات وضغوط قوى الأمر الواقع.

فهل تكون أزمة الطاقة الحالية الصدمة الضرورية للتحوّل نحو التنمية المستدامة والحفاظ على البيئة والاعتماد على موارد الطاقة المتجددة والنظيفة، أم تكون المدخل إلى عصر غير مسبوق من الفوضى والانهيارات؟ الإجابة بحكم المستقبل.

لائحة المراجع

لائحة المراجع العربية:

١. <u>المؤلفات:</u>

- السبيكي (آمال) ، **تاريخ ايران السياسي بين ثورتين ١٩٠٦ . ١٩٧٩**، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت ١٩٩٩.
- حداد (ريمون)، **نظرية التنمية المستدامة**، دار النشر غير مذكور، بيروت ٢٠٠٦.
- كامبل، كولن وآخرون، **نهاية عصر البترول**، ترجمة ترجمة د.عدنان عباس علي، عالم المعرفة العدد ٣٠٧، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت ٢٠٠٤.
- هاينبرغ (ريتشارد)، **انتهت الحفلة: سراب النفط**، ترجمة أنطوان عبدالله، الدار العربية للعلوم، بيروت ٢٠٠٥.
- هاينبرغ (ريتشارد)، **غروب الطاقة: الخيارات والمسارات في عالم ما بعد البترول**، ترجمة مازن جندلي، الدار العربية للعلوم، بيروت ٢٠٠٦.

٢. الدوريات والدراسات والمقالات:

- معلوف (حبيب)، "امكانيات استخدام الطاقة المتجددة في لبنان": مشروع مقترح للاستراتيجية الوطنية لتشجيع استخدام الطاقة المتجددة، الهيئة اللبنانية للبيئة والانماء بالتعاون مع حزب البيئة اللبناني وبرنامج جف، بيروت ٢٠٠٦.
- مجلة العربي، العدد ٦٠٠، كانون الأول ٢٠٠٨.

٣. الصحف والجرائد

- صحيفة دنيا الوطن الكويتية.
- جريدة الأخبار اللبنانية.

٤. مواقع الكترونية:

- شبكة النبأ المعلوماتية: www.annabaa.org
- موقع لبنان الآن: www.nowlebanon.com

المراجع باللغة الإنكليزية

١. المؤلفات:

- Adelman, Morris A, **The Genie Out of the Bottle: World Oil since 1970**, MIT Press, Cambridge, 1995.
- Chevalier (Jean Marie) and Others, **The new Energy Crisis: Climate, Economics and Geopolitics**, Macmillan Publishers Limited, London 2009.

- Clarke (Duncan), **The battle for barrels: Peak Oil Myths and World Oil Futures**, Profile Books Ltd, London 2007.
- Denny (Ludlow) and Alfred Knopf, **We Fight for Oil**, New York, without date.
- Eberstadt (Nicholas), **The End of North Korea**, AEI Press, Washington, 1999.
- Fisher (Julia), **The Physics Factbook**, U.S.A, 2003.
- Heinberg (Richard), **Searching for a miracle: Net Energy Limits and the Fate of industrial Society**, The international Forum on Globalization and The Post Carbon Institute, San Francisco , 2009.
- Heinberg (Richard), **Peak everything: Waking up to the century of declines**, New Society Publishers, Canada 2007.
- Lenton, T. M.; Held, H.; Kriegler, E.; Hall, J. W.; Lucht, W.; Rahmstorf, S.; Schellnhuber, H. J, **Tipping elements in the Earth's climate system**, *the National Academy of Sciences*, U.S.A, February 2008.
- Maugeri (Leonardo), **The Age of Oil: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource**, Praeger Publishers, United States 2006.
- Mason (Michael) and Amit Mor and others, **Renewable energy in the Middle East**, Springer Publications, Published in Cooperation with NATO Public Diplomacy Division, London 2008.
- Newman (Sheila) and Others, **The final energy crisis**, Second edition, Pluto Press, London 2008.
- Sangester (Alan), **Energy for a warming world: A plan to hasten the demise of fossil fuel**, springer publications, United Kingdom, 2010.
- Savinar (Matt), **The Oil Age is over**, United States 2004.
- Spiegel (Eric), Nila MacArthur and Rob Norton, **Energy Shift: Game-Changing options for Fueling the future**, Booz & Company Inc, U.S.A 2009.
- Tertzakian (Peter), **A thousand barrels per second**, McGraw-Hill Companies Inc, New York 2006.

- Trainer (Ted), **Renewable Energy cannot sustain a consumer society**, Springer Publishing, Amesterdam 2007.

- Yergin, Daniel, **The Prize: The Epic Quest for Oil, Money and Power**, New York: Simon & Schuster, 1999.

٢. الدراسات والتقارير الحكومية والصادرة عن منظمات حكومية وطنية ودولية

- Central Intelligence Agency, **The CIA World Factbook**, Washington, 2009

- City of Portland, Oregon, **Descending the Oil Peak: Navigating the Transition from Oil and Natural Gas** – Report of the City of Portland Peak Oil Task Force', Oregon, March 2007.
- Direction des Ressources Energétiques et Minérales de la DGEMP, **The Oil Industry 2004**, Paris, 2004.

- Food And Agriculture organization (FAO) and World Food Program (WFP), **Crop and Food Supply Assessment**, Mission to the Democratic People's Republic of Korea 1998–2004, UN, Rome, 2005.
- Hansen, James. E, **Surface Temperature Analysis**, NASA Goddard Institute for Space Studies, U.S.A, 2006.

- Hirsh, Robert L, **Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation & Risk Management**, 2005, US Department Of Energy, Washington 2005.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), **Climate Change 2007, Summary For Policymakers, the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Cambridge University Press, Cambridge, U.K., and New York, U.S.A. 2007.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), **Climate Change 2001: The Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Spain, 2001.

- International Energy Agency, **Medium Term Oil Market Report of July 2007**, Geneva, 2007.

- International Energy Agency, **World Energy Outlook 2007**, OECD & IEA, November 2007.

- International Energy Agency, **World Energy Outlook 2008**, OECD & IEA, November 2008.

- International Energy Agency, **World Energy outlook 2009**, OECD & IEA, November 2009.

- Mitchell (John V) and Paul Stevens, **Ending Dependence: Hard Choices for Oil-Exporting States**, Royal Institute of International Affairs, Chatham House, London 2008.
- National Intelligence Council (NIC), **Global Trends 2025: A Transformed World**, US Government, November 2008.

- Ramage, Michael P, **The Hydrogen Economy: Opportunities, Costs, Barriers, And R&D Needs**, National Research Council of the National Academies, USA, 3 March 2004.

- Service Météorologique du Liban (SML), **Atlas climatique du Liban** (in Arabic and French), Beirut, 1976.

- Swedish Commission on Oil Independence, **Making Sweden an Oil-Free Society**, Stockholm, 21 June 2006.
- The Government Accountability Office Report, **CRUDE OIL – Uncertainty about Future Oil Supply Makes It Important to Develop a Strategy for Addressing a Peak and Decline in Oil Production**, US Government, Washington, 2007.

- The All Party Parliamentary Group on Peak Oil (APPGOPO) and RESET (Renewable Energy Shelter Environment Training), **The Impact of Peak Oil on International Development**, House Of commons, Edinburgh Britain, June 2008.

- U.S Energy Information Administration**, U.S. Geological Survey World Petroleum Assessment**, Washington, 2000.
- U.S Energy Information Administration, **International Energy Annual 2002**, U.S Government, Washington 2002.

- U.S Energy Information Administration, **International Energy Annual 2005**, U.S Government, Washington 2005.

- U.S Energy Information Administration, **International Energy Annual 2006**, U.S Government, Washington 2006.
- U.S Energy Information Administration, **U.S. Nuclear Generation of Electricity**, U.S Government, Washington 2007.
-
- United States Environmental Protection Agency**, Recent Climate Change: Atmosphere Changes**, Washington, 2008.
- Wescott, Robert, **What would a $120 oil mean for the Global Economy? Securing America's Future Energy**, Washington DC, 2006.

٣. وثائق:

- Jimmy Carter, **Third State of the Union Address: presidential address to Congress by Jimmy Carter on January 23, 1980**. Source: www.jimmycarterlibrary.org
- Central Intelligence Agency, **The Impending Soviet Oil Crisis**, CIA, Washington 1977, www.foia.cia.gov (File Tag is: er 77-10147).

٤. الدراسات والتقارير الصادرة عن جامعات ومنظمات غير حكومية وشركات

- Abbott (Chris), AN UNCERTAIN FUTURE: LAW ENFORCEMENT, NATIONAL SECURITY AND CLIMATE CHANGE, Oxford Research Group, London, 2008.
- Bourne (Greg) and Richard Mott Climate Solutions: The World Wide Fund For Nature Vision for 2050, Paper prepared for WWF's Global Energy Task Force by Karl Mallon, , WWF International, Switzerland 2007.
- Biritish Petreulom, Statistical Review of World Energy 2009, United Kingdom, July 2006.
- Energy Watch Group, *Uranium Resources and Nuclear Energy,* 2006.
- GreenPeace: False Hope:Why Carbon Capture and Storage Won't Save the Planet, May 2008.
- Kendall, Gary, Plugged in: Report on transportation Fuels, World Wide Fund for Nature, 2008.
- Pew Center for Global Climate Change, U.S. Greenhouse Gas Emissions 1990–2004, United States 2005, Source: www.pewclimate.org

- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Renewables 2007: Global Status Report, REN219, 2007.
- Royal Society of Science,Joint science academies' statement: Global response to climate change, London, 2005.
- The Oil Depletion Analysis Centre and Post Carbon Institute, Preparing for Peak Oil: Local Authorities and the Energy Crisis, December 2008.
- University of Oxford, Energy, Politics and Poverty: A strategy for energy security, climate change and development assistance, Great Britain, June 2007.

٥. الدوريات والمجلات

- ASTM Standardization Newsmagazine, June 2004: www.astm.org
- Oil and Gas Journal. Feb. 15, 1993: www.ogj.com
- Grist Magazine, November 2008, www.grist.org
- American Scientific, March 1998: www.american-scientific.com
- Science Magazine, Issues, 307, 310 , 315: www.sciencemag.org
- Journal of Climate, June 2007.
- BIOGEOCHEMICAL CYCLES, VOL. 22, 5 August 2008.
- Financial Times, 18 November 2008, 15 February 2008: www.ft.com
- The Christian Science Monitor, November 12, 2008: www.csmonitor.com
- New Scientist Magazine issues: 2266, 2605, 2684: www.newscientist.com
- The Economist Magazine, Dec 4th 2008 : www.economist.com
- Industrial Ecology Magazine, Volume 13:1, 2009.
- Foreign Policy in Focus, January 2004: www.fpif.org
- The Environmental Magazine, Jan/Feb 2003: www.emagazine.com
- Shell Development Company, Publication No. 95.
- RENEWABLE ENERGIES Magazine, Issue #83, June 7, 2007.

٦. وكالات الأنباء والجرائد

- The Guardian Newspaper, Monday 9 June 2008, 24 november 2008. : www.guardian.co.uk
- Daily Telegraph, 29th May 2008, www.telegraph.co.uk
- International Herald Tribune, 28th April 2008: www.ihtinfo.com
- The independent Newspaper , Sunday, 2 March 2008, www.independent.co.uk
- Le Monde, 30 May 2008: www.lemonde.fr
- The Wall Street Journal February 9, 2009: http://online.wsj.com/
- Kansas City Star, May 10, 2003, www.kansascity.com
- CNN News, CNNmoney.com, March 5 2008.
- BBC News. 2009-12-19, http://news.bbc.co.uk
- ABC News, June 27, 2008: www.abcnews.go.com
- Reuters, Feb 19, 2010 , March 26, 2007, www.reuters.com
- AFP, 29 April 2009.

٧. المواقع الالكترونية:

المواقع الحكومية والمنظمات الدولية الحكومية وشركات الطاقة:

- U.S Energy Information Administration: www.eia.doe.gov/
- UK Department of Trade and Industry (DTI), www.dtistats.net
- The official website of the prime Minister of United Kingdom, http://www.pm.gov.uk
- National Renewable Energy Laboratory: www.nrel.gov
- Shell Company: www.shell.com
- Exxon Mobile: www.exxonmobil.com
- British Petreulom: www.bp.com
- Euractiv: http://www.euractiv.com
- Stanford University: www.stanford.edu

مواقع المنظّمات والهيئات غير الحكومية:

- Green Peace: www.greenpeace.org
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century: www.ren21.net/
- 350.Org: www.350.org/understanding-350
- Post Carbon Cities: http://www.postcarboncities.net/peakoilresponses

- National Society for Clean Air and Environmental Protection, www.environmental-protection.org.uk
- SGlobal Forum on Sustainable Energy, ADC Energy Programs and Projects, www.gfse.at

المواقع المتخصصة في شؤون الطاقة:

- *The Oil Drum: www.theoildrum.com*
- OIL-PRICE.NET: http://www.oil-price.net
- www.Energyfiles.com
- www.Lastoilshock.com
- http://knowledge.allianz.com
- www.hubbertpeak.com
- http://www.microhydropower.net/
- *Renewable Energy World.com*: www.renewableenergyworld.com
- www.fromthewilderness.com

مواقع أخرى (إخبارية وبيئية وغيره):

- Wikipedia the Free Encyclopedia: http://en.wikipedia.org
- http://www.infoplease.com
- The Power and Interest News Report (PINR), http://www.pinr.com
- Detroit news, www.detnews.com
- Cleantechnica.com, http://cleantechnica.com
- www.globalpublicmedia.com
- *Mongabay.com*, http://news.mongabay.com

الفهرس الأبجدي للمواضيع

أ

الاتحاد الأوروبي: ٣٥، ٤٩، ٨٢، ٨٣، ٨٤، ٩٠، ٩١، ٩٦، ١١٣، ١٤٨، ١٦٧، ١٦٨.

الاتحاد السوفياتي: ١٣، ١٨، ١٩، ١٢٧، ١٣٠، ١٣٧، ١٣٨، ١٣٩.

أزمة الطاقة: ٣، ٤، ٥، ٦، ٧، ١٩، ٢٢، ٢٥، ٢٦، ٢٧، ٢٨، ٣٠، ٣١، ٣٢، ٣٣، ٣٤، ٣٥، ٣٦، ٤١، ٤٨، ٤٩، ٥٠، ٥١، ٥٧، ٥٨، ٦٩، ٧٠، ٨١، ٩٦، ١٢٦، ١٢٧، ١٢٨، ١٢٩، ١٣٠، ١٣٢، ١٣٣، ١٣٤، ١٣٦، ١٣٧، ١٣٩، ١٤٠، ١٤١، ١٤٢، ١٤٣، ١٤٨، ١٥٠، ١٥١، ١٥٣، ١٥٥، ١٥٨، ١٥٩، ١٦٠، ١٦١، ١٦٥، ١٦٦، ١٦٧، ١٦٨، ١٦٩، ١٧٠، ١٧١.

الأزمة المالية (٢٠٠٨): ٢٩، ٣٥، ٤٤، ١٤٠، ١٤٩، ١٥٨.

الاستقرار السياسي: ٥، ٨٤، ١٢٧، ١٣٢، ١٣٣، ١٤٣، ١٦٧.

الاستهلاك العالمي للطاقة: ٣٠، ٩٠، ٩٧، ١٠٤، ١١٨، ١٦٠.

أسواق الأسهم: ٣٣، ٣٤.

أفريقيا: ٥، ١٢، ١٣، ١٨، ٢٠، ٣٤، ٤١، ٤٦، ٦٤، ٨٣، ٨٥، ٩٩، ١٢٥، ١٢٩، ١٣٠، ١٣١، ١٣٢، ١٣٦، ١٦٠، ١٦٧، ١٦٨.

أفغانستان: ١٢٧، ١٢٩.

الاقتصاد المنخفض الكربون: ٦٧، ٦٨، ١٣٦.

إكسون موبيل: ٣٨، ٤٠.

ألمانيا: ١٠، ٢٣، ٤٦، ٥٣، ٦٦، ٨٠، ٩٦، ١٠١، ١٠٤، ١٠٥، ١١٨، ١١٩، ١٤٨.

الأمازون: ٦٢.

الأمن الصحي: ٦٣.

أمن الطاقة: ١٧، ١٨، ١٩، ٢٢، ٥١، ٥٤، ٧٠، ٨٥، ٩٠، ١٢٧، ١٢٨، ١٦٨.

الأمن الغذائي: ٦٣، ٦٥، ٧١، ٨٥، ٨٨، ١٢٧، ١٣٤، ١٣٦، ١٣٧، ١٤٣، ١٤٦، ١٤٧.

الأمم المتحدة: ٦، ٧٣، ٨٣، ١٢٦، ١٢٧، ١٣٦، ١٤١، ١٦٣.

الأمن المائي: ٦٤.

أندونيسيا: ١٩، ٣٠، ٣٣، ٨٤، ١٢٩، ١٥٢.

الانصهار النووي: ١١٧، ١٢٠، ١٢١.

أوباما (باراك): ١٩، ٣٠، ٨٥، ١٢٨، ١٤٩.

أوبك (منظمة الدول المصدّرة للنفط): ١٩، ٣٠، ٣٥، ٣٧.

أوراغون (بلدة أميركية): ١٤٨.

أوروبا الشرقية: ١٩، ١٣١.

أهداف الألفية: ١٣٦، ١٤١.

الايثانول: ٧٦، ٨٠، ٨١، ٨٢، ٨٣، ٨٥، ٨٦، ٨٨، ١١٨، ١٥٤.

إيران: ١٧، ١٨، ١٩، ٢١، ٢٢، ٢٨، ٣٢، ٣٣، ٣٥، ٣٧، ٤٣، ٤٨، ٥٦، ٥٧، ٨٩، ٩٢، ١٢٨، ١٢٩، ١٣٠، ١٣١، ١٣٥، ١٥١.

ب

بحر الشمال: ١٢، ٣٧، ٥٦، ٩٩.

بحر قزوين: ١٢، ١٣، ١٩، ٤٠، ١٢٩.

البرازيل: ١٢، ٣٤، ٤٠، ٤١، ٦٦، ٨٠، ٨٢، ٨٥، ٨٦، ٩٦، ١٠٩، ١٥٢، ١٥٤، ١٦٠، ١٦٨.

بروتوكول كيوتو: ٦٦، ٦٧، ١٤٥، ١٦٨.

بريتيش بتروليوم: ٤٥.

بريطانيا: ١٠، ١٧، ١٨، ٣٨، ٥٦، ٨٠، ٩٠، ٩١، ٩٦، ١١٤، ١١٨، ١١٩، ١٤٨، ١٥٥.

بوتين (فلاديمير): ٣٣، ٥٧.

بوش (جورج): ٢٣، ٣٠، ١١٦، ١٢٨.

ت

تاتشر (مارغريت): ٢٠.

التأميم: ١٨، ١٩، ٢١، ٣٣، ٣٤، ٣٦، ٤٨.

تحوّل هيكلي: ١١٤، ١١٥، ١٤٤، ١٦٩، ١٧٠، ١٧١.

التدهور البيئي: ١٤٣.

ترومان (رئيس أميركي): ١٨.

التزايد السكاني: ٤٣، ٦٩.

تشيرنوبيل: ٩٢.

التغيّر المناخي: ٣، ٦، ٤٨، ٥٠، ٥١، ٥٤، ٥٧، ٥٨، ٥٩، ٦٠، ٦١، ٦٢، ٦٣، ٦٤، ٦٧، ٦٨، ٦٩، ٧٠، ٨١، ٩٠، ٩٧، ١١٨، ١٢٥، ١٢٦، ١٣٦، ١٤٣، ١٤٤، ١٤٦، ١٥١، ١٥٥، ١٥٨، ١٦٦، ١٦٨، ١٦٩، ١٧٠، ١٧١.

التكيّف (استراتيجية): ٤٩، ٦٤، ٦٧، ٦٨.

تقنية حبس وتخزين الكربون: ٥٢.

التنمية المستدامة: ٦، ٥٤، ٦٨، ٨٤، ٨٨، ١١٨، ١٢٦، ١٣٦، ١٤٣، ١٤٤، ١٤٥، ١٤٦، ١٤٧، ١٥٩، ١٦٥، ١٦٧، ١٦٩، ١٧١.

ث

ثاني أوكسيد الكربون: ٥٠، ٥٤، ٥٩، ٦٠، ٦١، ٦٣، ٦٤، ٦٥، ٦٦، ٧٧، ٨٦، ٨٩، ١١٢، ١١٤، ١١٧، ١٤٩، ١٥١، ١٥٢، ١٥٧، ١٦٤.

الثورة الإسلامية: ٢١، ٢٢، ٤٨.

الثورة المعلوماتية: ١٦، ١٤١، ١٤٣، ١٧١.

ح

الحرب الباردة: ١٢٩.

حرب السويس: ١٨.

الحرب العالمية الأولى: ١٧.

الحضارة الصناعية: ٤، ١١، ١٤، ١٥، ٥٩، ١٧٠.

خ

الخلايا الفوتوفولطية: ٧٤، ٧٦، ١٠٣، ١٠٥، ١٠٦.

خلايا الوقود: ١١٢، ١١٣، ١١٤، ١١٥.

ذ

الذروة النفطية: ٢٥، ٢٦، ٢٧، ٢٨، ٣٠، ٣١، ٣٨، ٤٨، ٤٩، ٥٥، ٥٨، ١٢٩، ١٣٠، ١٤٤، ١٤٨، ١٤٩، ١٥١، ١٥٥، ١٥٦، ١٧١.

ر

رمال القطران: ١٢، ٤٤، ٤٥، ٤٦، ٤٧، ٧٦، ٧٧.

روسيا: ١٠، ١٧، ٣٤، ٣٥، ٣٦، ٤١، ٥١، ٥٥، ٥٦، ٥٧، ٦٠، ٦١، ٦٧، ٨٩، ٩٠، ١٢٥، ١٢٧، ١٢٨، ١٢٩، ١٣١، ١٥٣، ١٥٤، ١٦٠.

ريغن (رونالد): ٢٠.

ريفكين (جيريمي): ١١٢، ١١٤.

ز

الزراعة: ٣، ٨، ٩، ١٥، ٥٢، ٦٣، ٦٩، ٧٣، ٧٥، ٨٥، ٨٦، ٨٧، ٩٨، ١٣٦، ١٣٧، ١٣٨، ١٣٩، ١٦٧.

زيغلر (جان): ٨٣، ٨٤.

س

سوق الكربون: ٦٦، ٦٩.

السعودية: ١٩، ٢١، ٢٢، ٢٣، ٢٧، ٣٤، ٣٧، ٤٠، ٤٣، ٤٦، ٨٩، ١٣٠، ١٣٥.

سياسات الطاقة: ٦، ٢٠، ٢٣، ٢٤، ٤٨، ٥٠، ٥٩، ٧٠، ٧١، ٩٠، ١١٧، ١٢١، ١٢٥، ١٢٦، ١٢٨، ١٤٤، ١٤٥، ١٥٨، ١٦٥، ١٦٧، ١٦٨.

ش

شافيز (هوغو): ٢٠، ٣٢.

الشرق الأوسط: ١٢، ١٣، ١٨، ١٩، ٤١، ٥٦، ٥٧، ٦٦، ٩٩، ١٣١، ١٣٣، ١٦٨.

شل أويل: ٣٠.

شيفرون: ١٣١.

ص

الصحة العامة: ١٦، ٩٤، ١٢٧، ١٣٤، ١٤١، ١٤٢.

الصخور الزيتية: ١٢، ٤٥، ٤٦.

صدام حسين: ٢٢، ٢٣.

الصدمة النفطية الأولى (١٩٧٣): ١٦، ٢٠، ٢١، ٢٤، ٤٨، ٦٩، ٧٣، ٨٠، ٨٨، ١٤٤.

الصين: ١٤، ٢٠، ٣٠، ٣٢، ٣٤، ٣٥، ٤١، ٤٢، ٥١، ٥٢، ٦٠، ٦٤، ٦٥، ٦٦، ٦٧، ٨٩، ٩٦، ١٠٥، ١٠٩، ١٢٧، ١٢٨، ١٢٩، ١٣١، ١٣٥، ١٥٢، ١٥٣، ١٥٤، ١٦٠، ١٦٧، ١٦٨.

ط

طاقة الأمواج: ١٠٨، ١١٠، ١١١، ١١٢، ١٢٢.

الطاقة البديلة: ٤، ٥، ٦، ٢٨، ٣١، ٦٩، ٧٠، ٧١، ٧٢، ٧٩، ٨٠، ١٢٤، ١٢٥، ١٢٦، ١٣٥، ١٣٦، ١٤٠، ١٤٢، ١٤٤، ١٤٥، ١٤٦، ١٤٧، ١٥٠، ١٥٣، ١٥٧، ١٥٨، ١٥٩، ١٦٠، ١٦٢، ١٦٣، ١٦٤، ١٦٥، ١٦٦، ١٦٧، ١٦٨، ١٦٩، ١٧٠.

طاقة التيارات البحرية: ١٠٨، ١١١، ١١٢.

الطاقة الجوفية: ١١٧، ١٢٠، ١٢٢.

الطاقة الحرة: ١٢٠.

الطاقة الحيوية التقليدية: ١١٧، ١٢٢.

الطاقة الشمسية: ٥، ٢٠، ٧١، ٧٤، ٧٥، ٧٧، ٧٨، ٧٩، ٩٥، ٩٦، ١٠٢، ١٠٣، ١٠٤، ١٠٥، ١٠٦، ١٠٧، ١٠٨، ١٠٩، ١١٥، ١٢٠، ١٢٢، ١٢٣، ١٢٥، ١٤٦، ١٤٧، ١٤٩، ١٦٢، ١٦٣، ١٦٤، ١٦٥، ١٦٧.

الطاقة الشمسية الحرارية: ١٠٣، ١٠٤، ١٠٥، ١٠٦، ١٠٧.

الطاقة المائية: ٩٥، ١٠٨، ١١٠، ١١، ١٢٢.

الطاقة المدية: ١١٠.

الطاقة من النفايات: ١١٧، ١١٨، ١١٩، ١٢٢، ١٦٦.

الطاقة النووية: ٦، ٢٣، ٧١، ٧٢، ٧٧، ٧٩، ٨٠، ٨٢، ٨٩، ٩٠، ٩١، ٩٢، ٩٣، ٩٤، ١٠١، ١٢١، ١٤٧.

الطاقة الهوائية: ٢٣، ٧٢، ٧٣، ٧٦، ٨٠، ٩٥، ٩٦، ٩٧، ٩٨، ٩٩، ١٠٠، ١٠١، ١٠٢، ١٠٦، ١٠٩، ١٢٢، ١٤٩، ١٦٢، ١٦٣، ١٦٥.

غ

الغاز الإحيائي: ١١٨.

الغاز السائل: ٥٥، ٥٧، ٥٨، ١١٨.

الغاز (الطبيعي): ٨، ١٢، ١٣، ١٥، ١٩، ٢٣، ٢٤، ٣٠، ٣٢، ٤٤، ٤٩، ٥٠، ٥١، ٥٤، ٥٥، ٥٦، ٥٧، ٥٨، ٧٠، ٧٢، ٧٦، ٧٨، ٨٠، ٨١، ٨٢، ٨٦، ٩٠، ٩٢، ٩٥، ١٠٩، ١١٢، ١١٤، ١١٧، ١١٨، ١١٩، ١٣١، ١٤٨، ١٤٩، ١٥٤، ١٦١، ١٦٦.

ع

عائد الطاقة الصافي: ٥٣، ٥٧، ٧٣، ٧٤، ٧٥، ٧٦، ٨٧، ٨٨، ٨٩، ٩٦، ١٠٣، ١٠٨، ١١٥، ١٢٠، ١٢١، ١٢٢.

العالم الثالث: ١٤، ٩١، ٩٢، ١٠٩، ١١٧، ١٤٨، ١٥٥.

العبودية: ٨، ٧٥.

عدد السكان: ٩، ١٥، ١٦٠.

العراق: ١٧، ١٨، ١٩، ٢١، ٢٢، ٢٣، ٣٢، ٣٣، ٣٥، ٣٦، ٤٨، ١٢٧، ١٢٩.

العصر الصناعي: ٩، ١٠، ٢٥، ١١٣.

العلاقات الدولية: ٣، ٤، ٥، ٦، ١١، ١٢، ١٦، ١٨، ٢٤، ٣١، ٥١، ١٢٦، ١٢٧، ١٣٠، ١٤٤، ١٧٠.

العولمة: ١٦، ١٢٧، ١٧٠.

ف

الفحم: ٣، ٨، ١٠، ١٢، ١٣، ١٥، ١٧، ٢٣، ٢٤، ٤٤، ٤٥، ٤٦، ٤٩، ٥٠، ٥١، ٥٢، ٥٣، ٥٤، ٥٥، ٥٧، ٥٨، ٧٠، ٧٢، ٧٧، ٧٨، ٨٠، ٨١، ٨٢، ٩٢، ٩٥، ٩٨، ١٠١، ١٠٢، ١٠٣، ١١٢، ١١٣، ١١٧، ١١٨، ١٢٣، ١٣٨، ١٥٤، ١٥٦، ١٦١، ١٦٦.

فرنسا: ١٧، ١٨، ٢٣، ٦٦، ٨٠، ٨٧، ٨٩، ٩١، ٩٦، ١١٠، ١٤٨، ١٦٣.

الفقر: ١١، ٦٨، ١٣٢، ١٣٣، ١٣٤، ١٣٥، ١٣٦.

فنزويلا: ١٣، ١٨، ١٩، ٢٨، ٣٢، ٣٣، ٣٦، ٤٤، ١٢٨، ١٢٩، ١٣٥.

ق

قطاع الطيران: ١٤٢.

ك

كارتر (جيمي): ٢٢.

كثافة الطاقة: ٧٣، ٧٨.

الكساد: ١٤٠، ١٤١، ١٤٧، ١٥٢، ١٥٧، ١٦٧.

كندا: ١٢، ٣٩، ٤، ٤٥، ٤٧، ٥٥، ٩١، ١٠٢، ١٤٨، ١٥٣.

كوبا: ١٣٩.

الكولونيل درايك: ١٤.

كوريا الشمالية: ١٣٨، ١٣٩.

الكيروسين: ١١.

ل

لبنان: ٥، ٦، ٩٨، ١٠٧، ١٢٦، ١٣٣، ١٤٥، ١٥٤، ١٥٩، ١٦٠، ١٦١، ١٦٢، ١٦٣، ١٦٤، ١٦٥.

اللجنة الحكومية حول التغير المناخي: ٦٠.

الليبرالية: ٢٠، ١٥٧، ١٦٨، ١٦٩.

م

مجلس الاستخبارات الأميركي: ٣٠، ٥١، ٩٠، ٩٣، ١٥٢، ١٥٣.

المحرك البخاري: ٣، ١٠.

مصدّق (محمد): ١٨.

مصر: ١٨، ٣٠، ٦٤، ٨٩، ٩٩، ١٥٤.

معضلة جوهانسبرغ: ١٣٤، ١٣٦.

المكسيك: ١٨، ١٩، ٣٠، ١٢٨.

ن

النار: ٩، ٨٠.

نسبة تركيز ثاني أوكسيد الكربون: ٦١، ٦٤.

النفط الثقيل: ٤٤، ٤٧.

النفط غير التقليدي: ١٢، ٣٨، ٤٤، ٤٥، ٤٦، ٤٧.

النفط القطبي: ٤٤، ٤٥.

النقل (قطاع – وسائل): ٣، ٤، ٩، ١٥، ٣١، ٥١، ٥٥، ٦٨، ٦٩، ٨١، ٨٣، ٨٧، ٩٣، ١٠٢، ١١٣، ١١٦، ١١٩، ١٢٣، ١٢٤، ١٢٧، ١٣٣، ١٣٤، ١٣٩، ١٤١، ١٤٢، ١٤٩، ١٥٠، ١٦١، ١٦٤، ١٦٥، ١٧١.

النيجر: ٣٢، ٣٣، ٣٤، ١٢٩.

نيجيريا: ١٩، ٢٨، ٣٢، ٣٤، ٨٤، ١٢٨، ١٣٢، ١٣٥.

نيكسون (ريتشارد): ١٦، ٢١.

و

الوقود الحيوي: ٦، ٥١، ٧٠، ٧١، ٧١، ٨٠، ٨١، ٨٢، ٨٣، ٨٤، ٨٥، ٨٦، ٨٧، ٨٨، ٩٥، ١٢٤، ١٤٨، ١٤٩، ١٦٦، ١٦٨.

الوكالة الدولية للطاقة: ٦، ٢٢، ٢٨، ٣٠، ٣٧، ٤١، ٤٢، ٤٣، ٤٤، ٤٧، ٥٤، ٥٥، ٥٨، ٦٥، ٨١، ٩٠، ١٥١، ١٥٦.

الولايات المتحدة: ١٠، ١٢، ١٣، ١٤، ١٦، ١٨، ١٩، ٢١، ٢٢، ٢٣، ٣٣، ٣٥، ٣٧، ٣٨، ٤٢، ٤٤، ٤٦، ٥١، ٥٢، ٥٥، ٥٦، ٦٠، ٦١، ٦٥، ٦٦، ٦٧، ٦٩، ٧٩، ٨٠، ٨٢، ٨٣، ٨٨، ٨٩، ٩١، ٩٢، ٩٨، ٩٩، ١٠٢، ١٠٤، ١٠٥، ١٠٦، ١٠٧، ١١٦، ١١٩، ١٢٠، ١٢٣، ١٢٧، ١٢٨، ١٢٩، ١٣٠، ١٣١، ١٣٧، ١٤٨، ١٥٢، ١٥٣، ١٦٨.

هـ

هاينبرغ (ريتشارد): ٧، ٨، ١٢٠، ١٣٠، ١٣٧، ١٥٩.

الهند: ٣٠، ٣٢، ٣٤، ٣٥، ٤١، ٤٢، ٥١، ٥٢، ٦٤، ٦٥، ٦٦، ٦٧، ٦٩، ٨٩، ٩٦، ١٠٢، ١٥٢، ١٥٣، ١٥٤، ١٦٠، ١٦٧.

هنري كيسنجر: ٢٢.

هوبرت (م.ك): ٢٦، ٢٧، ١٤٤.

الهيدروجين: ٥، ٦، ٤٠، ٦٩، ٧١، ٧٢، ٩٥، ١١٢، ١١٣، ١١٤، ١١٥، ١١٦، ١١٧، ١٢٠، ١٢٢، ١٦٦، ١٦٧.

ي

اليابان: ٢٣، ٤٢، ٦٦، ٦٠، ٨٩، ١٠٥، ١١٨، ١٤٨، ١٥٤.

اليورانيوم: ٨، ٤٩، ٧٧، ٩١، ٩٢، ٩٣، ١٢٢، ١٢٣، ١٦٨.

الفهرس

المقدّمة ٣

الفصل الأوّل: الوقود الأحفوري: أزمتي الطاقة والتغيّر المناخي ٧

المبحث الأول: الوقود الأحفوري: منظور جيولوجي وتاريخي واقتصادي ٧

الفقرة الأولى: الطاقة والمجتمعات الإنسانية ٧

أ: تعريف الطاقة وأنواعها ودورها لدى الأنظمة الحيّة ٧

ب: الطاقة والمجتمعات البشرية منذ العصور القديمة حتى العصر الصناعي ٩

الفقرة الثانية: النفط ١١

أ: الأصول الجيولوجية للنفط، أنواعه وتوزّعه الجغرافي ١١

١) ..... أ
صوله الجيولوجية .....

٢) ..... أ
نواعه .....

٣) ..... ت
وزّعه الجغرافي .....

ب: عصر النفط ١٣

٣) النفط والاقتصاد العالمي

٤) ..... ا
لنفط، أمن الطاقة والسياسة الدولية .....

ج: أزمات الطاقة في القرن العشرين: أسبابها ونتائجها ٢٠

١) ..... ا
لصدمة النفطية الأولى ١٩٧٣ .....

٢) ..... ا
لصدمة النفطية الثانية ١٩٨٠ .....

٣) ..... آ
ثار الصدمتان .....

المبحث الثاني: أزمة الطاقة الحالية ٢٥

الفقرة الأولى: هل دخلنا عصر "الذروة النفطية"؟..... ٢٥

أ- مفهوم "الذروة النفطية" وانعكاساته ٢٦

ب- التحذيرات من الذروة النفطية والجدل حول الأسباب الحقيقية لأزمة الطاقة ٢٧

ج- أزمة الطاقة: الأسباب الظرفية والبنيوية ٣١

أولاً: الأسباب الظرفية لأزمة الطاقة ٣٢

١- ..... ا
لأزمات السياسية وأسعار الطاقة .....

٢- ..... ا
لتوقّعات في أسواق النفط وعلاقتها بالأسعار .....

٣- ..... ع
وامل أخرى في ارتفاع أسعار الطاقة .....

٤- ..... م
ناقشة العوامل الظرفية في أزمة الطاقة .....

ثانياً: الأسباب البنيوية لأزمة الطاقة ٣٦

١- ..... ا
نخفاض الانتاج في الدول المصدّرة .....

٢- ..... ض
مور الاكتشافات النفطية .....

٣- ..... ا
لارتفاع غير المسبوق في الطلب على الطاقة .....

٤- ..... م
عضلة الاستثمارات وارتفاع كلفة الوحدة النفطية .....

ثالثاً: نفط المستقبل: النفط غير التقليدي؟ ٤٤

رابعاً: أزمة الطاقة: أزمة بنيوية ٤٨

الفقرة الثانية: الفحم والغاز والانعطاف الخاطىء في سياسات الطاقة ٥٠

أ- ..... ا
لفحم الحجري ٥٠
ب- ..... ا
لغاز الطبيعي ٥٤

المبحث الثالث: الوقود الأحفوري والتغيّر المناخي ٥٩

الفقرة الأولى: التغيّر المناخي: ماهيّته وأسبابه ونتائجه ٥٩
أ- ..... أ
سباب الاحترار العالمي ٦٠
ب- ..... ا
لتطوّر المتوقّع للتغيّر المناخي ٦١
ج- نتائج وتأثيرات التغيّر المناخي ٦٢
١- ..... ا
لتأثيرات الفيزيائية للتغيّر المناخي .....
٢- ..... ا
لتأثيرات السوسيولوجيّة .....

الفقرة الثانية: الوقود الأحفوري ومكافحة التغيّر المناخي ٦٤
أ- ..... ا
ستراتيجيات التكيّف ٦٧
ب- ..... ا
لاقتصاد المنخفض الكربون ٦٨

الفصل الثاني: الطاقة البديلة: الامكانيات والعوائق ٧٠

المبحث الأول: الطاقة البديلة: تعريفها، أنواعها ومعايير تقييمها ٧٢

أ- ..... ع

ائد الطاقة الصافي Energy Return on Energy Invested (ENROI) ٧٣

ب- ..... ا

لكلفة المالية المباشرة ٧٦

ج- الحاجة لموارد إضافية. ٧٦

د- الأثر البيئي ٧٧

هـ – قابلية التجدّد ٧٧

و- سهولة الاستخدام Convenience of use. ٧٧

ز- حجم المورد أو القدرة على المساهمة ٧٧

ح- موقع المورد الجغرافي. ٧٧

ط- القدرة على الاعتماد عليهReliability. ٧٧

ي - كثافة الطاقة ٧٨

ك - قابلية المصدر للنل..... ٧٨

المبحث الثاني: الطاقة البديلة المثيرة للجدل ٨٠

الفقرة الأولى: الوقود الحيوي ٨٠

أ- ..... م

يزات الوقود الحيوي ونموّه المتوقّع ٨١

ب- ..... ا

لآثار الاجتماعية والبيئية للوقود الحيوي ٨٣

ت- ..... ج

- عائد الطاقة الصافي للوقود الحيوي ٨٧

الفقرة الثانية: الطاقة النووية ٨٩

أ- خطط توسيع الاعتماد على الطاقة النووية ٨٩

ب- العقبات المالية والمخاطر السياسي والبيئية للاعتماد على الطاقة النووية ٩٠

المبحث الثالث: الطاقة النظيفة والمتجدّدة ٩٥

الفقرة الأولى: الطاقة الهوائية ٩٦

أ.النموّ السريع للطاقة الهوائية ٩٦

ب. ميّزات الطاقة الهوائية ٩٦

ج. الشروط الجغرافية والمالية والسياسية للطاقة الهوائية ٩٧

الفقرة الثانية: الطاقة الشمسية ١٠٢

أ- ..... ت
قنياتها ١٠٢
ب- ..... م
يزات الطاقة الشمسية ١٠٣

ج- عائد الطاقة الصافي، مساهمتها الحالية وتوقّعات نموّها المستقبلي ١٠٣

د- العوائق التي تقف أمام توسّع الطاقة الشمسية ١٠٥

الفقرة الثالثة: الطاقة المائية ١٠٨

أ- الطاقة الهيدروليكية التقليدية ١٠٨

ب- الطاقة المديّة ١١٠

ج- طاقة الأمواج ١١٠

د- طاقة التيارات البحرية ١١١

الفقرة الرابعة: الهيدروجين ١١٢

أ- ..... د
عاة "عصر الهيدروجين" ١١٢
ب- ..... ا
قتصاد الهيدروجين: وهم أم احتمال حقيقي؟ ١١٤
الفقرة الخامسة: مصادر أخرى للطاقة ١١٧
أ- الطاقة الحيوية التقليدية Biomass ١١٧
ب- الطاقة من النفايات ١١٨
ج- الطاقة الحرارية الجوفية ١١٩
د- الطاقة الحرّة والانصهار النووي ١٢٠
خاتمة الفصل الثاني ١٢١
الفصل الثالث: أزمة الطاقة وعالم الغد، الطاقة البديلة والتنمية المستدامة ١٢٦
المبحث الأول: أزمة الطاقة، التنمية والعلاقات الدولية: لمحة من المستقبل ١٢٧
الفقرة الأولى: الطاقة والعلاقات الدولية المعاصرة ١٢٧
أ- بروز السياسات القومية في ما يتعلّق بالنفط ١٢٨
ب- تصاعد وتيرة الصراعات الدولية على وقع هيمنة السياسات القومية على سياسات الطاقة دولياً ومحلياً ١٢٨
ج- تصاعد مشكلة "لعنة الموارد" ١٣٢
د- مخاطر أزمة الطاقة على الاستقرار السياسي الداخلي ١٣٢

الفقرة الثانية: التنمية التقليدية في ظلّ أزمة الطاقة ١٣٣

أ- مسار التنمية في ظلّ الاعتماد على الوقود الأحفوري و"معضلة جوهانسبرغ" ١٣٤

ب- الزراعة النفطية: تحدّي الأمن الغذائي في ظلّ ارتباط الثورة الخضراء بالوقود الأحفوري ١٣٦

١: النموذج الكوري الشمالي: الانهيار الشامل.....

٢: المثال الكوبي: التحوّل إلى المحليّات.....

ج- المعضلة المالية والاقتصادية في ظلّ أزمة الطاقة ١٤٠

د- آثار آخرى لأزمة الطاقة: الصناعة، النقل، الصحة العامة، البيئة وأوجه الحياة اليومية ١٤١

١- ..... ا
رتفاع الأثمان بشكل عام .....
٢- ..... أ
زمة قطاع النقل.....
٣- ..... ا
لتدفئة والتبريد والصحة العامة.....
٤- ..... ا
لكهرباء، الأنظمة المعلوماتية والنظام المالي.....
٥- ..... ت
سارع وتيرة التدهور البيئي .....

المبحث الثاني: التنمية المستدامة وسياسات الطاقة البديلة ١٤٤

الفقرة الأولى: الطاقة البديلة والتنمية المستدامة: الروابط والمبادىء والتجارب ١٤٥
الطاقة البديلة وأبعاد التنمية المستدامة .....

الفقرة الثانية: العوائق الحالية أمام التحوّل الهيكلي للطاقة البديلة ١٤٧

أ- التجاهل الحكومي وتواضع الاجراءات والخطط البديلة ١٤٨

ب- التحديات المالية والاقتصادية أمام سياسات التحوّل ١٥٠

ج- معضلة الشمال – الجنوب وسؤال الحق في التنمية المرتكزة على الكربون ١٥٣

د- هل فات الأوان؟ ١٥٥

هـ- منطق السوق الحرّ في مواجهة منطق التدخّل..... 157

المبحث الثالث: لبنان والطاقة البديلة..... 160

الفقرة الأولى: الوقود الأحفوري وأزمة الطاقة في لبنان ١٦٠

الفقرة الثانية: امكانيات ومعوقات الطاقة البديلة في لبنان ١٦٢

أ- ..... ا
لطاقة الهيدروليكية ١٦٢

ب- الطاقة الهوائية ١٦٢

ج- الطاقة الشمسية ١٦٣

د- ترشيد استهلاك الطاقة ١٦٤

خاتمة البحث ١٦٦

ملحق: خطة وزارة الكهرباء اللبنانية ٢٠١٠-٢٠١٥ ..... ١٧٢

لائحة المراجع ١٧٧

الفهرس الأبجدي ١٨٦

فهرس المحتويات ١٩٦

لائحة الرسوم البيانية والجداول..... ٢٠٤

لائحة الرسوم البيانية والجداول

الرسم رقم ١: توزّع حقول النفط في العالم ١٥

الرسم رقم ٢: أسعار النفط منذ العام ١٩٩٠ حتى عام ٢٠٠٨ ..... ٣١

الرسم رقم 3: الدول المنتجة للنفط و"الذروة النفطية" ٤٠

الرسم رقم 4: اكتشافات النفط التقليدي خلال قرن ٤٣

الرسم رقم 5: الطلب الصيني والهندي على النفط..... ٤٤

الجدول رقم ١: مقارنة أزمات الطاقة..... ٥٠

الرسم رقم ١: استهلاك الفحم بحسب الإقليم بين ١٩٨٠ – ٢٠٣٠ ..... ٥٤

الرسم رقم ٧: اتجاهات نموّ الطلب على كلّ نوع من الطاقة خلال نصف قرن ٨٥

الرسم رقم ٨: المواقع الفضلى لتوليد الطاقة الهوائية في أفريقيا والشرق الأوسط ١٠١

جدول رقم ٢: نموّ الطاقة البديلة وفقاً لسيناريو التوسيع المكثّف للطاقة المتجدّدة ١٢٥

الرسم رقم ٩: نموّ مصادر الطاقة البديلة في ظلّ السياسات الحالية للطاقة ١٥٩