

# التحول الخليجي نحو الطاقة المتجددة لتحقيق الطاقة المستدامة تحديات الواقع وآفاق المستقبل



محمد إبراهيم شلبي  
2019

هذا البحث فاز بجائزة يوسف بن أحمد  
كانو في الدورة العاشرة 2019 في  
مجال الدراسات الاقتصادية







جائزة يوسف بن أحمد كانو

Yusuf Bin Ahmed Kanoo Award

## التحول الخليجي نحو الطاقة المتجددة لتحقيق الطاقة المستدامة

---

جميع الحقوق محفوظة. لا يسمح بإعادة إصدار هذا البحث  
أو أي جزء منه أو نقله بأي شكل من الأشكال دون إذن  
مسبق من جائزة يوسف بن أحمد كانو.

---



## إهداء

إلى الشاب الخليجي الذي أتى زمنه في خضمّ التحديات، وهو يطمح إلى  
مستقبل أفضل.

إلى عائلة كانوا العريقة القائمة على أمر الجائزة، التي تولى القضايا  
الاقتصادية عناية خاصة منذ نشأة الجائزة إلى اليوم.

إلى كل من يحمل همومنا ويبحث عن حلول لمشكلاتنا

أهديكم هذا البحث، وأسوق هذا الحديث

\*\*\*\*\*



## مقدمة

الحمد لله، والصلاة والسلام على رسول الله ومن والاه، وبعد،

فإن الطاقة عنصر أساسي من عناصر الحاجات الإنسانية التي لا يمكن للإنسان الاستغناء عنها، فضلا عن أنها تضطلع بدور هام في تحقيق الجوانب الاجتماعية والاقتصادية والبيئية المتعلقة بالتنمية المستدامة، تلك التنمية التي تهدف إلى حفظ الموارد البيئية والبشرية إلى أطول مدى ممكن، والاحتفاظ بحقوق الأجيال القادمة في بيئة نظيفة، وموارد متاحة، وقدرات على التأهيل ومواجهة مصاعب الحياة، والتي تزيد وتيرتها وترتفع حدتها في العقود الأخيرة بمقدار ما يتوفر لدى الإنسان من معارف وعلوم، وما يستهلكه من طاقات وثرورات.

ومنطقة دول مجلس التعاون الخليجي إحدى مناطق العالم التي حباها الله - سبحانه - بثروات مادية وبشرية كبيرة. فالطاقة الأحفورية (النفط أساسا، والغاز تاليا) تمثل عصب الاقتصاد في دول مجلس التعاون الخليجي، فهي تمتلك أكبر إنتاج واحتياطي للثروة النفطية في العالم، وظهرت في الفترة الأخيرة احتياطات كبيرة للغاز الطبيعي، مما جعل المنطقة محط أنظار العالم، ولأعبا أساسيا في السياسة والاقتصاد الدولي، ومجالا للتنافس بين القوى العالمية الكبرى من أجل تأمين مصادر الطاقة. ويزيد التعداد السكاني للمنطقة عن ٥٠ مليوناً، ثلثهم من الشباب، بما يعني أن تلك المنطقة أمامها فرص واعدة في استغلال ثروتها، والنهوض القوي بسواعد وعقول شبابها.

ويهتم عالم اليوم بالتنمية المستدامة، بأبعادها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والتقنية والثقافية، ويضع الطاقة كأحد أهم العوامل المؤثرة على التنمية المستدامة إيجابا وسلبا، فقد أكدت الدورة التاسعة للجنة التنمية المستدامة التابعة للأمم المتحدة، التي انعقدت في نيويورك في الفترة من ١٦ إلى ٢٧ أبريل ٢٠٠١، على أهمية الطاقة ودورها الحاسم في تحقيق التنمية المستدامة، وركزت على الطاقة، النقل، والغلاف الجوي. واتفقت الحكومات في هذه الدورة على أن الطاقة تمثل - في الحقيقة - القوة الرئيسية بين المجالات التي تضمنتها مبادرة المياه والطاقة والصحة والزراعة والتنوع البيولوجي، وعلى أهمية الطاقة في تحقيق التنمية المستدامة.

وتمثل مشكلات الطاقة الأحفورية تحديا كبيرا للعالم بوجه عام، ولمنطقة الخليج بوجه خاص، فهي - من ناحية - ثروة ناضبة غير قابلة للتجدد، حيث قدّرت الدراسات نهاية عصر النفط بحوالي أربعة إلى ستة عقود من الآن، ومن ناحية أخرى، تمثل الانبعاثات الغازية الناتجة عن الطاقة الأحفورية ومشتقاتها والصناعات التحويلية القائمة حولها تهديدا بيئيا واجتماعيا خطيرا، تداعت له المنظمات الدولية، وشكّلت الهيئات المعنية (مثل برنامج الأمم المتحدة لحماية البيئة UNEP، والهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC) لجانا خاصة لمتابعة تلك المشكلات كالاختارار الأرضي، وظاهرة الاحتباس الحراري، وأنشأت عددا من المعاهدات لمقاومة تلك المشكلات الناجمة عن الطاقة الأحفورية، والاستهلاك المتزايد لها.

وتنصب أغلب توصيات وقرارات تلك اللجان على الحد من الانبعاثات الناتجة عن احتراق الوقود الأحفوري، حيث سجلت اتفاقية الأمم المتحدة للمناخ (COP21) - على سبيل المثال - التي وقعت في ديسمبر ٢٠١٥ تقدماً، حيث نادى بتحديد الاحتراز العالمي بدرجتين مئويتين بحلول عام ٢٠٥٠، والحد من انبعاثات CO2 بنسبة ٥٠٪ بحلول عام ٢١٠٠ و ١٠٠٪ بحلول عام ٢١٠٠. ورغم التوقيع على الاتفاقية من قبل ١٩٦ دولة، إلا أن أغلب الوعود التي وعدت بها الدول المتقدمة نحو التغير المناخي غير منضبطة. ورغم أنها تقوم على أسس عادلة، لكن الموقف لا يزال غامضاً حول الالتزامات واتخاذ إجراءات ملموسة لتحقيقها. وكان نتيجة لهذا اللغط أن ارتفعت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO2) المتعلقة بالطاقة بنسبة ١.٦٪ في ٢٠١٧ وأكثر من ٢٪ عام ٢٠١٨<sup>(١)</sup>، بعد أن ظلت ثابتة لمدة ثلاث سنوات متتالية. وهذا الاتجاه لا يتناسب مع الأهداف المتعلقة بالمناخ. كما أن التلوث الجوي المتعلق بالطاقة ما زال يتسبب بالملايين من حالات الوفاة المبكرة كل عام.

وكان السعي الحثيث - ولا يزال - لدى الكثير من دول العالم (المتقدمة والنامية على السواء) متجهاً نحو البحث عن نموذج للطاقة تتوفر له ثلاثة عوامل: القدرة على تحمل التكاليف، والموثوقية، والاستدامة، وخاصة في ظل تقلبات أسعار النفط، وتهديد ممراته الملاحية، واقترب أجل نضوبه.

ولقد أثمر هذا الحراك الأممي والدولي، وهذا السعي الحثيث من دول العالم وعياً كبيراً نحو القضايا البيئية، وتبنى كثير من الدول سياسات محلية داعمة للتقليل من الاعتماد على النفط، وإفساح المجال للطاقات المتجددة بأنواعها ومصادرها المختلفة، لما لها من مميزات وإمكانات؛ إذ لا تخلو بيئة من البيئات من مصدر أو أكثر من مصادر الطاقة المتجددة.

ولقد استحوذت الطاقة المتجددة على حصة كبيرة من الأسواق الجديدة، ففي مجال توليد الكهرباء، استطاعت الطاقة المتجددة أن تستحوذ على ٦٤٪ من قدرات توليد الطاقة الكهربائية الجديدة، وأن تولد ما يقارب ثلث الكهرباء الموجودة في العالم إجمالاً. وقد بلغت قدرات توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة عالمياً حوالي ١٨٠ جيجا واط، منها ما حوالي ١٠٠ جيجا واط من الطاقة الشمسية وحدها. وهناك ٩ دول على الأقل في العالم تستحوذ الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح فيها على حوالي ٢٠٪ من إجمالي طاقة توليد الكهرباء، و ٣٠ دولة تولد طاقة كهربائية من الطاقة المتجددة تزيد عن ١٠ جيجا واط.<sup>(٢)</sup>

وتتملك دول مجلس التعاون الخليجي - إلى جانب حصتها الوافرة من الطاقة الأحفورية - إمكانات كبيرة من الطاقة المتجددة، فقدرات الإشعاع الشمسي المباشر عالية جداً، بل تتفوق على دول رائدة في الطاقة الشمسية كألمانيا. وتمتلك المنطقة الخليجية قدرات كبيرة من طاقة الرياح وبسرعات تزيد عن المعدل العالمي المطلوب لتوليد الطاقة، أو تساويه على الأقل. وهناك إمكانات لاستغلال الطاقة البحرية عبر السواحل الممتدة لمنطقة الخليج العربي، أو الطاقة الحرارية الأرضية.

(١) World Energy Outlook, OECD/IEA, 2018 (1).

(٢) Perspectives On The Global Renewable Energy Transition, Renewable Energy Policy Network For The 21st Century

(REN21) (9).





تمثل تلك الإمكانيات فرصة كبيرة لدول المجلس لتأخذ زمام المبادرة نحو إحلال فعّال لموارد الطاقة المتجددة محل الوقود الأحفوري، ذلك الإحلال الذي - وإن كانت تكتنفه تحديات شتى - يمكن أن يمثل نقلة نوعية للتنمية المستدامة، وتوطين تقنيات الطاقة المتجددة، وتوفير فرص العمل للمواطنين، وحماية البيئة العالمية من خلال تنفيذ التوصيات الأممية بتقليل الانبعاثات الكربونية الناجمة عن زيادة استهلاك الوقود الأحفوري، والافتكاك من نموذج الاقتصاد الريعي المتقلب صعودا وهبوطا مع تقلب أسعار الطاقة إلى نموذج اقتصادي إنتاجي بأيدي وعقول وطنية.

إنه بالرغم من أن مشروعات الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون لم تؤدّ حتى اليوم إلى نتائج ذات قيمة كبيرة، فما زال توليد الكهرباء في دول المجلس من الموارد المتجددة لا يتجاوز ١٪ - باستثناء الإمارات، فقد بلغ ٢٪<sup>(١)</sup> - إلا أن المنطقة تنتظرها فرص واعدة متمثلة في تلك الخطط الطموحة والسياسات المواتية التي وضعها صانع القرار الخليجي في كل دول المجلس، سواء على المدى القريب (٢٠٢٠ - ٢٠٢٥)، أو على المدى المتوسط أو البعيد (٢٠٣٥ - ٢٠٥٠).

ونود التنبيه على أن الحديث عن (الاستغناء) عن الطاقة الأحفورية (كوقود أساسي) في دول مجلس التعاون، أو الإحلال (الكبير) لموارد الطاقة المتجددة محل هو حديث غير منطقي، وغير واقعي، فإذا كانت دول العالم غير النفطية تفعل ذلك، فإنها تريد من ذلك تحقيق وفورات اقتصادية - إلى جانب تحقيق الأبعاد البيئية والاجتماعية الأخرى -، أما دول الخليج، فإنها دول غنية بموارد الطاقة الأحفورية التقليدية، وتدور رحى الحياة فيها على تلك الموارد التقليدية. لذا فإن إدماج الطاقة المتجددة في أنظمة الطاقة الكهربائية والنقل والتدفئة والتبريد - إلى جانب الوقود الأحفوري - هو الحل الأمثل والأفضل. فبذلك تستطيع الدول الخليجية أن تتحول تدريجياً، وبسلاسة، نحو الطاقة المتجددة، من ناحية، وتستغني تدريجياً عن الطاقة الأحفورية المتوفرة، وتقلل الانبعاثات الغازية الضارة بالبيئة، وتحقق أهداف التنمية المستدامة، دون حدوث هزات اقتصادية كبيرة.

في هذه الدراسة سوف نتعرف على عالم الطاقة المتجددة الخليجي، من حيث الفرص الواعدة والإمكانيات المتاحة من أجل التحول الفعّال نحو الطاقة المتجددة، ومن حيث التحديات والعوائق التي تحول دون تحقيق ذلك التحول، ومن حيث آليات التنفيذ وسبل التفعيل التي يمكنها أن تنجز ذلك التحول.

إن للأجيال القادمة حقوقاً نافذة علينا تتمثل في صيانة تلك البيئة التي نعيش فيها بمواردها الكثيرة لكي تؤدي واجبها تجاه الحاضر، وتحدث النهوض المطلوب الذي تنتظره أجيال المستقبل.

هذا ما تحاول تلك الدراسة الإجابة عليه،،

والله من وراء القصد.



# الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة

## قضايا تأسيسية

### محتويات الفصل

#### المبحث الأول: مدخل إلى الدراسة

- أهمية الدراسة
- تساؤلات الدراسة
- صعوبات الدراسة
- الدراسات السابقة
- منهج الدراسة
- خطة الدراسة
- ماذا تضيف هذه الدراسة؟

#### المبحث الثاني: الطاقة - الطاقة المتجددة

- الطاقة والطاقة المتجددة.. إطار مفاهيمي
- الطاقة عبر العصور
- علاقة الطاقة بالتنمية
- أهمية الطاقة المتجددة وخصائصها
- مصادر الطاقة المتجددة
- تقنيات الطاقة المتجددة واستخداماتها

#### المبحث الثالث: التنمية - التنمية المستدامة

- التنمية - التنمية المستدامة (إطار مفاهيمي)
- أهمية التنمية المستدامة وأهدافها وخصائصها
- مؤشرات التنمية المستدامة وأبعادها
- تحديات التنمية المستدامة ومتطلبات تحقيقها
- المراحل التاريخية لتطور مفهوم التنمية المستدامة
- علاقة الطاقة بالتنمية المستدامة



## المبحث الأول: مدخل إلى الدراسة

تمثل قضية (الطاقة المتجددة) الشغل الشاغل في عالم اليوم، لما لها من تداخلات سياسية واقتصادية وبيئية واجتماعية وتنموية. ولا يخلو حديث عن قضايا العالم ومستقبله من التركيز على (الطاقة المتجددة) من حيث قدرتها على إحداث نقلة كبيرة على مستوى الاقتصادات الوطنية، وعلى مستوى المجتمعات وبيئاتها بوجه عام.

ودول مجلس التعاون الخليجي ليست بمنأى عن هذا الحراك العالمي في ميدان الطاقة، بل إن الحديث عن قضايا (الطاقة المتجددة)، وعن مشكلات الطاقة بوجه عام لا يخلو من ذكر منطقة الخليج العربي، بصفتها حجر الزاوية في أسواق ومنظمات الطاقة الإقليمية والعالمية، حيث تمتلك أكبر احتياطي للوقود الأحفوري (النفط بالدرجة الأولى، والغاز تالياً)، وتستحوذ على أكبر حصة إنتاجية منه.

وتتعدد الدراسات التي تتناول قضايا (الطاقة المتجددة): تقنياتها، وتطبيقاتها، واستخداماتها، واقتصاداتها، والتحديات والعوائق أمام نشرها والتوسع فيها، إلا أن دراسة (قضايا الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون) ميدان تقل فيه الدراسات بصورة ملحوظة، رغم أن مقر الوكالة الدولية للطاقة المتجددة يقع في أبو ظبي بدولة الإمارات العربية المتحدة، والمنطقة ذات باع طويل وتأثير عميق في قضايا الطاقة الإقليمية والعالمية.

وفيما يلي نتعرف على أهم المسائل الإجرائية التي تسير هذه الدراسة في مضمارها:

### أهمية الدراسة

تأتي أهمية الدراسة في (قضايا الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون الخليجي) من درجة ارتباطها بالواقع، ومدى تأثيرها على الأنشطة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية بصورها المختلفة. ويمكننا أن نذكر الضرورات التي تستدعي الدراسة في هذا الموضوع من خلال ما يلي:

\* لم تخطُ دول مجلس التعاون خطوات جادة نحو التمكين للطاقة المتجددة في البيئة الخليجية إلا مؤخراً، وتحديداً في بدايات العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين (٢٠١١ - ٢٠١٩). ولعل هذا هو سبب قلة الدراسات في هذا الميدان بصورة لا فته. هذه الدراسة تلقي الضوء على تطور هذا القطاع بالمقارنة بالتحول العالمي نحو الطاقة المتجددة، لذا فهي تعدّ بمثابة دراسة مستقبلية تدرس المشكلات الحاضرة، وتعنى بتمهيد الطريق نحو المستقبل.

\* العالم اليوم يسعى - بخطوات حثيثة - نحو التحول إلى نموذج الطاقة المتجددة، وذلك في ظل تنافس دولي محموم حول تأمين مصادر الطاقة، وخاصة في الدول الصناعية، وفي ظل تهديدات غير مسبوقه لمصادر الطاقة الأحفورية، فضلاً عن التهديد الأكبر بنضوبها في خلال أربعة إلى ستة عقود على الأكثر. الأمر الذي يدق أجراس الخطر في منطقتنا، وينبه على ضرورة البحث عن مصادر بديلة لطاقة نظيفة ومستدامة.

\* تمثل قضايا (التنمية المستدامة) وما تستتبعه من أهداف، ومؤتمراتها المتعددة غاية ما يصبو إليه عالم اليوم من الاهتمام بتنمية الموارد، والحفاظ على البيئة، وحفظ حقوق الأجيال القادمة في العيش في مجتمع آمن نظيف. ولا شك أن ارتباط قضايا (التنمية المستدامة) بالطاقة المتجددة هو ارتباط عضوي، بل إن أهم مشكلات (التنمية المستدامة) في عالم اليوم ترجع إلى مسائل تتعلق بالطاقة. لذا كان من الضروري دراسة موضوعات الطاقة المتجددة، وأوجه التفاعل بينها وبين التنمية المستدامة.

\* وبشكل عام، فإن المجتمعات الناجحة المتقدمة هي المجتمعات التي تسعى إلى الوقاية قبل العلاج، وإلى مواكبة أحدث التطورات في كل المجالات. ولا شك أن ارتباط مشكلات المناخ كالاختلال العالمي وظاهرة الاحتباس الحراري مرجعها - في الأساس - إلى انبعاثات غاز الدفيئة التي ينتجها احتراق النفط والغاز، وإن كان الغاز بدرجة أقل. وفي سعي العالم الحثيث نحو علاج لتلك المشكلات، لا ينبغي أن تتأخر منطقتنا عن مواكبة هذا السعي.

\* التجارب العالمية الرائدة في مجال الطاقة المتجددة أثبتت كفاءة كبيرة، وجدوى اقتصادية عالية، فقد وفرت الطاقة المتجددة للبلاد التي تعتمد على تقنياتها بشكل كبير أموالاً كانت تنفق في استيراد الطاقة الأحفورية، كما وفرت فرصاً تشغيلية كثيرة، وأمدت المجتمعات بأنواع من التقنيات أمكن إدماجها مع قطاعات الطاقة الأخرى، مما أضاف إلى سلسلة القيمة فوائد كثيرة. كل ذلك يحث صناع القرار في دول مجلس التعاون الخليجي على أن يعملوا على البدء بوتيرة متسارعة في تعزيز انتشار تقنيات الطاقة المتجددة وتطبيقاتها، والتوطين لها في المجتمعات الخليجية، وهو ما أوليناه جزءاً كبيراً من عنايتنا واهتمامنا عبر صفحات هذه الدراسة.

\* وهناك خصوصية خليجية تتمثل في انخفاض أسعار النفط وتقلباتها، فقد انخفض سعر النفط منذ منتصف عام ٢٠١٤، ومن المتوقع أن يستمر ذلك الانخفاض على المدى القريب والمتوسط لأسباب عديدة، وهو ما أثر بشدة على الاقتصادات الخليجية. وجعل الحكومات الخليجية تفرض بعض السياسات التقشفية والاتجاه نحو إلغاء دعم المحروقات وبعض السلع. إن تلك الهزات الاقتصادية لا بد أن تسترعي الانتباه، وتحفز الطاقات نحو نموذج جديد للطاقة المستدامة، والتحول الجاد نحو نموذج بعيد عن نموذج الاقتصاد الريعي، والاهتمام بالإنتاج وتوفير فرص العمل وتوطين مفاهيم جديدة إنتاجية في البيئة الخليجية. تستطيع الطاقة المتجددة أن تسهم في تحويل ثقافة المجتمع نحو الإنتاج، وأن تحفز الوعي نحو نموذج جديد للاقتصاد القائم على بذل الجهد لتحقيق الآمال.

لأجل ذلك كان البحث في هذا الموضوع الهام، شاكرين لإدارة الجائزة إتاحة الفرصة وإثارة الانتباه لدى الباحثين والمهتمين للإدلاء بدلوههم، عسى أن تنتج عن ذلك خدمات للمجتمع، وإسهام في حل مشكلات حاضره وتطوير مستقبله.

إننا نهدف من دراستنا هذه إلى رفع حالة الوعي الخليجي - بل والعربي - بقضايا الطاقة المتجددة. وأهميتها لتحقيق تنمية مستدامة تعالج مشكلات الحاضر، وتسهم في حفظ حقوق الأجيال القادمة في استنشاق هواء

نظيف، وتوفر فرصة عمل لائقة، واعتماد على الذات في توطین التقنيات لا استيرادها، وتوليد التقنية لا العيش عالية على صانعيها.

كما أن المجتمع الخليجي ذاخر بالمواهب والطاقات، والتي يرتقي طموحنا وتعويلنا عليها في تطوير قدرات وإمكانات المنطقة من خلال حفز قطاع الطاقة المتجددة، وتوطین تقنياته في البيئة الخليجية، وتذليل كل العقبات من أجل أن تنعم تلك المجتمعات بتنمية مستدامة تسهم في علاج مشكلات الحاضر والعبور الآمن إلى المستقبل. ولعل تلك الأهداف تتضح معالمها عند تصفح أوراق هذه الدراسة.

### تساؤلات الدراسة

تتفرع تساؤلات هذه الدراسة عن قاعدتين أساسيتين: قصور في المعرفة، وقصور في التعامل. فمن لا يسبر أغوار المجهول ليعرفه ابتداءً سيتعرض - لا محالة - للصدمة عندما يصل إليه، وكذا فإن من لا يتعامل مع مشكلات الحاضر بكفاءة عالية فسيعيش حياته أسيراً لمشكلاته، فضلاً عن إهمال الإعداد لمستقبله وطموحاته وتطلعاته، لذا فإننا سوف نبذل جهدنا واستقصاءنا في سبيل الإجابة على جملة من التساؤلات المتعلقة بالقاعدتين السابقتين، وفي سياقهما تأتي جملة من التساؤلات أهمها - من وجهة نظر الباحث - ما يلي:

- ما هي الطاقة المتجددة؟ وما هي أنواعها ومصادرها؟ وما مدى أهميتها لقطاع الطاقة بوجه عام؟
- ما هي أوجه التفاعل بين الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة؟ وما مدى الإسهام الذي يمكن أن تقدمه الطاقة المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة بأبعادها المختلفة؟
- ما هو واقع الطاقة المتجددة عالمياً وخليجياً؟ وما هي أوجه التشابه بين الواقعين؟ وما هي الخصوصيات التي يتميز بها واقع الطاقة الخليجي؟
- ما الفرق بين الطاقة التقليدية (الأحفورية) والطاقة المتجددة؟ وما هي العوامل وراء هذا التطور الكبير في تقنياتها وتطبيقاتها؟
- ما هي العوائق أمام التحول الخليجي نحو الطاقة المتجددة؟ وكيف يمكن التغلب عليها؟
- ما المعالم الرئيسة لمشروع التحول الخليجي نحو نموذج طاقة مستدام؟ وهل يمثل توفر الطاقة التقليدية في دول مجلس التعاون فرصة لذلك التحول أم عائقاً أمام تحقيقه؟
- ما هي الجهود المبذولة والمأمولة لتحفيز قطاع الطاقة المتجددة للحاق بركب الطاقة المتجددة العالمي؟

هذه هي أهم تساؤلات الدراسة والمشكلات التي أثارتها، ولعلنا نكون قد وفّقنا في محاولتنا للإجابة عنها.

### صعوبات الدراسة

تكمن صعوبات هذه الدراسة في كون الموضوع جديداً نسبياً، تقل فيه الدراسات الجادة في بيئتنا العربية والخليجية، فالطاقة المتجددة ميدان بكر لم تسبر كل أغواره بعد، ومن ثمّ فالبحث العلمي ما زال في اول خطواته في هذا الطريق.

كثيرة هي الدراسات المكررة في مجال الطاقة المتجددة، والعلاقة بينها وبين التنمية المستدامة، والمكتوبة باللغة العربية. إلا أني - عبر البحث والاستقصاء فيما وصلت إليه يداي من دراسات - وجدت في نهاية أغلب الدراسات توصيات ونتائج أشبه بجلدسات العصف الذهني، دون الخضوع لقواعد بحث علمي يسهم في تشكيل مستقبل الطاقة المتجددة العربي بشكل حقيقي.

وأحدى الصعوبات الكبيرة تمثل في جودة كثير من الدراسات الأجنبية، وخاصة في مجال تقنيات الطاقة المتجددة وتطبيقاتها، الأمر الذي احتاج إلى جهود كبير في القراءة والترجمة والاستيعاب، إلا أنني أحسب أنه أضاف إضافات قيّمة للدراسة، ولعله يسهم في تغيير الواقع ذاته، فميدان العمل هو ثمرة القول والدراسة بلا شك.

كما أن موضوع الطاقة المتجددة وتقنياتها المختلفة يمثل موضوع الساعة في مجال الطاقة، وركنا أساسيا - اليوم - من أركان الاقتصاد العالمي والتنمية المستدامة، والإحصاءات والتطورات اليومية في مجال الطاقة المتجددة وما يتعلق بها لا تنتهي. من ثم، كان لزاما على الباحث أن يواكب ذلك التطور، وأن يجعل دراسته دراسة حديثة بكل إحصاءاتها وبياناتها في هذا الميدان.

وأعتقد أن أكبر الصعوبات والعقبات تتمثل في ذلك التخلف التقني الذي تعاني منه منطقتنا العربية، ومنطقة الخليج جزء منها، فما زلنا عالمة على غيرنا في ميدان التقنيات، وما زالت هناك فجوة تقنية ضخمة بيننا وبين العالم المتقدم، وما زلنا نعتني بالأسهل، وهو استيراد التقنية لا توطئتها. وهذا بالطبع يسهم في مزيد من التقدم للمجتمعات الصانعة للتقنية، ومزيد من التخلف لجالب التقنية ومستوردها، الأمر الذي يجعلنا أمام أسرار تقنيات الطاقة المتجددة وكأننا مجموعة من العميان. حاولنا في البحث أن ننشر بعض تلك التقنيات وتطوراتها في ثنايا البحث، عسى أن تنبعث في نفوسنا روح جديدة نحو ضرورة امتلاك التقنية وتوطئتها، وهو ما يسهم في تنمية مجتمعاتنا وتقدمها على المدى البعيد.

لعلنا نكون قد وفقنا في مواجهة تلك الصعوبات لنضع أمام القارئ دراسة موضوعية تعالج قضايا الطاقة المتجددة في الواقع الخليجي بما له من خصوصية، وبما فيه من فرص واعدة، وقدرات كبيرة طموحة.

## الدراسات السابقة

هناك مجموعة من الدراسات وثيقة الصلة بموضوع هذه الدراسة نذكر أهمها فيما يلي:

- دراسة تريكي عبد الرؤوف، وعنوانها: *مكانة الطاقة المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة (حالة الجزائر) (٢٠١٤)*، وهي رسالة ماجستير في العلوم الاقتصادية في إحدى الجامعات الجزائرية، وتعرض في شقها النظري الإطار المفاهيمي للطاقة المتجددة والتنمية المستدامة. وفي ذلك السياق تتعرض لتفصيلات مثل أنواع الطاقة المتجددة ومصادرها وأهميتها، وأبعاد التنمية المستدامة ومؤثراتها، كما تعرض للعلاقة بين الطاقة والتنمية المستدامة، وخصائص وعيوب الطاقة المتجددة،





- والآثار السلبية للطاقة التقليدية على البيئة. ثم تعرض الدراسة خصوصية الحالة الجزائرية في مجال الطاقة المتجددة، ودورها في تحقيق التنمية المستدامة.
- دراسة زواوية حلام، وعنوانها: *دور اقتصاديات الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة في الدول المغاربية (دراسة مقارنة بين الجزائر والمغرب وتونس- (٢٠١٣)*، وهي أطروحة دكتورة بإحدى الجامعات الجزائرية. ويدور إطارها النظري أيضا حول الإطار المفاهيمي للطاقة المتجددة والتنمية المستدامة، والآثار السلبية للطاقة التقليدية. ويتعرض البحث في فصله الثالث لاقتصاديات الطاقة المتجددة، وأسواقها، وتطور إنتاجها، والفرص التمويلية لمشروعاتها. ويتعرض البحث لإمكانية دمج الطاقة المتجددة في المنظومة الطاقوية، ثم يتحدث عن استراتيجيات تحفيز قطاع الطاقة المتجددة، وعلاقة ذلك بالتنمية المستدامة. ثم يتحدث في فصول البحث الأخيرة عن التجربة المغاربية في مجال مشروعات الطاقة المتجددة، ومستوى الشراكة (المغاربية أو الأورو-مغربية) في مشروعات الطاقة المتجددة.
  - دراسة د. أحمد إبراهيم عبد العال حسن، وعنوانها: *الطاقة المتجددة والبدلية كمدخل للحفاظ على البيئة وتحقيق التنمية المستدامة (٢٠١٨)*، وهي ورقة بحثية مقدمة للمؤتمر العلمي الخامس لكلية الحقوق بجامعة طنطا بمصر عام ٢٠١٨. وتتحدث الدراسة عن عموميات تدور في الإطار المفاهيمي، وفي إطار حث الحكومات على بذل جهود أكبر للمتكمين للطاقة المتجددة في البيئة العربية.
  - دراسة د. عودة الجبوسي، وعنوانها: *الطاقة المتجددة في الوطن العربي. نقل المعرفة وأفاق التعاون العربي (٢٠١٥)*، وهي دراسة نشرتها مؤسسة فيدرش إيبيرت المعنية بالطاقة والتغير المناخي (الأردن). والدراسة توضح - في بدايتها - طبيعة العلاقة بين الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة. كما تضم موضوعات مهمة للوضع العربي مثل: تقييم دعم الطاقة، والفرص المتاحة للطاقة المتجددة في العالم العربي، ونقل المعرفة الخاصة بالطاقة المتجددة في الوطن العربي، والشراكة بين القطاعين العام والخاص في مجال الطاقة المتجددة.

وهناك بعض الدراسات الأجنبية المهمة نذكر منها على سبيل المثال:

- *Renewable energy strategies for sustainable development* (استراتيجيات الطاقة المتجددة للتنمية المستدامة): وهي دراسة للباحث الدنماركي (هنريك لوند) عام ٢٠٠٧ بمجلة (ENERGY)، وهي دراسة تعنى باستراتيجيات الطاقة المتجددة من أجل التنمية المستدامة، وتركز على ثلاثة مصادر: الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وطاقة الكتلة الأحيائية. ويعتمد الباحث في الدراسة ثلاث استراتيجيات مهمة هي: توفير الطاقة لوقت الحاجة، وتحسين كفاءة الطاقة، واستبدال الوقود الأحفوري بأنواع الطاقة المتجددة. والدراسة تطرح مسألة التحول في أنظمة الطاقة بنسبة ١٠٠٪ لصالح الطاقة المتجددة في الدنمارك. وتخلص الدراسة إلى إمكانية تحقيق ذلك الطرح، وإن كانت هناك بعض التحديات التقنية، وخاصة في قطاع النقل. وللباحث دراسات أخرى في نفس المجال مثل:

- Guelpa, E., Bisch, A., Verda, V., Chertkov, M., Lund, H. *Towards future infrastructures for sustainable multi-energy systems*. A review, Energy, Volume 184, 1 October 2019 (Accepted for publishing).

- Piacentino, A., Duic, N., Markovska, N., Mathiesen, B.V., Guzović, Z., Eveloy, V., Lund, H. *Sustainable and cost-efficient energy supply and utilisation through innovative concepts and technologies at regional, urban and single-user scales*. Energy, Volume 182, 1 September 2019, (Accepted for publishing).

### ***A key review on exergetic analysis and assessment of renewable energy resources*** ■

*for a sustainable future* (مراجعة رئيسية للتحليل العملي وتقييم مصادر الطاقة المتجددة من أجل مستقبل مستدام): وهي دراسة للباحث التركي (عارف حباسلي)، ومنشورة بمجلة (Renewable) and Sustainable Energy Reviews عام ٢٠٠٨، والدراسة تتحدث عن الفوائد الكبيرة للطاقة المتجددة في مجال التنمية المستدامة، سواء على مستوى كفاءة الطاقة، أو على مستوى صداقة البيئة. وتقوم الدراسة بتقييم عدد من أنواع الطاقات المتجددة، وآثارها على التنمية المستدامة. وللباحث دراسات أخرى مقبولة للنشر منها:

- Ozcan, H.G., Gunerhan, H., Yildirim, N., Hepbasli, A. *A comprehensive evaluation of PV electricity production methods and life cycle energy-cost assessment of a particular system*, Journal of Cleaner Production, Volume 238. 20 November 2019. (Accepted for publishing).
- Erzen, S., Açikkalp, E., Hepbasli, A. *Performance analysis of a solar–hydrogen driven multigeneration system*. Energy Reports, 2019. (Accepted for publishing).

كما كان لبعض تقارير الأمم المتحدة أهمية قصوى، وخاصة في مجال الإحصاءات والمشروعات الجديدة. ومن أهم هذه التقارير:

- ***RENEWABLE ENERGY MARKET ANALYSIS, GCC 2019, IRENA, 2019.***

وهو تقرير صادر عن الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، وخاص بتحليل سوق الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون الخليجي.

- ***Renewable Energy Statistics 2019, Irena, 2019.***
- ***Exploring Clean Energy pathways, The role of CO2 storage, IEA, 2019.***
- ***Renewable Energy Sources And Climate Change Mitigation, Special Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC), 2012.***

### منهج الدراسة

ولما كانت هذه الدراسة تنطوي على كثير من المسائل المتعلقة بالطاقة المتجددة والتنمية المستدامة في دول مجلس التعاون الخليجي، سواء من ناحية المفاهيم والأنواع، أو من ناحية التحديات والعوائق وسبل تنمية ذلك القطاع في منطقة الخليج العربي، فقد احتيج إلى الجمع بين المنهج الوصفي، والمنهج الاستقرائي التحليلي.

فالمنهج الوصفي تم استخدامه - مثلا - في وصف المفاهيم والأنواع والخصائص وطبيعة التحديات، والمنهج الاستقرائي التحليلي تم استخدامه في فهم طبيعة التحديات وتحليلها وطرق التعامل معها، والمقارنة بين التقنيات المختلفة، وتحديد الأنسب للبيئة الخليجية.

وكان الجمع بين المنهجين الباحثين عامل قوة في استعراض موضوعات الدراسة؛ إذ لا يستقيم أن تعرض الموضوعات مختلفة الوجة ضمن منهج بحثي واحد. وكان ذلك - أيضا - محفزا لبذل مجهودات أكبر، كما أنه من المعينات للقارئ، وحافزا لنشاط أكبر عند تصفح هذه الدراسة.

### خطة الدراسة

تقع هذه الدراسة ضمن إطار تسلسلي واضح، تنطلق بعد الإهداء والمقدمة - وهذا المدخل الذي يقع ضمن حدود الفصل الأول - في ستة فصول:

فالفصل الأول يتحدث عن *القضايا الأساسية*، والتي تتعلق بإجراءات الدراسة، وإطار المفاهيمي للطاقة المتجددة والتنمية المستدامة، وما يتفرع عنهما من مصادر وأنواع وخصائص، ومؤشرات وأبعاد وعلاقات.

والفصل الثاني يتعرض ل*واقع الطاقة عالميا وخليجيا*، وما يتبع ذلك من خصوصية للواقع الخليجي، حيث توفر أكبر احتياطات النفط وإنتاجه، وأكبر نسب استهلاكه أيضا!

ويدور الفصل الثالث حول *عالم الطاقة المتجددة وتطور اقتصادياته وأسواقه واستثماراته، وكذلك تطور تقنياته وتطبيقاته*. وقد تعرضنا لكثير من التقنيات بالتفصيل ليدرك القارئ اتساع الهوة بيننا وبين العالم المتقدم في هذا المجال.

ويناقش الفصل الرابع *التحول الخليجي نحو الطاقة المتجددة*، بما يشتمل عليه من إشكالات الواقع وتحدياته.

ويتحدث الفصل الخامس عن *(نموذج الطاقة الخليجي المستدام)*، وذلك من خلال مناقشة دور السياسات والتمويل في تحقيق ذلك النموذج، كما تناول الفصل أيضا الحديث عن أوجه التفاعل بين الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة، والفوائد التي يمكن أن تحققها الطاقة المتجددة للتنمية المستدامة.

وتناول الفصل السادس قضايا تتعلق *بآليات تحفيز قطاع الطاقة المتجددة* ليضطلع بدوره في تحقيق التنمية المستدامة، وخصصنا الحديث هنا عن إدماج الطاقة المتجددة في أنظمة الطاقة القائمة، وعن تدليل العقبات المتعلقة بالسياسات والأسواق والتدريب والتقنيات والشراكة مع القطاع الخاص، والتعاون والشراكات الدولية، وإدماج الطاقة المتجددة في القطاعات الحيوية.

وختمت البحث بخاتمة ضمنها أهم النتائج والتوصيات، وأتبعها بثبت للمراجع والمصادر وفهرس للموضوعات.

## ماذا تضيف هذه الدراسة؟

تدور جل الدراسات المعروضة في فضائنا الخليجي والعربي في إطار تقليدي، حيث تتناول المفاهيم المؤسّسة وما يتعلق بها، ودراسة بعض المشروعات القائمة، مع توصيات عامة بضرورة التطوير، وإتاحة الفرصة للطاقة المتجددة بصورة أوسع وأشمل.

إننا نسعى من خلال هذه الدراسة أن نسد ثغرة في بيئتنا البحثية، وحاجة ملحة في محيطنا الاجتماعي والاقتصادي. فنحن - مبدئياً - بحاجة إلى إدراك مدى الفجوة بيننا وبين الدول المتقدمة في ميدان الطاقات المتجددة. وبدون ذلك الإدراك لن نستطيع أن نضع الخطط الطموحة، ولا أن نبدأ من حيث انتهى الآخرون.

كما تركز اهتمامنا حول جوانب فنية بحتة مثل التقنيات والتطبيقات المختلفة للطاقة المتجددة، حيث يرى الباحث أن استعراض تلك الفنيات بأسلوب يتوخى التبسيط هو أحد أهم العوامل الدافعة لزيادة الوعي لدى المواطن الخليجي بأهمية الطاقة المتجددة وتطبيقاتها، وضرورة استخدامها.

وكانت قضية (إدماج الطاقة المتجددة في أنظمة الطاقة القائمة) قضية أساسية في الحلول المقترحة في هذه الدراسة، حيث تعتمد أنظمة الطاقة الحالية على الطاقة التقليدية، ولا يمكن التحول كلياً عنها إلى غيرها، لذا كان (الإدماج) حلاً مثالياً.

واهتمت الدراسة بخصوصية منظومة الطاقة الخليجية، وكانت الحلول المقترحة للمشكلات مناسبة - حسب نظر الباحث وأدواته وقدراته - لتلك الخصوصية، وهو ما يعتبر من أهم الجديد في هذه الدراسة.

وجديد الدراسة أيضاً ما تفتحه من موضوعات ومشكلات جديدة تستحق الدراسة، وهو أحد أهم أهداف البحث العلمي، بل إن كثيراً من أساتذتنا ومعلمينا كانت نصائحهم تنصب على مراجعة خواتيم الرسائل العلمية؛ إذ ربما تقع العين على موضوع جديد، ومشكلة لم تتناولها الأقلام، فيكون للباحث جهد سابق... لقد تطرقنا في أغلب فصول الدراسة إلى رؤوس موضوعات جديدة - ذكرنا أهمها في توصيات هذه الدراسة - لتكون نصب أعين الباحثين لتجتمع حولها الجهود بما فيه النفع لمجتمعاتنا.

ولا أنسى أن أقول أن هذه الدراسة - في البداية والنهاية - جهد بشري يعتريه النقصان، ولسنا نزعم أننا قد أتينا بما لم يستطعه الأوائل والأواخر، وحسبنا أن نكون قد أسدينا خدمة لأمتنا الخليجية والعربية في هذا الميدان الهام، وهو جهد مقلّ ينتظر جهود أفراد ومجامع ومؤسسات تتوجه إلى هذا الميدان الحديث الحساس.

والله ولي التوفيق،

## المبحث الثاني: الطاقة - الطاقة المتجددة

تعتبر الطاقة عنصراً جوهرياً من عناصر تلبية جميع الاحتياجات الإنسانية، كما أنها تضطلع بدور هام في تحقيق الجوانب الاجتماعية والاقتصادية والبيئية المتعلقة بالتنمية المستدامة، لذا فقد تم اختيار الطاقة كواحدة من أهم خمسة مجالات رئيسية تضمنتها مبادرة المياه والطاقة والصحة والزراعة والتنوع البيولوجي (WEHAB) والتي تقدمت بها منظمة الأمم المتحدة لمؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة الذي عقد في جوهانسبرج (WSSD) عام ٢٠٠٢. تلك المبادرة التي تسعى إلى دفع وتركيز الجهود في المجالات الرئيسية الخمسة والتي تتكامل مع منهج دولي متماسك يسعى إلى تحقيق التنمية المستدامة والمعروفة باسم (خطة جوهانسبرج - JPOI)، وهي تشتمل على مقترحات لعدد من الأنشطة والفعاليات المستهدفة في كل من المجالات القطاعية والتي تترابط مع بعضها من خلال أطر متنوعة متعددة الأطراف متفق عليها فيما بين الحكومات على أساس نهج متنامي يسعى إلى تحقيق أهداف واسعة النطاق.

### الطاقة والطاقة المتجددة.. إطار مفاهيمي

تمثل قضايا الطاقة محورا مهما للاقتصاد والتنمية، وتتأثر اقتصاديات الدول صعودا وهبوطا طبقا لوفرة مصادر الطاقة أو ندرتها. وكثيرا ما كانت مشكلات الطاقة والرغبة في السيطرة على مواردها من العوامل الهامة لإثارة المشكلات الإقليمية والعالمية.

وغني عن البيان ما يتمتع به الإقليم الخليجي - ممثلا في مجلس التعاون لدول الخليج العربية - من وفرة في مصادر الطاقة التقليدية إلى درجة امتلاكه لدرجة إنتاج والاحتياطي العالمي من النفط، وكذلك الغاز الطبيعي الذي ظهر مؤخرا توفر بعض الدول عليه.

وسوف نتعرف - تحت هذا العنوان التأسيسي - على بعض المفاهيم المتعلقة بالطاقة، والتي ستفيدنا في القضايا التي سوف يتناولها البحث.

**تعريف الطاقة (Energy):** يمكن تعريف الطاقة على أنها القدرة على أداء شغل أو عمل<sup>(١)</sup>، وفي القرآن الكريم يرد معنى الطاقة بمعنى القدرة كما في قول الله تعالى: (رَبَّنَا وَلَا تُحَمِّلْنَا مَا لَا طَاقَةَ لَنَا بِهِ)<sup>(٢)</sup> والطاقة هي الوجه الآخر لموجودات الكون غير الحية، فالجماد بطبيعته غير قادر على تغيير حالته دون مؤثر خارجي وهذا الأخير هو الطاقة، فالطاقة مؤثرات خارجية تتبادلها الأجسام المادية لتغيير حالتها، و الطاقة هي قدرة المادة للقيام بالحركة أو العمل، وتسمى التي تصاحبها حركة (طاقة حركية)، أما التي لها صلة بالوضع فتسمى (طاقة كامنة)، ومن ثم، يمكن القول أن الطاقة الموجودة في الكون ثابتة لا تنقص ولا تزيد منذ أن خلق الله سبحانه وتعالى الكون، وإلى يوم القيامة، وكل ما يتم اليوم من اكتشاف لمصادر الطاقة وإنتاجها لا يتعدى تحويلها من شكل إلى آخر للاستفادة منها في جميع جوانب الحياة.

(١) عبد الرسول العزاوي، ومحمد عبد الغني. ترشيد استهلاك الطاقة. عمان - الأردن، دار مجدلاوي للنشر والتوزيع، ١٩٩٦ (٦).

(٢) سورة البقرة: ٢٨٦.

وتتعدد صور الطاقة وأشكالها في أنفسنا وفيما يحيط بنا، فنجدها - ببساطة - في كل ما يمدنا بالنور، ويعطينا الدفء، وينقلنا من مكان إلى آخر، وتتمثل في القدرة المبدولة لتحضير الطعام أو لجلب الشراب، كما تُستخدم في تلك الماكينات التي تقوم بتصنيع كسائنا ودوائنا.. إننا - باختصار - لا يمكننا تصور الوجود بدونها، بل إنها متداخلة مع كل أنشطة الحياة ومتشابكة معها.

وتعرف الطاقة أيضا بأنها قدرة المادة على إعطاء قُوى قادرة على إنجاز عمل معين، أو هي عبارة عن كمية فيزيائية تظهر على شكل حرارة، أو حركة ميكانيكية، أو كطاقة ربط في أنوية الذرة بين البروتون والنيوترون.<sup>(١)</sup>

والطاقة ليست كيانا مطلوبا لذاته، بل يحتاج إليها الإنسان لأغراض أخرى، فهي مصدر تشغيل وسائل النقل وتوليد الكهرباء وتسخين المياه وتوليد الحرارة والحركة.. إلى غير ذلك من الأغراض التي تتعدد وتتجدد يوما بعد يوم.

كما يمكن تحويل الطاقة من صورة إلى أخرى، فالطاقة الداخلة في التفاعلات الكيميائية - مثلا - قد تنتج عنها طاقة ضوئية مثلاً، والطاقة الكهربائية قد تسهم في تحريك المواد فتتحول إلى طاقة حركية، والطاقة النووية في المفاعلات يتولد منها طاقة كهربائية تستخدم في أغراض كثيرة، فضلا عن قدرتها على التحول إلى سلاح مدمر.

ويمكننا تقسيم الطاقة باعتبار ديمومة مصادرها وتجدها إلى قسمين رئيسيين: الطاقة الناضبة غير المتجددة، والطاقة المتجددة (محور بحثنا هذا).

الطاقة الناضبة (غير المتجددة) (Non-renewable Energy): هي الطاقة المُستمدّة من موارد طبيعية تنفذ عند استخدامها؛ إذ أنها طاقة تكونت في الأرض منذ ملايين السنين، وذات كميات محدودة تنتهي باستهلاكها، ولا يمكن تجديدها في فترة زمنية قصيرة.

والطاقة الناضبة ذات مشكلات بيئية؛ إذ أنها تخرج من باطن الأرض، وتكون ملوثة للبيئة، وإن تفاوتت درجة التلوث البيئي بين كل نوع وآخر، كما أنها تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض أو ما يسمى بالاحتباس الحراري مما أثار القلق لدى كثير من المنظمات الدولية لاتخاذ التدابير اللازمة لمواجهة أمثال هذه الظواهر.

وأشهر مصادر الطاقة الناضبة المعروفة هي الفحم والنفط والغاز الطبيعي والطاقة النووية، وهي المصادر التي هيمنت على حصة الطاقة عالميا خلال القرن الماضي، على اختلاف بين الدول في تفضيل استخدام بعض المصادر على بعضها، فتجد الفحم والنفط يستخدمان في الدول الفقيرة والنامية، بينما ينتشر استخدام النفط والغاز الطبيعي والطاقة النووية في الدول المتقدمة. ويطلق على الفحم والنفط والغاز الطبيعي (الوقود الأحفوري)؛ حيث يستخرج من باطن الأرض، ويعتبر النفط هو المصدر الرئيسي للطاقة في العالم نظرا لكثرة مشتقاته واستخداماته، واعتماد تشغيل أغلب تقنيات القرن الماضي عليه.

(١) د. فلاق علي، ود. سالي رشيد. الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة. مجلة الإحصاء والاقتصاد التطبيقي (الجزائر)، عدد ٢٥، سنة ٢٠١٦ (٨٨).



الطاقة المتجددة (Renewable Energy): هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد، أو التي لا يمكن أن تنفذ إلا بانتفاء الكون، ولذا يمكن اعتبارها طاقة مستدامة. ولا تنشأ عن الطاقة المتجددة عادة مخلفات كثنائي أكسيد الكربون (CO2) أو غازات ضارة أو تعمل على زيادة الاحتباس الحراري كما يحدث عند احتراق الوقود الأحفوري أو المخلفات الذرية الضارة الناتجة من مفاعلات القوي النووية.<sup>(١)</sup>

وتنتج الطاقة المتجددة من موارد البيئة الدائمة التي لا تنضب كالرياح والمياه والشمس، كما يمكن إنتاجها من حركة الأمواج والمد والجزر أو من طاقة حرارية أرضية، وكذلك من المحاصيل الزراعية والأشجار المنتجة للزيوت. كما يكثر إنتاج للطاقة المتجددة في محطات القوي الكهرومائية بواسطة السدود العظيمة المبنية على الأنهار ومساقط المياه.

والطاقة المتجددة - في مفهوم وكالة الطاقة الدولية - هي الطاقة التي تتشكل من مصادر الطاقة الناتجة من مسارات الطبيعة التلقائية، كأشعة الشمس والرياح، والتي تتجدد في الطبيعة بوتيرة أعلى من وتيرة استهلاكها.<sup>(٢)</sup>

كما تُعرّف الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ الطاقة المتجددة بأنها كل طاقة يكون مصدرها شمسي، أو جيوفيزيائي أو بيولوجي، والتي تتجدد في الطبيعة بوتيرة معادلة أو أكثر من نسب استهلاكها، وتتولد من التيارات المتتالية والمتواصلة في الطبيعة كطاقة الكتلة الحيوية والطاقة الشمسية وطاقة باطن الأرض وطاقة حركة المياه وطاقة المد والجزر في المحيطات وطاقة الرياح. ويوجد كثير من الآليات التي تسمح بتحويل هذه المصادر إلى طاقات أولية، كالحرارة والطاقة الكهربائية، وإلى طاقة حركية باستخدام تقنيات متعددة تسمح بتوفير خدمات الطاقة من وقود وكهرباء.<sup>(٣)</sup>

ويعرفها برنامج الأمم المتحدة لحماية البيئة (UNEP) بأنها عبارة عن طاقة لا يكون مصدرها مخزوناً ثابتاً ومحدوداً في الطبيعة، تتجدد بصفة دورية أسرع من وتيرة استهلاكها، وتظهر في الأشكال الخمسة التالية: الكتلة الحيوية، أشعة الشمس، الرياح، الطاقة الكهرومائية، وطاقة باطن الأرض.<sup>(٤)</sup>

وهناك مصطلح الطاقة الجديدة أو الطاقة البديلة، إلا أنه لا يوجد له تعريف ثابت، ويعتقد الكثيرون نشأته مقابل الوقود الأحفوري التقليدي، وهناك من يطلق مصطلح (الطاقة الجديدة) على الطاقة المتجددة والطاقة النووية معا.<sup>(١)</sup>

(١) عماد معوشي. حتمية ترشيد استهلاك الطاقة لتحقيق التنمية المستدامة. المجلة الجزائرية للاقتصاد والمالية، جامعة المدية، العدد ١، أبريل ٢٠١٤ (١٥٥).

(٢) انظر: الموقع الإلكتروني للوكالة الدولية للطاقة www.iea.org.

(٣) انظر: د. أحمد إبراهيم عبد العال. الطاقة المتجددة والبديلة كمدخل للحفاظ على البيئة وتحقيق التنمية المستدامة (٧). وانظر:

Edenhofer Ottmar, Ramon Pichs Madruga, Youba Sokona and others, Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, USA, 2012, P 178.

(٤) موقع برنامج الأمم المتحدة لحماية البيئة www.unep.org.

**كفاءة الطاقة (Energy Efficiency):** ونتيجة لتعدد مصادر الطاقة، والقدرة على تحويلها من صورة إلى أخرى بتقنيات كثيرة برز مصطلح (كفاءة الطاقة)، وهو يعني - باختصار - الإدارة المثلى لموارد الطاقة، حيث تنتج نفس المخرجات من سلع وخدمات باستهلاك طاقة أقل. وأبرز مثال على ذلك محطات توليد الطاقة الكهربائية، فهناك محطات تعمل بالفحم، ومحطات تعمل بالمازوت (سائل نفطي)، ومحطات تعمل بالغاز الطبيعي، ومحطات تعمل بالوقود النووي، وأخرى تعمل بالطاقة الشمسية، وهنا يأتي دور المتخصصين لحساب التكلفة الاقتصادية للمدخلات الطاقوية بالنسبة إلى المخرجات، كما يتم حساب متغيرات أخرى كتلوث البيئة وما يسهم في الاحتباس الحراري. وبناءً على تلك المعادلات نستطيع أن نحدد نظام الطاقة الأكثر كفاءة في إنتاج الطاقة الكهربائية.

وليس المقصود هنا ترشيد الاستهلاك بتقليل متعمد لكمية الطاقة المستهلكة للحصول على خدمة ما، ولكن المقصود هو اتباع خطوات لا يحصل معها تقييد لاستخدام الطاقة، ولكنها تؤدي إلى ذات النتائج والمخرجات الناتجة عن الترشيد، وربما أفضل. وهناك أمثلة كثيرة على (كفاءة الطاقة)، منها الحرص على صيانة الأجهزة الكهربائية، حيث يقلل من استهلاكها للطاقة، واستبدال نوافذ المنزل بأخرى أكثر كفاءة في منع دخول الحرارة إلى داخل المنزل في فصل الصيف، وبذلك لا يتم تشغيل مكيف الهواء طوال الوقت، مما يقلل من استخدام الطاقة الكهربائية. وكذلك عند استبدال الأجهزة المنزلية - مثل الثلاجة أو غسالة الملابس، أو المعدات المكتبية، مثل جهاز حاسوب أو طابعة - بنموذج أكثر كفاءة في استخدام الطاقة، فإن المعدات الجديدة توفر الخدمة نفسها ولكن تستخدم طاقة أقل، وهذا سيوفر المال على فاتورة الكهرباء، ويقلل أيضا من كمية الغازات المسببة للاحتباس الحراري المتراكمة في الغلاف الجوي<sup>(١)</sup>.

ويتعلق بـ(كفاءة الطاقة) مصطلح آخر هو (كفاءة تحويل الطاقة)، ويعني النسبة بين الطاقة المستفاد من آلة إلى الطاقة المستهلكة. وقد تكون الطاقة المستفاد كبرياء أو حركة أو حرارة أو غيرها. وعندما يتم تحويل الطاقة من شكل إلى آخر لسبب ما، فإن الطاقة الناتجة بعد التحويل لن تكون مساوية للطاقة المتوفرة قبل التحويل، والنسبة بين الطاقة بعد وقبل التحويل تدعى الكفاءة. وتختلف قيمة الكفاءة بحسب طريقة تحويلها، فقد تصل إلى ٩٠٪ كما هو الحال في التوربينات المائية أو الموتور الكهربائي، أو تكون أقل من ذلك بكثير فتتراوح بين ١٠ - ٢٠٪ في معدات الطاقة الشمسية وتحديد الخلايا الشمسية، أو تتراوح بين ٣٥ - ٤٠٪ في محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تستخدم الوقود الأحفوري أو طاقة الرياح كمصدر للطاقة<sup>(٢)</sup>.

### الطاقة عبر العصور

لم يستغن الإنسان عن الطاقة في أي مرحلة من مراحل وجوده على كوكب الأرض، فهي مرتبطة ارتباطا وثيقا بغذائه وأمنه وتنقلاته ومختلف نشاطاته. وإذا كان الإنسان البدائي قد بدأ غذاءه على الأطعمة التقليدية التي يجدها في بيئته كأوراق الأشجار وثمراتها، ومنتجات الطيور والحيوانات التي يقتنيها من ألبان ولحوم، ثم

(١) انظر: د. نيفين كمال. إطار لرؤية مستقبلية لاستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر (٦).

(٢) انظر: د. هيثم باحيدرة. ما معنى (كفاءة الطاقة)؟ مقال بصحيفة الاقتصادية السعودية، بتاريخ ١٠/٨/٢٠١٥م.

(٣) انظر: د. محمد مصطفى الخياط. الطاقة. مصادرها. أنواعها. استخداماتها (١٥).



تطور الحال إلى ما نجده اليوم من تعدد في أنواع الأطعمة وتقنيات تصنيعها، فإن مسار الطاقة عبر مراحل التاريخ المختلفة قد أخذ صور شتى نتيجة تطور الاستخدام وتطور التقنيات المنتجة للطاقة.

ولو جاز لنا أن نقرأ التاريخ البشري من وجهة نظر الطاقة لوجدنا أن الحضارة الأقوى في التاريخ هي تلك التي كانت تجيد استعمال الطاقة بشكل أكثر فاعلية وإنتاجاً من الحضارات الأخرى، فالذين اكتشفوا النار في البداية كان باستطاعتهم حرق مناطق أعدائهم والتغلب عليهم، وكان باستطاعتهم أيضاً أن يصهروا المعادن لصناعة الأسلحة والأدوات للسيطرة على شعوب أخرى، ودرء أخطار الكائنات الحية الأخرى، بل وصيدها وزيادة مخزونهم من الطعام. والذين اكتشفوا قدرة الرياح على تحريك السفن الشراعية كان باستطاعتهم الانتقال والمتاجرة واكتشاف مناطق جديدة والسيطرة عليها وضمها إلى ممتلكاتهم ومناطق نفوذهم.<sup>(١)</sup>

### أولاً: الغذاء مصدر الطاقة

استعمل الإنسان في بادئ الأمر طاقته الذاتية الناتجة عن الطاقة الكيميائية الكامنة في غذائه، ويفترض كوك (١٩٧١م) أن المصدر الوحيد للطاقة المستهلكة من الإنسان خلال العصر المسعى (البداية) كان الغذاء، حيث كان يمثل الطاقة الضرورية للحياة. وتقدير (كوك) كان لإنسان شرق إفريقيا الذي عاش قبل حوالي مليون سنة.<sup>(٢)</sup>

ولا يزال الغذاء هو المصدر الأساسي للطاقة لجسم الإنسان، حيث يحتاج الإنسان إلى حوالي ٢٠٠٠ سعر حراري ليؤدي الحد الأدنى من وظائفه الحيوية، وتختلف الأغذية - طبقاً لأنواعها وطبيعتها - في المقدار الذي تمد به الجسم من الطاقة، ما بين مواد نشوية وسكرية (المواد الكربوهيدراتية)، ومواد دهنية، ومواد بروتينية، وفيتامينات وأملاح معدنية.

### ثانياً: اكتشاف النار

تقول الأسطورة اليونانية إن (بروميثوس Prometheus)<sup>(٣)</sup> أعطى سر النار للإنسان، وأنه - جزاء على فعلته - هذه مازال مصلوباً على صخرة. ومنذ تلك اللحظة التي اكتشف أو تعلم الإنسان فيها سر النار وهو يسعى في طلب المزيد والمزيد منها كأنه لا حدود لاحتياجاته ومتطلباته من النار. والنار التي نقل (بروميثوس) سرها للإنسان ليست في الواقع إلا الطاقة. ومع إدراك الإنسان الأول لسر الطاقة وأهميتها في حياته تفتحت أمامه آفاق جديدة واسعة كانت تزيد من قدرته على تطويع المعطيات الطبيعية وتسخيرها لمصلحته، وتزيد في ذات الوقت من قدرته على السيطرة على الطبيعة وعلى الكائنات الحية فيها ليتحول تدريجياً إلى سيد للطبيعة وأقوى كائن حي فيها.

(١) د. سعود يوسف عياش. تكنولوجيا الطاقة البديلة (١١، ١٢).

(٢) جون ر. فانشي. الطاقة. التقنية والتوجهات للمستقبل، ترجمة: د. عبد الباسط علي صالح (٢٩).

(٣) هو أحد الحكماء اليونانيين، ويلقب ب(سارق النار)، وتروي الأساطير اليونانية القديمة أنه سرق النار من جبال الأوليمب وأعطى قيساً منها للبشر. انظر: قاموس المورد للبلعبي مادة (Prometheus).

إن القدرة على التحكم بالنار خلال العصر المسى بعصر (الصيد) جعلت الناس تستخدم الحطب للتدفئة والطهي، وقدمت النار الضوء في الليل فأنارت الكهوف والبيوت. كان الحطب مصدر الطاقة الأول في المناطق السكنية. ويقدر كوك (١٩٧١) استخدام النار مصدرا للطاقة من الحطب بحوالي ١٠٠ ألف سنة<sup>(١)</sup> وما زالت الأخشاب التي توقد مصدرا للتدفئة والطهي في أماكن كثيرة من العالم المعمور رغم ما ينتج عنها من أذخنة ملوثة للبيئة.

### ثالثا: الزراعة

بدأت الزراعة منذ الألف السابعة قبل الميلاد حين بدأ الإنسان باستخدام بعض الأدوات والحيوانات من أجل القيام بالزراعة، والتحول التدريجي إلى الاستقرار في أماكن محددة من الأرض، وبالتالي تحول إلى كائن حضري، فأقام في القرى والمدن. وتحقق له بذلك بعض الأمن والاستقرار.

وقد تميز عصر (الزراعة البدائية) باستئناس الحيوانات، وكان البشر قادرين على استعمال الحيوانات في زراعة المحاصيل وحرث الحقول. وقد كانت القدرة على زراعة أغذية أكثر مما يحتاجه الإنسان محفزا للصناعة الزراعية، حتى يستطيع تخزين بعض الأغذية التي لا يحتاجها أو تحويلها إلى صورة أخرى تفي باحتياجاته حاضرا ومستقبلا. وتم استهلاك المزيد من الطاقة خلال عصر (الزراعة المتقدمة) عندما عرف الإنسان استخدام الفحم الحجري، وبناء الآلات لاستغلال الرياح والمياه.

### رابعا: الفحم الحجري

يعتبر اكتشاف الفحم بكل أنواعه - ولا سيما الخشبي والحجري منه - حجر الزاوية في انطلاق الطاقة، وانطلاق الثورة الصناعية الكبرى بمفهومها الحديث، وذلك منذ منتصف القرن الثامن عشر، حيث كانت إنجلترا رائدة لهذه الثورة الصناعية، ثم تبعها دول أوروبا.

ويرى الدكتور سعود يوسف عياش صاحب كتاب (تكنولوجيا الطاقة البديلة) أن الدول التي كانت تملك احتياطيها كبيرا من الفحم الحجري كانت تتطور بسرعة أكبر من غيرها، فاستطاعت بريطانيا أن تبني إمبراطورية شاسعة وأن تصبح أقوى دول العالم<sup>(٢)</sup>.

والفحم الحجري يتكون في باطن الأرض - عبر وقت طويل - من نباتات مختلفة تم إغراقها وطمرها بالطين والرواسب بشكل هائل، مما أدى إلى تعرضها للحرارة والضغط الشديدين، ليخرج الأوكسجين منها، ويبقى الكربون والهيدروكربونات، وهي المكونات الأساسية للفحم الحجري.

لقد كانت مناجم الفضة تقع على أعماق بعيدة من سطح الأرض، وكانت مشكلة غمر تلك المناجم بالمياه إحدى المشكلات المعيقة عن الوصول إلى هذا الوقود الأحفوري فكانت فكرة إزالة المياه من المناجم عبر اختراع

(١) جون ر. فانشي. الطاقة. التقنية والتوجهات للمستقبل. ترجمة: د. عبد الباسط علي صالح (٢٩).

(٢) د. سعود يوسف عياش. تكنولوجيا الطاقة البديلة (١٢).



المحركات التي تعمل بالبخار (المحركات البخارية) فكرة فعّالة. ويرجع الفضل في ذلك إلى المخترع الانجليزي (توماس سافيري) في عام ١٦٩٨، حيث تم سحب المياه بشكل فعال من المناجم المغمورة باستخدام ضغط البخار، وهي فكرة عمل المحرك البخاري. ثم توالى أعمال التطوير على ذلك المحرك.

وكان الخشب مصدر الطاقة الأول لتوليد البخار، وحل الفحم الحجري - في النهاية - محل الخشب بوصفه المصدر الأساسي للطاقة في الدول الصناعية لسهولة تخزينه ونقله. كما كان الفحم الحجري مفيداً كمصدر وقود لوسائل النقل الكبيرة كالقطارات والسفن، لكنه كان محدود الاستخدام لوسائل النقل الشخصية.

العصر	نصيب الفرد من الاستهلاك اليومي (1000 kcal)			
	غذاء	منزل وتجارة	صناعة وزراعة	نقل
البداية	2			
الصيد	3	2		
الزراعة البدائية	4	4		
الزراعة المتقدمة	6	12	7	1
الصناعة	7	32	24	14
التكنولوجيا	10	66	91	63

جدول (١): استهلاك الطاقة تاريخياً

المصدر: الطاقة. التقنية والتوجهات للمستقبل، جون ر. فانشي، ترجمة: د. عبد الباسط علي صالح (٣٠). نقلاً عن Cook, 1971.

#### خامساً: النفط

بينما كان الأمريكي (أدوين دريك) يحفر بئراً من أجل الحصول على الماء في بنسلفانيا عام ١٨٥٩، إذ خرج له النفط بدلاً من الماء! كان ذلك نقطة تحول في تاريخ البشرية. فقد أدى اكتشاف النفط إلى ظهور الصناعات الحديثة واختراع السيارات والطائرات والتمهيد لعصر الفضاء، والتوسع الكبير في إنتاج الطاقة الكهربائية، وزيادة الاختراعات في العالم.

نعم كان اكتشاف النفط واستعماله كمصدر للطاقة - إضافة إلى ما يتمتع به من ميزات على الفحم - قد جعل منه سيد مصادر الطاقة وأعطى المتعامل به إمكانيات أوسع للتفوق على الآخرين. وهكذا ترافق صعود الولايات المتحدة كقوة عظمى في العالم مع اكتشافها للنفط واستخدامه.

ومنذ العام ١٨٩٤ م أصبح البترول المستخرج من النفط هو الوقود الأفضل للمحركات. وقد اخترع (هنري فورد) السيارة من موديل T التي تستعمل البنزين (أحد مشتقات البترول) عام ١٩١٤ م، ومنذ ذلك الوقت

أصبح البترول هو الوقود السائد، لأن محركات الاحتراق الداخلي التي تعمل به قد أثبتت جدارتها وقوتها، كما أن احتياطات النفط كانت هائلة<sup>(١)</sup>.

ولقد كانت سيطرة محرك الاحتراق الداخلي الذي يعمل بواسطة البنزين على أسواق أجهزة النقل في العالم كله هي كلمة السر في ترعب النفط على عرش منتجات الطاقة في العالم لمدة تصل إلى ما يزيد على قرن من الزمان.

النفط ذلك السائل المستخرج من باطن الأرض ليصبح مصدرا حيويا للطاقة التي تسهم في تشغيل كافة المحركات في وسائل النقل المختلفة برا وبحرا وجوا، وهو المستخدم في محطات توليد الكهرباء التي تعد شريان الحياة في الاستعمالات العادية اليومية للأفراد، وفي الصناعات على السواء.. وهو - فوق ذلك - الوقود المحرك لألة الحرب دفاعا وهجومًا، قصاصا وعدوانًا. إنك لا تستطيع أن تجد منتجا واحدا في حياتك إلا وللنفط في دورة إنتاجه ووصوله إلى يديك نصيب.. ولا يتخيل أحد أن يستغني عن النفط يوما، وأن يعيش حياته بلا مشكلات!! ذلك الاهتمام العالمي جعل اقتصاديات النفط مرتبطة - بشكل طبيعي - بالنمو الاقتصادي العالمي صعودا وهبوطا.

ونظرا لتلك الأهمية الاستراتيجية للنفط لم يتوقف عن كونه مصدرا أساسيا للطاقة، بل تعدى ذلك إلى ميدان الصراع والتنافس الدولي حول منابعه. يقول د. محمد الرميحي: في الفترة التي سبقت الحرب العالمية الثانية (١٩٣٩ - ١٩٤٥) شهدت هذه المنطقة صراع مصالح دولية بين بريطانيا والولايات المتحدة، فبريطانيا كانت تعتبر الخليج (بحيرة بريطانية)، وكان تواجهها السياسي والاقتصادي ظاهراً منذ مطلع القرن الثامن عشر، لذلك اعتبرت نفط هذه المنطقة حكراً علمياً. إلا أن المصالح الأمريكية النفطية خاصة بعد الحرب العالمية الأولى (١٩١٤ - ١٩١٨) بدأت تضغط للحصول على حصة من نفط هذه المناطق الغنية. وقد مرت العلاقات البريطانية الأمريكية بمصاعب جمة من جراء الاختلاف على تقسيم الحصص النفطية، هذه المصاعب ثبت لاحقاً أنها كالمصاعب التي لاقتها شركات النفط المتنافسة فيما بينها حول بعض الامتيازات (الثانوية) في مواجهة الشعوب التي تحاول تلك الشركات أن تحصل منها على امتيازات أرخص و لمدة أطول. في النهاية تقاسمت المصالح الأمريكية والبريطانية المنطقة، فذهبت إيران والعراق والكويت وجنوب الخليج إلى المصالح البريطانية (ماعداء البحرين التي استغلت نفطها شركات أمريكية مسجلة في كندا، طبقاً لأحد الشروط البريطانية، لأن كندا دولة من دول الكومنولث).. وذهبت الامتيازات النفطية في السعودية إلى المصالح الأمريكية. لقد أطلقت الحكومات الغربية على تقسيم المصالح هذا اسم اتفاقية (الخط الأحمر) التي تعود إلى اتفاق مبدئي بين السلطات البريطانية والسلطات العثمانية التي كانت تسيطر اسمياً على هذه المناطق قبيل الحرب العالمية الأولى. وتم تقسيم المصالح هذا أيضاً بين مجموعة الشركات النفطية العالمية الكبرى التي دخلت كأطراف في الامتيازات الجديدة، كاتفاق المناصفة لشركتين أمريكية (جلف) والبريطانية (BP) في امتياز الكويت<sup>(٢)</sup>.

(١) مجلة الاقتصاد العالمي اليوم، عدد ١١٥ (٢٠).

(٢) د. محمد الرميحي. النفط والعلاقات الدولية. وجهة نظر عربية (١١٨).



لقد كان الأمر وقتها أشبه بالإتاوات التي يفرضها القوي على الضعيف ضمن شروط غير عادلة. لقد لاحظت إحدى الدراسات أن: الفراغ القانوني في امتيازات النفط الأولى- في المنطقة- بلغت حدا تبدو معه الأمور التي لا تقال في العقود أهم بكثير من الأمور التي تقال فيها<sup>(١)</sup>.

ورغم كثرة الجهود المبذولة من أجل اكتشاف مصادر جديدة للطاقة، إلا أنه لا يبدو - في المستقبل القريب على الأقل - إمكانية الاستغناء الكامل أو شبه الكامل عن النفط، نظرا لتعقيدات اقتصادية وتنموية كثيرة يأتي على رأسها الخسارة الضخمة الناتجة عن الاستغناء عن تلك المعدات التي يمثل النفط مصدر الطاقة الرئيسي في عمل محركاتها، وعدم ظهور وقود جديد يحل محل النفط وفرة وتكلفة.

### سادسا: الغاز الطبيعي

الغاز الطبيعي هو أحد أنواع الوقود الأحفوري الذي يستخرج من باطن الأرض - إلى جانب الفحم والنفط -، وهو مركب كربوني يحتوي على نفس العناصر الرئيسية المكونة للنفط، إلا أنه في حالة غازية، ويجري اليوم تسويله والاستفادة منه بطرق مختلفة<sup>(٢)</sup>.

ورغم الاكتشاف المبكر للغاز الطبيعي، إلا أن العالم لم يعرف استخدامه إلا بعد نهاية الحرب العالمية الثانية، حيث كان متوفرا بكميات ضخمة في إيطاليا وفرنسا، وكانت له احتياطات كبيرة في كل من بحر الشمال وهولندا وشمال أفريقيا وغيرها من مناطق العالم، مما أدى إلى تزايد الاهتمام به عبر استثمارات ضخمة وجهود كبيرة لاستخراجه ليحل - ولو جزئيا - محل النفط.

ويعتبر الغاز الطبيعي في الوقت الحالي - بالنظر إلى النفط - وقودا مثاليا، لما يتصف به من خصائص منها توفره بكميات كبيرة جدا، وسهولة استخراجه ونقله، وتمتعه بتركيب كيميائي بسيط نسبيا وطاقته حرارية عالية واحتراق نظيف (لا يعطي عند احتراقه أي رماد) وذلك لعدم احتوائه على شوارد معدنية<sup>(٣)</sup>.

والغاز الطبيعي يمتاز بكونه أقل أنواع الوقود الحفري في كمية الكربون التي تنتج عنه - عند الاحتراق - انبعاثات كربونية ضارة بالبيئة. كما أن بناء مصانع لإنتاج طاقة الغاز لا تستغرق زمناً طويلاً وتتمتع بمرونة تشغيلية أكبر، القدرة على تقليل انبعاث الغازات الدفيئة بـ ٢٥٪ في مجال النقل مقارنة بوقود الناقلات التقليدية. كما أشارت وكالة الطاقة الذرية العالمية إلى أن الغاز يمكن أن يساعد في تنويع إمدادات الطاقة ويحسن من أمنها<sup>(٤)</sup>.

وقد شهد العالم خلال العقدين الأخيرين من القرن العشرين طلبا متزايدا على الغاز الطبيعي، فقد زاد الاستهلاك عن مرتين ونصف خلال العقود الثلاثة الأخيرة من القرن العشرين، حيث انتقل من ٩٩٩.٢ مليار

(١) انظر: بيار ترزيان. الامتيازات النفطية الأولى. مجلة قضايا عربية، بيروت، العدد الخامس، السنة الثانية. مايو ١٩٨١ (٥- ٢٨).

(٢) محمد محروس إسماعيل، اقتصاديات البترول والطاقة، ديوان المطبوعات الجامعية، مصر، ١٩٨٨ (١٣٧).

(٣) انظر: أمينة مخلفي، أثر تطور أنظمة استغلال النفط على الصادرات (دراسة حالة الجزائر بالرجوع إلى بعض التجارب العلمية)، أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة قاصدي مباح، ورقلة، ٢٠١٢/٢٠١١ (١٦، ١٥).

(٤) الغاز الطبيعي، <http://www.openoil.net>، ٢٠١٣/٠٥/٢٢.

متر مكعب سنة ١٩٧٠ إلى ٢٤٢٨ مليار مكعب سنة ٢٠٠٠<sup>(١)</sup>، ليصل الاستهلاك في سنة ٢٠١١ حجم ٣٢٢٢.٩ مليار مكعب<sup>(٢)</sup>.

الغاز الطبيعي %	النفط %	
٨٠-٦٥	٨٧-٨٤	الكربون
٢٥-١	١٤-١١	الهيدروجين
٠.٢-٠	٢-٠.٠٦	الكبريت
١٥-١	٢-٠.١	النروجين (أزوت)
٠	٢-٠.١	الأوكسجين

جدول (٢): التركيب الكيميائي النموذجي للغاز الطبيعي والنفط

Source : Albert Legault, pétrole gaz et les autres énergie ,FRANCE,2007,p108.

### سابعاً: الطاقة النووية

كان اكتشاف معدن اليورانيوم عام ١٧٨٩ نقطة تحول في فهم طبيعة العناصر، وتوالت بعد ذلك التجارب على مختلف المعادن غير المستقرة لفهم طبيعتها وطبيعة الإشعاعات الصادرة عنها، حتى جاء اكتشاف عملية الانشطار لنواة اليورانيوم عام ١٩٣٢، تلك العملية التي ينشأ عنها طاقة هائلة، والتي كانت أول إثبات علمي لنظرية أينشتاين المشهورة التي تحدثت عن تحول الكتلة إلى طاقة عام ١٩٠٥.

فالطاقة النووية هي الطاقة التي يتم توليدها عن طريق التحكم في تفاعلات انشطار أو اندماج الأنوية الذرية، وتستغل هذه الطاقة في محطات توليد الكهرباء النووية، لتسخين الماء لإنتاج بخار الماء الذي يستخدم بعد ذلك لإنتاج الكهرباء. ولقد بدأ التنافس يشتد بين الدول العظمى كالاتحاد السوفييتي (سابقاً)، وألمانيا، وبريطانيا لدعم وتشجيع مراكز البحث العلمي بهدف فك رموز وطلاسم عملية الانشطار بالتفاعل المتسلسل، وكيفية تخصيب اليورانيوم، والتطبيقات المحتملة التي ستوفر من الطاقة الهائلة الناتجة من هذا التفاعل.

ورغم ارتباط الطاقة النووية في الأذهان بأحداث مدمرة ناتجة عن استخدام القنبلة النووية في الحرب العالمية الثانية عام ١٩٤٥، إلا أن مشروع استخدام الطاقة النووية في بناء مصانع لتوليد الكهرباء قد تم إحيائه من جديد بعد انتهاء الحرب، حيث بدأ في العام ١٩٥١ بناء أول مفاعل نووي تجريبي لإنتاج الطاقة السلمية في الولايات المتحدة. وعندها بدأت حقبة جديدة في تاريخ استخدام هذه الطاقة، فبنى الاتحاد السوفييتي السابق أول مفاعل نووي لإنتاج الكهرباء في عام ١٩٥٤، وتبعته إنجلترا عام ١٩٥٦، وفرنسا عام ١٩٥٩، وألمانيا عام ١٩٦٢ وإيطاليا عام ١٩٦٤، وساهمت الطاقة الذرية بحوالي ٢% حتى وصلت إلى ٨% من مجمل الطاقة العالمية عام ٢٠٠٠.

(١) عيسى مقلبد، قطاع المحروقات الجزائرية في ظل التحولات الاقتصادية، مذكرة ماجستير، جامعة الحاج لخضر، باتنة، ٢٠٠٧/٢٠٠٨.

(٢) التقرير الإحصائي ل BP، ٢٠١٢، /www.bp.com.

ورغم ما صاحب الطاقة النووية من تهاؤل إزاء توفر وسيلة نظيفة وغير مكلفة لتوليد الكهرباء، إلا أن سحابة من الجدل خيّم عليها منذ ستينيات القرن الماضي، وازدادت شدة في العقود التالية. إضافة إلى ذلك برهنت الطاقة النووية على كونها أكثر كلفة من أن تكون مصدرا بديلا ورخيصا للطاقة. وقد عجلت حادثة انفجار مفاعل تشيرنوبل، وكارثة تسرب الإشعاع النووي إلى الدول المحيطة هذا التوجه المبتعد عن الطاقة النووية، ما وضع مستقبلها في إطار من الشك.<sup>(١)</sup>

#### ثامنا: الطاقة المتجددة

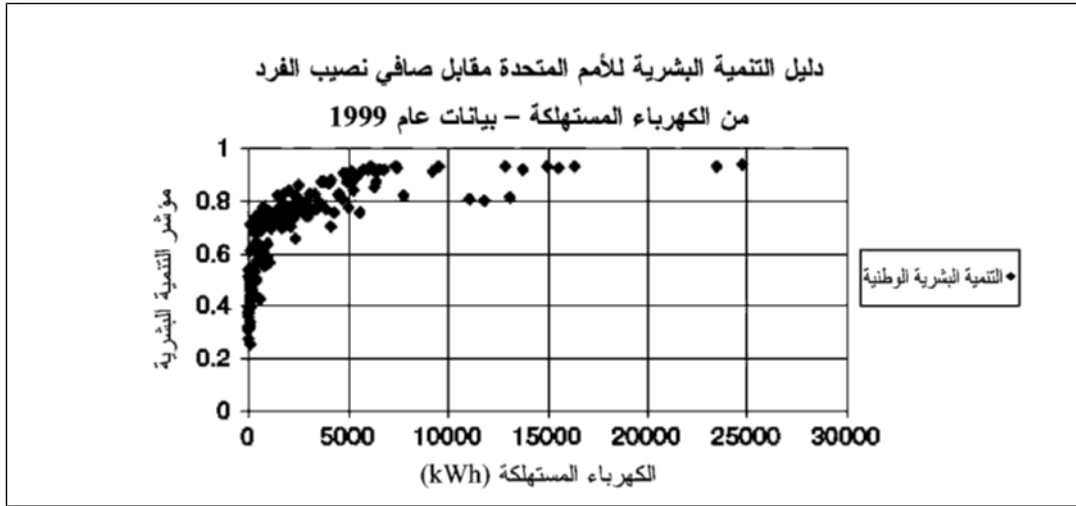
بعد هذه الرحلة الطويلة مع مصادر الطاقة التي احتاج إليها العمران البشري عبر عصوره المختلفة كان لا بد من التنقيب - في كل فترة - عن مصادر جديدة للطاقة استجابة للطلب المتزايد عليها، واجتبابا لما تضيفه بعض مصادر الطاقة الأخرى من مشكلات للبيئة والحياة.

ولقد كان التزاوج واضحا بين (الحاجة إلى الطاقة وتطور التقنيات) مما أفرز عددا كبيرا من التقنيات الطاقوية في مختلف المجالات، وأضحى الحديث عن استغلال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة المد والجزر والطاقة الحرارية الجوفية وطاقة الكتلة الحيوية وغيرها هو الحديث السائد في مختلف أروقة البحث العلمي المهتم بالطاقة، وفي مختلف المنظمات الأممية المعنية.

لقد عرفت سنوات السبعينات إسرافا شديدا في استهلاك الطاقة من جانب الدول المتقدمة - وعلى رأسها الولايات المتحدة الأمريكية - نتيجة التقدم الهائل في تقنيات الصناعة. ولقد أدى ذلك إلى استنزاف كبير للكثير من مصادر الطاقة التقليدية، ودقّ أجراس الإنذار من أجل إنجاز التحول نحو مصادر جديدة للطاقة تتلافى عيوب المصادر القديمة من مشكلاتها البيئية وتعرضها للنضوب من جهة، وتتوجه نحو الاستغلال الأمثل لموارد البيئة المتوفرة والمتجددة من جهة أخرى.

وجدير بالذكر أن بين نوعية الحياة وجودتها من جهة، وبين استهلاك الطاقة علاقة طردية، فدلّل التنمية البشرية (HDI - Human Development Index) حدده الأمم المتحدة باستخدام ثلاث فئات: متوسط العمر المتوقع، والثقافة، والنتائج المحلي الإجمالي (Gross Domestic Product - GDP)، والنتائج المحلي الإجمالي يمثل الناتج الكلي للسلع والخدمات وهو مقياس للنمو الاقتصادي للدولة، ويرتبط ارتفاع الناتج المحلي الإجمالي باستهلاك متزايد للطاقة في صورتها المعروفة (الكهرباء)، والتي تمثل وريد الحياة وشريانها.

(١) إدوارد كاسيدي وبيتر غروسمان. مدخل إلى الطاقة: المصادر والتكنولوجيا والمجتمع. ترجمة: صباح الدمولوجي (٢٤٩).



شكل (١): التنمية البشرية والاستهلاك السنوي للكهرباء (حيث يظهر اقتران ارتفاع مؤشر التنمية البشرية مع ارتفاع استهلاك الكهرباء)

المصدر: جون ر. فانشي. الطاقة. التقنية والتوجهات للمستقبل، ترجمة: د. عبد الباسط علي صالح (٣٢).

ولم يكن توفر الطاقة ومصادرها هو العامل الحاسم في التاريخ البشري إذ أن كل المصادر المعروفة للطاقة كانت موجودة في الطبيعة منذ قدوم الإنسان. بل إن العامل الحاسم والمهم كان - وسيبقى - قدرة الإنسان على استغلال هذه المصادر وتطويرها لخدمة أغراضه أيا كانت، عدوانية أو دفاعية، سلمية أو حربية، بناءة أو مدمرة. هكذا كانت الطاقة وهكذا ستبقى واحدة من معطيات الطبيعة التي يتعين على الإنسان استخدامها وتطويرها والتعامل معها. وبالتأكيد فإن كيفية الاستخدام والتطوير والتعامل هي التي حددت ماضي الإنسان بل وستحدد مستقبله.<sup>(١)</sup>

ولم يعد التحول نحو الطاقة المتجددة ترفاً اقتصادياً ووسيلة تقنية لدى الدول المتقدمة لتحسين حالة الطاقة، بل أصبح استراتيجية أساسية لطاقة المستقبل تهتم بها كل الدول على السواء. وفي تقرير لمؤسسة بلومبيرج لتمويل الطاقة الجديدة بعنوان (الاتجاهات العالمية للاستثمار في الطاقة المتجددة ٢٠١١) والذي أعدته بتكليف من برنامج الأمم المتحدة للبيئة، تصدرت الصين زيادة الطاقة المتجددة عام ٢٠١٠، إذ بلغ استثمارها المالي الجديد ٤٨,٩ بليون دولار (بارتفاع ٢٨٪ عن ٢٠٠٩). لكن مناطق أخرى من العالم الناشئ أظهرت أيضاً نمواً قوياً. فقد ارتفعت الاستثمارات الجديدة في أميركا الجنوبية والوسطى بنسبة ٣٩ في المئة لتبلغ ١٣,١ بليون دولار، وفي الشرق الأوسط وأفريقيا بنسبة ١٠,٤٪ لتبلغ ٥ بلايين دولار، وفي الهند بنسبة ٢٥٪ لتبلغ ٣,٨ بليون دولار، وفي البلدان الآسيوية النامية باستثناء الصين والهند بنسبة ٣١٪ لتبلغ ٤ بلايين دولار.

وحققت دول أفريقيا أكبر زيادة مئوية في استثمارات الطاقة المتجددة بين الدول النامية، باستثناء الصين والهند والبرازيل. وقد ارتفع إجمالي الاستثمار في القارة من ٧٥٠ مليون دولار إلى ٣,٦ بليون دولار عام ٢٠١٠.<sup>(٢)</sup> وتشير بعض الدراسات العلمية إلى أنه وحتى عام ٢٠٥٠ يمكن أن تغطي الطاقة المتجددة الحاجة العالمية من

(١) د. سعود يوسف عياش. تكنولوجيا الطاقة البديلة (١٢).

(٢) استثمارات الطاقة الخضراء، المجلة البيئية العربية، عدد ١٦٢، سبتمبر ٢٠١١.



الطاقة والكهرباء. ونظراً للتكاليف المنخفضة بشكل كبير، فإن الألواح الشمسية والتخزين بالبطاريات ستصبح على المدى البعيد أهم مصادر التزود بالطاقة. كما يتوقع أن حجم الألواح الشمسية في إنتاج الكهرباء العالمي سيرتفع من ٣٧٪ في عام ٢٠٣٠ إلى ٦٩٪ في عام ٢٠٥٠؛ وبالتالي فإنه سيؤمن أكثر الحاجة العالمية من الكهرباء.<sup>(١)</sup>

### علاقة الطاقة بالتنمية

التنمية عملية تطور مستمر - شاملاً كان أو جزئياً -، وتتخذ أشكالاً مختلفة تهدف إلى الرقي بالوضع الإنساني إلى الرفاه والاستقرار والتطور بما يتوافق مع احتياجاته وإمكانياته الاقتصادية والاجتماعية والفكرية، لذا فإنها تعتبر وسيلة للإنسان وغاية له في آن واحد، وهي عنصر أساسي للاستقرار والتطور الإنساني والاجتماعي. وقد اصطلحت هيئة الأمم المتحدة عام ١٩٥٦ على تعريف التنمية بأنها العمليات التي بمقتضاها توجه الجهود لكل من الأهالي والحكومة بتحسين الأحوال الاقتصادية والاجتماعية والثقافية في المجتمعات المحلية لمساعدتها على الاندماج في حياة الأمم والإسهام في تقدمها بأفضل ما يمكن.<sup>(٢)</sup>

وإذا كانت الطاقة إحدى الحاجات الأساسية للمجتمعات البشرية، فمن البديهي أن تكون لها علاقة وثيقة بقضايا التنمية المختلفة، وأن يكون ارتفاع الناتج المحلي، وارتفاع درجة الرفاهية الاقتصادية والاجتماعية متناسبا طرديا مع استهلاك الطاقة، ومع التحول - أيضا - إلى الطاقات البديلة التي لا تلحق أضرارا بالبيئة.

ولقد أدى تزايد الطلب على الطاقة استجابة للتصنيع والتمدن وثراء المجتمع إلى توزيع عالمي لاستهلاك الطاقة الأولية توزيعا شديدا متفاوت؛ فاستهلاك الفرد الواحد من الطاقة في اقتصاديات السوق الصناعية يعادل ثلاث أرباع الطاقة الأولية في العالم ككل. وهكذا تجد الارتباط الوثيق بين النمو الاقتصادي وبين استهلاك الطاقة.

وتعتمد التنمية الاقتصادية على توافر خدمات الطاقة اللازمة سواء لرفع وتحسين الإنتاجية أو للمساعدة على زيادة الدخل المحلي من خلال تحسين التنمية الزراعية، وتوفير فرص عمل خارج القطاع الريعي. ومن المعلوم أنه بدون الوصول إلى خدمات طاقة ومصادر وقود حديثة يصبح توفر فرص العمل وزيادة الإنتاجية وبالتالي الفرص الاقتصادية المتاحة محدودة بصورة كبيرة؛ إذ أن توفر هذه الخدمات يساعد على إنشاء المشاريع الصغيرة وعلى القيام بأنشطة معيشية وأعمال خاصة، ويعتبر الوقود كذلك ضروريا للعمليات التي تحتاج إلى حرارة، ولأعمال النقل وللعديد من الأنشطة الصناعية.

(١) غيرو روتير. التحول للطاقة البديلة بحلول عام ٢٠٥٠: الفرص والإمكانيات، مقال بموقع دويتشه فيله - الإذاعة الألمانية، ويستعرض

فيه دراسات فريق علماء دوليين بجامعة (لابيرنانتا للتكنولوجيا) بفنلندا. حول اتجاهات الطاقة البديلة حتى عام ٢٠٥٠.

(٢) وسيلة السبتي، تمويل التنمية المحلية في إطار صندوق الجنوب: دراسة واقع المشاريع التنموية في ولاية بسكرة، رسالة ماجستير في الاقتصاد غير منشورة، جامعة محمد خيضر بسكرة، سنة ٢٠٠٤ (٣).

ويضاف إلى هذا أن واردات الطاقة تمثل حالياً من منظور ميزان المدفوعات أحد أكبر مصادر الديون الأجنبية في العديد من الدول الأكثر فقراً، ويظهر الاضطراب بصورة أوضح في ميزانيات تلك الدول عندما تتغير أسعار الطاقة صعوداً وهبوطاً.

إن مقومات النمو الاقتصادي لأي مجتمع تتمثل في ثلاثة أمور:

١. تراكم رأس المال والمشتغل على كل الاستثمارات في الأرض والمعدات المادية، والموارد البشرية بالدرجة الأولى، والتي من شأنها أن تسهل وتكمل الأنشطة الاقتصادية، حيث أن تراكم رأس المال يمكنه أن يضيف موارد جديدة مثل استصلاح الأراضي غير المستغلة وتكوين المعارف غير المكتسبة والارتقاء بنوعية الموارد المتاحة كنظم الري والبناء والنقل والخدمات الحديثة والكفاءة.
٢. النمو السكاني، وبالتالي النمو الفعلي في القوى الإنتاجية المتعلقة بالعمل له دور فعال بدرجة تالية في تكوين رأس المال، حيث تعتبر الزيادة الفعلية في قوى العمل عاملاً يساهم في حث النمو الاقتصادي إما عن طريق رفع الإنتاجية أو عن طريق زيادة القوى الشرائية من خلال زيادة حجم الأسواق المحلية.
٣. توفر عنصر التقدم التقني والذي يعتبره عدد من الاقتصاديين بأنه أهم عنصر لعملية النمو الاقتصادي، والذي من شأنه أن يغير في منحنيات إمكانات الإنتاج، وبالتالي مضاعفة إجمالي الإنتاج المحلي ورفع نسب النمو الاقتصادي، وينتج التقدم التكنولوجي في أبسط صورته من الطرق الجديدة لإنجاز المهام التقليدية البسيطة والحديثة المعقدة.<sup>(١)</sup>

ولا شك ان للطاقة إسهاماً رئيساً في رأس المال - كما هو الحال في الدول المنتجة للنفط -، وتعدّ تقنيات الطاقة عاملاً مهماً - أيضاً - في دعم الاقتصاد والتنمية؛ إذ عن طريق تلك التقنيات من الممكن توفير مصادر بديلة للطاقة، أو حل مشكلات بيئية - كانبعاثات الكربون - تترتب على استخدام مصادر الطاقة التقليدية. وبذلك تكون الطاقة داخلية في مقومين أساسيين من مقومات النمو الاقتصادي التي ذكرناها.

وتُعد السيطرة على مصادر الطاقة أحد الأهداف الرئيسية للدول المتقدمة، لما لذلك من تأمين فعال لعمليات النمو الاقتصادي، وهو ما نراه جلياً في ذلك التنافس الدولي على تأمين مصادر الطاقة والسعي لابتزاز الدول النفطية لصالح الدول المتقدمة المستهلكة للنفط.

وقد أوضح كوزنتس - الاقتصادي الشهير - ستة خصائص للنمو الاقتصادي لمعظم الدول المتقدمة هي:

- ارتفاع معدلات نصيب الفرد من الناتج الإجمالي.
- ارتفاع معدلات الإنتاجية الكلية لعوامل الإنتاج.
- مرونة التحول الهيكلي في الاقتصاد.
- ارتفاع معدلات التحول الإيديولوجي والاجتماعي.

(١) انظر: تودارو ميشيل. التنمية الاقتصادية، ترجمة: محمود حسن حسني، ومحمود عبد الرزاق، الرياض، دار المريخ، الطبعة الثانية، ٢٠٠٩ (١٦٨-١٧٢).

- ميل اقتصاديات الدول المتقدمة للوصول إلى سيطرتها على أسواق الطاقة والمواد الخام العالمية.
- اشتراك هذه الدول في اقتصار النمو الاقتصادي على دول المركز والتي تعادل ثلث سكان العالم دون ثلثيه المتمركز في الأطراف.<sup>(١)</sup>

إن مستقبل التنمية التي تنشدها كل المجتمعات الإنسانية يهدف إلى إنشاء منظومة تنموية متكاملة اقتصاديا وبيئيا واجتماعيا وثقافيا وتقنيا، ومصادر الطاقة تمثل المحرك الرئيس ومخزن الإمداد لهذه المنظومة، ومن ثم فإن الجهود متواصلة من أجل التكامل داخل المنظومة التنموية، بحيث لا يطغى أحد جوانبها على آخر، ولا يؤثر سلبا عليه.

إن الطاقة اليوم جزء لا يتجزأ من حياة الإنسان أكثر من أي وقت مضى، كالسيارات والهواتف المحمولة وتكييفات الهواء وتسخين المياه، إلى غير ذلك من الاستعمالات. وتمتد منافع الطاقة إلى ما هو أبعد من الاستخدام الفردي للأشخاص في المنزل والعمل وعلى الطريق، حيث يعتمد كثير من المجالات اعتمادا كليا على الطاقة كالزراعة والحوسبة والصناعة والتشييد والخدمات الصحية والاجتماعية. كما أن العديد من العناصر الأساسية في الحياة الحديثة أصبحت تعتمد بشكل رئيسي على المواد الكيميائية والبلاستيكية والأسمدة المصنوعة من مصادر الطاقة المختلفة كالنفط والغاز الطبيعي.<sup>(٢)</sup> كل هذه الاستخدامات وغيرها تقوم عليها عملية التنمية من أجل تحسين خدماتها وتعظيم جدواها، وهي كما نرى - محتاجة للطاقة في كل آن - بما يؤكد على تلك العلاقة الوثيقة بين الطاقة والتنمية.

### أهمية الطاقة المتجددة وخصائصها

تحتاج جميع المجتمعات إلى خدمات الطاقة لتلبية الاحتياجات الإنسانية الأساسية (مثل الإنارة، والطهي، وتوفير الراحة في الأماكن، وسهولة التنقل، والاتصال) ولخدمة العمليات الإنتاجية. ومن أجل استدامة عملية التنمية، ينبغي أن يكون توصيل خدمات الطاقة آمناً وأثارها البيئية منخفضة. وتقتضي التنمية الاجتماعية والاقتصادية المستدامة كفاءة سبل الوصول بأسعار معقولة إلى موارد الطاقة الضرورية لتوفير خدمات طاقة أساسية ومستدامة. وقد يعني هذا تطبيق استراتيجيات مختلفة في مراحل مختلفة للتنمية الاقتصادية. ولكي تكون خدمات الطاقة سليمة بيئياً، ينبغي أن تكون أثارها البيئية منخفضة وانبعاثاتها من غازات الدفيئة متدنية.

وبالرغم من ذلك، فقد أفاد تقرير التقييم الرابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أن الوقود الأحفوري قد أسهم بنسبة ٨٥٪ من إجمالي الطاقة الأولية في عام ٢٠٠٤، وهي القيمة نفسها التي أسهم بها في

(١) السابق (١٧٥).

(٢) د. ديرة عبد الله ميرغني. إنتاج واستخدام الطاقة (٧).

عام ٢٠٠٨ وفضلاً عن ذلك، يمثل احتراق الوقود الأحفوري ٥٦.٦% من كافة انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن النشاط البشري (ثاني أكسيد الكربون المكافئ).<sup>(١)</sup>

### أهمية الطاقة المتجددة

كانت بداية الاهتمام بهذا النوع من مصادر الطاقة يعود إلى بداية السبعينيات، وبالأساس إلى أزمة الطاقة لعام 1973م و انعكاساتها على اقتصاديات الدول المتقدمة، و التي وجدت أن الحل المتاح للقضاء على تبعية اقتصادياتها للنفط هو تطوير مصادر بديلة تكون محلية، إلا أن هذا الاهتمام سرعان ما تلاشى بعد انخفاض أسعار النفط في السوق العالمية.

إلا أنه مع تنامي الوعي البيئي و التأكيد العلمي من علاقة التغير المناخي بحرق مصادر الطاقة الأحفورية، و بعد بروتوكول كيوتو، والاستنزاف الكبير الحاصل في المصادر التقليدية للطاقة بات الاهتمام بمصادر الطاقة المتجددة أكثر إلحاحاً، و بدأت الدول توجه جهود البحث العلمي نحو هذا المجال من أجل وضع مختلف أنواعها في خدمة اقتصاديات الدول.

ويمكننا أن نذكر العوامل التي تجعل للطاقة المتجددة هذه الأهمية في سوق الطاقة اليوم فيما يلي:

- الطاقة المتجددة صديق للبيئة، وتعمل على تخفيف التغيرات المناخية التي تحدث مع مصادر الطاقة التقليدية.
- الطاقة المتجددة متوفرة بكثرة في جميع أنحاء العالم، ومن ثم فهي حل لكل مشكلات الطاقة التي تحدث عند بعض البلدان الفقيرة في مصادر الطاقة التقليدية.
- الطاقة المتجددة علاج لمشكلات اقتصادية الناتجة عن استيراد مصادر الطاقة المتجددة كالنفط والغاز، مما يجعل الاقتصاد عرضة للتقلبات مع تقلبات أسعار الطاقة.
- الطاقة المتجددة تقلل الاعتماد على واردات الطاقة وتوفر بديلاً محلياً ذي قيمة.
- الطاقة المتجددة تمثل الأساس لإمداد الدول الصناعية والنامية بالطاقة بشكل مستدام، وخاصة بعد الحديث عن إمكانية نضوب بعض مصادر الطاقة التقليدية..
- الطاقة المتجددة يمكن أن توفر إضافة اقتصادية مهمة عبر بيع منتجاتها ذات التقنيات العالية مثل الخلايا الشمسية أو المعدات التي تعمل بالطاقة الشمسية.
- التطور الحاصل الآن في تقنيات الطاقة المتجددة يمثل قيمة اقتصادية كبيرة في كثير من الاستخدامات، إذ يقوم على تعظيم الفوائد بتطوير التقنية قليلة التكلفة وعظيمة المخرجات في نفس الوقت.
- الطاقة المتجددة مصدر محلي يتلاءم مع واقع تنمية المناطق النائية والريفية واحتياجاتها.
- تعتمد الطاقة المتجددة على استغلال الموارد البيئية، التي لا تكاد تخلو منها بيئة، وهو ما يعطي مصادر الطاقة فرصة الاستدامة والاستغلال الأمثل للموارد.

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 33.



■ توفير فرص العمل المحلية، وإنتاج بيئة لتطوير تقنيات الطاقة المتجددة محلياً هو أحد الأهداف الكبرى والمقومات الأساسية لقيام المجتمع الراشد وتحقيق أهداف التنمية. ولا شك أن كل ذلك غير متوفر مع مصادر الطاقة التقليدية المستوردة.<sup>(١)</sup>

ومن الناحية التاريخية، ارتبطت التنمية الاقتصادية ارتباطاً وثيقاً بالاستخدام المتزايد للطاقة وتنامي انبعاثات غازات الدفيئة، والمعول كبير أن تستطيع الطاقة المتجددة المساعدة في فك هذا الارتباط والمساهمة في التنمية المستدامة. وبالرغم من أن الإسهام الدقيق للطاقة المتجددة في التنمية المستدامة بحاجة للتقييم في السياق القطري، تتيح الطاقة المتجددة الفرصة للإسهام في التنمية الاقتصادية والاجتماعية، والحصول على الطاقة، وتأمين الإمداد بالطاقة، والتخفيف من تغير المناخ، والتقليل من الآثار السلبية على الصحة والبيئة. وسيدعم توفير الحصول على خدمات الطاقة الحديثة تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية.<sup>(٢)</sup>

إن الطاقة المتجددة تمثل فرصة نموية عظيمة، ليس على مستوى توفير مصدر بديل نظيف للطاقة يحمي الدول من تقلبات أسعار الطاقة، بل على مستوى استنهاض الهمم وبناء خطط تنموية طموحة نحو تغيير بني المجتمعات إلى بني إنتاجية فاعلة.

ومن الجدير بالذكر أن لكل نوع من أنواع الطاقة المتجددة أهمية خاصة ترتبط بطبيعة ذلك النوع وخصائصه واستخداماته، فعلى سبيل المثال، تكمن أهمية الطاقة الشمسية في عدم محدوديتها ومجانيتها ووصولها إلى مناطق نائية لا يمكن لمصادر الطاقة الأخرى الوصول إليها، إضافة إلى عدم إسهامها بأي شكل من أشكال تلوث البيئة و التي أصبحت اليوم من أعظم التحديات التي يواجهها العالم اليوم، إضافة إلى ذلك فإن هذا القدر الهائل منها والذي يزيد عن احتياجات العالم بحوالي ٦٠٠٠ مرة يجعلها أكثر مصادر الطاقة وفرة.<sup>(٣)</sup>

كما تكمن أهمية طاقة الرياح في توفرها في أماكن كثيرة وتوليدتها لكمية كبيرة من الطاقة الكهربائية، وكذلك تأتي أهمية طاقة الكتلة الحية إلى انخفاض تكلفتها وسهولة توليد الطاقة منها.

ويصف وزير البيئة الألماني (زيجمار غابريل) الطاقات المتجددة، في حديثه بمناسبة افتتاح المنتدى العالمي الثالث للطاقة المتجددة في مدينة بون الألمانية بأنها وسيلة لنشر المزيد من العدالة في العالم بين دول العالم الغنية ودول العالم الفقيرة، وهي ليست حصراً على الذين يعيشون اليوم، فالحد الأقصى من استعمال الشمس والرياح اليوم لن يقلل من فرص الأجيال القادمة بل على العكس. فعندما نعتمد على الطاقة المتجددة سنجعل مستقبل أولادنا وأحفادنا أكثر أماناً. فالطاقة المتجددة بأنواعها من طاقة شمسية وطاقة رياح وطاقة كهرومائية وطاقة عضوية حيوية وغيرها من الطاقات (الطبيعية)، وتعتبر بالفعل الأمل في توفير الطاقة في المستقبل من ناحية أنها طاقات لا تنضب، ومن ناحية أخرى أنها غير ملوثة للبيئة. وبالإضافة إلى ذلك، فإن التطبيقات الحديثة لهذه الأنواع من الطاقة سيوفر فرص عمل متعددة للشباب.

(١) انظر: تريكي عبد الرؤوف. مكانة الطاقة المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة (١٠٦، ١٠٧).

(٢) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 18.

(٣) انظر: ، تريكي عبد الرؤوف. مكانة الطاقة المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة (١٠٧).

## خصائص الطاقة المتجددة

### أولاً: مميزات الطاقة المتجددة

تتميز الطاقة المتجددة بعدة خصائص تجعلها مصدراً مهماً للطاقة يمكنه في المستقبل القريب الإحلال الكامل محل الطاقات التقليدية، ونذكر أهم هذه الخصائص فيما يلي:

- **الشمس هي المصدر الأساسي للطاقات المتجددة** سواء بصورة مباشرة أو غير مباشرة لذلك هناك من أطلق شعار الشمس أم الطاقات.<sup>(١)</sup> والديمومة والتجدد صفتان متلازمتان للشمس، لذا فإن مصادر الطاقة المتجددة لا تتعرض للنضوب، الأمر الذي يجعل الاهتمام بهذا النوع من الطاقة ضرورة استراتيجية، لما توفره من أمان بيئي ضروري للتنمية المستدامة.
- **الطاقة الخضراء:** فالطاقة المتجددة على اختلاف مصادرها تتميز بكونها صديقة للبيئة، تعالج مشكلة الانبعاثات الغازية التي تلوث البيئة، وترفع درجة حرارة الأرض وتتسبب في حدوث ظواهر مناخية ضارة مثل الاحتباس الحراري. وكثيراً ما تنادت المؤسسات الدولية المعنية لعقد مؤتمرات لمواجهة الملوثات البيئية الناجمة عن مصادر الطاقة التقليدية كمؤتمر كيوتو في اليابان عام ٢٠٠٣. حتى إن طاقة الكتلة الحيوية - والمفترض احتواؤها على قدر من الملوثات البيئية - تحتوي على أقل من ٠.١٪ من الكبريت ومن ٣ إلى ٥٪ من الرماد إضافة إلى أن حجم غاز ثاني أكسيد الكربون المنطلق من الكتلة الحية عند حرقها أو معالجتها يعادل الحجم المنطلق منه في عملية البناء الضوئي في النبات، ولذا يعني أنها لا تطرح في الجو أي كمية إضافية من غاز ثاني أكسيد الكربون.<sup>(٢)</sup>
- **الانتشار الواسع:** فعلى العكس من مصادر الطاقة الأحفورية التي تتركز في بعض البلدان، تتميز مصادر الطاقة المتجددة بالانتشار الواسع، فالشمس توجد في كل البلدان، وما تغيب عن بلدان إلا وتشرق عند آخرين، وأغلب دول العالم لها سواحل على البحار والمحيطات والأنهار، وحركة الرياح تنتشر في كل بلدان العالم تقريباً، والوقود الحيوي مرتبط - أساساً - بالثروة الحيوانية، وهي - لذلك - منتشرة في كل أنحاء العالم. هذا الانتشار يمثل تأميناً كبيراً للأفراد والدول، ويحول دون احتكار الطاقة أو تهديد مصادرها وإقامة الحروب حولها، مما ينجي العالم من مخاطر كثيرة.
- **القابلية للتحويل عبر التقنيات المختلفة إلى صور متعددة من الطاقة:** رغم أن الوقود الأحفوري نشأت حوله العديد من الصناعات التحويلية الكيميائية، إلا أن صور الوقود الأحفوري لا تتغير، فلا يمكن تحويله بذاته إلى طاقة كهربية إلا عبر عمليات وتقنيات معقدة من خلال محطات توليد الكهرباء التي يستخدم فيها الفحم أو النفط أو الغاز كوقود. أما الطاقة المتجددة، فمن الممكن عبر تقنيات بسيطة أن تتولد الطاقة الكهربائية مثل الخلايا الشمسية أو طواحين الهواء أو غير ذلك. ولقد أدت بساطة التقنية إلى توفر عوامل الأمان للعاملين في المجال.<sup>(٣)</sup>

(١) محمد خميس الزوكة، جغرافية الطاقة، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ٢٠٠١ (٢٨٧).

(٢) بوعشير مريم. دور وأهمية الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة. رسالة ماجستير، جامعة منتوري، قسنطينة، الجزائر، ٢٠١٠-٢٠١١ (١٧٠).

(٣) انظر: د. فلاق علي، د. سالي رشيد، الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة: مع الإشارة لحالة الجزائر وبعض الدول العربية (٩٢، ٩٣).

- **سهولة التحكم:** يمكن التحكم في مصادر الطاقة المتجددة بسهولة، وتقسيمها حسب الحاجة مما له أهمية كبيرة في الصناعة الحديثة. فالطاقة الشمسية مثلا تستخدم في تسخين المياه المنزلية وبرك السباحة والتدفئة والتبريد كما يجري في أوروبا وأمريكا، وفي دول العالم الثالث تستخدم لتحريك مضخات المياه في المناطق الصحراوية الجافة ولتوليد الطاقة الكهربائية في المناطق الوعرة والجبلية، حيث تكون هذه الطاقة ميزة مهمة لهذه المناطق من الناحية الاقتصادية، حيث توفر تكاليف الوقود واليد العاملة والصيانة<sup>(١)</sup>. كما تتميز الطاقة الكهرومائية بسرعة نقلها وتوزيعه، مما يعطيها مرونة لا نظير لها في الاستخدام، وهناك تجارب لتبادلها بين الدول المتجاورة<sup>(٢)</sup>.
- **قابلية التخزين:** كان أحد أكبر العيوب في مصادر الطاقة المتجددة هو تقلباتها وعدم ثبوتها على حال واحدة طوال العام، فتقلبات المناخ في الفصول الأربعة تجعل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وحركة المد والجزر وغيرها في تغير مستمر، مما استدعى الحاجة الماسة إلى ابتكار آليات وتقنيات لتخزين الطاقة المتجددة لتوفير إمكانية استعمالها عند الحاجة إليها، وخاصة في الأوقات والمناخات التي لا تتوفر فيها، فظهرت تقنيات حديثة للبطاريات والخلايا الشمسية لتخزين أكبر قدر من الطاقة لأطول مدة زمنية.

#### ثانيا: عيوب الطاقة المتجددة

بالرغم من أن الطاقة المتجددة تعتبر من مصادر الطاقة المتاحة وغير الملوثة للبيئة، إلا أن اعتبارها بديلا حتميا استراتيجيا لا يزال محل نظر لدى بعض الدول. وهذا نظرا لتكلفتها الاستثمارية وطول فترة استرداد تكاليف مشاريعها، وعليه فإن من بعض عيوب الطاقات المتجددة ما يلي:

- إن استغلال القوة المائية مثلا لإنتاج الطاقة الكهربائية يستلزم نفقات باهظة تصرف على إنشاء السدود، ومحطات التوليد، ومد الخطوط لنقل الطاقة وغيرها من الأمور، مما يجعل تكاليف إنشاء محطة مائية لتوليد الكهرباء باهظة التكاليف مقارنة بتكاليف إنشاء محطة حرارية، كما ينبغي قبل إنشاء المحطة المائية تحويل المجرى الواسع للماء الساقط إلى مجرى ضيق ينصب الماء منه في أنابيب بهدف تركيز قوة سقوطه، وفي المتوسط يبلغ رأس المال اللازم لإنشاء محطة كهرومائية نحو أربعة أمثال ما يلزم لإنشاء محطة حرارية تستخدم الفحم أو النفط وتنتج نفس المقدار من الطاقة<sup>(٣)</sup>.
- على الرغم من وضوح انخفاض التأثيرات البيئية لطاقة الرياح عن المصادر التقليدية، إلا أنه توجد بعض التأثيرات السلبية على البيئة، وبخاصة عند إنشاء مزارع الرياح الكبرى، أو عند إنشاء مئات من توربينات الرياح الكبيرة، حيث يكون التأثير البصري لدوران التوربينات والضوضاء الصادرة عنها ومخاطر اصطدام الطيور بها مما يتسبب في الكثير من الأحيان بقتلها، خاصة في أوقات هجرتها مما يؤدي لانقراضها، فضلا عن بعض التأثيرات الأخرى على النباتات والحيوانات، وإن لم تحدد بشكل جيد وارتفاع تكاليفها الاقتصادية خاصة فيما يخص مزارع الرياح البحرية<sup>(٤)</sup>.

(١) د. طالبي محمد، ود. ساحل محمد. أهمية الطاقة المتجددة في حماية البيئة لأجل التنمية المستدامة، عرض تجربة ألمانيا، مجلة الباحث، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير بجامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر، العدد السادس، ٢٠٠٨ (٢٠٣).

(٢) بوعشير مريم، دور وأهمية الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة (١٦٩).

(٣) الخفاف عبد علي، وثمان كاظم خضير. الطاقة وتلوث البيئة، عمان، الأردن، دار المسيرة، ط ٩، ٢٠٠٧ (١٢٨).

(٤) زواوية حلام، دور اقتصاديات الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة في الدول المغاربية (٧٥).

- الطاقة المتجددة بحاجة إلى تقنيات متطورة، كتقنيات الخلايا الشمسية، وتقنيات التخزين، وتقنيات التنبؤ بالرياح والمد والجزر. والبلاد الفقيرة تقنيا ستعاني من شراء التقنيات وهو أمر مكلف اقتصادياً، ولا يوفر فرصاً للعمل، ولا يخلق بيئة مواتية للتنمية المستدامة، مما يجعل الكثير من الدول تلجأ إلى خيار الطاقة الأحفورية التقليدية. هذه الدول بحاجة إلى توطين التقنية، وتوفير فرص تدريبية وتأهيلية جيدة للمواطنين حتى تكون الطاقة المتجددة فرصة لا عبثاً.
  - طاقة الرياح تحتاج إلى مساحات كبيرة قد لا تكون متوفرة دائماً، كما أنها تشوه المناظر بعض المناطق بالإضافة إلى الضجيج الذي يرافقها عملياً، إلا أن التطور التقني اليوم قد أزال الكثير من الضجيج إلى حد أنه لا يمكن سماع أزيز المراوح إلا عند الاقتراب منها.
  - الافتقار إلى الخطط والمعلومات والإحصاءات والهياكل التنظيمية والخدماتية للتصنيع والتوزيع والصيانة، والتردد في دمج كهرباء الطاقة المتجددة بالشبكات العامة.
- إن العمل على تطوير منظومات الطاقة المتجددة لا يتوقف، وذلك بهدف الوصول إلى صورة مثلى للطاقة تتجنب كل تلك العيوب، وتزيد من الجوانب الإيجابية، وهو ما تحقق الكثير منه على نحو ما سنرى تفصيله في هذا البحث.

### مصادر الطاقة المتجددة

تشير التقديرات - على أساس عالمي - إلى أن الطاقة المتجددة أسهمت بنسبة ١٢.٩% من ٤٩٢ إكسفل من إجمالي الإمداد بالطاقة الأولية في عام ٢٠٠٨. وجاء الإسهام الأكبر في الطاقة المتجددة من الكتلة الأحيائية (١٠.٢%)، حيث استخدم معظم وقود الكتلة الأحيائية (نحو ٦٠%) في عمليات الطهي والتسخين التقليدية في البلدان النامية. لكن مع حدوث ازدياد مطرد في استخدام الكتلة الأحيائية الحديثة أيضاً. وأسهمت الطاقة الكهرومائية بنسبة ٢.٣%، في حين أسهمت المصادر الأخرى للطاقة المتجددة بنسبة ٠.٤%.

وفي عام ٢٠٠٨، أسهمت الطاقة المتجددة بما يناهز ١٩% من الإمداد بالكهرباء في العالم ١٦% من الطاقة الكهرومائية، و ٣% من المصادر الأخرى للطاقة المتجددة).

وتنتج الطاقة المتجددة من الرياح والمياه والشمس، كما يمكن إنتاجها من حركة الأمواج والمد والجزر أو من الطاقة الحرارية الأرضية، وكذلك من المحاصيل الزراعية والأشجار المنتجة للزيت (إلا أن تلك الأخيرة لها مخلفات تعمل على زيادة الاحتباس الحراري). وأكثر إنتاج للطاقة المتجددة يُنتج في محطات القوى الكهرومائية بواسطة السدود العظيمة أينما وجدت الأماكن المناسبة لبنائها على الأنهار ومساقط المياه، وتستخدم الطرق التي تعتمد على الرياح والطاقة الشمسية على نطاق واسع في البلدان المتقدمة وبعض البلدان النامية.

وقد أصبحت وسائل إنتاج الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المتجددة مألوفة في الآونة الأخيرة، وهناك بلدان عديدة وضعت خططاً لزيادة نسبة إنتاجها للطاقة المتجددة بحيث تغطي احتياجاتها من الطاقة بنسبة ٢٠% من استهلاكها عام ٢٠٢٠. وفي مؤتمر كيوتو باليابان اتفق معظم رؤساء الدول على تخفيض إنتاج ثنائي أكسيد الكربون في الأعوام القادمة وذلك لتجنب التهديدات الرئيسية لتغير المناخ بسبب التلوث واستنفاد





الوقود الأحفوري، بالإضافة للمخاطر الاجتماعية والسياسية للوقود الأحفوري والطاقة النووية. وفيما يلي نذكر أهم المصادر التي تنشأ عنها الطاقة المتجددة بتطوراتها المختلفة:



شكل (٢): مصادر الطاقة المتجددة

المصدر: اللجنة الوطنية لشباب سلطنة عمان على موقع تويتر: [https://twitter.com/Nyc\\_Oman](https://twitter.com/Nyc_Oman)

## (١) الطاقة الشمسية Solar Energy

يقصد بالطاقة الشمسية الضوء المنبعث والحرارة الناتجة عن الشمس اللذان قام الانسان بتسخيرهما لمصلحته منذ العصور القديمة باستخدام مجموعة من التقنيات المتطورة باستمرار. ويرجع معظم مصادر الطاقة المتجددة المتوافرة على سطح الأرض الى الإشعاعات الشمسية بالإضافة الى مصادر الطاقة الأخرى مثل طاقة الرياح وطاقة الأمواج والطاقة الكهرومائية والكتلة الحيوية.

تتألف الطاقة الشمسية من الإشعاع الحراري المنبعث من الطبقة الخارجية للشمس. ولهذه الطاقة الإشعاعية - المسماة الإشعاع الشمسي - على مقربة من خارج الغلاف الجوي للأرض، ضخامة يبلغ متوسطها ١٣٦٧ وات/م<sup>٢</sup> لسطح متعامد مع أشعة الشمس. وعلى مستوى الأرض (وهو محدد بوجه عام على أنه مستوى البحر مع وجود الشمس فوق الرأس مباشرة)، يُخفف هذا الإشعاع عن طريق الغلاف الجوي إلى حوالي ١٠٠٠ و/م<sup>٢</sup> إذا كانت السماء صافية خلال ساعات قليلة قرب الظهيرة - وهي حالة تسمى (الشمس التامة) -. وخارج الغلاف الجوي، تُحمل طاقة الشمس في أمواج كهرومغناطيسية يتراوح طولها بين ٠.٢٥ إلى ٣ ميكرو متر. وجزء من الإشعاع الشمسي تساهم به إشعاعات تصل مباشرة من الشمس دون أن تتبدد في الغلاف الجوي. هذا الإشعاع (الحُرْمِي)، الذي يمكن أن يخضع للتركيز بواسطة مرايا وعدسات، متاح بأكبر قدر في مناطق غطاء

السحب المنخفض. والإشعاع المتبقي يسمى الإشعاع المبدد. أما مجموع الحزمة والإشعاع المبدد فيسمى الإشعاع الشمسي الكوني.<sup>(١)</sup>

وتمتاز تقنيات الطاقة الشمسية المباشرة بأنها متنوعة في الطبيعة، وباستجابتها للطرق العديدة التي يستخدم بها البشر الطاقة - مثل التدفئة، الكهرباء، والوقود -، وتشكل هذه التقنيات عائلة واحدة.

فالطاقة الشمسية الحرارية تفيد عددا كبيرا من الاستخدامات، وتتضمن كلاً من تدفئة فاعلة أو سلبية للمباني، وتسخين بالطاقة الشمسية للاستخدامات المنزلية والتجارية، وتدفئة أحواض السباحة، ومعالجة الحرارة للصناعة. وتوليد الكهرباء يتم باستخدام أشباه الموصلات الضوئية عبر تحويل مباشر ضوء الشمس إلى كهرباء باستخدام خلايا أشباه الموصلات الضوئية. ويتم أيضاً عن طريق الطاقة الشمسية المركزة، وذلك بواسطة التركيز الضوئي للطاقة الشمسية للحصول على سوائل عالية الحرارة أو مواد لتشغيل المحركات الحرارية والمولدات الكهربائية. وهناك طرق لإنتاج الوقود الشمسي، الذي يستخدم الطاقة الشمسية لإنتاج أنواع ووقود مفيدة.

ويتم الآن العمل على تطوير تقنيات مختلفة لتخزين الطاقة الشمسية، وخاصة أنها لا تتوفر بنفس قوة الإشعاع طوال العام، ويعول عليها كثيراً في تحقيق اكتفاء ذاتي - بجوار مصادر الطاقة المتجددة الأخرى في تحقيق نسبة عالية من الاكتفاء من الطاقة بعيداً عن المصادر الأحفورية.

وتُسخر تقنيات الطاقة الشمسية المباشرة طاقة الإشعاع الشمسي لإنتاج الكهرباء باستخدام أشباه الموصلات الضوئية (PV) ومركزات الطاقة الشمسية (CSP)، لإنتاج الطاقة الحرارية (التدفئة أو التبريد، إما من خلال وسائل سائلة أو نشطة)، للوفاء باحتياجات الإضاءة المباشرة، ومن الممكن إنتاج الوقود الذي قد يستخدم في النقل وفي أغراض أخرى. ويتراوح النضج التقني للتطبيقات الشمسية من البحوث والتطوير (على سبيل المثال الوقود المنتج من الطاقة الشمسية) مروراً بتلك الناضجة نسبياً (على سبيل المثال مركزات الطاقة الشمسية) إلى تلك الناضجة (على سبيل المثال التدفئة الشمسية السائلة والنشطة، وأشباه الموصلات الضوئية ذات شرائح السليكون) والكثير وليس كل التقنيات ذات طبيعة معيارية بما يسمح باستخدامها في نظم الطاقة المركزية واللامركزية. والطاقة الشمسية متغيرة، وإلى حد ما، لا يمكن التنبؤ بها، بالرغم من أن الهيكل الزمني لنتائج الطاقة الشمسية في بعض الظروف يترابط نسبياً بشكل جيد مع احتياجات الطاقة. ويقدم تخزين الطاقة الحرارية الخيار لتحسين التحكم في الناتج لبعض التقنيات مثل مركزات الطاقة الشمسية والتدفئة الشمسية المباشرة.<sup>(٢)</sup>

(١) IEA (2010b). Technology Roadmap, Concentrating Solar Power. International Energy Agency, Paris, France, 48 pp

(٢) IEA (2007). Renewables for Heating and Cooling – Untapped Potential. International Energy Agency, Paris, France, 209 pp

## (٢) طاقة الرياح Wind Energy

لم يتوقف استعمال الإنسان للطاقة الهوائية عند حدود تسيير السفن الشراعية في الأنهار والبحار، بل أخذ الإنسان يفكر في اختراع وتطوير آلات وأدوات أخرى يمكنها أن تخدمه في حياته وتعمل بواسطة الهواء . وربما كان أفضل أمثلة استعمال الإنسان للطاقة الهوائية هو اختراع الطواحين الهوائية وتطويرها. ورغم أن اختراع الطواحين الهوائية جاء متأخرا من وجهة نظر زمانية بالنسبة لاستعمال السفن الشراعية إلا أن هذه الطواحين شهدت تطورا سريعا وانتقل استعمالها عبر القارات والمحيطات لتشمل أجزاء كثيرة من العالم.<sup>(١)</sup>

وتعتبر طاقة الرياح إحدى الطاقات الناتجة عن التحويل غير المباشر للطاقة الشمسية، فالرياح تنتج عن فروق درجات الحرارة، ومن ناحية أخرى فإن طاقة الرياح تأتي من الدرجة الثانية من الأهمية في الدراسات والتطبيقات العالمية بعد الطاقة الشمسية كمصادر بديلة للطاقة حيث يجري العمل في العديد من دول العالم لتطوير استخدام طاقة الرياح في مجال توليد القدرة الكهربائية.

وهناك عدة محددات لاستغلال طاقة الرياح أهمها ما يلي:

- عدم انتظام سرعة الرياح (سرعة أقل من ١٠ كم/ساعة عادة ما تكون غير ذات جدوى اقتصادية).
- عدم انتظام اتجاه الرياح، ولذلك يوصى بأن تكون المروحة قابلة للحركة على قاعدتها حول محور رأسي، وتكون أطراف المروحة قابلة لاستقبال أكبر قدرة من قوة دفع الرياح مهما تغير اتجاهها.
- عدم انتظام القدرة المولدة بالمرآح مما يؤثر على انتظام شدة التيار الكهربائي أو كمية المياه التي تضخها المرآح.
- هناك إمكانية الحصول على تدفق مستمر للرياح ولكن على ارتفاعات كبيرة (٤٠٠ - ٥٠٠ م) إلا أنه يعاب على هذه الطريقة ارتفاع تكاليف إنشاء هذه الأبراج العالية، حيث أنه لا يمكن تخزين طاقة الرياح في شكلها الأول (طاقة حركية).<sup>(٢)</sup>

وقد بلغت الطاقة المركبة من طاقة الرياح في العالم سنة ٢٠١٤ حوالي ٣٧٢٩٦١ ميغا واط بزيادة ١٦٪ عن ٢٠١٣، وتتوزع هذه الطاقات على ٨٩ دولة من دول العالم على رأسها الصين والولايات المتحدة وألمانيا بنسبة ٨٤٪، والباقي موزع على باقي دول العالم.<sup>(٣)</sup>

وتوفر طاقة الرياح إمكانيات كبيرة لتخفيض انبعاثات غازات الدفيئة في الأجلين القريب (٢٠٢٠) والبعيد (٢٠٥٠)، وقد كانت قدرة طاقة الرياح المركبة بحلول نهاية ٢٠٠٩ قادرة على الوفاء بنحو ١٨٪ من الطلب العالمي على الكهرباء، ويمكن لهذا الإسهام أن ينمو ليتجاوز ٢٠٪ بحلول ٢٠٥٠، إذا بذلت جهود طموحة لتخفيض انبعاثات غازات الدفيئة، والتصدي للعوائق الأخرى التي تعرقل زيادة انتشار استخدام طاقة الرياح. وتم بالفعل نشر طاقة الرياح على اليابسة بوتيرة سريعة في بلدان كثيرة، ولا توجد حواجز فنية يستعصي التغلب عليها تحول دون زيادة مستويات تغلغل طاقة الرياح في نظم الإمداد بالكهرباء. وإضافة لذلك، فإنه على

(١) انظر: د. سعود يوسف عياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة، (٣٦).

(٢) انظر: هوارى عبد القادر. الكفاءة الاستعمالية لاستغلال الطاقات المتجددة في الاقتصاديات العربية (٩٠).

(٣) السابق (٩٠، ٩١).

الرغم من أن متوسط سرعة الرياح يتباين بصورة كبيرة حسب الموقع، هناك إمكانات فنية وفيرة في معظم مناطق العالم تمكّن من نشر طاقة الرياح على نطاق كبير. وفي بعض المناطق التي تتوافر بها موارد جيدة للرياح، فإن تكاليف طاقة الرياح تنافس بالفعل الأسعار الراهنة في سوق الطاقة، حتى وإن لم تؤخذ الآثار البيئية النسبية في الاعتبار. ومع ذلك، فإن الحاجة لاتزال ماسة لإجراءات السياسة في معظم مناطق العالم لضمان النشر السريع. ومن المتوقع أن يستمر إحراز التقدم في تكنولوجيا طاقة الرياح على البر وفي البحر، مما سيزيد من تخفيض تكاليف طاقة الرياح وتحسين إمكانية تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة الناجم عن الطاقة الرياح.<sup>(١)</sup>

وتقوم الآن شركات اوروبية متخصصة بخطط تخزين طاقة الرياح وتحويلها إلى هيدروجين، وتتجسد تلك الخطط في استخدام الكهرباء المولدة من عنفات الرياح (التوربينات) لتشغيل محطات تحليل كهربائي تفصل مكونات الماء إلى أكسجين وهيدروجين صالح للاستخدام.<sup>(٢)</sup> ما يمكننا من استخدام الكهرباء المتجددة بتزويد السيارات بالطاقة بشكل غير مباشر، إذ ستعتمد على وقود الهيدروجين الناتج بدلاً من الوقود الأحفوري. وعلى الرغم من التكلفة الكبيرة لتخزين الطاقة بتحويلها إلى هيدروجين، لكن الفائدة تكمن في تحقيق الأهداف المناخية الطموحة، ويمكن استخدامها لتوليد الطاقة بدلاً من الوقود الأحفوري في أيام سكون الرياح.

### (٣) الطاقة المائية (الكهرومائية) Hydropower Energy

تعتبر الطاقة المائية أو الكهرومائية أحد مصادر الطاقة المتجددة، إذ تستمد القدرة من طاقة المياه المتحركة من المرتفعات العليا إلى الأراضي المنخفضة. وقد أثبتت هذه التقنية جدواها، حيث يمكن التنبؤ بها تمهيدا لاستغلالها، كما أنها ذات تكلفة تنافسية. وعلى الرغم من أن الدور الأساسي للطاقة المائية في منظومة الإمداد بالطاقة العالمية يتمثل في توليد الكهرباء المركزية، فإن محطات الطاقة المائية تعمل أيضاً بمعزل عن غيرها وضمن نظم الإمداد المستقلة، غالباً في المناطق الريفية والنائية في العالم.

وتأتي الطاقة الكهرومائية من طاقة تدفق المياه أو سقوطها في حالة الشلالات (مساقط المياه)، أو من تلاطم الأمواج في البحار، حيث تنشأ الأمواج نتيجة لحركة الرياح وفعلها على مياه البحار والمحيطات والبحيرات، ومن حركة الأمواج هذه تنشأ طاقة يمكن استغلالها وتحويلها إلى طاقة كهربائية، حيث تنتج الأمواج في الأحوال العادية طاقة تقدر ما بين ١٠ إلى ١٠٠ كيلو واط لكل متر من الشاطئ في المناطق متوسطة البعد عن خط الاستواء.<sup>(٣)</sup>

وتوفر الطاقة الكهرومائية في الوقت الراهن ما يناهز ١٦% من إجمالي إنتاج الكهرباء عالمياً و٨٦% من كافة الطاقة المنتجة من مصادر متجددة. وعلى الرغم من أن الطاقة الكهرومائية تسهم إلى حد ما في توليد الطاقة

(١) IEA (2009). Technology Roadmap - Wind Energy. International Energy Agency, Paris, France, 52 pp.

(٢) أوروبا تخزن طاقة الرياح بتحويلها إلى هيدروجين، موقع مؤسسة دبي للمستقبل عبر هذا الرابط:

/ https://mostaqbal.ae/europe-renewable-energy-converting-hydrogen

(٣) د. أحمد بخوش، ود. زارة بطاش. الطاقات المتجددة كبديل لقطاع النفط (٨).

في ١٨٩ بلداً، فإن خمسة بلدان فقط تستأثر بما يربو على نصف الإنتاج العالمي، وهي: الصين، وكندا، والبرازيل، والولايات المتحدة، وروسيا.<sup>(١)</sup>

وتشمل مشاريع الطاقة الكهرومائية مشاريع السدود مع الخزانات، ومشاريع التدفق الطبيعي للأهبار، والانسحاب الداخلي، وتغطي طائفة عريضة من المشاريع متفاوتة الحجم. وهذا التنوع يمنح الطاقة الكهرومائية القدرة على الوفاء بالاحتياجات الحضرية المركزية الضخمة فضلاً عن الاحتياجات الريفية غير المركزة. وتقنيات الطاقة الكهرومائية ناضجة، فمشاريع الطاقة الكهرومائية تستغل مصدراً يتغير بمرور الوقت. ورغم هذا، فإن الناتج القابل للتحكم الذي توفره مرافق الطاقة الكهرومائية المتمتعة بمستودعات يمكنه الوفاء بالاحتياجات المتزايدة بشدة للكهرباء والمساعدة في موازنة أنظمة الكهرباء التي لديها كميات ضخمة من توليد الطاقة المتجددة المتغيرة. وتشغيل مستودعات الطاقة الكهرومائية يعكس غالباً استخداماتها المتعددة، على سبيل المثال، مياه الشرب، الري، التحكم في الفيضان والجفاف، والملاحة فضلاً عن الإمداد بالطاقة.<sup>(٢)</sup>

وإحدى المزايا الرئيسة للطاقة الكهرومائية هي أنها لا تحدث ملوثات للغلاف الجوي أو مخلفات ترتبط بحرق الوقود. ومع ذلك، فإن كافة نظم المياه العذبة، سواء كانت طبيعية أو صناعية، تصدر غازات دفيئة (مثل ثاني أكسيد الكربون و الميثان) نتيجة لتفكيك المواد العضوية. وقد أظهرت تقييمات دورة الحياة لمشروعات الطاقة المائية حتى الآن صعوبة تعميم تقديرات دورة حياة غازات الدفيئة لمشروعات الطاقة الكهرومائية في كافة الأحوال المناخية، وفي أنواع غطاء الأراضي ما قبل تجميع المياه في الخزان، وفي الأوقات المختلفة، وفي تقنيات الطاقة الكهرومائية وغير ذلك من الظروف المعينة للمشروعات.<sup>(٣)</sup>

#### (٤) الطاقة البحرية Marine Energy

يمكن تعريف الطاقة البحرية على أنها الطاقة المستمدة من التقنيات التي تستخدم مياه البحر كقوة دافعة لها أو تسخر إمكانات الماء الكيميائية أو الحرارية. ويستمد مصدر الطاقة المتجددة في المحيط من ستة مصادر مختلفة، كل منها له أصول مختلفة، ويتطلب تقنيات مختلفة للتحويل وهذه المصادر هي:

- طاقة الأمواج المستمدة من نقل الطاقة الحركية للرياح إلى السطح العلوي للمحيط و يبلغ إجمالي مورد طاقة الأمواج النظرية ٣٢٠٠٠ تيرا واط ساعة/سنة (١١٥ إكسغل/سنة)، لكن من المرجح أن تكون الإمكانيات الفنية أقل من ذلك بكثير، وسوف تعتمد على تطوير تقنيات طاقة الأمواج.
- نطاق المد (ارتفاع المد وهبوطه) المستمد من قوى الجاذبية لنظام الأرض والشمس والقمر. وتتراوح الإمكانيات النظرية لتوليد الطاقة من المد والجزر في العالم في نطاق ١ إلى ٣ تيرا واط. وتقع في المياه الضحلة نسبياً. ومن المرجح، مرة أخرى، أن تكون الإمكانيات الفنية أقل بكثير من الإمكانيات النظرية.

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 82.

(٢) السابق (٨).

(٣) السابق (٨٤).

- تيارات المد والجزر المستمدة من تدفق المياه التي تنتج عن عمليات ملء وإفراغ المناطق الساحلية الناجمة عن المد والجزر. وتشمل التقديرات الإقليمية الراهنة للإمكانات الفنية الحالية للمد والجزر ٤٨ تيرا واط ساعة/سنوياً (٠.١٧ إكسغل) لأوروبا و ٣٠ تيرا واط ساعة/سنوياً (٠.١١ إكسغل/سنوياً) بالنسبة للصين. كما تم تحديد مواقع جذابة تجارياً في جمهورية كوريا وكندا واليابان والفلبين ونيوزيلندا وأميركا الجنوبية.
  - تيارات المحيط المستمدة من دوران المحيط المدفوع بالرياح وبالتباين الحراري والملحي. وأفضل نظام لتيارات المحيطات هو تيار جولف ستريم في أميركا الشمالية، حيث يتوافر لتيار فلوريدا إمكانات فنية تبلغ ٢٥ جيجا واط من قدرة توليد الكهرباء. وهناك مناطق أخرى بها إمكانات واعدة لدوران المحيط تشمل تيارات اجولهااس/موزمبيق قبالة جنوب أفريقيا، وتيار كوروشيو (تيار اليابان البحري) قبالة شرق آسيا وتيار شرق استراليا.
  - تحويل الطاقة الحرارية للبحار المستمدة من التباينات في درجات الحرارة الناجمة عن الطاقة الشمسية المخزنة كحرارة في طبقات البحر العليا ومياه البحر الأكثر برودة، وهي عموماً أقل من ١٠٠٠ متر<sup>(١)</sup> على الرغم من أن كثافة الطاقة الخاصة بتحويل طاقة المحيط الحرارية منخفضة نسبياً، فإن إمكانية المورد عموماً هي أكبر بكثير من أشكال الطاقة البحرية الأخرى. وقد أشارت تقديرات إحدى الدراسات أجريت عام ٢٠٠٧ أنه بالإمكان الحصول على ٤٤٠٠٠ تيرا واط ساعة/سنة (١٥٩ إكسغل/سنة) من الطاقة المنتظمة.
  - تدرجات الملوحة (الطاقة التناضحية) المشتقة من اختلافات ملوحة المياه العذبة والمحيطات عند مصبات الأنهار. وتقدر الإمكانيات النظرية لتدرجات الملوحة بـ ١٦٥٠ تيرا واط ساعة/سنة (٦ إكسغل/سنة)<sup>(٢)</sup>.
- ولا زال تطوير التقنيات في مجال الطاقة البحرية دون المستوى المأمول، حيث لم تدفع الأسواق التجارية بعد بالتطور التقني للطاقة البحرية. وتعتبر البحوث والتنمية المدعومة حكومياً والحوافز السياسية الوطنية الدافعان الرئيسان. ولأن أياً من تقنيات الطاقة البحرية ناضجة، ما عدا قناطر المد (أصبحت التجربة مع غيرها من التقنيات الآن متاحة فقط للتأكد من صحة أجهزة إثبات الجدوى/النموذج الأولي)، فإنه يصعب إجراء تقييم دقيق للجدوى الاقتصادية لمعظم تقنيات الطاقة البحرية.

## (٥) الطاقة الحرارية الأرضية (الجيوحرارية) – Geothermal Energy

يرجع تاريخ وجود الطاقة الحرارية الأرضية إلى زمن نشأة الأرض، فالطاقة الحرارية المخزنة في الطبقات الصخرية مصدرها التحلل الطبيعي للعناصر المشعة في القشرة الأرضية، والحرارة الكامنة في الصخور المنصهرة الناتجة عن تحلل عناصر مثل اليورانيوم والبوتاسيوم وغيرها من المواد المشعة. وتعتبر الطاقة الجيوحرارية مصدر الطاقة المتجدد الوحيد غير طاقة المد والجزر التي تعتمد على الشمس كمصدرها الأولي

(١) انظر: تكنولوجيا الطاقة البديلة، د. سعود يوسف عياش (٥٣، ٥٤).

(٢) التقرير الخاص بشأن مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من آثار تغير المناخ، الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ عام ٢٠١١ (٨٧).

للطاقة، ويعتبر استخدام الطاقة الجيولوجية عملياً أكثر في الأماكن التي تكون فيها درجة حرارة الأرض عالية قريباً من السطح، وهذه غالباً ما تكون قريبة من مناطق نشطة جيولوجياً. وقد تم استغلال هذا قديماً، عادة على شكل حمامات حرارية طبيعية، لكن البحث عن بدائل للوقود الأحفوري قاد إلى اهتمامات متجددة في النشاط الجيولوجي، حيث تستخدم الطاقة الحرارية الجوفية مباشرة لتوفير الحرارة للأبنية والعمليات الصناعية، وفي نهاية عام ٢٠٠٠ كانت القدرة الحرارية العظمى المركبة عالمياً بالنسبة إلى تطبيقات التدفئة غير الكهربائية أعلى من ١٥٠٠٠ ميغاوات حرارية بحسب تقرير وكالة الطاقة الجيولوجية (IGA) عام ٢٠٠٥.<sup>(١)</sup>

وتستخدم الطاقة الحرارية الأرضية لتوليد الطاقة الكهربائية في محطات الطاقة الحرارية أو في التطبيقات المنزلية والصناعية الزراعية الأخرى التي تتطلب الحرارة وكذلك في تطبيقات توليد الحرارة والطاقة المشترك. وليس لتغير المناخ أي تأثيرات تذكر على فعالية الطاقة الحرارية الأرضية.

ويقدر أن الحرارة المخزونة التي يمكن الحصول عليها من الصخور الجافة الساخنة في الأرض تتراوح من ١١٠ إلى ٤٠٣ × ١٠<sup>٦</sup> إكسغل نزولاً إلى ١٠ كم في العمق، ومن ٥٦ إلى ١٤٠ × ١٠<sup>٦</sup> إكسغل إلى ٥ كم في العمق، ونحو ٣٤ × ١٠<sup>٦</sup> إكسغل نزولاً إلى ٣ كم في العمق. وباستخدام تقديرات سابقة للموارد الحرارية المائية وحسابات للنظم الحرارية الأرضية المعززة (أو المصممة هندسياً) مستمدة من تقديرات الحرارة المخزونة في الأعماق، تتراوح الإمكانيات الفنية للطاقة الحرارية الأرضية التي يمكن استخدامها في توليد الكهرباء من ١١٨ إلى ١٤٦ إكسغل/سنوياً (على عمق ٣ كم) ومن ٣١٨ إلى ١١٠٩ إكسغل/سنوياً (على عمق ١٠ كم) وتتراوح بالنسبة للاستخدام المباشر من ١٠ إلى ٣١٢ إكسغل/سنوياً.<sup>(٢)</sup>

وتتضمن مشروعات الحرارة الأرضية عادة تكاليف مسبقة عالية، بسبب الحاجة لحفر الآبار وتشيد محطات الطاقة، بينما تكون تكلفة التشغيل منخفضة نسبياً. ورغم تباين التكاليف حسب المشروعات، فإن التكاليف الإجمالية المقومة للكهرباء من محطات الطاقة التي تستخدم موارد حرارية مائية تتسم عادة بالقدرة على المنافسة في أسواق الكهرباء الحالية، ويصدق الأمر نفسه على الاستخدامات المباشرة للحرارة الأرضية. ولاتزال الأنظمة الحرارية الأرضية المصممة هندسياً في مرحلة إثبات الجدوى، لكن تقديرات تكاليفها أعلى من تكاليف الخزانات الحرارية المائية.

## (٦) طاقة الكتلة الحيوية (الكتلة الأحيائية) - Biomass Energy

يقصد بالكتلة الحيوية أو الأحيائية ما يتم تجميعه من مخلفات، مثل الأشجار الميتة، وفروع الأشجار وأوراقها، ومخلفات المحاصيل وقطع الخشب وغيرها، حيث يمكن الاستفادة من المخلفات من خلال إجراءات إعادة التدوير (Re-use) وهو ما يمكن أن يؤدي إلى تقليل حجم المخلفات والقمامة، أو إعادة الاستخدام

(١) انظر: إيفانز ل. روبرت. شحن مستقبلنا بالطاقة: مدخل إلى الطاقة المستدامة. ترجمة فيصل حردان، مركز دراسات الوحدة العربية، ط أولى، بيروت، ٢٠١١ (١٧٦، ١٧٧).

(٢) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 72- 73.

(Recycling). ويقصد بتدوير المخلفات إعادة استخدامها لإنتاج منتجات أخرى أقل جودة من المنتج الأصلي، في حين يقصد بإعادة الاستخدام، مثلا إعادة استخدام الزجاجات البلاستيكية للمياه المعدنية بعد تعقيمها.

ويعتبر توليد الطاقة الكهربائية والحرارية وإنتاج الوقود من طاقة الكتلة الحيوية تحديا كبيرا في نماذج تحويل الطاقة الحديثة، ومكسبا بيئيا يساهم في التقليل من انبعاث غازات ثاني أكسيد الكربون الدفينة من خلال استغلال عملية تعفن هذه المخلفات الحيوية وكبح تأثيرها على الغلاف الجوي، وهذا باستخدامها كطاقة بديلة.

حيث تحتوي طاقة الكتلة الحيوية على مكانة خاصة نظرا لأهميتها القصوى لحاضر مستقبل الطاقة في الدول النامية والمتقدمة على السواء. فيعتمد حوالي ٢١٪ من السكان على الكتلة الحيوية كالخشب، وبقايا المحاصيل والحيوانات للاستخدامات المنزلي، وخصوصا كوقود للطهي. كما أن طاقة الكتلة الحيوية يمكن تحويلها إلى وقود صلب وسائل وغازي. فبدائل البنزين مثلا من الممكن إنتاجها من الكتلة الحيوية بواسطة التخمر والتقطير، وعن طريق المعاملة الحرارية للخشب وبقايا المحاصيل الزراعية، ويمكن بغير ذلك من التفاعلات الكيميائية أيضا إنتاج الوقود من الكتلة الحيوية على نطاق صناعي واسع أو على نطاق محلي محدود.

وهناك العديد من الأنماط المختلفة لوقود الكتلة الحيوية التي تتراوح من الحطب التقليدي المستخدم في الطهي بالمناطق الريفية والذي يتم حرقه بطريقة بعيدة كل البعد عن الكفاءة، إلى الأنماط الحديثة والمتطورة للغاية.

### تقنيات الطاقة المتجددة واستخداماتها

ومع تنامي الحاجة إلى الطاقة المتجددة، كانت لا بد من تطوير التقنيات اللازمة لتلبية احتياجات المستهلكين، والتغلب على كل ما من شأنه أن يشكل عقبة في طريق التحول الاستراتيجي من الطاقة التقليدية إلى الطاقة المتجددة.

لم يكن الهدف الرئيس من إيجاد مصادر بديلة للطاقة هو مجرد الاكتشاف والاستخدام فحسب، بل تعدى ذلك إلى ابتكارات تقنية مبدعة أسهمت في تلافي الكثير من المشكلات والتحديات في ميدان الطاقة البديلة. فبعد أن كانت مشكلات كعدم الاستمرارية والتكلفة العالية ووجود بعض الانبعاثات الغازية وتهديد البيئة عبر القضاء على أنواع من الحيوانات، استطاعت التقنيات الحديثة للطاقة المتجددة أن تقلل من حدة تلك المشكلات، وأن تدخل الطاقة المتجددة عالم المنافسة مع مصادر الطاقة التقليدية، بل وتزجج المصادر الأخرى في كثير من الأحيان. ونستطيع في ما يلي بعض التقنيات والاستخدامات الحديثة للطاقة المتجددة:



## أولاً: الطاقة المتجددة وإنتاج الكهرباء

يعتبر إنتاج الكهرباء هو الاستخدام الأساسي والوظيفة الرئيسية للطاقات المتجددة، فالكهرباء هي وريد الحياة وشريانها، والبحث عن مصادر جديدة لتوليدها هو الرهان الحقيقي لأي مجتمع يريد أن يتطور ويتقدم. وبما أن الطاقة المتجددة قد أثبتت قدرتها على القيام بهذا الدور، فإن مكانتها في توسع مستمر في سوق الطاقة.

ولدى مختلف مصادر الطاقة المتجددة القدرة على إنتاج الكهرباء من وقود نظيف تنخفض فيه الأضرار البيئية انخفاضاً كبيراً بالمقارنة بتوليد الكهرباء من مصادر الطاقة التقليدية. إلا أن التحدي الأكبر يكمن في حساب التكلفة الاقتصادية لإنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة، بل يعتبر ذلك أحد العوامل الرئيسية في التسويق الفعال للتحويل نحو الطاقة المتجددة.

وفي دراسة عن كلفة إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المختلفة في ألمانيا عام ٢٠١٣ تبين أن كلفة إنتاج الكهرباء من محطات الرياح على اليابسة أقل من تلك الناتجة من الفحم الحجري أو تلك المولدة من توربينات الغاز المزدوجة، بل وأقل من إنتاجها من محطات الرياح في البحار والمحيطات؛ نظراً للتكلفة الكبيرة لإنشاء وإدارة تلك المحطات. كما تتوقع الدراسة انخفاضاً في تكلفة توليد الكهرباء باستخدام الكهروضوئية (تقنية كهربية/ضوئية للطاقة الشمسية) حتى العام ٢٠٣٠، بما يتفوق على إنتاجها من المواد النفطية أو مصادر الطاقة التقليدية الأخرى.<sup>(١)</sup>

وقد خلصت الدراسة إلى أن استمرار هبوط كلفة إنتاج الكهرباء لتقنيات الطاقة المتجددة مع زيادة أسعار طاقة الوقود الحفري يؤدي إلى دوام تحسين تنافسية السوق لتقنيات الطاقة المتجددة. وهذا يؤدي إلى نمو الفجوات المتخصصة بالسوق والتي ستمكن من تشغيل تقنيات الطاقة المتجددة بكفاءة اقتصادية، حتى بدون دعم، حيث أن تلك التقنيات ستمكن من القيام بمشاركة أساسية في الإمداد بالطاقة في المستقبل.<sup>(٢)</sup>

ويمكن للطاقة المتجددة - عبر هذا التحسن في مستوى الخدمة بانخفاض التكلفة - أن تساعد في تسريع وتيرة الحصول على الطاقة، ولاسيما للناس البالغ عددهم ١.٤ مليار نسمة الذين يعيشون بدون كهرباء، بالإضافة إلى ١.٣ مليار نسمة يستخدمون الكتلة الأحيائية التقليدية. ويمكن أن يوفر الحصول على خدمات الطاقة الحديثة في مستوياتها الأساسية منافع مهمة للمجتمع أو للأسر. وفي العديد من البلدان النامية، وسّعت الشبكات اللامركزية المعتمدة على الطاقة المتجددة وإدماج الطاقة المتجددة في شبكات الطاقة المركزية من قاعدة الحصول على الطاقة وحسنها.

والطاقة الكهربية المستخرجة من الطاقة الحرارية الأرضية ملائمة بصفة خاصة للإمداد بطاقة حمل الأساس، ولكن يمكن أيضاً نقلها واستخدامها للوفاء بالطلب في أوقات الذروة. ومن ثم، فإن الطاقة الكهربية المستمدة من الحرارة الأرضية يمكن أن تكمل التوليد المتباين للكهرباء.

(١) انظر: كلفة إنتاج الكهرباء للطاقة المتجددة. دراسة صادرة عن معهد فراونهوفر لأنظمة الطاقة الشمسية، ألمانيا، نوفمبر ٢٠١٣ (٢، ٣).

(٢) السابق (١٢).

وفي سياق تاريخي نستطيع أن نقول أن نظم الطاقة الكهربائية قد أخذت في التطور منذ نهاية القرن التاسع عشر. واليوم، تتباين نظم الطاقة الكهربائية من حيث نطاقها وتطورها التقني من شبكة التوصيل البيئي المتزامن لشرق الولايات المتحدة إلى النظم المستقلة الانفرادية الصغيرة القائمة على محركات الديزل، حيث تشهد بعض النظم، كما هو الحال في الصين، حالة من التوسع والتحول بوتيرة سريعة. غير أنه في إطار هذه الاختلافات يجري تشغيل نظم الطاقة الكهربائية وتخطيطها بغرض مشترك يتمثل في توفير الإمداد بالطاقة على أساس موثوق وفعال والتكلفة. واستشرافاً للمستقبل، يتوقع أن يستمر تزايد أهمية نظم الطاقة الكهربائية نظراً لما تقوم به من الإمداد بالطاقة الحديثة، والتمكين من نقل الطاقة عبر المسافات الطويلة، وتوفير مسار محتمل لتوصيل الطاقة منخفضة الكربون.

وتتسم نظم الطاقة الكهربائية بعدد من الخصائص المهمة التي تؤثر على تحديات دمج الطاقة المتجددة: إذ يعمل أغلب نظم الطاقة الكهربائية باستخدام تيار متردد يقوم بمزامنة أغلب عمليات توليد الطاقة وتشغيلها عند تردد بشدة 50 أو 60 هرتز تقريباً، حسب الإقليم. ويتفاوت الطلب على الكهرباء على مدار اليوم والأسبوع والموسم، وفقاً لاحتياجات مستخدمي الكهرباء. ويقابل التغير الإجمالي في الطلب تغيراً في الجداول وتوجيهات التوزيع المتعلقة بالتوليد بهدف الحفاظ دوماً على توازن بين العرض والطلب. وتستخدم المولدات وغيرها من موجودات نظم الطاقة في توفير التحكم في القدرة الفعالة للإبقاء على تردد النظام والتحكم في القدرة التفاعلية للإبقاء على الفولتية في حدود معينة. وتدار التغيرات المتتالية دقيقة بدقيقة في العرض والطلب بواسطة التحكم الآلي في التوليد من خلال خدمات يطلق عليها التنظيم ومتابعة الحمل، بينما تدار التغيرات التي تطرأ عبر نطاقات زمنية أطول تتراوح ما بين ساعات وأيام بواسطة الإرسال ووضع جداول للتوليد (بما في ذلك تشغيل أو إيقاف التوليد، الذي يعرف باسم التزام الوحدة). وينبغي مواصلة عملية التوازن هذه بغض النظر عن الآلية المستخدمة لتحقيقها. وتختار بعض الأقاليم أسواق الكهرباء المنظمة لتحديد أي وحدات التوليد ينبغي الالتزام بها وكيفية توزيعها. وحتى النظم المستقلة يتعين أن تستخدم أساليب للحفاظ على توازن بين توليد الطاقة والطلب عليها (عبر مولدات يمكن التحكم فيها، أو أحمال يمكن التحكم فيها، أو موارد تخزين مثل البطاريات).<sup>(١)</sup>

والخلاصة أنه يمكن دمج الطاقة المتجددة في جميع أنواع نظم الطاقة الكهربائية من النظم القارية المترابطة الكبيرة النطاق إلى النظم المستقلة الصغيرة. ويتحدد نطاق التحدي المتعلق بالدمج بناء على خصائص النظم بما في ذلك البنية الأساسية للشبكات ونمط الطلب والموقع الجغرافي وخليط التوليد وقدرات التحكم والاتصال إلى جانب الموقع الموارد المتجددة وبصمتها الجغرافية وتقليبيتها وإمكانية التنبؤ بها. ومع زيادة كميات موارد الطاقة المتجددة، فسيكون من الضروري بوجه عام إنشاء بنية أساسية إضافية للشبكات الكهربائية (إرسال و/أو توزيع). ويمكن أن تكون الموارد المتغيرة للطاقة المتجددة، مثل الرياح، أكثر صعوبة في دمجها من

Breyer, C., A. Gerlach, J. Mueller, H. Behacker, and A. Milner (2009). Grid-parity analysis for EU and US regions and (١) market segments - Dynamics of grid-parity and dependence on solar irradiance, local electricity prices and PV progress ratio. In: Proceedings of the 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference. 21-25 September 2009, Hamburg, Germany, pp. 4492-4500.



الموارد المتجددة القابلة للتوزيع، مثل الطاقة الأحيائية، وعندما تصبح زيادة المستويات التي تحافظ على الموثوقية أكثر صعوبة وكلفة.

ويمكن الحد من هذه التحديات والتكاليف عن طريق نشر حافطة من الخيارات تشمل التوصيل البيئي للشبكات الكهربائية، وتطوير نظم توليد مرنة تكملية، وزيادة حجم مناطق التوازن، وتطوير الأسواق العاملة على أساس أقل من الساعة، واستجابة الطلب لتوفر العرض، وتقنيات التخزين، وتحسين التنبؤ، وتشغيل النظم، وأدوات التخطيط.

#### ثانياً: الطاقة المتجددة وتطور الاستخدامات

وبناء على هذا التطور الكبير في تقنيات الطاقة المتجددة لتوليد الكهرباء، فقد تطورت استخدامات الطاقة المتجددة بصورة كبيرة، وأصبحت الرغبة الفردية والجماعية (متمثلة في الحكومات ومؤسسات القطاع الخاص) تتجه بقوة نحو الاستثمار فيها والاستفادة من عوائدها الاقتصادية والبيئية، لا سيما ضمن خطط التنمية المستدامة، والتي تقع منظومة الطاقة في القلب منها.

فعلى سبيل المثال تشتمل طاقة الكتلة الأحيائية على تطبيقات تقنية متعددة بدءاً من توليد الحرارة بمستويات تتراوح ما بين الطهي المنزلي والنظم الضخمة لتدفئة المدن. وتستخدم تقنيات التحويل التي تعيد تشكيل الكتلة الأحيائية إلى ناقلات طاقة ثانوية ملائمة، عمليات معالجة كيميائية حرارية أو كيميائية أو كيميائية - أحيائية.

وتبشر المواد الأولية من الليجنوسيليلوز بخير كبير لأنها لا تتنافس مباشرة مع إنتاج الأغذية، كما يمكن أن تنتج على وجه التحديد لأغراض إنتاج الطاقة، متيحة بذلك إنتاجية أكبر لكل وحدة من وحدات الأرض ومستخدمة سوقاً شاسعاً لمنتجات الطاقة، ويمكن حصادها كمخلفات من الإنتاج المحصولي وغيرها من النظم التي تزيد من فعالية استخدام الأراضي، وتسمح بتكامل عمليات إدارة النفايات مع مجموعة متنوعة من الصناعات الأخرى مما يوفر آفاقاً للاندماج الصناعي على المستوى المحلي. وتشير أدبيات واتجاهات الاستثمار في تقنيات التحويل إلى أن هذه الصناعة تستعد لزيادة تنوع المنتجات، كما حدث في صناعة النفط، مع تزايد الاهتمام بوقود الطاقة ذي الكثافة العالية في النقل الجوي، وهو التطبيق الذي لم تحدد له أنواع أخرى من الوقود غير الكربوني.<sup>(١)</sup>

وتتعدد استخدامات الطاقة الشمسية وتقنياتها ما بين تقنيات نشطة تستخدم في تدفئة المباني السكنية والتجارية، والتي شهدت نمواً سوقياً كبيراً، حيث تتوزع على درجات مختلفة في معظم دول العالم، بنسبة ٣٤.٩٪ من عام ٢٠٠٧ إلى ٢٠٠٩ وتستمر في النمو بمعدل يصل إلى نحو ١٦٪ سنوياً. إلى تقنيات (الفولتضوئية) لتوليد الكهرباء وما يتبعها من تقنيات للتخزين والتوزيع.

Bain, R.L. (2007). World Biofuels Assessment, Worldwide Biomass Potential: Technology Characterizations. NREL/MP- (١)

..510-42467, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, 140 pp

وتُحوّل التقنيات المختلفة الوقود الشمسي (الطاقة الشمسية) إلى وقود كيميائي مثل غاز الهيدروجين، والغازات والسوائل الاصطناعية مثل الميثانول والديزل. والمسارات الثلاثة الأساسية لوقود الطاقة الشمسية، التي يمكن أن تعمل وحدها أو مجتمعة، هي: (١) المسار الكهروكيميائي، (٢) المسار الكيميائي الضوئي/البيولوجي الضوئي، و(٣) المسار الحراري الكيميائي. وفي المسار الأول، يُنتج الهيدروجين بواسطة عملية التحليل الكهربائي مُحفّزاً بطاقة كهربائية مستمدة من الطاقة الشمسية التي يولدها نظام كهروضوئي أو نظام مراكز الطاقة الشمسية. والتحليل الكهربائي للماء هو عبارة عن تقنية قديمة ومفهومة جيداً، وتحقق كفاءة تحويل من الكهرباء إلى الهيدروجين تصل عادة إلى ٧٠٪. وفي المسار الثاني، تُستخدم الفوتونات الشمسية لحفز التفاعلات الكيميائية الضوئية أو البيولوجية الضوئية، والمنتجات التي تنتج عنها هي وقود. أي أنها تحاكي ما تفعله النباتات والكائنات الحية. وبالمثل، يمكن استخدام مواد كهروضوئية، مثل أنود امتصاص الضوء الشمسي في خلايا كيميائية كهروضوئية، التي تولد الهيدروجين أيضاً عن طريق تحلل المياه. وفي المسار الثالث، تستخدم الحرارة المستمدة من الطاقة الشمسية المأخوذة من درجة الحرارة العالية (مثل تلك يتم الحصول عليها في مُستقبل محطة استقبال مراكز الطاقة الشمسية) لحفز تفاعل كيميائي ماص للحرارة، وهو الذي يُنتج الوقود. هنا، يمكن أن تشمل التفاعلات تركيبياتٍ من الماء، وثنائي أكسيد الكربون، والفحم، والكتلة الأحيائية والغاز الطبيعي. ويمكن للمنتجات، التي تشكل وقود الطاقة الشمسية، أن تكون أياً مما يلي: الهيدروجين، والغازات المركبة، والميثانول، وثنائي ميثيل الأثير والزيوت الاصطناعي. وعندما يُستخدم الوقود الأحفوري كمتفاعل، ستفوق القيم الحرارية الإجمالية للمنتجات تلك الخاصة بالمواد المتفاعلة، بحيث يحتاج إلى حرق أقل من الوقود الأحفوري لإطلاق الطاقة نفسها. كما يمكن أيضاً اصطناع الطاقة الشمسية من الهيدروجين الشمسي ومن ثاني أكسيد الكربون لإنتاج هيدروكربونات متوافقة مع البنية الأساسية الحالية للطاقة.<sup>(١)</sup>

وتتطلب أنظمة الطاقة الحرارية الأرضية المصممة هندسياً أساليب مبتكرة لمحاكاة قدرة الخزان على الربط والتوصيل بين آبار الحقن والإنتاج لبلوغ معدلات إنتاج تجاري مستدامة مع تقليل مخاطر الزلزال، وتحسين أجهزة المحاكاة العددية وأساليب التقييم للمتكمين من وضع تنبؤات يعوّل عليها للتفاعل الكيميائي بين السوائل الأرضية وصخور الخزانات الحرارية الأرضية. كذلك فإن إمكانية استخدام ثاني أكسيد الكربون كسائل للتشغيل في الخزانات الحرارية الأرضية، خاصة في الأنظمة الحرارية الأرضية المصممة هندسياً، قيد الدراسة والتحقيق حيث إنه يمكن أن يوفر وسائل لتعزيز نشر الطاقة الحرارية الأرضية، وتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون فيما يجاوز مجرد توليد الكهرباء بمورد متجدد خال من الكربون.

وتوفر مشروعات توليد الطاقة المائية بخزانات (طاقة مائية بالتخزين) مجموعة واسعة النطاق من خدمات الطاقة مثل إتاحة الحمل الأساسي وحمل الذروة وتخزين الطاقة، وتعمل كمنظم لمصادر الطاقة الأخرى. وفضلاً عن ذلك، فإنها تتيح غالباً خدمات تتجاوز قطاع الطاقة، تشمل التحكم في الفيضانات، والإمداد بالمياه، والملاحة، والسياحة، والري. وتقوم محطات الضخ للتخزين بتجميع المياه كمصدر لتوليد

Sharma, A. (2011). A comprehensive study of solar power in India and world Renewable and Sustainable Energy (١)

Reviews, 15(4), pp. 1767-1776.

الكهرباء. ويعكس اتجاه تدفق المياه لإنتاج الطاقة المائية حسب الطلب، بزمن استجابة سريع جداً. ويعد التخزين بالضخ الشكل الأكبر سعة المتاح حالياً لتخزين الطاقة بالشبكة.<sup>(١)</sup>

وما زالت معالجة الصعوبات كارتفاع التكلفة، وإمكانية النقل والتوصيل، وملاءمة التقنيات تمثل أولوية رئيسية لدول العالم المتقدم في طريق البحث عن طاقة نظيفة مستدامة في ظل مشكلات مصادر الطاقة التقليدية الاقتصادية والأمنية والبيئية.

IEA (2008b). Energy Technology Perspectives 2008. Scenarios and Strategies to 2050 International Energy Agency, (١)  
..Paris, France, 646 pp

## المبحث الثالث: التنمية - التنمية المستدامة

### التنمية - التنمية المستدامة (إطار مفاهيمي)

ينطوي مصطلح (التنمية) على إشكالات متعددة، ففي الحقبة الاستعمارية - مثلاً - كان النمو الاقتصادي لدول الشمال المستعمر يقوم على حساب المستعمرات التي تُهب خيراتهم وثرواتهم، ولا تجني الدول المستعمرة سوى الفقر والتخلف. وتنطوي كثير من إشكالات (التنمية) الآن على مشكلات بيئية، وقلق من نضوب الموارد، والمهددات لأمن الطاقة وطرق وصولها عبر الممرات المائية والبرية الدولية.

لأجل ذلك برز مصطلح (التنمية المستدامة) ليمثل قمة التطور للعملية التنموية، وليضع آليات واضحة لا تسهم في تعزيز التنمية في الحاضر فحسب، بل تؤمن احتياجات الدول لعملية التنمية في المستقبل؛ إذ لا يكفي أن تكون غنيًا وتمتع بوفرة في الموارد في الوقت الحالي، بينما تعاني من نضوب أو شح في الموارد، ومشكلات اقتصادية وبيئية واجتماعية بعد عقدين أو ثلاثة. هنا كان لا بد من منظور شامل للتنمية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية يتمثل في (التنمية المستدامة).

### النمو والتنمية الاقتصادية

بُذل الكثير من المحاولات لتحديد لمفهوم التنمية، وذلك بعد أن تعددت مفاهيمها لدرجة أحدثت نوعاً من الخلط بينها وبين مفاهيم أخرى كالتطور والتقدم والنمو الاقتصادي. ويعد الاقتصادى (شومبيتر) أول من حاول التمييز بين النمو الاقتصادي والتنمية. فالنمو يحدث عادة بسبب نمو السكان والثروة والادخار، في حين أن التنمية تنتج من التقدم والابتكار التقنيين، والنمو يتمثل في حدوث تغيرات كمية في بعض المتغيرات الاقتصادية. أما التنمية فتتضمن حدوث تغيرات نوعية في هذه المتغيرات. ويتضح من ذلك أن النمو الاقتصادي يسبق التنمية وهو ظاهرة تحدث في المدى القصير، في حين أن التنمية لا تحل إلا على المدى الطويل، ولا يمكن الحكم عليها إلا بعد مضي فترة زمنية طويلة نسبياً.<sup>(١)</sup>

بمعنى آخر، يركز مفهوم النمو الاقتصادي على التغيير في الكمية الذي يحصل عليه الفرد من السلع والخدمات في المتوسط، دون أن يهتم بهيكل توزيع الدخل الحقيقي بين الأفراد، أو بنوعية السلع والخدمات المقدمة. بينما يركز مفهوم التنمية الاقتصادية على حدوث تغيير هيكلي في توزيع الدخل والإنتاج، ويهتم بنوعية السلع والخدمات المقدمة للأفراد؛ أي: أن التنمية الاقتصادية لا تركز على الكمية فقط، بل تتعداه إلى النوع.

النمو الاقتصادي - إذن - مفهوم كميّ يعبر عن زيادة الإنتاج في المدى الطويل، ويعرف بأنه: الزيادة المحققة على المدى الطويل لإنتاج البلد، كما يمكننا الإشارة إلى مفهوم التوسع الاقتصادي، الذي هو الزيادة الظرفية للإنتاج، وبالتالي نستطيع القول: إن النمو الاقتصادي هو عبارة عن محطة لتوسع الاقتصاد المتتالي،

(١) انظر: د. عبلة عبد الحميد بخاري. التنمية والتخطيط الاقتصادي (٣).



وبما أن التُّمو يعبر عن الزيادة الحاصلة في الإنتاج، فإنه يأخذ بعين الاعتبار نصيب الفرد من الناتج؛ أي: معدل نمو الدخل الفردي، لذا فإن التُّمو الاقتصادي يتجلى في:

- زيادة الناتج الوطني الحقيقي بين فترتين.
- ارتفاع معدل الدخل الفردي.

كما يمكن للنمو أن يكون مصاحباً لتقدم اقتصادي إذا كان نمو الناتج الوطني أكبر من معدل نمو السكان، أو أن يكون غير مصاحب بتقدم اقتصادي إذا كان معدل نمو الناتج الوطني مساوياً لمعدل نمو السكان، بينما إذا كان معدل نمو السكان أرفع من معدل نمو الناتج الوطني فإن التُّمو حينئذ يكون مصحوباً بتراجع اقتصادي<sup>(١)</sup>.

ويعتبر التُّمو الاقتصادي شرطاً ضرورياً، ولكنه غير كافٍ لرفع مستوى حياة الأفراد المادية؛ فالشرط الآخر هو طريقة توزيع الزيادة المحققة على الأفراد، التي تعد موضوعاً شائكاً مرتبطاً بطبيعة النظم الاقتصادية والسياسية في كل دولة.

من جانب آخر يعرف سيمون كازنت - الحاصل على جائزة نوبل في الاقتصاد سنة ١٩٧١ - التُّمو الاقتصادي بأنه: ارتفاع طويل الأجل في إمكانيات عرض بضائع اقتصادية متنوعة بشكل متزايد للسكان، وتستند هذه الإمكانيات المتنامية إلى التقنية المتقدمة والتكيف المؤسسي والأيدولوجي المطلوب لها.<sup>(٢)</sup>

وتشير المعاجم العربية إلى أن التنمية في اللغة تعني الزيادة في كم الأشياء أو كيفها ونوعيتها، فقد قالت العرب: نما الزرع، ونما المال أي زاد، أما على الصعيد الاقتصادي والاجتماعي، فإن هناك ما لا يحصى من التعريفات.

فُتعرّف التنمية بأنها العملية التي تسمح أو يتم من خلالها زيادة في الإنتاج والخدمات، وزيادة في متوسط الدخل الحقيقي مصحوباً بتحسين الظروف المعيشية للطبقات الفقيرة.

وجاء في تعريف هيئة الأمم المتحدة لعام ١٩٥٦ أن التنمية هي العمليات التي يمكن بها توحيد جهود المواطنين والحكومة لتحسين الأحوال الاقتصادية والاجتماعية والثقافية في المجتمعات المحلية، ولمساعدتها على الاندماج في حياة الأمة، والمساهمة في تقدمها بأقصى قدر مستطاع. هذا في حين يتفق كل من (سلترز) و (روستو W. Rostow) على اعتبار أن التنمية تكون بتخلي المجتمعات المتخلفة عن السمات التقليدية السائدة فيها، وتبني الخصائص السائدة في المجتمعات المتقدمة.

أما (ماركس) يعرفها على أنها عملية ثورية، أي أنها تتضمن تحولات شاملة في البناءات الاجتماعية والاقتصادية والسياسية والقانونية فضلاً عن أساليب الحياة والقيم الثقافية، وبالتالي فإن البلد الأكثر تقدماً من الناحية الصناعية يمثل المستقبل الخاص للبلد الأقل تقدماً.<sup>(٣)</sup>

(١) مقدم مصطفى، بحث حول النمو الاقتصادي، عبر الموقع الإلكتروني www.startimes.com.

(٢) جلال خشيب، النمو الاقتصادي مفاهيم ونظريات (٣).

ويذكر (ماير Meier) أن التنمية عملية تفاعلية يزداد خلالها الدخل الحقيقي للدولة خلال فترة معينة، ويتفق معه (بولدوين Boldwin) في ذلك، ولكنه يضيف أن تحقق التنمية يتطلب توافر معدلات عالية من النمو في قطاعات اقتصادية واجتماعية وسياسية أخرى. ويشير سيد عويس إلى أن تنمية المجتمع تكون باشتراك أعضاء المجتمع أنفسهم في الجهود التي تبذل لتحسين مستوى المعيشة في محيطهم بعد تزويدهم بالخدمات والمعونات اللازمة لمساعدتهم وبأسلوب يشجع على المبادرة والاعتماد على النفس والمشاركة الإيجابية، ويلزم لذلك أن يتميزوا بدرجة عالية من التعاون فيما بينهم. في حين يضيف عاطف غيث تعريفاً آخر للتنمية يرى فيه أنها التحرك العلمي المخطط لمجموعة من العمليات الاجتماعية والاقتصادية، تتم من خلال ايدلوجية معينة لتحقيق التغيير المستهدف، من أجل الانتقال من حالة غير مرغوب فيها إلى حالة مرغوب الوصول إليها.

أما (نيتل) و(روبرتسون) Nettle & Robertson فقد عرفا التنمية بأنها العملية التي بمقتضاها تسعى الصفوف القومية بنجاح نحو الحد من انخفاض مكانة أممهم، والتحرك نحو مساواة هذه الأمم بالأمم الأخرى التي تحتل مكانة مرموقة.<sup>(١)</sup>

إن مفهوم التنمية يتمثل في عمليات مخططة وموجهة في مجالات متعددة تحدث تغييرا في المجتمع لتحسين ظروفه وظروف أفراده من خلال مواجهة مشكلات المجتمع وإزالة العقبات وتحقيق الاستغلال الأمثل للإمكانات والطاقات، بما يحقق التقدم والنمو للمجتمع والرفاهية والسعادة للأفراد.

تلك الخلاصة نجدها في رؤية الدكتور محمد زكي الشافعي حيث يرى أن التُّمو يراد به مجرد الزيادة في دخل الفرد الحقيقي، أما التنمية فتتصل في الدخول في مرحلة التُّمو الاقتصادي السريع، بعبارة أخرى: تحقيق زيادة سريعة تراكمية ودائمة في الدخل الفردي الحقيقي عبر فترة ممتدة من الزمن، وبما أن أي شيء ينمو لا بد له من أن يتغير، فإن التنمية لا تتحقق دون تغير جذري في البنيان الاقتصادي والاجتماعي، ومن هنا كانت عناصر التنمية هي التغير البياني، الدفعة القوية والاستراتيجية الملائمة.<sup>(٢)</sup>

ومن المعلوم أن مصطلح (التنمية) إذا ذكر، كان مرتبطا بالتنمية الاقتصادية وقدرة الاقتصاد القومي على تحقيق النمو الاقتصادي. إلا أن مما يؤخذ على هذا الارتباط أنه لا يستطيع أن يلي سوى حاجات الإنسان المادية، والتي تمثل جزء من حاجات الإنسان، وهناك حاجات أخرى ضرورية ومعنوية، كالمحافظة على العادات، والحق في التعلم وغيرها. فالتنمية - لذلك - كلمة تتضمن منظومة قيم مادية ومعنوية لا يمكن تجاوزها.

(١) ليلي لعجال. واقع التنمية وفق مؤشرات الحكم الراشد في المغرب العربي. رسالة ماجستير، جامعة منتوري، قسنطينة، الجزائر، ٢٠١٠. (٢٠، ٢١).

(٢) انظر: د. عبلة عبد الحميد بخاري. التنمية والتخطيط الاقتصادي (٤).

(٣) السابق (٥).





## التنمية المستدامة Sustainable Development

كان من المفترض أن يكون مفهوم (التنمية المستدامة) سلساً في تعريفه، إذ أنه ينطوي على معنى التنمية التي تضاف إليها صفة الاستدامة، إلا أنه - كسائر التعريفات الوافدة والمتعلقة بقضايا الاقتصاد والاجتماع - أضيف إليه قدر من الإشكال نابع من اختلاف الجهات المعرفة لها وانتماءاتها الفكرية والاجتماعية.

وقبل أن ندخل في خضم التعريفات يحسن بنا أن نتعرف على معنى (الاستدامة) اللغوي البسيط الذي يدل على المداومة والاستمرارية، فقد جاء الفعل (استدام) والذي جذره اللغوي (دوم) لمعان متعددة منها: التأيي في الشيء وطلب دوامه، والمواظبة عليه، ويعتقد أنها معان مرتبطة بالمعنى الاصطلاحي أو العلمي فالتنمية تحتاج إلى تأن في رسم سياستها وديمومة في مشاريعها و آثارها في المجتمع، و بحاجة إلى مواظبة في تنفيذ برامجها للمحافظة على مكتسباتها.<sup>(١)</sup>

ويعود أصل مصطلح الاستدامة Sustainability إلى علم الايكولوجيا Ecology، حيث استخدمت الاستدامة للتعبير عن تشكل و تطور الديناميكية التي تكون عرضة نتيجة ديناميكيتها إلى تغيرات هيكلية تؤدي إلى حدوث تغير في خصائصها وعناصرها وعلاقات هذه العناصر ببعضها البعض. والاستدامة كلمة مأخوذة من أصل لاتيني هو (Sustinere) بمعنى يحافظ أو البقاء في الوجود، وهي تتكون من مقطعين هما (Sus) بمعنى تحت و أسفل و (Tinere) بمعنى يمسك أو تدعيم، وعلى ذلك فإن الاستدامة من الناحية اللغوية هي أساساً مصطلح يدل على الدعم الطويل الأجل والمستمر أو المتواصل، بتعبير آخر هي: بقاء الشيء والجهد متواصل كما هو.<sup>(٢)</sup>

ومنذ بداية ثمانينات القرن الماضي بدأ العالم يصحو على ضجيج العديد من المشكلات البيئية الخطيرة التي باتت تهدد أشكال الحياة فوق كوكب الارض، وكان هذا طبيعياً في ظل إهمال التنمية للجوانب البيئية طوال العقود الماضية، فكان لا بد من إيجاد فلسفة تنموية جديدة تساعد في التغلب على هذه المشكلات، وتمخضت الجهود الدولية عن مفهوم جديد للتنمية عرف باسم التنمية المستدامة، وكان هذا المفهوم قد تبلور لأول مرة في تقرير اللجنة العالمية للبيئة والتنمية الذي يحمل عنوان مستقبلنا المشترك Our Common Future ونشر لأول مرة عام ١٩٨٧ م.<sup>(٣)</sup>

وينص التقرير على أن: التنمية المستدامة هي كل الإجراءات و العمليات المتناسقة والمتجانسة اللازمة لتغيير استغلال الموارد، وتوجيه الاستثمارات نحو توجهات التنمية التقنية، والتغيرات المؤسسية، بما يضمن

(١) أحمد بن محمد آل الشيخ. اقتصاديات الموارد الطبيعية و البيئية، العبيكان، السعودية، ٢٠٠٧ (٥١).

(٢) أحمد أبو الزيد. التنمية المتواصلة: الأبعاد و المنهج، مكتبة بستان المعرفة، مصر، ٢٠٠٧ (٨٦).

(٣) يعرف هذا التقرير أحياناً بتقرير برونتلاند Brundtland Report نسبة إلى رئيسة اللجنة العالمية للبيئة والتنمية التي قامت بإعداد هذا التقرير وهي غرو هارليم برونتلاند وهي رئيسة وزراء سابقة في النرويج، وتجدر الإشارة إلى أن هذا التقرير تم ترجمته إلى العربية ونشر في العدد ١٤٢ من مجلة عالم المعرفة التي يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب في دولة الكويت.

إشباع الحاجات والأنشطة الإنسانية الحالية والمحتملة مستقبلاً<sup>(١)</sup> وينص التقرير أيضا على أن التنمية المستدامة هي التي تلي حاجات الحاضر دون التفريط في تأمين حاجات أجيال المستقبل.

والإشكال البارز في التعريف هو الحكم على غير المتجدد بالدوام والاستمرار، كما يفهم من مصطلح الاستدامة، فالتنمية هي - في الأصل - عملية تتعلق بالموارد المتاحة في البيئة، والموارد تنضب أو توشح على أي وجه من الوجوه، فمن أين يأتي لها الدوام والاستمرار؟.. المقصود بالدوام والاستمرار - بدهاءة - فيما يتعلق بالتنمية هو أن يحدث تغيير دائم نحو الصورة المثلى لاستغلال الموارد بما يعطيها طاقة إضافية تمضي بالمجتمعات نحو المستقبل أو إلى أطول فترة ممكنة. كما يتضمن معنى التحسين والتطوير لكل الموارد البيئية بما يضمن تحسين جودة الحياة ونوعيتها.

والتعدد في تعريفات التنمية المستدامة يرجع - في الأساس - إلى التطور التاريخي الذي سبق نشوء هذا المصطلح واستمر معه، فلقد تطورت مفاهيم العلاقة بين التنمية والبيئة بواسطة الجهات المعنية مثل: برنامج الأمم المتحدة للبيئة، والاتحاد الدولي لصون الطبيعة والموارد، والصندوق العالمي للحياة البرية. وقد أعدت المنظمات الثلاثة وثيقة سميت الاستراتيجية العالمية لصون الطبيعة سنة ١٩٨٠، ثم عدلت سنة ١٩٩١ بعنوان العناية بالأرض. لكن تعبير (التنمية المستدامة) ظهر لأول مرة في الوثيقة الأولى سنة ١٩٨٠ كثمره لجهود طويلة استمرت خلال السبعينات لحل النزاع بين الداعين إلى تنمية تستغل الموارد دون اعتبار للمستقبل، وبين الداعين إلى الإبقاء على الموارد للأجيال القادمة. ثم توالى بعد ذلك المبادرات والاتفاقيات حول التنمية المستدامة، والتي كانت تعنى بالأساس بقضيتين أساسيتين: حماية البيئة، والتنمية الاقتصادية والاجتماعية.

ويعرّف البنك الدولي التنمية المستدامة بأنها عملية متعددة الأبعاد وتتكون من خمسة مكونات: رأس المال النقدي ويتمثل في الإدارة المالية السليمة والتخطيط الاقتصادي الملائم؛ رأس المال المادي متمثلاً في البنية التحتية والأصول الثابتة كالطرق والموانئ ومحطات توليد الطاقة؛ أما رأس المال البشري فيتضمن صحة جيدة ومستويات تعليم وتكوين مقبولة للأفراد؛ أما رأس المال الاجتماعي فيقصد به المهارات وقدرات الأفراد وكذلك المؤسسات والعلاقات التي تحدد طبيعة هذه العلاقات؛ ورأس المال الطبيعي متمثلاً في قاعدة الموارد الطبيعية والخدمات الطبيعية كجودة الهواء وجمال المناظر.<sup>(٢)</sup>

ويتيمز تعريف المنهج الاقتصادي الإسلامي للتنمية المستدامة عن التعريفات السابقة، حيث تسمو التنمية إلى البحث في أسباب حدوث المشكلة الاقتصادية انطلاقاً من خصائص المجتمعات المحلية، وتدعو لإعلاء الروابط الإنسانية بالدرجة الأولى وحل المشاكل الاجتماعية عن طريق تلبية الحاجات الأساسية والضرورية دون إسراف ولا تقتير، وتنمية ثروات المجتمع وتحقيق رخائه وترابطه في جميع المجالات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. ويعرف المؤتمر الإسلامي الأول لوزراء البيئة - الصادر عن منظمة الإيسيسكو بشأن البيئة من منظور إسلامي - التنمية المستدامة على أنها تلك التنمية التي تسعى إلى ضمان جودة الحياة بصفة عامة للأفراد والجماعات من خلال التنمية الاقتصادية، ولكن دون إلحاق أضرار بالبيئة الطبيعية والمشيده

(١) Burgenmier Beat, Principes écologique et sociaux du marché, économique, France, 2000, P 44.

(٢) الخواجة محمد علا. العولمة والتنمية المستدامة، الموسوعة العربية للمعرفة من أجل التنمية المستدامة، المجلد الأول، الدار العربية للعلوم- ناشرون بموجب اتفاق مع منظمة اليونسكو والأكاديمية العربية للعلوم، الطبعة الأولى، بيروت، ٢٠٠٦ (٤٢٠).



عن طريق ضمان حق الإنسان في الحياة الكريمة والتنديد بمسؤوليته في إعمار الأرض والحفاظ على المكاسب التنموية من خلال تعزيز التكافل الاجتماعي بين البشر والجنوح إلى السلم والمساهمة في استتباب الأمن والسلام والقضاء على الفقر والبطالة.<sup>(١)</sup>

ولا يمكن تحديد عدد معين من المبادئ للتنمية المستدامة، فالمبادئ الستة التالية هي ثمرة البحث الذي قام به عدد من الباحثين الذين أعدوا كتيباً بعنوان (مجتمعنا مستقبلاً) وهي أيضاً مبنية على خبرتهم بما هو ملائم للمجالس المحلية:

- الدمج: دمج الاعتبارات البيئية والاجتماعية والاقتصادية في عملية صنع القرار بشكل فعال.
- مشاركة المجتمع: لا يمكن تحقيق الاستدامة أو إنجاز أي تقدم نحوها من دون مشاركة ودعم المجتمع بكافة شرائحه.
- سلوك وقائي: حيثما تكون هناك تهديدات بوقوع أضرار بيئية جسيمة أو أضرار لا يمكن مداواتها، لا يستخدم الافتقار إلى التيقن العلمي الكامل كسبب لتأجيل اتخاذ تدابير فعالة من حيث التكلفة لمنع التدهور البيئي.
- العدالة ضمن الأجيال وبينه: الإنصاف والمساواة في الفرص للجيل الحالي وللأجيال المقبلة أيضاً.
- تحسن متواصل: إن الوضع البيئي المتدهور يلزم باتخاذ إجراءات فورية لتصبح المجتمعات أكثر استدامة وتوسعى للتحسن المستمر والمتواصل.
- سلامة بيئية: العمل من أجل حماية التنوع البيولوجي والحفاظ على العمليات البيئية الأساسية والأنظمة التي تدعم الحياة.<sup>(٢)</sup>

ونلاحظ أن اقتصادي البيئة قد استعملوا مصطلح الاستدامة للتنمية في محاولة منهم لتوضيح الرغبة في تحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي من ناحية والحفاظ على التوازن البيئي من ناحية أخرى. فالموارد الطبيعية في الدولة تعتبر ميراثاً لكل الأجيال، وتدمير هذه الهبات أثناء تحقيق الأهداف الاقتصادية القصيرة الأجل يكون عقاباً للجيل الحاضر وللأجيال اللاحقة في نفس الوقت. لذلك يكون من المهم لمخططي التنمية أن يأخذوا في اعتبارهم الجوانب البيئية في قراراتهم السياسية.<sup>(٣)</sup>

وهناك من يضع فرقاً دقيقاً بين (التنمية المستدامة) و(التنمية المستدامة) فيقول بأن التنمية المستدامة هي تلك التنمية التي يديم استمراريتها الناس أو السكان، أما التنمية المستدامة فهي التنمية المستمرة أو المتواصلة بشكل تلقائي غير متكلف، إلا أن كثيراً من الدراسات تخلص إلى أن العديد من الدراسات العربية المتخصصة تستخدم المصطلحين مترادفين، فبعض الدارسين قال بالتنمية المستدامة وبعضهم الآخر يقول

(١) المؤتمر الإسلامي الأول لوزراء البيئة، الإعلان الإسلامي للتنمية المستدامة، المنعقد في جدة في الفترة من ١٠ إلى ١٢ يونيو ٢٠٠٢، منظمة الإيسيسكو (٢، ٣).

(٢) Cotter, B. and Hannan, K. (1999) Our Community Our Future: A Guide to Local Agenda 21. Commonwealth of Australia. (٢) Canberra. (Environs Australia), pp171 – 172.

(٣) ميشيل تودارو، التنمية الاقتصادية، ترجمة محمود حسن حسني و محمود حامد محدود، دار المريخ، الرياض، ٢٠٠٦ (٤٤٦).

التنمية المستدامة ترجمة للمصطلح الإنجليزي Sustainable Development.<sup>(١)</sup> إلا أن الأمر لا يعدو سوى خلاف لغوي لفظي بين اسم الفاعل (مستديم)، أي يطلب الدوام بنفسه، واسم المفعول (مستدام)، أي يُطلب له أن يكون مستداما، ولا شك أن الثاني هو الأصح لغويا؛ إذ أن الإجراءات التنموية لا تفعل الاستدامة بنفسها، بل يقع ذلك على عاتق الحكومات والشعوب.

وعرّف قاموس ويبستر Webster التنمية المستدامة على أنها تلك التنمية التي تستخدم الموارد الطبيعية دون أن تسمح باستنزافها أو تدميرها جزئياً أو كلياً.<sup>(٢)</sup> وعرفها وليم روكز هاوس W.Ruckelshaus مدير حماية البيئة الأمريكية على أنها تلك العملية التي تقرر بضرورة تحقيق نمو اقتصادي يتلاءم مع قدرات البيئة وذلك من منطلق أن التنمية الاقتصادية والمحافظة على البيئة هما عمليات متكاملة وليست متناقضة.<sup>(٣)</sup>

وفي ظل تلك التعريفات يمكن القول إن التنمية المستدامة تسعى لتحسين نوعية حياة الإنسان ولكن ليس على حساب البيئة، وهي في معناها العام لا تخرج عن كونها عملية استغلال الموارد الطبيعية بطريقة عقلانية بحيث لا يتجاوز هذا الاستغلال للموارد معدلات تجدها الطبيعية.<sup>(٤)</sup> ولا ينبغي أن يُفهم من التعريف أنه خارج عن نطاق استغلال الطاقات غير المتجددة كالوقود الأحفوري، ولكنه يعمل على إضافة عدد من عوامل التحسين له لكي يتلاءم مع متطلبات التنمية المستدامة، كتخفيض التكلفة، وتطبيق التقنيات المخفضة للانبعاثات الكربونية الضارة بالبيئة، والتحول التدريجي نحو طاقة نظيفة متجددة طويلة الأجل.

(١) انظر على سبيل المثال لا الحصر: محمد مصطفى، تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد في التنمية المتواصلة - دراسة حالة إقليم القاهرة الكبرى، ورقة عمل مقدمة لورشة عمل تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في التخطيط والتنمية المستدامة القاهرة، ١٣-١٥/٢/٢٠٠١م، أسامة الخولي، الإدارة البيئية والتنمية المستدامة، ورقة عمل مقدمة للمؤتمر العربي الأول للإدارة البيئية في الوطن العربي، الرباط، ١٩-٢١ أكتوبر، ٢٠٠٠م.

(٢) Don Geis and Tammy Kutzmark. Developing Sustainable communities. The future is Now, Center of Excellence for Sustainable Development Web, 2/12/1998, p.2.

(٣) Dennis Church. Building Sustainable Communities: An opportunity and A vision for a future that works, EcoIQ Web site, 2/12/98. P. 3.

(٤) انظر: د. ماجدة أبو زنت، د. عثمان غنيم. التنمية المستدامة: دراسة نظرية في المفهوم والمحتوى، مجلة المنارة، المشرق-الأردن، مجلد ١٢، عدد ١، ٢٠٠٦، (١٥٧).

المرحلة	مفهوم التنمية	الفترة الزمنية (بصورة تقريبية)	محتوى التنمية و درجة التركيز	أسلوب المعالجة	المبدأ العام للتنمية بالنسبة للإنسان
1	التنمية = النمو الاقتصادي	نهاية الحرب العالمية الثانية، منتصف ستينات القرن العشرين	-اهتمام كبير و رئيسي بالجوانب الاقتصادية -اهتمام ضعيف بالجوانب الاجتماعية -إهمال الجوانب البيئية	-معالجة كل جانب من الجوانب معالجة مستقلة عن الجوانب الأخرى (افتراض عدم وجود تأثيرات متبادلة بين الجوانب مجتمعة)	-إنسان هدف التنمية (تنمية من أجل الإنسان)
2	التنمية = النمو الاقتصادي+التوزيع العادل	-منتصف الستينات -منتصف السبعينات القرن العشرين	-اهتمام كبير بالجوانب الاقتصادية -اهتمام متوسط بالجوانب الاجتماعية -اهتمام متوسط بالجوانب البيئية	-معالجة كل جانب من الجوانب الأخرى معالجة مستقلة(افتراض عدم وجود تأثيرات بين الجوانب مجتمعة)	-إنسان هدف التنمية/ التنمية من أجل الإنسان -إنسان وسيلة التنمية/ تنمية الإنسان.
3	التنمية الشاملة = الاهتمام بجميع الجوانب الاقتصادية و الاجتماعية بنفس المستوى	-منتصف السبعينات -منتصف الثمانينات القرن العشرين	-اهتمام كبير بالجوانب الاقتصادية -اهتمام كبير بالجوانب الاجتماعية -اهتمام كبير بالجوانب البيئية	-معالجة كل جانب من الجوانب معالجة مستقلة عن الجوانب الأخرى	-إنسان هدف التنمية (تنمية من أجل الإنسان) -إنسان وسيلة التنمية/ تنمية الإنسان. -إنسان صانع التنمية/ تنمية بوساطة الإنسان.
4	التنمية المستدامة = الاهتمام بجميع جوانب الحياة الاقتصادية و البيئية بنفس المستوى	النصف الثاني من ثمانينات القرن العشرين و حتى وقتنا الحالي	-اهتمام كبير بالجوانب الاقتصادية -اهتمام كبير بالجوانب الاجتماعية -اهتمام كبير بالجوانب البيئية و الثقافية.	-معالجة كل جانب من الجوانب معالجة متكاملة مع الجوانب الأخرى(افتراض وجود تأثيرات متبادلة بين الجوانب مجتمعة)	-إنسان هدف التنمية (تنمية من أجل الإنسان) -إنسان وسيلة التنمية/ تنمية الإنسان. -إنسان صانع التنمية/ تنمية بوساطة الإنسان.

جدول (٣): تطور مفهوم ومحتوى التنمية الاقتصادية منذ نهاية الحرب العالمية الثانية

المصدر: التنمية المستدامة. فلسفتها واساليب تخطيطها وأدوات قياسها، د. ماجدة أبو زنت، د. عثمان غنيم، دار صفاء للنشر والتوزيع، الأردن، ٢٠٠٧ (٣).

## أهمية التنمية المستدامة وأهدافها وخصائصها

### أولاً: أهمية التنمية المستدامة

تتعدد المشكلات الاقتصادية والبيئية التي تؤثر على مختلف دول العالم، وتحتاج إلى تدخل حاسم لوقف التدهور، وللحفاظ على ما تبقى من الموارد البيئية، وبذل الجهود لتنميتها وتعظيم الاستفادة منها. وهنا تأتي أهمية التنمية المستدامة من أجل التعامل مع تلك المشكلات.

فعلى الرغم من خفض معدلات الفقر المدقع إلى أكثر من النصف منذ عام ٢٠٠٠، يظل عُشر سكان المناطق النامية (٧٨٣ مليون شخص) يعيشون وأسرهم على أقل من ١.٩ دولار يوميا طبقا لإحصاءات عام ٢٠١٦، كما يوجد الملايين ممن بالكاد يكسبون أكثر من ذلك قليلا. ورغم إحراز تقدم كبير في عديد من الدول في شرق آسيا وجنوب شرقها على صعيد القضاء على الفقر، لا يزال ٤٢٪ من سكان أفريقيا جنوب الصحراء يعيشون تحت خط الفقر.<sup>(١)</sup>

وفي البلدان النامية نجد أن نسبة ٣٣.٣٪ ليس لديهم مياه شرب آمنة أو معقمة صالحة للشرب والاستعمال، و ٢٥٪ يفتقرون للسكن اللائق، و ٢٠٪ يفتقرون لأبسط الخدمات الصحية الاعتيادية، و ٢٠٪ من الأطفال لا يصلون لأكثر من الصف الخامس الابتدائي، و ٢٠٪ من الطلبة يعانون من سوء ونقص التغذية.<sup>(٢)</sup>

(١) القضاء على الفقر، مقال بموقع منظمة الأمم المتحدة، عبر هذا الرابط: <https://www.un.org/ar/sections/issues-depth/poverty/>

(٢) مريم زيدون. ظاهرة الفقر في العالم. معضلة تندر بالخطر، موقع الجزيرة نت، ٣/١٠/٢٠٠٤.

لذا فإن القضاء على الفقر بجميع أشكاله هو من أولويات الأهداف السبعة عشر لخطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠. فالهدف الرئيس للتنمية المستدامة في سبيل محاربة الفقر هو كفالة حشد موارد كبيرة من مصادر متنوعة، بما في ذلك عن طريق التعاون الإنمائي المعزز، من أجل تزويد البلدان النامية، ولا سيما أقل البلدان نمواً<sup>(١)</sup>.

وتنتشر مشكلة نقص المياه في معظم الدول ، وبخاصة نقص المياه الصالحة للشرب؛ فبحسب إحصائيات الأمم المتحدة يعاني ما يقارب خمس العالم من ندرة المياه نتيجة عدم وجود مصادر مياه متاحة لهم، ويوشك مئات الملايين أيضاً الوصول إلى هذا الحال، بينما يعاني ما يقارب ١,٦ مليار شخص حول العالم من مشكلة نقص المياه نتيجة عدم وجود القدرة المادية لدى حكوماتهم لجلب المياه من مصادر مختلفة كالأهبار والينابيع.<sup>(٢)</sup> ونتيجة لسوء البرامج الاقتصادية أو لضعف البنية التحتية يموت كل سنة ملايين من البشر، معظمهم أطفال من جراء أمراض مرتبطة بقصور إمدادات المياه والصرف الصحي والنظافة العامة.

إن شح المياه وسوء نوعيتها وقصور الصرف الصحي هي عوامل تؤثر سلباً على الأمن الغذائي واختيارات سبل المعيشة وفرص التعليم بالنسبة للأسر الفقيرة في مختلف أنحاء العالم. ويعاني بعض بلدان العالم فقراً من الجفاف، مما يؤدي إلى زيادة الجوع وسوء التغذية سوءاً. وبحلول سنة ٢٠٥٠ من المرجح أن يعيش شخص واحد على الأقل من كل أربعة أشخاص في بلد يعاني من نقص مزمن أو متكرر في المياه العذبة. وتندر مشكلة تلوث المياه ونقصها بأضرار صحية جسيمة.

ومنذ عام ١٩٩٠ م، حدث انخفاض يزيد على ٥٠٪ في الحد من وفيات الأطفال على مستوى العالم. كما انخفضت نسبة وفيات الأمهات بحوالي ٤٥٪ في كل العالم. كما انخفضت نسبة الإصابات الجديدة بمرض نقص المناعة المكتسبة (الإيدز) بحوالي ٣٠٪ بين أعوام ٢٠٠٠ إلى ٢٠٠٣، كما تم انقاذ حياة أكثر من ٦.٢ مليون شخص من الملاريا.

وعلى الرغم من هذا التقدم الواضح، إلا أن هناك أكثر من ٦ مليون طفل يموتون كل عام قبل وصولهم إلى سن الخامسة؛ مما يعني أن هناك ١٦٠٠٠ طفل يموتون كل يوم من الأمراض الوقائية مثل الحصبة والسل الرئوي. في كل يوم تموت مئات النساء أثناء الحمل أو من التعقيدات المرتبطة بالولادة. وفي كثير من المناطق الريفية، يحصل فقط ٥٦٪ من المواليد على الرعاية على أيدي مهنيين مهرة. ومرض (الإيدز) يمثل الآن السبب الرئيسي للوفاة بين المراهقين في الحزام شبه الصحراوي بأفريقيا، وهي منطقة لم تزل مدمرة بسبب وباء مرض نفس المناعة المكتسبة. هذه الوفيات يمكن تجنبها من خلال برامج ترعاها التنمية المستدامة مثل المعالجة الوقائية، والتعليم، وحملات التحصين، والرعاية الجنسية والإنجابية.

(١) القضاء على الفقر، مقال بموقع منظمة الأمم المتحدة.

(٢) water-shortages, waterfilteranswers.com, 9/9/2018.

وقدر تقرير أصدرته الأربعاء منظمة العمل الدولية التابعة للأمم المتحدة عدد العاطلين عن العمل في العالم في ٢٠١٨ بـ ١٧٢ مليون شخص، أي ما نسبته ٥ بالمئة (مقارنة بـ ٥,١ بالمئة في ٢٠١٧)، ما يعني أن معدّل البطالة قد عاد إلى مستوى ما قبل الأزمة المالية في ٢٠٠٨. وتوقعت المنظمة استقرار معدّل البطالة عند ٤,٩ بالمئة في ٢٠١٩ و ٢٠٢٠ إذا لم يشهد الاقتصاد العالمي ركودا كبيرا. لكنّ المنظمة حذرت من أن مؤشرات لتراجع القدرات الاقتصادية العالمية مثل خفض صندوق النقد الدولي توقّعاته للنمو.<sup>(١)</sup>

ولا شك أن توفير فرص العمل والقضاء على البطالة يأتي من دعم الاقتصادات الوطنية، وهو أحد المحاور الأساسية التي تسعى التنمية المستدامة إلى تحقيقها.

إن أهمية التنمية المستدامة تكمن في تلك الديناميكية التي تصنعها داخل عجلة الموارد، بما يتيح الاستغلال الأمثل لتلك الموارد من خلال توفير ما يحتاج إليه الإنسان في علاج مشكلاته وتنمية موارده ومهاراته، بل يتعدى الأمر إلى بذل الجهود في تعليمه وتدريبه وتأهيله لأسواق العمل.

ويمكن معرفة أهمية التنمية المستدامة من خلال النظر في شؤون الأمم والمنظمات حال غياب مفاهيمها الأساسية، وغياب وضع الخطط لتحقيق أهدافها، فنجد - مثلا - من دول العالم من لا يعاب بمشكلة (الاحتباس الحراري) ويظل يستخدم الوقود الأحفوري وما يتبعه من صناعات تحويلية تؤدي إلى أضرار بيئية. وهناك مشكلات كالرعي الجائر والصيد الجائر والتصحر وتجريف الأراضي الزراعية وإهمال الحفاظ على مصادر المياه. كل ذلك ناتج عن غياب الرؤية، وعدم الاعتداد بأهمية التنمية المستدامة.

من الواضح أنه لا يمكن إيجاد مجتمع عادل بيئيا واجتماعيا عندما تكون الحياة الاجتماعية فيه واقعة تحت هيمنة وتأثير قوى السوق، والربح، والنمو الاقتصادي، ومعايير الرفاهية المتنامية، كما أن النزعة الاستهلاكية غير المقيدة تؤدي إلى استغلال غير مقيد. وبناء عليه فإن معالجة تلك القضايا يتطلب تفكيراً جديدا يعترف بالعلاقة المتداخلة بين الإنسان والبيئة في ظل التنمية المستدامة التي توازن بين التغيير الإبداعي والتقدمي، والمحافظة على البيئة، وتحقيق العدالة الاجتماعية، وتعزيز سعادة الأفراد، والمجتمع، وتستطيع المعايير والمؤسسات العامة فيها الحفاظ على نوع من التضامن الاجتماعي الذي يمكن من خلاله المساهمة في سعادة وخير الجميع.<sup>(٢)</sup>

وعامل آخر يؤكد على أهمية التنمية المستدامة وخططها، هو تغيير النظرة إلى المستقبل، فمن البديهي ان المجتمعات البشرية تشهد نموا سكانيا، ويتبع ذلك حاجات كثيرة اقتصادية وتعليمية واجتماعية وبيئية مثل حاجة الأجيال الجديدة إلى التعليم والمسكن والصحة الجيدة والغذاء الجيد وفرص العمل، ولا تُعرف جدية الدول في التوجه نحو المستقبل إلا من خلال الخطط الطموحة التي تراعي تلك الظروف الجديدة المستقبلية، وتحسب حسابها، وتتخذ كافة التدابير اللازمة للعبور نحو المستقبل، بل إن ذلك التخطيط هو الفارق الجوهرى بين الأمم الناهضة والمتقدمة، وبين الأمم المتخلفة. تقوم التنمية المستدامة من خلال خبراء

(١) معدل البطالة في العالم عند مستوى ما قبل الأزمة المالية، مجلة الاقتصادية، ٢٠١٩/٢/١٣.

(٢) د. عبد الله بن جمعان الغامدي. التنمية المستدامة بين الحق في استغلال الموارد الطبيعية والمسئولية عن حماية البيئة (٧).

متخصصين من كافة أنحاء العالم بدراسة الواقع واتجاهات المستقبل، ووضع الخطط والمستهدفات الطموحة التي تسهم في تغيير النظرة إلى المستقبل.

#### ثانياً: أهداف التنمية المستدامة

اعتمدت الجمعية العامة للأمم المتحدة في ٢٥ سبتمبر ٢٠١٥ القرار ١/٧٠، المعنون (تحويل عالمنا: خطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠). وخطة عام ٢٠٣٠ هي خطة عمل للناس والكوكب والرخاء والسلام والشراكة، وستنفذها جميع البلدان والجهات المعنية وهي تعمل في شراكة تعاونية.

والمبادئ الأربعة الأساسية التي يركز عليها نهج برنامج الأمم المتحدة للبيئة للمضي قدماً بتحقيق البعد البيئي لخطة عام ٢٠٣٠ هي العالمية، والتكامل، وحقوق الإنسان، والابتكار.

وتشتمل أكثر من نصف أهداف التنمية المستدامة على تركيز بيئي أو تتناول استدامة الموارد الطبيعية: الفقر، والصحة، والغذاء، والزراعة، والمياه، والصرف الصحي، والمستوطنات البشرية، والطاقة، وتغير المناخ، والاستهلاك والإنتاج المستدامان، والمحيطات، والنظم الإيكولوجية الأرضية. ويتعلق أكثر من ٨٦ مقصداً بالاستدامة البيئية، بما في ذلك مقصد واحد على الأقل في كل هدف من الأهداف السبعة عشر. والتكامل بين جميع الأهداف يعني أن التقدم في أي هدف لا يمكن أن يتحقق دون التقدم نحو تحقيق أهداف أخرى.

وتمثل خطة عام ٢٠٣٠ تحولاً نموذجياً للاستعاضة عن النموذج الاقتصادي الحالي القائم على النمو بنموذج جديد يهدف إلى تحقيق اقتصادات ومجتمعات مستدامة ومنصفة في جميع أنحاء العالم وضمان المزيد من المشاركة العامة في صنع القرار، بما يتماشى مع المبدأ ١٠ من إعلان ريو دي جانيرو بشأن البيئة والتنمية. وهي خطة تهدف إلى معالجة الأسباب الجذرية لأنماط الاستهلاك والإنتاج غير المستدامة وتحويلها إلى أنماط حياة وسبل عيش مستدامة تعود بالنفع على الجميع. وتعتبر البيئة التي يعتنى بها جيداً أمراً حاسماً لتحقيق الاستدامة وبقاء الجنس البشري.

وتنص تلك الخطة على جملة من الأهداف تم حصرها في سبعة عشر هدفاً، ودخلت حيز التنفيذ في عام ٢٠١٦، ويمكننا أن نذكر تلك الأهداف فيما يلي:

١. القضاء على الفقر بجميع أشكاله في كل مكان.
٢. القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسنة وتعزيز الزراعة المستدامة.
٣. ضمان تمتع الجميع بأنماط عيش صحية وبالرفاهية في جميع الأعمار.
٤. ضمان التعليم الجيد المنصف والشامل للجميع وتعزيز فرص التعلم مدى الحياة للجميع.
٥. تحقيق المساواة بين الجنسين وتمكين كل النساء والفتيات.
٦. ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع وإدارتها إدارة مستدامة.
٧. ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة.





٨. تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل للجميع والمستدام، والعمالة الكاملة والمنتجة، وتوفير العمل اللائق للجميع.
  ٩. إقامة بُنى تحتية قادرة على الصمود، وتحفيز التصنيع الشامل للجميع، وتشجيع الابتكار.
  ١٠. الحد من انعدام المساواة داخل البلدان وفيما بينها.
  ١١. جعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وآمنة وقادرة على الصمود ومستدامة.
  ١٢. ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة.
  ١٣. اتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغيّر المناخ وآثاره.
  ١٤. حفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة.
  ١٥. حماية النظم الإيكولوجية البرية وترميمها وتعزيز استخدامها على نحو مستدام، وإدارة الغابات على نحو مستدام، ومكافحة التصحر، ووقف تدهور الأراضي وعكس مساره، ووقف فقدان التنوع البيولوجي.
  ١٦. التشجيع على إقامة مجتمعات مسالمة لا يُهمّش فيها أحد من أجل تحقيق التنمية المستدامة، وإتاحة إمكانية وصول الجميع إلى العدالة، وبناء مؤسسات فعالة وخاضعة للمساءلة وشاملة للجميع على جميع المستويات.
  ١٧. تعزيز وسائل التنفيذ وتنشيط الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة.
- تسعى التنمية المستدامة من خلال آلياتها ومحتواها إلى تحقيق تلك الأهداف والتي تتغيّر تحقيق نوعية حياة أفضل للسكان، حيث تسعى التنمية المستدامة من خلال عملية التخطيط وتنفيذ السياسات التنموية لتحسين نوعية حياة أفراد المجتمع اقتصاديا واجتماعيا ونفسيا عن طريق التركيز على الجوانب النوعية للنمو، وبشكل عادل ومضمون وديمقراطي.
- كما تدعو التنمية المستدامة إلى احترام البيئة الطبيعية، حيث تركز على نشاطات السكان، وتعامل مع النظم الطبيعية ومحتواها على أنها أساس حياة الإنسان، إنها ببساطة تنمية تستوعب العلاقة الحساسة بين الطبيعة والبيئة المبنية، وتعمل على تطوير هذه العلاقة لتصبح علاقة تكامل وانسجام.
- كما أنها تسعى إلى تعزيز وعي السكان بالمشكلات البيئية القائمة، حيث تنمي إحساسهم اتجاهها، وتحثهم على المشاركة الفاعلة في إيجاد حلول مناسبة لها من خلال مشاركتهم في إعداد وتنفيذ ومتابعة وتقييم برامج ومشاريع التنمية المستدامة. وتسعى أيضا إلى تحقيق استغلال واستخدام عقلائي للموارد، حيث تتعامل هذه التنمية مع الموارد الطبيعية على أنها موارد محدودة، لذلك تحول دون استنزافها أو تدميرها وتعمل على استخدامها وتوظيفها بشكل عقلائي.
- كما تربط التنمية المستدامة التقنيات الحديثة بأهداف المجتمع، حيث تحاول توظيف التقنية الحديثة بما يخدم أهداف المجتمع من خلال توعية السكان بأهمية التقنيات المختلفة في المجال التنموي، وكيفية استخدام الجديد والمتاح منها في تحسين نوعية حياة المجتمع، وتحقيق أهدافه المنشودة دون أن ينجم عن ذلك مخاطر وآثار بيئية سلبية، أو على الأقل أن تكون هذه المخاطر وهذه الآثار مسيطر عليها بمعنى إمكانية إيجاد حلول مناسبة لها.

كما تهدف التنمية المستدامة إلى الاستخدام الأمثل للموارد الطبيعية وتحديد طاقة استيعاب النظم البيئية؛ فلبينة قدرة على استيعاب التغيرات التي تطرأ عليها نتيجة تغير النشاط البشري، فإذا تعدت هذه التغيرات حدود الاستغلال والطاقة الطبيعية لهذه الأنظمة، فإن النتيجة تكون في تبيد الأراضي والموارد الطبيعية وتهديد مستقبل الكون، فقد أثبتت دراسة موسعة أجراها البنك الدولي على الموارد الطبيعية أن المفتاح الرئيسي لاستغلالها بطريقة مثلى ومستدامة يتمثل في استكمال قاعدة هذه الموارد بمؤسسات قوية ورأس مال بشري وتطبيقات تقنية ومعرفية تسمح بالحفاظ على طاقة الأرض للجيل الحالي والأجيال المستقبلية.<sup>(١)</sup>

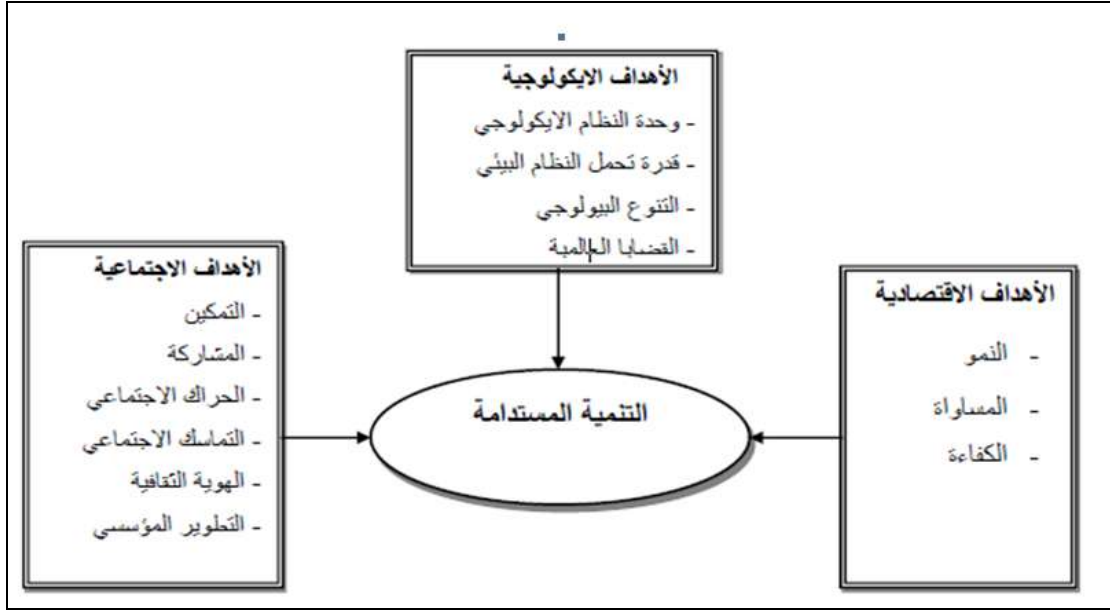
إن عملية التنمية المستدامة - بالنظر إلى أهدافها - هي عملية إحداث تغيير مستمر و مناسب في حاجات و أولويات المجتمع، بحيث يكون ذلك بطريقة تلائم إمكانياته و تسمح بتحقيق التوازن الذي بواسطته يمكن تفعيل التنمية الاقتصادية و السيطرة على جميع المشكلات البيئية و وضع الحلول المناسبة لها.

وجدير بالذكر أن التنمية المستدامة تهدف إلى تغيير نوعية النمو، حيث تنطوي التنمية المستدامة على ما هو أكثر من النمو حيث تتطلب تغييرا في مضمون النمو يجعله أكثر كثافة في استخدام الطاقة ويجعل عوائده أكثر إنصافا. كما تهدف إلى دمج الشؤون البيئية و الاقتصادية في عملية صنع القرارات. وبالتالي يعتبر البشر أهم عنصر تهتم به التنمية المستدامة فهي تسعى لتلبية حاجاتهم و تنظيم حياتهم حتى يكونوا قادرين على التعامل مع الموارد الطبيعية بمعرفة و حكمة، فالتنمية المستدامة كطائر ذي جناحين أحدهما التنمية الاجتماعية المتواصلة و ثانيهما التنمية الاقتصادية المتواصلة و اللتان تمكنان البشر من رسم خطط حكيمة لاستخدام مواردهم الطبيعية و زيادة دخولهم الاقتصادية و تنظيم حياتهم الاجتماعية.

على الرغم من أن هذه الأهداف قد يكون بينهم تناقض و اختلاف، إلا أنها من الممكن أن تتعايش و تتناسق، فالتنمية المستدامة تهدف لإيجاد التوازن بين الاحتياجات الاقتصادية والاجتماعية والايكولوجية (البيئية) مما يسمح بتلبية حاجات الجيل الحالي و المستقبلي، فهي تعتمد على المنهج الشامل و طويل المدى في تطوير مجتمعات تتعامل مع النواحي الاقتصادية و الاجتماعية و البيئية بنفس الأهمية.<sup>(٢)</sup>

(١) زواوية حلام. دور اقتصاديات الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة في الدول المغربية (١٣١).

(٢) تريكي عبد الرؤوف. مكانة الطاقة المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة (٢١).



شكل (٣): أهداف التنمية المستدامة

المصدر: دوجلاس موسشيت. مبادئ التنمية المستدامة. ترجمة: بهاء شاهين، الدار الدولية للاستثمارات الثقافية، مصر، الطبعة الأولى، ٢٠٠٠ (٧٢).

### ثالثاً: خصائص التنمية المستدامة

تشبه التنمية التريية، حيث أن كلاهما يمثل عملية معقدة تحتاج إلى طول تعهد وحسن رعاية وعلاج مشكلات وتذليل عقبات، كما يشتركان في ان نتائجهما ومرودهما لا يظهر على المدى القصير، بل على المدى الطويل، وتتميز تلك النتائج بالثبات والاستقرار لأننا تستهدف البنى التحتية والعقول والهيكل وليس القشور السطحية والظواهر العارضة فحسب.

وتشبه خطط التنمية أيضا عمل الطبيب الماهر في التعامل مع الأمراض بعلاج أسبابها وجذورها، وعدم الاكتفاء بتسكين الأعراض في الوقت الحالي وعلى المدى القصير مع عدم الاكتراث بما يحدث للمريض أو لمن حوله على المدى المتوسط والبعيد.

ويمكننا أن نذكر أهم خصائص التنمية المستدامة فيما يلي:

- تنمية يُعتبر البعد الزمني فيها هو الأساس، فهي تنمية طويلة المدى بالضرورة، تقوم على وضع السياسات والخطط في مدى زمني طويل ولا تنتظر النتائج في الحاضر القريب، لذا فإن القائمين عليها لا يهدفون إلى ربح مادي في أجل قصير، بل يستهدفون الجانب الإنساني وكل ما يحفظ موارده وحقوقه على المدى الطويل.
- رعاية حق الأجيال القادمة في الموارد الطبيعية، فهناك من الخطط التنموية ما لا فائدة قريبة ترجى منه، وربما لا يستفيد هذا الجيل من ثمار الخطط الموضوعية. إن بلدا كالنرويج غنيا بالنفط الذي تم اكتشافه في بحر الشمال، كان يمكنه أن يغدق على الأجيال الحاضرة من المال الوفير الذي حققه النفط للبلاد كما هو الحال في مختلف الدول الربيعة النفطية، إلا أن واضعي السياسات قرروا أن هذا النفط حق لهذا الجيل والأجيال القادمة، فتم إنشاء صندوق التقاعد الحكومي، وهو صندوق

- سيادي توضع فيه ثروات البلاد وأهمها النفط، والذي تجاوزت قيمته ١٠٠٠ مليار دولار وله استثمارات في أكثر من ٧٠ بلدا. إنه حفظ حق الأجيال القادمة في ثروات البلاد وعدم استئثار الجيل الحالي بكل الثروات وإهمال المستقبل.
- تلبية الاحتياجات الأساسية للفرد من البشر في المقام الأول، فالإنسان هو صانع التنمية والمصنوعة له، ولا يوجد مجتمع راشد يقدم مصلحة الآلة أو المنتفعين والطامحين إلى الأرباح المادية دون نظر إلى احتياجات البشر. إن التقنيات الضارة بالبيئة لا تفيد سوى بعض الدول أو الأفراد على حساب الموارد البيئية وحاجة البشرية ككل، وما نراه اليوم من زيادة مبيعات الأسلحة لمناطق الصراع في العالم وتأجيج مشاعر الكراهية بين الأمم إلا صورة من صور ذلك الجشع الرأسمالي الذي لا يفيد سوى فئة قليلة على حساب حياة وثروات الأمم والشعوب.
  - الحفاظ على المحيط الحيوي في البيئة الطبيعية من خلال عناصره الأساسية كالهواء والماء والتربة والموارد الطبيعية.
  - تنمية متكاملة تعتبر الجانب البشري فيها وتنميته هو أولى أهدافها فهي تراعي الحفاظ على القيم الاجتماعية والاستقرار النفسي والروحي للفرد والمجتمع.
  - التنمية المستدامة هي تنمية لا تقوم بتبسيط المنظومة البيئية لسهولة التحكم فيها فهي تراعي الحفاظ على النوع الوراثي.
  - التنمية المستدامة هي تنمية متكاملة تقوم على التنسيق والتكامل بين سياسات استخدام الموارد واتجاهات الاستثمار والاختيار التقني والشكل المؤسسي مما يجعلها جميعا تعمل بتفاهم وانتظام.<sup>(١)</sup>
  - تعتمد على التنسيق بين سلبيات استخدام الموارد واتجاهات الاستثمارات؛ حيث تعمل جميعها بانسجام داخل منظومة البيئة، بما يحقق التنمية المتواصلة المنشودة.
  - ومن أهم الخصائص التي جاء بها مفهوم التنمية المستدامة الربط العضوي التام ما بين الاقتصاد والبيئة والمجتمع.<sup>(٢)</sup> لذا فإن تعظيم الناتج الاقتصادي على حساب أمن المجتمع أو البيئة المحيطة هو مفهوم لا يتلاءم مع التنمية المستدامة، بل هو نموذج ضار تحاربه وتواجهه المفاهيم المستقرة للتنمية المستدامة.
- إن الأخذ بمسئدات التنمية المستدامة - بخصائصها تلك - هو العلاج الناجع لمشكلات بيئية واجتماعية واقتصادية تراكمت وتفاقمت على مدى أجيال وعقود، فالهدر الحالي في الثروات الطبيعية غير المتجددة كالنفط تحت ضغط الظروف الاقتصادية قد يحل مشكلات اقتصادية حالية، إلا أنه كالقنبلة الموقوتة، إذ يعمل على تصدير المشكلات للمستقبل بعد أن تكون قد تعقدت وتفاقمت ولم يعد في الأفق أمل للعلاج، وهو ما يراكم التخلف، ويقطع أواصر التنمية، ويصيب المجتمعات بأمراض ليس لها علاج إلا بخطط طويلة تستغرق أجيالا.

(١) انظر: استخدام الطاقات المتجددة ودورها في التنمية المستدامة. دراسة حالة الطاقة الشمسية في الجزائر، عمر شريف، أطروحة دكتوراة، جامعة الحاج الأخضر، الجزائر، ٢٠٠٧ (١٤٨، ١٤٩).

(٢) العالم ليس للبيع: مخاطر العولمة على التنمية المستدامة، دار الأملية للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، الطبعة الأولى ٢٠٠٣ (١٨).

## مؤشرات التنمية المستدامة وأبعادها

### أولاً: مؤشرات التنمية المستدامة

كما تطور مفهوم التنمية في العالم خلال النصف الثاني من القرن الماضي فقد تطورت مؤشرات التنمية وتعددت مكوناتها واهتماماتها من مجرد مؤشرات النمو الاقتصادي إلى حركة المؤشرات الاجتماعية ومؤشرات الحاجات الأساسية ومن ثم مؤشرات التنمية المستدامة والتنمية البشرية وأهداف الألفية الإنمائية.

والمؤشر هو أداة تقييم واتخاذ قرار، والتي من خلالها سوف نكون قادرين على قياس حالة أو اتجاهات التنمية المستدامة بطريقة موضوعية. والمؤشر نوعان: نوعي أو كمي، ويمكن في ميدان التنمية المستدامة استخدام كلا النوعين لتقييم العملية التنموية. والمؤشر وثيق الصلة بمكونات التنمية المستدامة وعناصرها الأساسية في المجالات المختلفة، فهو يقيس مدى صلاحية كل عنصر واستجابته في ذاته، ثم مدى ملاءمته وتناسقه مع العناصر الأخرى.

وهناك العديد من المؤشرات للتنمية الاقتصادية والتنمية البشرية التي صاغها عدد من المنظمات الدولية لجعل العملية التنموية قابلة للقياس والتقييم، وفيما يلي أهم المؤشرات الأساسية التي تسهم في قياس التنمية المستدامة.

### المؤشرات الاقتصادية:

(١) وسائل قياس أساسية وتشمل:

- نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي: ويحسب بقسمة الناتج المحلي الإجمالي بأسعار السوق الجارية في سنة معينة على عدد السكان، ويمكن تصنيفه من مؤشرات القوة الدافعة.
- حصة الاستثمار الثابت الإجمالي إلى الناتج المحلي الإجمالي: يقيس هذا المؤشر نسبة الاستثمار الإجمالي إلى الإنتاج، ويعبر عنه بنسبة مئوية؛
- صادرات السلع والخدمات / واردات السلع والخدمات: ويبين هذا المؤشر قدرة البلدان على الاستمرار في الاستيراد.<sup>(١)</sup>

(٢) تغيير أنماط الاستهلاك: ويمكن قياسه من خلال نصيب الفرد السنوي من استهلاك الطاقة، حيث يقيس هذا المؤشر نصيب الفرد من الطاقة في بلد ما.

(٣) الموارد والآليات المالية: ويتم قياسها من خلال المؤشرات التالية:

- رصيد الحساب الجاري كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي؛
- مجموع الدين الخارجي كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي؛
- صافي المساعدات الإنمائية الرسمية المتلقاة كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي.

(١) تطبيق مؤشرات التنمية المستدامة في دول الاسكوا. تحليل النتائج، الأمم المتحدة نيويورك ٢٠٠٥ (٦ - ٨) متاح على:

<http://www.uobabylon.edu.iq/sustainability/files>

## المؤشرات الاجتماعية:

- (١) مكافحة الفقر: ويمكن رصد التقدم المحرز من خلال:
  - معدل البطالة: وهو نسبة الأشخاص العاطلين عن العمل إلى مجموع القوى العاملة، يبين المؤشر جميع أفراد القوة العاملة الغير موظفين أو عاملين مستقلين كنسبة من القوة العاملة.
  - مؤشر الفقر البشري: بالنسبة للبلدان النامية فإن هذا المؤشر مركب من ثلاثة أبعاد وهي حياة طويلة وصحية (وتقاس بنسبة مئوية من الناس الذين لم يبلغوا سن الأربعين)، المعرفة (الأمية)، توفر الوسائل الاقتصادية (يقاس بنسبة مئوية من الناس الذين لا يمكنهم الانتفاع بالخدمات الصحية والمياه المأمونة، ونسبة الأطفال دون الخامسة الذين يعانون من وزن ناقص بدرجة معتدلة أو شديدة).
  - السكان الذين يعيشون تحت خط الفقر الوطني: ويعبر عن النسبة المئوية للسكان الذين يعيشون دون خط الفقر الوطني.
- (٢) الديناميكية الديمغرافية والاستدامة: ويقاس من خلال معدل النمو السكاني وهو عبارة عن متوسط تغير المعدل السنوي بالنسبة لحجم السكان، ويقاس هذا المؤشر معدل النمو السكاني للسنة.
- (٣) تعزيز التعليم والوعي العام والتدريب: ويقاس من خلال:
  - معدل الإلمام بالقراءة والكتابة بين البالغين؛
  - المعدل الإجمالي للالتحاق بالمدارس الثانوية.
- (٤) حماية صحة الإنسان وتعزيزها: ويقاس من خلال:
  - متوسط العمر المتوقع عند الولادة؛
  - عدد السكان الذين لا يحصلون على مياه مأمونة والخدمات الصحية.
- (٥) تعزيز التنمية المستدامة للمستوطنات البشرية: وتقاس بنسبة السكان في المناطق الحضرية ويعتبر أكثر المؤشرات استخداما لقياس درجة التوسع الحضري.<sup>(١)</sup>

## المؤشرات البيئية:

أسس مؤشر (البصمة الإيكولوجية) كل من ريس ووكرنجل WACKERNAGEL و REES ، ويقاس الضغط الذي يمارسه الإنسان على الطبيعة، حيث يقوم على المساحة المنتجة الضرورية لمجتمع ما لتلبية متطلباته (استهلاكه من الموارد، احتياجاته من طرح النفايات).

وتجدر الإشارة هنا أن وحدة القياس المستخدمة في هذا المؤشر هي (وحدة المساحة): الهكتار كما يمكن الحصول على البصمة الإيكولوجية لمتوسط المساحة لكل فرد بقسمة مساحة الأرض على عدد السكان، فمثلا البصمة الإيكولوجية للولايات المتحدة الأمريكية لوحدتها هي متوسط استهلاك الدولة مقدرا بوحدة المساحة )

(١) الطاهر خامرة. المسؤولية البيئية الاجتماعية مدخل لمساهمة المؤسسة الاقتصادية في تحقيق التنمية المستدامة: حالة سوناطراك، رسالة ماجستير، جامعة ورقلة، الجزائر، ٢٠٠٧، (٤٢).



تستحوذ على ما يفوق ٢٠% من المساحة الكلية لكوكب الأرض حسب دراسة أجراها باحثون في جامعة كولومبيا خلال بداية التسعينات من القرن الماضي<sup>(١)</sup>.

وبعبارة أخرى، يمكن حساب المؤشر البيئي من خلال: نسبة الفرد من الأرض الزراعية، وحساب التغير في مساحات الغابات و الأراضي الزراعية نسبة إلى مساحة البلد الإجمالية.

مؤشر المحاسبة البيئية (المحاسبة الخضراء):

تهدف المحاسبة البيئية إلى وضع متغيرات معبرة عن حالة و تطور الاقتصاد لإعطاء أصحاب القرار قاعدة للعمل، فنظام المحاسبة هو مجموعة الحسابات التي تقوم بها الدول دوريا لمتابعة تطور اقتصادها، وعادة لا يتم إدماج القيمة الاقتصادية للموارد الطبيعية في نظام المحاسبة. ومع بروز مفهوم التنمية المستدامة أدى بالحكومات إلى الرغبة في إدماج البعد الاقتصادي الكلي للبيئة في حقل القرار السياسي، خصوصا بواسطة محاسبة بيئية خاصة تسمى المحاسبة الخضراء ويمكن تعريفها بأنها الوصف المنهجي داخل إطار محاسبي للعلاقات المتبادلة بين البيئة والاقتصاد<sup>(٢)</sup>. رغم أنه لا يوجد نموذج واحد لمحاسبة بيئية، يمكن تمييز بين ثلاثة مقاربات رئيسية:

- ضبط نظام المحاسبة: وتعتمد على مبدأ الناتج الداخلي الخام الأخضر، وتهدف هذه المقاربة الاقتصادية الكلية الخاصة بالمحاسبة البيئية إلى تهيئة نظام المحاسبة بإدماج عدة معطيات داخلية، كتكلفة الأضرار الايكولوجية وانخفاض مخزون الموارد الطبيعية، ونفقات تسيير البيئة، وقيمة الخدمات البيئية، ومن ثم، حساب الناتج الداخلي الخام مصحح من اختراقات البيئة. فهذا ما يسمى بالناتج الداخلي الخام الأخضر، وقد طبق لأول مرة في إندونيسيا، مع نهاية الثمانينات من طرف المعهد العالمي للموارد (WRI)، الذي قيم اندثار الغابات الإندونيسية.
- الحسابات التابعة: وهي تهدف إلى تكملة نظام المحاسبة، واستعملت في دول كثيرة لتوفير المعلومات المحاسبية المفصلة حول نشاط خاص مثل البحث والتربية والنقل والحماية الاجتماعية وحماية البيئة.
- حسابات المصادر والتراث الطبيعي: منذ سنة 1970 تم تخيل حسابات فيزيائية للبيئة، من طرف الترويجيين<sup>(٣)</sup>، وتحت تسمية حسابات المصادر الطبيعية، نظرا لصعوبة التقدير النقدي لبعض المظاهر البيئية في المحاسبة البيئية التابعة، تعالج هذه الأخيرة مصادر نظام الإنتاج معبرا عنها بوحدة فيزيائية أو نقدية.

وهناك من يعبر عن المؤشرات البيئية (البصمة الايكولوجية) والمؤشرات الاجتماعية والاقتصادية بما يسمى ب(مؤشرات قياس الاستدامة).

(١) متى تطالب الدول النامية بالمديونية البيئية من الدول الصناعية؟، باتر محمد علي وردم. عبر هذا الرابط:

[http://www.moroc-ecologie.net/article.php3?id\\_article](http://www.moroc-ecologie.net/article.php3?id_article)

(٢) منظمة اليونسكو (unesco)، متاح على: [http://www.unesco.org/most/sd\\_arab/fiche2b.htm](http://www.unesco.org/most/sd_arab/fiche2b.htm)

(٣) انصب نمط حسابات المصادر الطبيعية في الترويج أساسا على الطاقة وعلى تلوث الجو.

التنمية	الاستدامة الاقتصادية	الاستدامة الاجتماعية	الاستدامة البيئية
المياه	ضمان إمداد كافٍ ورفع كفاءة استخدام المياه في التنمية الزراعية والصناعة	تأمين الحصول على المياه النظيفة الكافية للاستعمال المنزلي والزراعة الصغيرة للأغلبية الفقيرة	ضمان الحماية الكافية للمستجمعات المائية والمياه الجوفية وموارد المياه العذبة وأنظمتها البيولوجية
الغذاء	رفع الإنتاجية الزراعية والإنتاج من أجل تحقيق الأمن الغذائي الوطني والإقليمي والتصدي	تحسين الإنتاجية وأرباح الزراعة الصغيرة وضمان الأمن الغذائي المنزلي	ضمان الاستخدام المستدام والحفاظ على الأراضي والغابات والمياه والحياة البرية والأسماك وموارد المياه.
الصحة	زيادة الإنتاجية من خلال الرعاية الصحية والوقائية وتحسين الصحة والأمان في مواقع العمل	فرض معايير للهواء والمياه والوضوء لحماية صحة البشر وضمان الرعاية الصحية الأولية للأغلبية الفقيرة	ضمان الحماية الكافية للموارد البيولوجية والأنظمة البيولوجية والأنظمة الداعمة للحياة
المأوى والخدمات	ضمان الإمداد الكافي والاستعمال الكفء لموارد البناء وتنظيم المواصلات	ضمان الحصول على استخدام المستدام أو المثالي للأراضي والغابات والطاقة والموارد المعدنية	ضمان الاستخدام المستدام والمثالي للأراضي والغابات والطاقة والموارد المعدنية
الطاقة	ضمان الإمداد الكافي والاستعمال الكفء للطاقة في مجال التنمية الصناعية والمواصلات وللأغلبية الفقيرة	ضمان الحصول على الطاقة الكافية للأغلبية الفقيرة خاصة بدائل الوقود الخشبي	حفظ الآثار البيئية للوقود الحفري على النطاق المحلي والإقليمي والعالمي والتوسع في تنمية واستعمال الغابات والبدايل المتجددة الأخرى
التعليم	ضمان وفرة المدربين لكل القطاعات الاقتصادية الأساسية	ضمان الإتاحة الكافية للتعليم للجميع من أجل حياة صحية ومنتجة	إدخال البيئة في المعلومات العامة والبرامج التعليمية
الدخل	زيادة الكفاءة الاقتصادية والنمو وفرص العمل في القطاع الرئسي	دعم المشاريع الصغيرة وخلق الوظائف للأغلبية الفقيرة في القطاع غير الرئسي	ضمان الاستعمال المستدام للموارد الطبيعية الضرورية للنمو الاقتصادي في القطاعات الرئسية وغير الرئسية

#### جدول (٤): مؤشرات قياس الاستدامة

المصدر: باقر محمد علي وردم، العالم ليس للبيع.. مخاطر العولمة على التنمية المستدامة، دار الأهلية للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، عمان، الأردن، ٢٠٠٣ (١٩٤).

#### مؤشر التنمية البشرية:

وهو مؤشر يعتمد على إدماج معطيات اجتماعية نوعية، يحيط بأهم الجوانب الاجتماعية للتنمية حيث يرتبط بالمستوى التعليمي والصحي، ونصيب الفرد من الدخل الوطني، يقتصر هذا المؤشر على إبراز التقدم في مستوى التنمية البشرية من خلال معطيات اقتصادية واجتماعية فحسب، ويركز المؤشر على الخيارات المتعلقة بالتنمية البشرية المتاحة وأهمها:

- مستوى معيشي لائق يمكن تحقيقه من خلال زيادة متوسط نصيب الفرد من الدخل؛
- مستوى لائق من التعليم والرعاية الصحية والتغذية الملائمة؛
- توفر فرص العمل التي تضمن تحقيق الدخل المناسب؛
- إتاحة الفرصة الكاملة لكافة الأفراد للمشاركة في القرارات التي يتخذها المجتمع؛
- تمتع الأفراد بالحرية السياسية والاجتماعية.<sup>(١)</sup>

وتتبنى شعبة الإحصاء في الأمم المتحدة عدة مؤشرات خاصة بالمؤشرات البيئية ومنها:

- الهواء والمناخ: من خلال قياس جودتهما ومدى هشاشتهما وتعرضهما للمؤثرات السلبية.

(١) منظمة اليونسكو عبر هذا الرابط: [www.unesco.org/most/sd\\_arab/fiche2b.htm](http://www.unesco.org/most/sd_arab/fiche2b.htm)



- الأرض والتربة: وتشمل مداخل الصيانة والاستصلاح ومكافحة التصحر وانجراف الأراضي وقطع الغابات والأخشاب.
- المياه: من خلال المحافظة على هذا المورد والعمل على تطهير المياه وإتاحتها لأكثر عدد ممكن من السكان في القرى والأرياف النائية.
- النفايات: العمل على خفض النفايات المنزلية والصناعية من خلال تهيئة المكبات والمفارغ العمل على تقليل استخدام المواد المشعة والمضرة وتغيير أنماط الاستهلاك والإنتاج.<sup>(١)</sup>

### المؤشرات المؤسسية

المؤشرات المؤسسية عبارة عن معطيات رقمية تصنف مدى تطور الجانب المؤسسي في تطبيق وتطوير الإدارة البيئية، وتتضمن هذه المؤشرات القوانين والتشريعات والأطر المؤسسية التي تحكم التنمية المستدامة، وتمثل أهم المؤشرات المؤسسية فيما يلي:

- **تنفيذ الاتفاقات الدولية المبرمة:** يتم من خلاله معرفة عدد الدول التي صادقت على الاتفاقيات الدولية الخاصة بالبيئة ومدى التزام الدول بنود هذه الاتفاقيات، كالتصديق على بروتوكول قرطاج بشأن السلامة، والتصديق على الاتفاقية الإطارية بشأن تغير المناخ وبروتوكول كيوتو.
  - **البحث والتطوير:** من خلال معرفة مدى اتفاق الدول على البحث والتطوير واستغلال هذه الأبحاث فيما يخدم التنمية المستدامة، ويتم قياسها من خلال معرفة نسبة الإنفاق على البحث والتطوير من الناتج المحلي الإجمالي.
  - **الاستخدام التقني:** الذي يعبر عن مدى تحكم الأفراد بالتكنولوجيا والتقنيات العلمية ويتم قياسها من خلال عدد أجهزة الاتصال والإعلام ومعدلات الولوج لخدمات الأنترنت لكل ١٠٠٠ شخص.<sup>(٢)</sup>
- ويرجع هذا التشعب الكبير في مؤشرات التنمية المستدامة إلى تداخلها مع مختلف أنواع التنمية من جهة، وإلى اشتغالها على مختلف وجوه النشاط الإنساني والبيئي، مما يجعلها ساحة واسعة لمؤشرات القياس، فالطفل الذي يتعلم، والشيخ الذي ينال الرعاية الصحية، والبيئة النظيفة والماء غير الملوث، والثقافة العامة، وفرص العمل وغير ذلك، كله يدخل ضمن نطاق التنمية المستدامة.

### ثانياً: أبعاد التنمية المستدامة

تقدم التنمية المستدامة ربطاً عضوياً تاماً - كما ذكرنا - بين الاقتصاد والبيئة والمجتمع، بحيث لا يتصور ضمن سياقاتها الاهتمام بأحد الجوانب بما يضر بالجوانب الأخرى، كما أنها تثبت أن لا يوجد ثمة تعارض بين هذه الجوانب والأبعاد على المدى الطويل. وبعبارة سهلة، فإن التوعية بمخاطر التدخين الصحية

(١) رداد خيس عبد الرحمن، المؤشرات البيئية كجزء من مؤشرات التنمية المستدامة، المؤتمر الإحصائي العربي الثاني: لا تنمية بدون إحصاء، المنعقد بسرت- ليبيا من ٢ - ٤/١١/٢٠٠٧ (٧٩).

(٢) سهام حرفوش، وإيمان صحراوي، وريمة بوباوية. الإطار النظري للتنمية الشاملة المستدامة ومؤشرات قياسها. بحوث وأوراق عمل الملتقى الدولي حول التنمية المستدامة والكفاءة الاستخدامية للموارد المتاحة، والمنعقد في ٧ - ٨/٤/٢٠٠٨، جامعة سطيف، الجزائر (١١٣) - (١١٥).

والبيئية، وفرض تشريعات صارمة وعقوبات رادعة على ممارسة تلك العادة السيئة في المواصلات والأماكن العامة، كل ذلك من شأنه - على المدى الطويل - أن يؤدي إلى فوائد اقتصادية عبر تقليص نفقات صحية كانت موجهة لعلاج الأمراض الناجمة عن التدخين، ويؤدي أيضا إلى فوائد إنسانية واجتماعية عبر تقوية الإرادة ونبذ العادات السيئة في محيط الأسرة والمجتمع كله.

وتمثل التنمية المستدامة عملية معقدة متعددة المحاور، تحتاج إلى تغييرات جوهرية في الأنظمة الاقتصادية والاجتماعية والسياسية والبيئية، ولكن مثل هذا التغيير لا يمكن أن يتم إلا من خلال ممارسة الديمقراطية الاقتصادية التي تشارك فيها كل قطاعات المجتمع، حيث أن معظم التقارير والدراسات تؤكد على ثلاث أبعاد أساسية وتشمل البعد الاقتصادي والبعد الاجتماعي والبعد البيئي، إضافة إلى البعد السياسي، فالتنمية المستدامة لا تركز على الجانب البيئي فقط بل هي تشمل كذلك جوانب عديدة تتفاعل في إطار عملية مترابطة ومتكاملة في سبيل ضبط الموارد الطبيعية وتحقيق الرفاهية الاجتماعية.

ويمثل البعد التقني أحد الأبعاد المهمة للتنمية المستدامة، حيث أصبح المعول كبيرا على تطور التقنيات للإسهام في تعظيم عوائد الإنتاج الاقتصادي، والتقليل من الأضرار البيئية، وتبسيط التقنيات المعقدة حتى يسهل قبول الجماهير لها وتعاملهم معها. وفيما يلي نذكر أهم ما يمثل هذه الأبعاد:

### البعد الاقتصادي

النظام المستخدم اقتصاديا هو النظام الذي يتمكن من إنتاج السلع والخدمات بشكل مستمر، ويحافظ على مستوى معين قابل للإدارة من التوازن الاقتصادي ما بين الناتج العام والدين العام، ويمنع حدوث اختلالات اجتماعية ناتجة عن السياسات الاقتصادية.<sup>(١)</sup>

وينصب التركيز في البعد الاقتصادي للتنمية المستدامة على الانعكاسات الراهنة والمستقبلية للاقتصاد على البيئة، ويستند هذا العنصر على المبدأ الذي يقضي بزيادة رفاهية المجتمع الى أقصى حد، والقضاء على الفقر مع الاستغلال الأمثل والعقلاني للموارد الطبيعية.

ومن الملاحظ أن سكان البلدان الصناعية يستغلون - قياسا على مستوى نصيب الفرد من الموارد الطبيعية في العالم - أضعاف ما يستخدمه سكان البلدان النامية. ومن ذلك مثلا أن استهلاك الطاقة الناجمة عن النفط والغاز والفحم هو في الولايات المتحدة أعلى منه في الهند بـ ٣٣ مرة، وهو في بلدان منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية (OCDE) أعلى بعشر مرات في المتوسط منه في البلدان النامية مجتمعة.<sup>(٢)</sup> لذا فمن المهام الرئيسة للتنمية المستدامة للحفاظ على الموارد الطبيعية وتعظيم الاستفادة منها من خلال:

(١) باتر محمد علي وردم، العالم ليس للبيع.. مخاطر العولمة على التنمية المستدامة، دار الأهلية للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، عمان، الأردن، ٢٠٠٣ (١٨٩).

(٢) حمزة الجبالي. التنمية المستدامة استغلال الموارد الطبيعية والطاقة المتجددة (١٢٢).



- **إيقاف تبيد الموارد الطبيعية:** بمعنى إحداث تغير في نمط الاستهلاك و جعله يتماشى والمتطلبات البيئية، كتلك التي تهدد التنوع البيولوجي، ونذكر منها استهلاك الدول - خاصة المتقدمة - للمنتجات الحيوانية المهدة بالانقراض، كما تتطلب إجراء تخفيضات متواصلة في مستويات الاستهلاك المهددة للطاقة و الموارد.
- **تقليص تبعية البلدان النامية للدول الكبرى:** ففي ظل العولمة والانفتاح الدولي والعلاقات التجارية الدولية المتشابكة أصبحت اقتصاديات الدول مرتبطة ببعضها البعض، فتخفيض الدول الصناعية لحصة استهلاكها من الموارد الطبيعية يؤثر بشكل مباشر وسليبي على صادرات الدول النامية. الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض في نمو صادرات هذه المنتجات من البلدان النامية، وبالتالي حرمانها من الحصول على موارد مالية تحتاجها لتحقيق تنميتها الاقتصادية والاجتماعية، ومن أجل حل هذه المعضلة على الدول النامية اعتماد نمط تنموي مستدام يقوم على الاعتماد على الذات لتنمية القدرات الذاتية وتأمين الاكتفاء الذاتي، مما يسمح لها بالتوسع في التعاون الإقليمي والتجارة بالقدر الذي يمكنها من تحقيق استثمارات ضخمة في رأس المال البشري، والتوسع في أخذ التقنيات المتطورة.
- **مسؤولية البلدان المتقدمة عن التلوث وكيفية معالجته:** فالاستهلاك المفرط للموارد الطبيعية مثل الطاقات الأحفورية نجم عنه مع مرور الزمن مشكلات التلوث العالمي، و التي تساهم فيها الدول المتقدمة بشكل يفوق مساهمة الدول النامية، و من هنا لابد على هذه الدول المتقدمة أن تأخذ على عاتقها إيجاد حلول لهذه المشاكل لضلوعها في أساس المشكلة، وذلك عن طريق تبني استخدام تقنيات أنظف واستخدام الموارد بكثافة أقل وبكفاءة أكثر وحماية النظم الطبيعية، بالإضافة إلى توفير الموارد التقنية و المالية لتعزيز تنمية مستدامة في البلدان الأخرى على اعتبار ذلك هو الاستثمار المستقبلي للعالم.
- **المساواة في توزيع الموارد:** حيث إن الوسيلة الناجعة للتخفيف من عبء الفقر وتحسين مستويات المعيشة أصبحت مسؤولية كل من البلدان الغنية والفقيرة، وتعتبر هذه الوسيلة، غاية في حد ذاتها، وتتمثل في جعل فرص الحصول على الموارد والمنتجات والخدمات فيما بين جميع الأفراد داخل المجتمع أقرب إلى المساواة. فالفرص غير المتساوية في الحصول على التعليم والخدمات الاجتماعية وعلى الأراضي والموارد الطبيعية الأخرى وعلى حرية الاختيار وغير ذلك من الحقوق السياسية، تشكل حاجزا هاما أمام التنمية. فهذه المساواة تساعد على تنشيط التنمية والنمو الاقتصادي الضروريين لتحسين مستويات المعيشة.
- **تقليص الإنفاق العسكري:** فالتنمية المستدامة يجب أن تعني في جميع البلدان بتحويل الأموال من الإنفاق على الأغراض العسكرية إلى الإنفاق على احتياجات التنمية. ومن شأن إعادة تخصيص ولو جزء صغير من الموارد المكرسة للأغراض العسكرية الإسراع بالتنمية بشكل ملحوظ. وعلى ذلك ينبغي تغليب الحلول الدبلوماسية السلمية على الحلول العسكرية لتجنب الإضرار بالموارد عند كل الأطراف.<sup>(١)</sup>

(١) انظر: خالد مصطفى قاسم، إدارة البيئة والتنمية المستدامة في ظل العولمة، الدار الجامعية، مصر، ٢٠٠٧ (٢٧ - ٣١).

## البعد الاجتماعي

تُعرّف التنمية البشرية على أنها عملية مجتمعية واعية ودائمة وموجهة وفق إرادة وطنية مستقلة من أجل إيجاد تحولات هيكلية وإحداث تغيرات سياسية واجتماعية واقتصادية تسمح بتحقيق نمو مطرد لقدرات المجتمع المعني وتحسين مستمر لنوعية الحياة.<sup>(١)</sup>

فالبعد الاجتماعي لمفهوم التنمية المستدامة من شأنه أن يضيف بعداً تنموياً ينطلق من ترقية الإنسان وتنميته وصولاً إلى تحقيق غاياته ورفاهيته، فالإنسان هو جوهر التنمية وهدفها النهائي من خلال تحسين أوضاع الفقر وتقليل عدد الأفراد الذين يعيشون دون خط الفقر، وتوفير الرعاية الصحية لجميع الأفراد من خلال العمل على تخفيض معدلات وفيات الأمراض ومحاربة سوء التغذية وتوفير الخدمات والمرافق الصحية والضرورية، إضافة إلى رفع مستويات الإنفاق على التعليم والحرص على مجانيته، والعمل على وضع سياسات واستراتيجيات وطنية لتشجيع التغيير في أنماط الاستهلاك غير المستدامة وتقليل الهوة بين الأغنياء والفقراء.

ويمكننا صياغة البعد الاجتماعي للتنمية المستدامة من خلال ما يلي:

- **تثبيت النمو الديموغرافي:** وذلك لأن النمو السريع يحدث ضغوطاً حادة على الموارد الطبيعية وعلى قدرة الحكومات على توفير الخدمات. كما أن النمو السريع للسكان في بلد أو منطقة ما يحد من التنمية، ويقلص من قاعدة الموارد الطبيعية المتاحة لإعالة كل ساكن.
- **أهمية توزيع السكان:** فالاتجاهات الحالية نحو توسيع المناطق الحضرية، ولاسيما تطور المدن الكبيرة لها عواقب بيئية ضخمة. فالمدن تقوم بتركيز النفايات والمواد الملوثة فتسبب في كثير من الأحيان في أوضاع لها خطورتها على الناس وتدمر النظم الطبيعية المحيطة بها. ومن هنا، فإن التنمية المستدامة تعني النهوض بالتنمية القروية النشيطة للمساعدة على إبطاء حركة الهجرة إلى المدن، وتعني اتخاذ تدابير سياسية خاصة من قبيل اعتماد الإصلاح الزراعي واعتماد تكنولوجيات تؤدي إلى التقليل إلى الحد الأدنى من الآثار البيئية للتحضر.
- **الاستخدام الكامل للموارد البشرية:** وذلك بتحسين التعليم والخدمات الصحية ومحاربة الجوع. ومن المهم بصورة خاصة أن تصل الخدمات الأساسية إلى الذين يعيشون في فقر مطلق أو في المناطق النائية؛ ومن هنا فإن التنمية المستدامة تعني إعادة توجيه الموارد أو إعادة تخصيصها لضمان الوفاء أولاً بالاحتياجات البشرية الأساسية مثل تعلم القراءة والكتابة، وتوفير الرعاية الصحية الأولية، والمياه النظيفة. والتنمية المستدامة تعني - فيما وراء الاحتياجات الأساسية - تحسين الرفاه الاجتماعي، وحماية التنوع الثقافي، والاستثمار في رأس المال البشري - بتدريب المربين والعاملين في الرعاية الصحية والفنيين والعلماء وغيرهم من المتخصصين الذين تدعو إليهم الحاجة لاستمرار التنمية.

(١) سحر قدوري الرفاعي، التنمية المستدامة مع تركيز خاص على الإدارة البيئية: إشارة خاصة للعراق، أوراق عمل المؤتمر العربي الخامس للإدارة البيئية، الصادر عن المنظمة العربية للإدارة، جامعة الدول العربية، المنعقد في الجمهورية التونسية في سبتمبر ٢٠٠٦ (٢٤).

- **الصحة والتعليم:** فالسكان الأصحاء الذين نالوا من التغذية الجيدة ما يكفيهم للعمل، ووجود قوة العمل الحسنة للتعليم، أمر يساعد على التنمية الاقتصادية. ومن شأن التعليم أن يساعد المزارعين وغيرهم من سكان البادية على حماية الغابات وموارد التربة والتنوع البيولوجي حماية أفضل.
- **أهمية دور المرأة:** فالمرأة هي المدبر الأول للموارد والبيئة في المنزل - كما أنها هي أول من يقدم الرعاية للأطفال - ومع ذلك فكثيرا ما تلقى صحتها وتعليمها الإهمال الصارخ مقارنة بصحة الرجال وتعليمهم. والمرأة الأكثر تعليما، لديها فرص أكبر في الحصول على العمل وارتفاع درجة الوعي والمساهمة في الإنتاج وتحسين استخدام الموارد بصورة أكبر من غيرها. ومن شأن الاستثمار في صحة المرأة وتعليمها أن يعود على القابلية للاستدامة بمزايا متعددة.
- **حرية الاختيار و الديمقراطية:** حيث يعتبر النمط الديمقراطي في الحكم القاعدة الأساسية للتنمية البشرية المستدامة في المستقبل، حيث أن السياسة جزء لا يتجزأ من النهوض بالتنمية، فالمجتمع عاجز عن المشاركة الفعالة في اتخاذ القرارات وتنفيذها كما في حالة الدول النامية يمثل عامل إخفاق لجهود التنمية نتيجة عدم إشراك الجماعات المحلية في قرارات التخطيط والإدارة.<sup>(١)</sup>

#### البعد البيئي

يركز البيئيون في مقاربتهم للتنمية المستدامة على مفهوم (الحدود البيئية) والتي تعني أن لكل نظام بيئي طبيعي حدودا معينة لا يمكن تجاوزها، وأن أي تجاوز لهذه الحدود يعني تدهور النظام البيئي بلا رجعة، وبالتالي فالتنمية المستدامة من الناحية البيئية تعني وضع الحدود أمام كل من الاستهلاك، والنمو السكاني، والتلوث، وأنماط الإنتاج الملوثة، واستنزاف الموارد الطبيعية بصفة عامة، وذلك من خلال الأسس والاعتبارات البيئية حيث نذكر منها:

- **قاعدة المخرجات،** وهي مراعاة تكوين مخلفات لا تتعدى قدرة استيعاب الأرض لهذه المخلفات أو تضر بقدرتها على الاستيعاب مستقبلا.
- **قاعدة المدخلات،** وتضم مصادر متجددة مثل التربة، والمياه، والهواء وكذلك مصادر غير متجددة مثل المحروقات. ويمكن الحفاظ على ذلك البعد الهام للتنمية المستدامة من خلال:
  - **حماية الموارد الطبيعية،** ابتداء من حماية التربة إلى الحفاظ على الأراضي المخصصة للأشجار وحماية مصائد الأسماك خاصة مع التوسع في الإنتاج لتلبية الحاجة السكانية المتزايدة، والحماية تعني الاستخدام الكفء مثل تبني الممارسات والتقنيات الزراعية المحسنة، والتي تزيد من مردودية الإنتاج، وذلك بتجنب الإسراف في استخدام الأسمدة الكيميائية و المبيدات لعدم تهديد الحياة البرية و البحرية وضمان سلامة الأغذية البشرية. أضف إلى ذلك فإن الفشل في صيانة الموارد الطبيعية التي تعتمد عليها الزراعة كفيل بحدوث نقص الأغذية في المستقبل، وبالتالي تهديد المجاعة لجزء كبير من سكان المعمورة.
  - **الحفاظ على المحيط المائي و صيانتته،** حيث تعاني أغلب الموارد المائية من الاستهلاك المسرف والتلوث عن طريق النفايات الصناعية والزراعية و البشرية. التنمية المستدامة تعني صيانة المياه

(١) انظر: خالد مصطفى قاسم، إدارة البيئة والتنمية المستدامة في ظل العولمة، الدار الجامعية، مصر، ٢٠٠٧ (٢٧ - ٣١).

عن طريق تحسين كفاءة شبكات المياه، وتحسين نوعية المياه السطحية واستغلالها بمعدل لا يحدث اضطراباً في النظم الأيكولوجية التي تعتمد عليها، وكذا استغلال المياه الجوفية بمعدل لا يفوق معدل تجددتها.

- حماية التنوع البيولوجي، ويقصد بذلك صيانة ثراء الأرض وتنوعها البيولوجي خاصة الغابات التي هي نظام بيئي شديد الصلة بالإنسان وتشمل الغابات ما يقارب ٢٨% من القارات ولذا فإن تدهورها أو إزالتها يؤدي إلى انعكاسات خطيرة في النظام البيئي منها انقراض الأنواع الحيوانية والنباتية. لذا فالتنمية المستدامة تعني صيانة ثراء هذه الأراضي وإبطاء عمليات الانقراض و تدمير الملاجئ و النظم الأيكولوجية، وإن أمكن وقفها.
- حماية المناخ من الاحتباس الحراري، حيث أحدثت الصناعة وبعض التقنيات الحديثة آثاراً سيئة في البيئة، مثل انبعاثات الغازات السامة و الأبخرة وإجراء تغييرات كبيرة في البيئة العالمية، ويتوقع العلماء إن آثار هذه الغازات قد ترفع درجة حرارة الكون بحلول منتصف القرن الحالي بين 2 درجة إلى 4 درجات مئوية والذي قد يؤدي إلى إحداث حالة من الفوضى البيئية المدمرة، والتي تؤدي إلى إحداث تغيير في أنماط سقوط الأمطار أو زيادة الأشعة فوق البنفسجية ويعني ذلك عدم الحفاظ على استقرار المناخ والنظم الفيزيائية و البيولوجية إضافة إلى تدمير طبقة الأوزون. التنمية المستدامة في المجال البيئي تعني الحيلولة دون زعزعة استقرار المناخ، أو النظم الجغرافية الفيزيائية والبيولوجية أو تدمير طبقة الأوزون الحامية للأرض من جراء أفعال الإنسان. ويتم ذلك من خلال تكييف النشاط البشري مع هذه المتطلبات.

### البعد التقني

يهتم هذا البعد بالبحث و التحول إلى تقنيات أكثر كفاءة، وأكثر استخداماً بشكل فعال في تحقيق الاستخدام الأمثل للموارد و الحفاظ عليها لصالح الأجيال الحالية و المستقبلية، وأقل تأثيراً سلبياً على البيئة. وأهم أعمال التنمية المستدامة ضمن هذا البعد التقني ما يلي:

- استخدام تقنيات محسنة نظيفة للحد من التدهور البيئي.
- الحد من انبعاث الغازات، وذلك عبر الحد بصورة كبيرة من استهلاك الوقود الاحفوري وإيجاد مصادر طاوقية بديلة متجددة، ذات نفقات مقبولة ومناسبة لإمداد المجتمعات الصناعية.
- الحيلولة دون تدهور طبقة الأوزون أو أجزاء النظام البيئي التي لا يمكن تعويضها.<sup>(١)</sup>

ولا شك أن الرافعة الأساسية للتقنية هو العلم والبحث العلمي، وكلما كانت الدولة أكثر تميزاً في هذا الجانب، كان الاهتمام أكبر بإدماج التقنيات الجديدة في مختلف الأنشطة الاقتصادية والاجتماعية والتنموية، بما يحقق أهداف التنمية المستدامة. وتنفق الدول المتقدمة ميزانيات ضخمة على البحث العلمي التقني للوصول إلى تقنيات تعود بالنفع على الاقتصاد والبيئة والمجتمع كله.

(١) تريكي عبد الرؤوف. مكانة الطاقة المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة (٢٦).



## البعد السياسي

يتحقق البعد السياسي للتنمية المستدامة من خلال تجسيد مبادئ الحكم الراشد وإدارة الحياة السياسية وفق مبادئ الشفافية والمشاركة في اتخاذ القرار وكبح الفساد، حيث تعد التنمية المستدامة مشروعا للسلام باعتبارها قاعدة الحوار بين الدول، حيث يرى العديد من المفكرين أن استدامة التنمية الفعلية تكمن في التقسيم الدولي العادل للثروة، وهو ما يفرض طلبات بيئية مختلفة وغير متساوية بين الدول الفقيرة والغنية.<sup>(١)</sup>

كما يتمثل البعد السياسي في التشريعات الصارمة التي تقرّها المنظمات الدولية للحفاظ على البيئة ومواردها، والإرادات السياسية التي ترعى التوجهات الدولية للتنمية المستدامة، وتنفيذها بكفاءة، وتتجنب كل ما من شأنه أن يضر بها أو يخالفها تحت ذرائع الرأسمالية المتعددة.

وتمثل الصراعات العسكرية والحروب الطاحنة في بقاع مختلفة من العالم تهديدا خطيرا للحياة الآمنة، ممثلة في صحة الإنسان وتعليمه، وتوفير المياه والغذاء والمسكن الآمن. يأتي دور السياسة التي تغلب لغة العقل، وترعى المصالح البيئية والجهود التنموية للدول.

## البعد الثقافي

كما أن بعض المختصين حاول إدماج بعدٍ خامس ضمن أبعاد التنمية المستدامة وسمي بالبعد الثقافي. وقد جاءت حتمية إدماج هذا البعد منذ سنة ٢٠٠٥ بعد المصادقة على الاتفاقية الدولية حول التنوع الثقافي.<sup>(٢)</sup>

وبالرغم من أن المقاربات السابقة للتنمية لم تأخذ في حسابها المكون الثقافي في المسيرة التنموية للشعوب، إلا أن الجو الذي لا يراعي الخصوصيات الثقافية من شأنه أن يسبب العديد من الاضطرابات والتوترات الاجتماعية والتي طالما تعيق مسار التنمية الشاملة المستدامة، حيث يسعى المدخل الثقافي للتنمية المستدامة إلى تحقيق التكامل في عمليات التنمية من خلال تمكين الأفراد والجماعات المحلية وتعبئة طاقاتهم، وسيادة مبادئ الحكم الراشد والديمقراطية الشعبية.<sup>(٣)</sup>

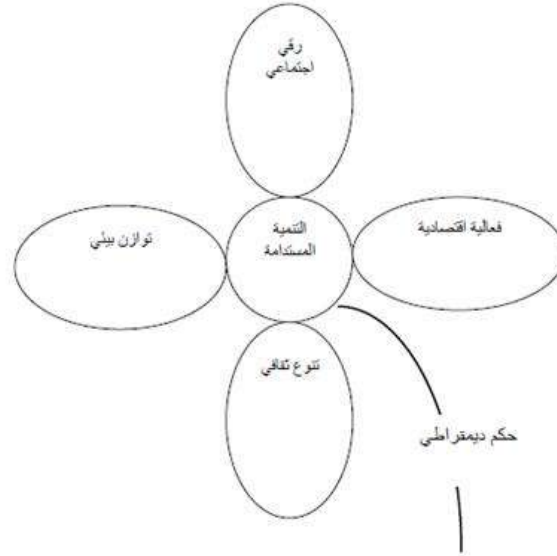
وقد تم تمثيل أبعاد التنمية المستدامة بعد إدماج البعد الثقافي وفق هذا الشكل<sup>(٤)</sup>:

(١) زاوية حلام، دور اقتصاديات الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة في الدول المغاربية (١٤٠).

(٢) انظر: العايب عبد الرحمن. التحكم في الأداء الشامل للمؤسسة الاقتصادية في الجزائر في ظل تحديات التنمية المستدامة (٢٩).

(٣) دور اقتصاديات الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة في الدول المغاربية، زاوية حلام (١٤١).

(٤) التحكم في الأداء الشامل للمؤسسة الاقتصادية في الجزائر في ظل تحديات التنمية المستدامة، العايب عبد الرحمن (٢٩)



المراجع: Développement durable et solidarité internationale : enjeux, bonnes pratiques, propositions pour un développement durable du sud et du nord, Haut conseil de la coopération internationale, Paris, France, juin 2006, page 15

## تحديات التنمية المستدامة ومتطلبات تحقيقها

### أولاً: تحديات التنمية المستدامة

لا بد أن نعلم أن التنمية عامة - والتنمية المستدامة خاصة - هي عملية وليست حالة، وبالتالي فإنها مستمرة ومتصاعدة وتخضع لاستراتيجيات موجهة طويلة المدى، تعبيراً عن تجدد احتياجات المجتمع وتزايدها. وهي - بالأساس - عملية مجتمعية، تساهم فيها كل الفئات والقطاعات والجماعات، ولا يجوز اعتمادها على فئة قليلة أو مورد واحد.

والسمة الأساسية التي تميّز عملية التنمية الشاملة المستدامة عن عملية النمو الاقتصادي هي إحداث تحولات هيكلية في بنية المجتمع كله، وهذه التحولات في الإطار السياسي والاجتماعي، مثلما هي في القدرة والتقنية والبناء المادي للقاعدة الإنتاجية.

وفي الواقع فإن معظم تقارير الدول التي تم تقديمها لسكرتارية الأمم المتحدة حول تنفيذ الحكومات لخطط التنمية المستدامة تركز على تعداد المشاريع التي تم تنفيذها والاتفاقيات التي تم توقيعها والمصادقة عليها، وكان معظم هذا التقييم نظرياً وإنشائياً ويخضع لمزاج المؤسسة التي تعد التقرير، وهي دائماً مؤسسة حكومية يهيمها التركيز على الإيجابيات وعدم وجود تقييم نقدي حقيقي. ولهذا حاولت لجنة التنمية المستدامة في الأمم المتحدة الوصول إلى مؤشرات معتمدة للتنمية المستدامة لكنها لم تنتشر على مستوى العالم حتى الآن.



كما لم يتم وضع دراسة مقارنة بين الدول في مجال التنمية المستدامة إلا من خلال مؤشرات الاستدامة البيئية للعام ٢٠٠٥ والتي وجدت الكثير من النقد المنهجي.<sup>(١)</sup>

لأجل ذلك كانت التحديات والمعوقات التي تواجهها استراتيجيات ومشروعات التنمية المستدامة حقيقية وكبيرة، وبحاجة إلى حلول جذرية من أجل إصلاح الحاضر وتأمين المستقبل، وفيما يلي نذكر أهم تلك التحديات:

### ١. الفقر والديون

حيث تستنزف الديون أجزاء كبيرة من ميزانيات الدول الفقيرة، مما يتسبب في عدم إيجاد خطط طموحة للتنمية المستدامة لعدم توفر التمويل اللازم. كذلك يكون الاهتمام في الدول الفقيرة - حتى لو توفرت الإرادة السياسية للخطط التنموية المستقبلية - متوجهاً إلى علاج المشكلات الحالية والانشغال بمتطلبات الحاضر.

وقد استفحلت حالة الفقر على المستويين العربي والعالمي، وتشير الإحصاءات إلى أن هناك ١٥% من سكان العالم في البلدان ذات الدخل المرتفع يستهلكون ٥٤% من مجموع الإنتاج العالمي، في حين أن ٤٠% من الفقراء في البلدان ذات الدخل المنخفض يستهلكون ١١% من الإنتاج العالمي، بحيث أصبح معدل الفقر يساوي دولاراً واحداً يومياً. فكان أن تراجعت مستويات التعليم والتأهيل، وادى هذا التراجع إلى عجز في الكوادر والكفاءات العلمية، والتي تعتبر الأساس في أي تنمية مستدامة.<sup>(٢)</sup>

ولقد عرف عدد الفقراء تزايداً ملحوظاً مما جعل من مكافحة الفقر الهاجس الأول بالنسبة للسياسات التنموية، و تحقيق تلك السياسات لا يتم إلا من خلال إحداث تغيير جوهري في السياسات الاقتصادية التجارية في العالم، بالإضافة إلى ضرورة إعطاء الأولوية عند تخصيص المساعدات التنموية للمناطق الأكثر فقراً في الدول النامية من أجل إخراجها من دائرة الفقر، وذلك من خلال الاستغلال الأمثل لهذه المساعدات التي يجب أن تساهم في تدريب السكان ورفع قدراتهم وكفاءتهم بشكل مستدام، بالإضافة إلى إعداد البرامج التنموية والصحية والتعليمية للشعوب الأقل نمواً، فالدول والمجتمعات المحلية والإقليمية والوطنية والمنظمات ذات الاختصاص، تشارك في المسؤولية على تفاوت بينها، وهي مطالبة بالمساهمة برعاية الطفولة والأمومة، وتأسيس البنى التحتية والمرافق، وذلك بتمويل برامج التنمية المستدامة، ووضع الخطط والسياسات الفاعلة في هذا المجال، وتقاس أهلية هذه الأطراف جميعاً كفاءتها بمقدار ما تقدمه من خدمات في هذه المجالات الحيوية، وبمقدار عنايتها بتطوير برامج العمل التنموي على المستويين الحكومي والشعبي و مؤسساته.<sup>(٣)</sup>

وتأتي الحروب والنزاعات المسلحة لتقضي على ثروات الأمم وتبدد مواردها، وتزيد الفقراء فقراً على فقرهم. وللأسف، يذكي أوار تلك الصراعات الدول المتقدمة، التي تجدها فرصة لرواج سوق السلاح الذي تصنعه في صورة تقضي على أي أمل في تلك الأقطار للتنمية المستدامة، بله التنمية أصلاً.

(١) محمد الأمين قرين. المؤشرات البيئية للتنمية المستدامة. بحث مقدم إلى مؤتمر التنمية المستدامة. جامعة سبها، ليبيا، ٢٠٠٨ (٩).

(٢) د. محمد مجيد محمود. التنمية المستدامة في الوطن العربي: المعوقات والمتطلبات. المجلة الليبية العالمية، جامعة بنغازي (٤).

(٣) تربيكي عبد الرؤوف. مكانة الطاقة المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة (٤٤).

## ٢. النمط الاستهلاكي

ويعد النمط الاستهلاكي لدى كثير من الأفراد والمؤسسات أحد التحديات الكبيرة للتنمية المستدامة، ويرجع ذلك إلى أسباب كثيرة منها توفر موارد الطاقة الملوثة للبيئة، وقلة الوعي بالأضرار البيئية، وضعف التعامل مع التقنيات الحديثة، وعدم وجود سياسات وتشريعات وحملات توعوية لترشيد الاستهلاك. إن الأنماط الاستهلاكية تمثل تهديدا كبيرا؛ إذ تكتفي الدول بجلب التقنيات والسلع لا السعي إلى توطئتها وإنتاجها، تلبيةً للاستهلاك المتزايد لدى المواطنين، ورغبة في الثراء الاقتصادي لدى فئات من المنتفعين.

إن السعي الدائم لتعظيم الرفاهية خاصة في الدول الصناعية نجم عنه استنزاف للموارد الطبيعية نتيجة للاستهلاك المفرط واللاعقلاني لها، وقد بينت دراسات قامت بها مؤسسات مختصة بالتنمية المستدامة أن العلم بحاجة إلى أربعة كواكب مثل كوكب الأرض لتوفير نفس مستوى الرفاهية السائد في الدول الصناعية لكافة سكان العالم، وهو ما يستلزم ضرورة تغيير السلوكيات المفرطة في الدول الصناعية للمساهمة في رفع مستويات المعيشة والحياة في الدول النامية.<sup>(١)</sup>

## ٣. التلوث

تعتبر مشكلة التلوث قنبلة سياسية و تنموية موقوتة، وحتى إن كانت القضية مؤجلة نوعا ما بالنسبة للدول الصناعية، إلا أنه لا بد من تكثيف الجهود من جميع الأطراف من أجل الوصول إلى استخدام مستدام للموارد. وظاهرة التلوث من أخطر الظواهر التي يتوجب إعطاؤها الاهتمام الكبير من إيجاد الحلول ملائمة ومستدامة تسمح بالمحافظة على البيئة، خاصة و إن تدهور البيئة لا يعيق فقط عملية التنمية من خلال الاستنزاف الكبير للموارد وتدهور الخدمات البيئية، و إنما أيضا لها تأثير مباشر على صحة وسلامة البشر وكافة المخلوقات والكائنات بالإضافة إلى النباتات على وجه هذا الكوكب.

وليس تضرر التلوث تتوقف عند تلويث الموارد البيئية كالماء والهواء، ولكنه يتعدى ذلك إلى الإضرار بالإنتاجية، حيث يكون مدمرا للأنشطة الاقتصادية، فعلى سبيل المثال، وضع تلوث الهواء قيودا على حركة الشاحنات والأنشطة الصناعية، وكم أدت تسريبات المفاعلات النووية إلى كوارث بيئية وصحية أضرت بالإنتاجية بشكل كبير. كما أن الأمطار الحمضية أضرت بالغابات مما بات يهدد صناعة الأخشاب والأثاث وما يرتبط بهما. كما أن الشركات الملوثة للبيئة أصبحت تتحمل التكاليف الإضافية، كما أصبحت مهددة من قبل المنظمات الدولية والشركات صديقة البيئة، وهي منظمات وشركات تتزايد فاعليتها في المجتمعات الحديثة.<sup>(٢)</sup>

## ٤. التغيرات المناخية

تعتبر ظاهرة التغير المناخي من أهم التحديات البيئية التي تواجه العالم خلال هذا القرن بالنظر إلى تزايد حدتها و انعكاساتها السلبية المتعددة، و هي ظاهرة ناجمة عن ارتفاع درجات حرارة الأرض الناجمة بدورها عن الاستخدام المكثف للوقود الاحفوري وانبعاثات الكربون، وعليه فإن مواجهة مثل هذه الكارثة

(١) السابق - نفس الصفحة.

(٢) د. نجم عبود نجم، البعد الأخضر للأعمال: المسؤولية البيئية لرجال الأعمال، الوراق للنشر والطباعة، عمان، ٢٠٠٨ (١٣٢).

البيئية يتطلب إحداث تغيير هيكلي في سياسات وتقنيات استخدام الطاقة، وخاصة التقليل من انبعاثات الكربون، وتطوير الطاقات المتجددة و النظيفة.

وقد أكدت الأبحاث والدراسات أن ارتفاع منسوب مياه البحر - الناتج عن ارتفاع درجة حرارة الأرض وذوبان المناطق القطبية الجليدية - سوف يؤدي إلى غرق الكثير من الأراضي الزراعية الخصبة والمأهولة خلال العقد القادم، وسيؤدي أيضا إلى تغير كبير في خريطة التوزيع الجغرافي للمحاصيل الزراعية فضلا عن نقصها بشدة.

وقد تؤدي التغيرات المناخية إلى غرق بعض المناطق المنخفضة، وزيادة معدلات نحر الشواطئ وتغلغل المياه المالحة في التربة وزيادة معدلات تملح الأراضي الساحلية، وارتفاع مستوى المياه الجوفية، وتأثر الإنتاج السمكي كنتيجة لتغير الأنظمة الأيكولوجية في المناطق الساحلية. كما يتبع ارتفاع درجات الحرارة مشكلات صحية واقتصادية كثيرة.<sup>(١)</sup>

#### ٥. التصحر وندرة المياه

يمثل التصحر أحد التحديات الهامة التي تهدد مساحات واسعة من العالم حيث نجد أن التصحر يمتد إلى حوالي ٣٠٪ من الأراضي في العالم، وهو ما أدى إلى تدمير القاعدة الإنتاجية للمجتمعات الريفية والمحلية في معظم بلدان العالم الثالث، واستعادة خصائص التربة الإنتاجية يتطلب بذل مجهود إضافي في الاستصلاح في الدول النامية و دعم سياسي حكومي من طرف حكوماتها، كما يتطلب دعما ماليا من طرف الدول الصناعية والدول الغنية.<sup>(٢)</sup>

كما يمثل شح المياه وندرتها نتيجة النمو الديموغرافي والاقتصادي تحديا كبيرا للتنمية المستدامة، ومعظم الدول العربية تقع في مناطق فقيرة مائيا، وهو ما يشكل عائقا أمام النشاط الزراعي والصناعي، كما يمثل عبئا كبيرا على الاقتصاديات النامية نتيجة تكلفة مشروعات تحلية مياه البحر وتطبيق وسائل الري الحديثة التي تقلل من هدر المياه.

ويضيف البعض إلى هذه التحديات تحدي (الكثافة السكانية)، إلا أننا لا نميل إلى هذا الرأي؛ حيث الإنسان صانع التنمية ومحورها الرئيس، والتنمية المستدامة لا يتحداها فقر الموارد الاقتصادية والطبيعية قدر ما يكون التحدي في العقول والإرادات وحسن الإدارة والتنظيم للموارد المتاحة. والواقع المشاهد اليوم يبين أن أمما تعدى عدد سكانها المليار نسمة، وتقطع اشواطاً نحو التنمية المستدامة والاقتصاد النظيف. وهناك أمم لا يتجاوز تعداد سكانها بضعة ملايين، وترزح في نير التخلف والفقر وتبديد الموارد الاقتصادية، بل والثروات البشرية أيضا.

(١) سمر خيري غانم. معوقات التنمية المستدامة في العالم الإسلامي، ٢٠١٢،

(٢) تريكي عبد الرؤوف. مكانة الطاقة المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة (٤٦).

## ثانياً: متطلبات تحقيق التنمية المستدامة

التنمية المستدامة هي تطلُّع عالمي يتطلَّب تعاوناً دولياً ومسؤولية مشتركة لتحقيق المزيد من المنفعة المشتركة. وقد أكدت الإعلانات العالمية المتتالية ووثائق السياسات التي صدرت منذ مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية الذي عقد في ريو دي جانيرو، البرازيل، في عام ١٩٩٢، أن التنمية المستدامة تمثل خطة عالمية. وفي الفقرة ٢٤٧ من الوثيقة الختامية لمؤتمر الأمم المتحدة بشأن التنمية المستدامة (المستقبل الذي نصبو إليه)، دعا رؤساء الدول والحكومات والممثلون رفيعو المستوى إلى أن تكون الأهداف ذات طابع عالمي وقابلة للتطبيق على نحو شامل في جميع البلدان مع مراعاة الظروف والقدرات ومستويات التنمية الوطنية المختلفة.

## (١) توزيع الأدوار

ولتحقيق التنمية المستدامة بمفهومها ومنهجها الشمولي لا بد من وجود إرادة سياسية للدول، وكذلك استعداد لدى المجتمعات والأفراد لتحقيقها، فالتنمية المستدامة عملية مجتمعية يجب أن تساهم فيها كل الفئات والقطاعات والجماعات بشكل متناسق، ولا يجوز اعتمادها على فئة قليلة، ومورد واحد. فبدون المشاركة والحريات الأساسية لا يمكن تصوّر قبول المجتمع بالالتزام الوافي بأهداف التنمية وبأعبائها والتضحيات المطلوبة في سبيلها، أو تصوّر تمتعه بمكاسب التنمية ومنجزاتها إلى المدى المقبول، كما لا يمكن تصوّر قيام حالة من تكافؤ الفرص الحقيقي وتوفّر إمكانية الحراك الاجتماعي والتوزيع العادل للثروة والدخل. وفيما يلي تحديد للأدوار المهمة المطلوبة لتحقيق التنمية المستدامة:

## دور الفرد في التنمية المستدامة :

إن التنمية في فلسفتها مفهوم أخلاقي، فهي تعتمد على تغير في أنماط السلوك بحيث يتحمل الفرد مسؤولية الشعور بالآخرين من حوله وكذلك بمن سيأتي بعده. فالتنمية المستدامة محورها هو الإنسان وتوفير الحياة الأفضل له، وبالتالي فإن كل إنسان أيا كان موقعه سواء المواطن الذي يراعي احتياجاته واحتياجات أبنائه وجيرانه والمحيط الذي يعيش فيه أو كان الموظف الذي يؤدي واجبه بأمانة لتحقيق الأفضل لكل المستفيدين من خدماته أو على مستوى صانع القرار أو واضع السياسة التي من شأنها ضمان رغد العيش والقدرة على تلبية الاحتياجات للحاضر والمستقبل. فطالما محور التنمية المستدامة هو الفرد واحتياجاته فإن الفرد أيضاً هو الأساس في بناء هذه التنمية.

على المؤسسات الحكومية والأهلية تبني سياسات توعوية وإعلامية تحفز الأفراد نحو الاضطلاع بأدوارهم في الحفاظ على البيئة، والترشيد من الاستهلاك، والوعي بأهمية الطاقة النظيفة وجدواها إلى غير ذلك من الأدوار التي تحقق أهداف التنمية المستدامة.

## دور الأسرة والمجتمع في التنمية المستدامة:

للأسرة دور كبير في تنشئة جيل واعٍ ومنتمٍ إلى مجتمعه وبلده يحرص على أن يتمتع الجميع بمستوى عيش مقبول ومرح، والأسرة هي الكيان القدوة للسلوك الذي يكتسبه الفرد منذ الصغر، فإذا كانت الأسرة

حريصة على محيطها وبيئتها فإن أفرادها سيكونون كذلك. فالأسرة هي المعلم الأول لمبادئ التنمية المستدامة من حيث صقل وزيادة الوعي والإدراك للحرص على آخرين كما نحرص على أنفسنا.

ويؤدي المجتمع دوراً بالغ الأهمية في معالجة قضايا البيئة والتنمية المستدامة، فالمجتمع هو المحرك الأساسي والمحور في عملية التنمية المستدامة، وذلك من خلال وجود مجتمع واعٍ ومتفهم لحقوق الجميع وواجباته، وتحقق فيه المساواة والعدالة الاجتماعية، وفي نفس الوقت يهتئ أجيالاً تحافظ على بيئتها ومحيطها، وتحرص على أن يتمتع الجيل القادم بما تمتعوا فيه في بيئة سليمة.

ويقع على المجتمع دور هام في خلق البيئة الاستثمارية لنمو اقتصادي مستدام من خلال مبادرات المجتمع من النشاطات الاقتصادية والاجتماعية التي تهدف لزيادة الدخل. وقد شهدت السنوات الأخيرة زيادة ملحوظة في دور وقدرات ومشاركات تنظيمات المجتمع المدني، الأمر الذي يسלט الضوء على ضرورة أن تعمل الحكومات والمنظمات الدولية على تمكين وتعزيز مشاركة هذه التنظيمات في نشاطاتها في المسائل البيئية لتحقيق التنمية المستدامة، و تفويض السلطة للمجتمع لكي ينمي نفسه بنفسه ويستطيع أن يواصل أمور التنمية وأن يكون متفهماً لكل جوانبها.<sup>(١)</sup>

وينهض المجتمع المدني بدور هام، حيث يلفت أنظار السياسيين إلى القضايا البيئية الناشئة، والتوعية الجماهيرية، وترويج الأفكار والنهج الابتكارية، والدعوة إلى الشفافية والنشاطات غير الفاسدة في مجال صنع القرارات البيئية.

### دور المرأة في التنمية المستدامة:

من متطلبات التنمية المستدامة؛ مشاركة المرأة في حركة التنمية، بما أنها تشكل نصف تعداد السكان. وقد أطلقت المنظمات الدولية وفي مقدمتها الأمم المتحدة ومنظمة العمل الدولية شعاراً عالمياً جديداً هو (المرأة شريك في التنمية).

وتشير الأرقام إلى أن مساهمة المرأة في النشاط الاقتصادي في العالم تختلف من منطقة إلى أخرى ومن دولة إلى أخرى، حيث تعمل المرأة حوالي ٤٤٪ من إجمالي ساعات العمل في أفريقيا عموماً، وذلك راجع لعملها الرئيسي في الزراعة والخدمات، كما أن المرأة في أفريقيا لا تسهم سوى بنسبة ١٧٪ من إجمالي ساعات العمل في الصناعة، أما في أمريكا اللاتينية فإن مساهمة المرأة أقل كثيراً حيث لا تتجاوز نسبة ٢٨٪ من إجمالي ساعات العمل، وأن أكبر مساهمة لها في قطاع الخدمات، أما في آسيا فإن المرأة تسهم بحوالي ٣٦٪ من مجموع ساعات العمل، وتتساوى مساهمتها في الصناعة والخدمات والزراعة مع مساهمة الرجل.<sup>(٢)</sup>

(١) ريمان محمد ربحان، تنمية المجتمعات الجديدة. التمكين كأداة فاعلة في عمليات التنمية الحضرية المستدامة، رسالة دكتوراه، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، ٢٠٠٢ (١٤٢).

(٢) هبة أحمد نصار وصالح زرنوقة، المرأة والتنمية: الآفاق والتحديات، مركز دراسات وبحوث الدول النامية، ١٩٩٩ (١٥).

أما في الوطن العربي فإن الأرقام تشير إلى أن المساهمة الاقتصادية للمرأة العربية منخفضة مقارنة ببقية مناطق العالم، حيث تبلغ مساهمة المرأة العربية في ساعات العمل في المتوسط حوالي ٢٠ ٪، وإن كانت هذه البيانات لا تعكس المدى الحقيقي لمشاركة المرأة العربية في النشاط الاقتصادي، وذلك لسببين أساسيين هما:

حوالي ٦٠ ٪ من إجمالي الأيدي العاملة النسائية في الريف العربي يعملن في الزراعة لحساب أسرهن العربية بدون أجر، وأن هذه النسبة ترتفع في دول مثل المغرب لتصل إلى ٨٤ ٪، وفي تونس إلى ٧٤ ٪، أما في سوريا فإنما يقرب من ٤٠ ٪ من النساء العاملات في القطاعين الريفي والحضري عاملات بدون أجر مباشر.

طبيعة عمل المرأة في الدول النامية عامة؛ وفي الدول العربية خاصة، تختلف عنها في البلدان الصناعية، والتي تتوفر لدى المرأة فيها الأجهزة التي تسهل عليها الأعمال الشاقة، وأيضاً يمكنها شراء سلع استهلاكية وخدمات تتضمن بالفعل الكثير من مراحل الإعداد السابقة التي يتعين على المرأة العربية أن تؤديها بنفسها فيما يعرف بالتصنيع المنزلي والصناعات اليدوية؛ ولذلك تشير دراسة أكاديمية أجريت بالتعاون مع جامعة الدول العربية أن معدل مشاركة المرأة العربية في الأنشطة الاقتصادية - وخاصة في الريف - تصل إلى حوالي ٧٠ ٪. إذا أخذ في الحسبان كل الأعمال التي تقوم بها المرأة العربية سواء بأجر مباشر أو بأجر غير مباشر يذهب لصالح الأسرة كلها.<sup>(١)</sup>

يمكن للمرأة أن تضطلع بأدوار أكبر في عملية التنمية المستدامة من خلال التنشئة الاجتماعية على قيم تنموية تدعو إلى الإنتاج وتحارب الإسراف وزيادة النفقات على الكماليات والتحسينات غير الضرورية، كما أن دورها باعتبارها قوة إنتاجية كبيرة خاصة في المجتمعات الريفية لا يمكن أن يُنكر.

#### دور القطاع الخاص في التنمية المستدامة:

تمثل السياسات الاستثمارية والتنموية للقطاع الخاص داعماً أساسياً لبرامج التنمية المستدامة، وقد ظهر القطاع الخاص كطرف عالمي فاعل له تأثيره الهام على الاتجاهات البيئية من خلال ما يتخذ من مقررات بشأن الاستثمار والتقنية؛ وتستطيع الحكومات أن تؤدي، في هذا الشأن، دوراً حاسماً في إيجاد البيئة المواتية. وينبغي زيادة القدرات المؤسسية والتنظيمية التي تسمح للحكومات بالتفاعل مع القطاع الخاص. كما يتعين العمل على زيادة الالتزام من جانب القطاع الخاص بحيث تتولد عنه ثقافة جديدة تدل على مسؤوليته نحو البيئة من خلال تطبيق مبدأ "الملوث يدفع"، ومؤشرات الأداء البيئي، والإبلاغ عن هذا الأداء، وإتباع نهج تحوطي في اتخاذ المقررات بشأن الاستثمار والتقنية. ويجب أن يرتبط هذا النهج بتنمية التقنيات الأقل تلويثاً والأكثر ترشيداً، لتسخير الموارد لخدمة الاقتصاد الذي يشمل دورة الحياة بأكملها وكذلك ببذل الجهود التي تيسر نقل التقنيات السليمة بيئياً.<sup>(٢)</sup>

(١) التنمية المستدامة في الوطن العربي بين الواقع والمأمول، دراسة ضمن سلسلة (نحو مجتمع المعرفة) صادرة عن جامعة الملك عبد العزيز، السعودية، الإصدار ١١، ١٤٢٧هـ (٣٣، ٣٤).

(٢) التنمية المستدامة ومتطلبات تحقيقها، د. عبد الرحمن محمد الحسن، بحث مقدم للملتقى الاستراتيجية الحكومة في القضاء على البطالة وتحقيق التنمية المستدامة، جامعة المسيلة ١٥ - ١٦ / ١١ / ٢٠١١ (١٠، ١١).

وقد يهدف القطاع الخاص إلى الربح والنمو الاقتصادي بشكل أساسي، وهنا يأتي دور المشرع القانوني ليحدد السياسة التي ينبغي أن يسير عليها القطاع الخاص ليؤدي دوره الاجتماعي، حيث برز مصطلح (المسؤولية الاجتماعية للقطاع الخاص) ليؤكد على الاتفاق بينه وبين تحقيق أهداف التنمية المستدامة. هذه الشراكات من شأنها أن توفر البيئة المناسبة التي تحقق الأسس الأولية التي يبني عليها صرح التنمية المستدامة في أي مجتمع من المجتمعات.

#### الدور الحكومي في التنمية المستدامة:

وحيث أن الحكومة هي راسمة السياسات وصانعة القوانين والقرارات، فمن أهم شروط تحقيق التنمية المستدامة هو أن تكون هذه السياسات وما يتبعها من خطط ذات شمولية وتكامل، بحيث لا تتعارض قوانين وتشريعات مؤسسة أو وزارة مع غيرها بل على العكس تكون في مجملها ضمن إطار وضع هذه السياسات مراعاة لجوانب ومناحي التنمية المستدامة، فلا يتم فصل الجانب البيئي والاجتماعي عن الخطط الاقتصادية والاقتصاد ولا ينفصل عن العمل البيئي والاجتماعي.

والدور المركزي للحكومة ومؤسساتها هو لعب الدور الرقابي والمتابع لكافة نواحي التنمية من خلال كوادرات مؤهلة تعي مفاهيم التنمية المستدامة وتطبيقاتها ضمن برامج واضحة ومحددة، ويكون كل منها داعماً ومكملاً للآخر. كذلك يقع على عاتق الجهاز الحكومي كما هي العناية بالوضع الداخلي للتنمية أن يكون منسجم مع التوجهات العالمية لتحقيق التنمية المستدامة من خلال المشاركة في الاتفاقيات والمواثيق الدولية التي تحقق هذه الغاية وعكس هذا التوجه على الوضع المحلي من خلال وضع استراتيجيات وطنية للتنمية المستدامة يضعها ويطبّقها كافة أجهزة الدولة ومؤسساتها وتكون المرجع للنهوض بالتنمية المستدامة وتطبيقاتها على كافة مفاصل العمل الحكومي ابتداءً من الموظف وانتهاءً بالمؤسسة التي يعمل بها.

#### (٢) اتباع توجيهات المنظمات الدولية المعنية

ومن المهم لتحقيق متطلبات التنمية المستدامة في أي مجتمع توجيه العناية للدراسات والتقارير المعدة بواسطة خبراء عالميين لحساب المؤسسات الدولية كالأمم المتحدة، والهيئة الدولية لتغير المناخ، والهيئة الدولية للتنمية المستدامة. فهي دراسات وتقارير قائمة على تشخيص حقيقي لمشكلات الواقع، ومن ثم كيفية التعامل معه.

وتمثل خطة عام ٢٠٣٠ تحولاً نموذجياً للاستعاضة عن النموذج الاقتصادي الحالي القائم على النمو بنموذج جديد يهدف إلى تحقيق اقتصادات ومجتمعات مستدامة ومنصفة في جميع أنحاء العالم وضمان المزيد من المشاركة العامة في صنع القرار، بما يتماشى مع المبدأ ١٠ من إعلان ريو (في ريو دي جانيرو بالبرازيل عام ١٩٩٢) بشأن البيئة والتنمية. وهي خطة تهدف إلى معالجة الأسباب الجذرية لأنماط الاستهلاك والإنتاج غير المستدامة وتحولها إلى أنماط حياة وسبل عيش مستدامة تعود بالنفع على الجميع. وتعتبر البيئة التي يعتنى بها جيداً أمراً حاسماً لتحقيق الاستدامة وبقاء الجنس البشري.

ويمكن تحقيق القضاء على الفقر - الذي جعلته وثيقة أهداف التنمية المستدامة هدفاً أول - عن طريق دمج التنمية الاقتصادية والحماية الاجتماعية والصحة البيئية. فالفقر البيئي الناتج عن عدم إمكانية الوصول إلى الأصول الطبيعية، وسوء إدارة الموارد وتدهور النظم الإيكولوجية والتلوث، يؤدي إلى مزيد من الضعف وفقدان المجتمعات المحلية لقدرتها على الصمود. وسيؤدي تزايد عدد سكان العالم إلى زيادة صعوبة توفير الخدمات الأساسية للفقراء.

وترتبط حقوق الإنسان ارتباطاً وثيقاً بالبيئة من خلال حق كل مواطن في بيئة نظيفة وصحية ومنتجة. وتتعلق التنمية المستدامة، التي ترتبط بالوصول إلى الموارد الطبيعية في خطة عام ٢٠٣٠، بالقدرة على تلبية الاحتياجات الأساسية للجميع، وتمديد الفرصة للجميع لتحقيق تطلعاتهم في العيش بكرامة.

وتشتمل أكثر من نصف الأهداف والمقاصد على تركيز بيئي أو تتناول استدامة الموارد الطبيعية، بيد أن تحقيق التغييرات التحويلية التي تتوخاها خطة عام ٢٠٣٠ سيتطلب نهجاً متكاملًا في جميع الأهداف السبعة عشر. وعلى سبيل المثال، يتطلب بناء القدرة على الصمود والحد من الضعف في التجمعات البشرية (الهدف ١) الحصول على الغذاء (الهدف ٢)، ونظم إنتاج غذائي مستدامة (الهدف ٧)، والحد من الخسائر الناجمة عن الكوارث (الهدف ١١)، وزيادة القدرة على الصمود أمام تغير المناخ (الهدف ١٣).

وتشير تقديرات الفريق الدولي المعني بالموارد لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة إلى أن استهلاك الموارد الطبيعية سوف يتضاعف ثلاث مرات بحلول عام ٢٠٥٠. وسيتعين على مسارات التنمية المستدامة أن تحافظ على رأس المال الطبيعي وتعززه، وتعيد، عند الضرورة، بناءه باعتباره أصلاً اقتصادياً حرجاً ومصدراً للمنافع العامة.

كما ستكون هناك حاجة إلى مؤشرات جديدة، مثل مؤشر الثروة الشاملة،<sup>(١)</sup> التي تنظر أبعد من علوم الاقتصاد التقليدية فيما يتعلق باستخدام الموارد والتنمية (مثل الناتج المحلي الإجمالي ومؤشر التنمية البشرية). وتراعي هذه المؤشرات رأس المال المصنَّع والبشري والطبيعي وتوفر تقييماً أكثر واقعية لثروة الدولة واستدامة نموها.

وتدعو خطة عمل أديس أبابا وخطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠ إلى إنشاء آلية لتيسير التقنية على أساس التعاون بين الدول الأعضاء، والمجتمع المدني، والقطاع الخاص، والمجتمع العلمي وكيانات الأمم المتحدة وأصحاب المصلحة الآخرين. وتمت الموافقة على الآلية في أيلول/سبتمبر ٢٠١٥، وتتألف من فريق عمل مشترك بين وكالات الأمم المتحدة معني بتسخير العلم والتقنية والابتكار لأغراض أهداف التنمية المستدامة؛ ومنتدى تعاوني سنوي متعدد أصحاب المصلحة معني بتسخير العلم والتقنية والابتكار؛ ومنصة على الإنترنت كجوابة للحصول على معلومات عن مبادرات وآليات وبرامج العلم والتقنية والابتكار.<sup>(٢)</sup>

(١) مؤشر الثروة الشاملة هو مبادرة مشتركة لبرنامج الأبعاد البشرية الدولية وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة بالتعاون مع منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة.

(٢) تحقيق خطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠. مذكرة معلومات للمدير التنفيذي، جمعية الأمم المتحدة للبيئة التابعة لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، الدورة الثانية، نيروبي، ٢٣ - ٢٧ أيار/مايو ٢٠١٦ (١٤).



### (٣) عناصر نظرية التنمية المستدامة

تقوم نظرية التنمية المستدامة على عناصر أربع هي: الحاجات الأساسية للإنسان خاصة في البلدان النامية، وضبط حجم السكان، والحفاظ على الموارد الطبيعية و أخيرا توجيه التقنية نحو تحقيق نمو مستدام.

أولاً: الحاجات الأساسية: تنطلق التنمية المستدامة من التزام أسامي بتلبية الحاجات الأساسية للسكان المتزايدين في البلدان النامية في شتى أنحاء العالم، إذ يعتبر النهوض بمستوى المعيشة ومكافحة الفقر نقطة البدء في هذه النظرية، ويمكن تقسيم الحاجات الأساسية التي يجب تحقيقها لكل مواطن، والذي يتم أي هذا التحقيق من خلال مكافحة الفقر إلى ما يلي:

- حاجات مادية: تشمل الغذاء، الكساء، و السكن.
  - حاجات أساسية: تشمل التعليم، الصحة، الثقافة، النقل والاتصال.
  - حقوق عامة للمواطنين: مثل احترام الذات، العدالة، حرية الاختيار و الحقوق الديمقراطية مثل حق المواطنة (حق المشاركة السياسية و إبداء الرأي في مختلف أمور المجتمع).<sup>(١)</sup>
- إن النمو بحد ذاته لا يمكنه ضمان توفير الاحتياجات الأساسية، ولابد من انتهاز نوع جديد من النمو الاقتصادي الذي يمكن من تغطية الاحتياجات الأساسية من خلال إعادة توزيع الموارد ضمن القطاعات الاجتماعية، وكذا إعادة توجيه النمو من أجل تحقيق مشاركة المحرومين.

ثانياً: ضبط حجم السكان: من بين المتطلبات التي لا بد من تحقيقها من أجل التنمية المستدامة، هو تحقيق نمو سكاني مستقر ومتلائم مع قدرة النظام البيئي. بتعبير آخر، لابد أن لا يفوق معدل النمو السكاني معدل توفر خدمات النظام البيئي، نظراً للانعكاسات السلبية التي يخلفها النمو السكاني المتزايد.

إن مشكلة النمو السكاني لا تبرز فقط من جانب تزايد الحجم الكلي للسكان، و إنما أيضاً عدم تناسق و توازن هذا النمو ما بين الدول المتقدمة و النامية، فهذه الأخيرة هي التي تعرف نسبة التزايد الأكبر، بحيث نجد في البلدان المتقدمة معدل نمو سكاني يقل عن ١٪، و مرد هذا الانخفاض إلى انخفاض معدل المواليد، بسبب ارتفاع مستويات الدخل والسعي نحو المزيد من الرفاهية بالإضافة إلى تغير وضع المرأة، حيث انه من المتوقع أن يرتفع عدد السكان في الدول المتقدمة من ١.٢ مليار نسمة عام ١٩٧٥ إلى ١.٤ مليار نسمة عام ٢٠٥٠ ، بالموازنة يزيد عدد سكان البلدان النامية من ٣.٨ إلى ٦.٧ مليار نسمة، و هو ما يشكل ضغطاً متزايداً على الجهود المبذولة للحاق هذه الدول بركب الدول المتقدمة. بالإضافة إلى ذلك تبرز مشكلة أخرى في هذه الدول و هي مشكلة النمو غير المتوازن بين مناطق الحضر و مناطق الريف، والهجرة المتزايدة التي تخلق ضغوطاً كبيرة في المدن و محيطها.

ثالثاً: الحفاظ على الموارد الطبيعية: إن المتمتعين في متطلبات أو فروض نظرية التنمية المستدامة قد يجد أنه هناك نوع من التنافس بين فرض تلبية الحاجات الأساسية وفرض الحفاظ على الموارد الطبيعية على اعتبار أن

(١) ياسمينه زرنوح. إشكالية التنمية المستدامة في الجزائر: دراسة تقييمية. مذكرة ماجستير، جامعة الجزائر، ٢٠٠٦ (١٠٧).

تلبية الحاجات الأساسية يستلزم زيادة في إنتاج السلع والخدمات، ومن ثم استنزاف أكثر للموارد الطبيعية. إلا أن هذا لا يعني عدم إمكانية الجمع ما بين هذين الفرضين، وذلك من خلال التخصيص الكفء لاستخداماتها، وكذا إعادة توجيه الاستثمارات والابتكارات التقنية للحفاظ عليها مع إحداث تغيرات جذرية في مستويات استهلاكها.

لا بد من مضاعفة الجهود من أجل الحفاظ على موارد البيئة من ماء وهواء وأرض زراعية ومصادر للطاقة وثروة حيوانية وغيرها من خلال اتفاقات تعاونية دولية يتم فيها تغليب المصالح العليا للكوكب فوق المكاسب المادية لبعض الأطراف، والتي تعود في النهاية بالضرر المستقبلي على الجميع.

رابعاً: توجيه التقنية: تستوجب التنمية المستدامة تغيير اتجاه التقنية لتولي العوامل البيئية اهتماماً أكبر، و يندرج ضمن هذا الإطار أيضاً التقنيات المطبقة في البلدان المتقدمة والتي لا تتواءم مع الظروف الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للبلدان النامية. إن التقنيات الواجب تطويرها هي تقنيات تأخذ بعين الاعتبار الجوانب البيئية، ومن أجل تعزيز ذلك يتوجب إيجاد مؤسسات قومية أو دولية تقوم بتقدير الآثار المحتملة لتقنيات جديدة قبل استخدامها لضمان أن لا يؤدي إنتاجها أو استخدامها إلى الإضرار بالبيئية.

و في نفس السياق يجب على السياسات الاقتصادية أن تعمل على تغيير نمط وأساليب الإنتاج المتبعة بما يتوافق وحماية الموارد النادرة، وبما يسمح لها من جهة بتحسين نوعية البيئة ومن جهة ثانية المحافظة على النمو الاقتصادي، وتحسين مستوى الدخل الذي يمكن النظر إليه على أنه يسمح بتحسين نوعية البيئة، لأن الدخل المرتفع يسمح بتوفير خدمات الصرف الصحي واستيعاب المخالفات وغيرها إلا أنه يمكن النظر إليه من زاوية أخرى، وهي أن ارتفاع الدخل قد ينجم عنه تفاقم وزيادة في المخالفات ومنه ارتفاع تكاليف معالجة التلوث، وهنا نشير أنه يجب العمل على توجيه التقنية وتعزيز الشعور بالمسؤولية نحو البيئة بما يسمح بتحقيق نمو اقتصادي من جهة والحفاظ على البيئة من جهة ثانية.

## المراحل التاريخية لتطور مفهوم التنمية المستدامة

### أولاً: ما قبل (التنمية المستدامة)

جرى الربط بين التنمية والتقدم الاقتصادي بمعنى القدرة على الحصول على مزيد من السلع والخدمات التي تشبع حاجات الإنسان التي تتنامى بصورة مستمرة في خمسينيات القرن الماضي، وتحدد الاتجاه إلى النمو الاقتصادي في الناتج القومي ومقارنته بنمو السكان لقياس نصيب الفرد من السلع والخدمات مؤشراً على النمو والتنمية<sup>(١)</sup>. ولم تكن القضايا البيئية حاضرة في أذهان صانعي القرارات ولا في خططهم في تلك الفترة.

(١) انظر: الإمام محمد محمود. السكان والبيئة والتنمية. التطور التاريخي، الموسوعة العربية للمعرفة من أجل التنمية المستدامة، المجلد الأول، الدار العربية للعلوم - ناشرون بموجب اتفاق مع منظمة اليونسكو والأكاديمية العربية للعلوم، الطبعة الأولى، بيروت، ٢٠٠٦. (٣٤٨).



وفي الستينات، أدى الاهتمام بتوفير الغذاء لمواجهة الانفجار السكاني الذي أعقب الحرب العالمية الثانية إلى الدعوة إلى إجراء إصلاحات مؤسسية لتلبية متطلبات تسريع عملية التنمية، واتجه التفكير إلى قياس طاقة الحمل (Carrying Capacity) وهي أقصى قدر من الضغط يتحملة نظام بيئي قبل تحوله إلى حالة مغايرة، ويستخدمه البيولوجيون للدلالة على الحد الأقصى لعدد الحيوانات الذي يمكن لنظام إيكولوجي معين تحمله بصورة مستدامة، فاتجه الاهتمام إلى القضايا الاجتماعية من خلال زيادة قدرة النظام الاجتماعي وهيكل المؤسسات والخدمات والسياسات على استخدام الموارد في توليد تغيرات مواتية في مستويات المعيشة من خلال توزيع أفضل للدخل والثروة والفرص، وظهرت اتجاهات مناهضة بحرية الأفراد وتمكين المرأة ومكافحة الفقر.<sup>(١)</sup>

نلاحظ هنا بداية اهتمام منظري التنمية بقضايا اجتماعية وبيئية إلى جانب القضايا الاقتصادية، وإدراك قصور مفهوم (التنمية الاقتصادية) عن الوصول إلى تنمية شاملة تصل إلى حالة الرفاه والرخاء، وإدراك التداخل بين أبعاد التنمية المختلفة. وكانت هناك حاجة إلى إدخال مصطلحات جديدة إلى ميدان التنمية.

#### ثانياً: تاريخ التنمية المستدامة

كانت مجموعة الدراسات المترتبة علي مشروع (المأزق الذي يواجه الجنس البشري) بأكاديمية (دي لينشي) بروما عام ١٩٦٨، والهادف إلى دراسة المشكلات المعوقة للجنس البشري مثل الفقر، وتدهور البيئة، والهجرة من الريف إلى الحضر، ورفض القيم التقليدية وغيرها قد خلصت إلى وضع نظرية سميت المعروفة بنظرية حدود النمو<sup>(٢)</sup>، والتي انتهت إلى أن استمرار استنفاد الموارد الطبيعية سوف يدفع إلى انهيار مفاجئ في قدرة البيئة علي الوفاء باحتياجات التقدم، وان تلافي خطورة هذا الأمر يتطلب إحداث نوع من التوازن البيئي والاستقرار الاقتصادي، غير أن تعرض نظرية النمو لانتقادات شديدة إزاء ما تضمنته من تشاؤم مفرط كان قد دفع إلى ظهور نظرية التنمية المستدامة بتصور مواجهة بين البيئة والاقتصاد، ومحاولة لدمجها معا كأساس للتحويل عن الأهداف التقليدية لعلم الاقتصاد المرتبطة بإشباع رغبات المستهلك وتحقيق أقصى ربح للمنتج وغير ذلك من صيغ محدودة الفائدة.

ومع تنامي الوعي لدى الدول و الهيئات و المؤسسات و الأفراد بقضايا البيئية والمجتمع ظهر مفهوم جديد للتنمية اصطلح على تسميته ب(التنمية المستدامة)، والذي تبلورت خطوطه في مؤتمر ستوكهولم (مؤتمر الأمم المتحدة للتنمية البشرية) سنة ١٩٧٢. وقد حظي مفهوم التنمية المستدامة باهتمام دولي خلال المؤتمر، والذي ركز أساسا على قضايا البيئة التي كانت واضحة بصورة كبيرة في الشمال، وارتبطت بالتنمية الصناعية والنمو المتسارع لمعدلات الاستهلاك. ولم تستأثر القضايا البيئية التي تهم الدول الأقل نموا بالاهتمام الكافي، وخصوصا حاجتها إلى اقتصاد أكثر استقرارا وكذلك تحسين الأوضاع البيئية فيها، إلا أن الحاجة إلى الربط بين أهداف

(١) السابق (٣٥٠، ٣٥١).

(٢) انظر: محمد عبد البديع. اقتصاد حماية البيئة، مجلة مصر المعاصرة، الجمعية المصرية للاقتصاد السياسي والإحصاء والتشريع، القاهرة، العدد ٤٢٠/٤١٩، يناير ١٩٩٠ (٣٥).

البيئة والتنمية أصبحت أكثر وضوحاً، ولُفت الانتباه إلى القيود التي تفرض على النمو نتيجة النقص في الموارد الطبيعية مثل الثروات الطبيعية ومصادر الطاقة.

كما انتشر الاهتمام بقضايا التنمية المستدامة في أدبيات العالم الثالث نتيجة تعثر الكثير من السياسات التنموية المطبقة فيه، والتي أدت إلى تفاقم المديونية الخارجية وتردي الإنتاجية وخصوصاً في القطاع الصناعي، وكذلك اتساع الفجوة الاجتماعية في عدد كبير من الدول، بل والمجاعة وقلة التغذية في بعض الأحيان لدى الفئات الفقيرة التي ساءت أحوالها.<sup>(١)</sup>

ومنذ بداية ثمانينات القرن الماضي بدأ العالم يصحو على ضجيج العديد من المشكلات البيئية الخطيرة التي باتت تهدد أشكال الحياة فوق كوكب الأرض، وكان هذا طبيعياً في ظل إهمال التنمية للجوانب البيئية طوال العقود الماضية، فكان لا بد من إيجاد فلسفة تنموية جديدة تساعد في التغلب على هذه المشكلات، وتمخضت الجهود الدولية عن مفهوم جديد للتنمية عرف باسم التنمية المستدامة.

ففي عام ١٩٨٢ أنشأت الجمعية العامة للأمم المتحدة (UNEP) برنامج الأمم المتحدة للبيئة، والذي تتمثل وظائفه الأساسية في تقرير التعاون بين الدول في مجال البيئة، وجعل الأنظمة البيئية والوطنية والدولية تحت المراجعة المستمرة فضلاً عن تمويل تلك البرامج ورسم الخطط والسياسات البيئية اللازمة لذلك، حيث وضع هذا البرنامج تقريراً عن حالة البيئة في العالم، وقد كان ذا مصداقية بالنظر إلى كونه كان مبنياً على وثائق علمية وبيانات إحصائية أكدت الخطر المحيط بالعالم، ولفتت الأنظار نحو الكميات الهائلة من الانبعاث والنفائات الناتجة عن الأنشطة البشرية، ومدى انعكاسها على البيئة والمناخ، وفي النهاية توصل المؤتمر إلى إعلان مشترك أكدوا فيه أن التنمية و البيئة مسألتان متداخلتان متصلتان في آن واحد، ودعوا في قرار خاص إلى تشكيل لجنة دولية خاصة تكون مهمتها اقتراح استراتيجيات بيئية طويلة الأمد لتحقيق تنمية قابلة للاستمرار.

وقد تبلور مفهوم (التنمية المستدامة) لأول مرة في تقرير اللجنة العالمية للبيئة والتنمية الذي يحمل عنوان مستقبلنا المشترك Our Common Future ونشر لأول مرة عام ١٩٨٧ م<sup>(٢)</sup> تحت اسم تقرير لجنة (بورنتلاند) رئيس وزراء النرويج وقتها. ومع نشر تقرير لجنة بورنتلاند سنة ١٩٨٧ تم تبني مصطلح التنمية المستدامة بشكل رسمي ودائم وهذا بالرغم من وجود محاولات عديدة لإعطاء مصطلحات مرادفة للتنمية المستدامة.

وفي ١٣ يونيو ١٩٩٢ انعقدت (قمة الأرض) في مدينة ريو دي جانيرو بالبرازيل، وحضرها حشد كبير من قادة العالم و ١٩٠٠ منظمة معنية، وتم خلالها دراسة ومناقشة مفهوم التنمية المستدامة بشكل واسع،

(١) الخواجة محمد علا، العولمة والتنمية المستدامة، الموسوعة العربية للمعرفة من أجل التنمية المستدامة، المجلد الأول، الدار العربية للعلوم ناشرون بموجب اتفاق مع منظمة اليونسكو والأكاديمية العربية للعلوم، الطبعة الأولى، بيروت، ٢٠٠٦ (٤١٤).

(٢) يعرف هذا التقرير أحياناً بتقرير بورنتلاند Brundtland Report نسبة إلى رئيسة اللجنة العالمية للبيئة والتنمية التي قامت بإعداد هذا التقرير وهي غرو هارليم بورنتلاند وهي رئيسة وزراء سابقة في النرويج، وتجدر الإشارة إلى أن هذا التقرير تم ترجمته إلى العربية ونشر في العدد ١٤٢ من مجلة عالم المعرفة التي يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب في دولة الكويت.

واتخاذ مجموعة من التدابير للحد من الأخطار البيئية وذلك في إطار تنمية مستدامة ملائمة. ولقد نقلت قمة الأرض الوعي البيئي العالمي من مرحلة التركيز على الظواهر البيئية إلى مرحلة البحث على العوامل الاقتصادية والسياسية والاجتماعية المسؤولة عن خلق الأزمات البيئية واستمرار التلوث والاستنزاف المتزايد الذي تتعرض له البيئة.

كما تعتبر أجندة القمة برنامج العمل الشامل والخطة التفصيلية لتحقيق المستقبل المتواصل لكوكب الأرض، و هي أول وثيقة من نوعها تحظى باتفاق دولي و اسع يعكس إجماعا عالميا والالتزاما سياسيا من أعلى مستوى، حيث تضمنت عدة مجالات عمل يمثل كل منها بعدا من أبعاد استراتيجية لفترة انتقالية شاملة للأعمال التي يلزم القيام بها لحماية البيئة و التنمية البشرية بشكل متكامل.<sup>(١)</sup>

وفي عام ١٩٩٧ عُقدت اتفاقية كيوتو (اتفاقية الأمم المتحدة المبدئية بشأن التغير المناخي)، وكان الهدف منها هو الحد و التقليل من انبعاثات الغازات الدفيئة التي تؤدي إلى ظاهرة الاحتباس الحراري. وقد حددت أهداف البروتوكول المتعلقة بالتنمية المستدامة في تحسين كفاءة استخدام الطاقة، و توسيع استخدام الطاقات المتجددة والتنظيفة.

ونصت معاهدة كيوتو على التزامات قانونية للحد من انبعاث أربعة من الغازات الدفيئة (ثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النيتروس، وسداسي فلوريد الكبريت)، ومجموعتين من الغازات (هيدروفلوروكربون، والهيدروكربونات المشبعة بالفلور (بيرفلوروكربون)) التي تنتجها الدول الصناعية، ونصت أيضا على التزامات عامة لجميع البلدان الأعضاء. واعتبارا من عام ٢٠٠٨ م، صادق ١٨٣ طرفا على الاتفاقية، التي كان قد اعتمد استخدامها في ١١ ديسمبر ١٩٩٧ في كيوتو في اليابان، والتي دخلت حيز التنفيذ في ١٦ فبراير ٢٠٠٥.

وفي سبتمبر عام ٢٠٠٢ انعقد المؤتمر العالمي للتنمية المستدامة في جوهانسبرغ بجنوب إفريقيا، وكان بمثابة أكبر مؤتمر في التاريخ حيث حضره أكثر من ١٠٠ ملك و رئيس دولة و حكومة، إضافة إلى ممثلي ١١٣ بلدا وغيرهم من ممثلي مختلف الاتحادات والمصالح من شركات البترول وغيرها و ذلك من أجل التأكيد على الالتزام الدولي بتحقيق التنمية المستدامة و اتفاقيات لحماية المناخ العالمي والحفاظ على التنوع البيئي و كذا مكافحة التصحر.

ويجسد هذا الاهتمام الأممي بالتنمية المستدامة ما قاله (بان كي مون)، الأمين العام للأمم المتحدة في الفترة من ٢٠٠٧ إلى ٢٠١٦: ليس لدينا خطة بديلة لأنه لا يوجد كوكب بديل.

وقد بدأت المفاوضات حول خطة التنمية لما بعد عام ٢٠١٥ في يناير ٢٠١٥ وانتهت في أغسطس ٢٠١٥، واعتمدت وثيقة نهائية في قمة الأمم المتحدة للتنمية المستدامة في سبتمبر ٢٠١٥ في نيويورك، وفي ٢٥ أيلول / سبتمبر ٢٠١٥، اعتمدت البلدان ال ١٩٣ في الجمعية العامة للأمم المتحدة جدول أعمال التنمية لعام ٢٠٣٠ المعنون (تحويل عالمنا: خطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠). وتحدد الفقرة ٥١ من هذا الجدول أهداف

(١) دوغلاس موسشيت، مبادئ التنمية المستدامة، ترجمة بهاء شاهين، الدار الدولية للاستثمارات الثقافية، القاهرة، ٢٠٠٠ (٨٧).

التنمية المستدامة ال ١٧ وما يرتبط بها من غايات (وقد سمّيت فيما بعد بالأهداف العالمية، ثم نظمت حلقات عمل ومؤتمرات لتوصيل الأهداف العالمية إلى جمهور عالمي)، والتي هي خلاصة ما وصلت إليه المؤسسة الأممية في مجال التنمية المستدامة بأبعادها المختلفة.<sup>(١)</sup>

## علاقة الطاقة بالتنمية المستدامة

### أولاً: الارتباط بين الطاقة والتنمية المستدامة

لا يخلو مؤتمر من مؤتمرات التنمية المستدامة (وما يتبعه من مؤتمرات بيئية ومناخية) من حديث عن الطاقة، سواء فيما يتعلق بآثارها السلبية التي تعوق مسيرة التنمية المستدامة، أو أدوارها الإيجابية التي يمكن أن تؤديها لتعظيم الإنتاج ومحاربة الفقر وتقليل التلوث، أو أساليب التحول نحو طاقة نظيفة متجددة تمدّ الشعوب باحتياجاتها اللازمة من الطاقة، وتتلافى سائر المشكلات البيئية التي تسببها مصادر الطاقة التقليدية.

ترتبط الطاقة بعملية التنمية ارتباطاً عضوياً من حيث أنها المصدر الأساسي للقدرة على أداء جميع أنواع الأعمال الذهنية والجسدية والآلية، ولما كان العمل يشكل القاعدة الأساسية لعملية التنمية الاقتصادية والاجتماعية فإن توفر الطاقة بالشكل المناسب وبالكميات المطلوبة لأداء العمل يعد شرطاً ضرورياً لإحداث التنمية.<sup>(٢)</sup>

وتحدد الأهداف الألفية للتنمية التي أعلنت في سبتمبر ٢٠٠٠ المقاصد الرئيسية لتلبية أكثر الاحتياجات الإنمائية إلحاحاً. وعلى الرغم من عدم وجود نص صريح في الأهداف الألفية للتنمية يتحدث عن الطاقة، إلا أن الطاقة تمثل عنصراً ضرورياً في تحقيق جميع الأهداف التي أقرها قادة العالم، وعلى الأخص ما يتعلق بأهمية الطاقة في تحقيق هدف تخفيض نسبة الفقر إلى النصف بحلول عام ٢٠١٥، وقد ظهر ذلك في قرار هام اتخذته الدورة التاسعة للجنة التنمية المستدامة التابعة للأمم المتحدة وينص على: (تحقيق الهدف الذي أقره المجتمع الدولي ألا وهو، تخفيض عدد الأفراد الذين يعيشون على دخل أقل من دولار أمريكي واحد في اليوم إلى النصف بحلول عام ٢٠١٥، وهذا الهدف يستوجب الوصول إلى خدمات طاقة بأسعار مناسبة كشرط أساسي مسبق)، وهذا يؤكد الحاجة إلى توفير خدمات الطاقة وإتاحتها للفقراء، بناءً على أسس اقتصادية مجدية ومقبولة اجتماعياً وسليمة بيئياً.

وبالإضافة إلى هذا الهدف متسع النطاق، فإن العمل على تحسين كفاءة الطاقة، واستخدام وقود تقليدي أنظف، والتحول إلى أنواع الطاقة المتجددة يمكن أن يكون له تأثير رئيسي في توفير التنوع الكبير لخدمات الطاقة، والذي يشمل أغراض الطهو والإضاءة والتدفئة والنقل وضخ المياه، وبالتالي تيسير سبل

(١) World leaders adopt Sustainable Development Goals. United Nations Development Program.

(٢) صالح صالحي، التنمية الشاملة المستدامة والكفاءة الاستخدامية للثروة البترولية في الجزائر، بحوث وأوراق عمل الملتقى الدولي حول التنمية المستدامة والكفاءة الاستخدامية للموارد المتاحة، الجزء الأول، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير -جامعة سطيف، المنعقد خلال الفترة ٧ إلى ٨ أبريل ٢٠٠٨ (٩٤٤).

معيشية مستدامة، كما يساهم في تحسين المستوى الصحي والتعليمي، وكلها تعتبر عناصر مهمة داخل أهداف الألفية.

وقد حددت الدورة التاسعة للجنة التنمية المستدامة التابعة للأمم المتحدة في قرارها رقم (١/٩) خمسة قضايا رئيسية تتعلق بالطاقة من أجل التنمية المستدامة، وهي ذاتها التي تم إقرارها في خطة جوهانسبرج، وهذه الموضوعات هي: (١) زيادة قدرة الوصول إلى الخدمات المتطورة للطاقة؛ (٢) تحسين كفاءة إنتاج واستهلاك الطاقة؛ (٣) تطور استخدامات موارد الطاقة المتجددة؛ (٤) تطوير تقنيات أكثر نظافة للوقود الأحفوري؛ وأخيراً (٥) الطاقة في مجال النقل. كما حددت الدورة التاسعة مجموعة من القضايا المشتركة التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار مع القضايا الرئيسية المتعلقة بالطاقة من أجل التنمية المستدامة، وهذه القضايا المشتركة تتضمن: البحث والتطوير، وبناء القدرات، ونقل التقنية، وتقاسم ونشر المعلومات، وتعبئة الموارد المالية، وجعل الأسواق تعمل بفاعلية من أجل التنمية المستدامة، والمشاركة العامة وتبني نهج تعنى بمشاركة الأطراف المتعددة أصحاب المصلحة.<sup>(١)</sup>

وبالإضافة إلى ذلك، فقد نادى خطة جوهانسبرج باتخاذ إجراءات عملية ملموسة لدفع التكامل بين العناصر الثلاث للتنمية المستدامة وهي التنمية الاقتصادية، والتنمية الاجتماعية، وحماية البيئة كدعامات أساسية تعتمد على بعضها البعض، كما أعادت تأكيد أن تخفيف وطأة الفقر، وتغيير الممارسات غير المستدامة في عمليات الإنتاج والاستهلاك، والحفاظ على قاعدة الموارد الطبيعية وحسن إدارتها من أجل التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وتمثل جميعها أهدافاً مشتركة ومتطلبات ضرورية للتنمية المستدامة. وقد ركزت خطة جوهانسبرج على تخفيف وطأة الفقر، استجابة لأهداف الألفية للتنمية (MDGs)، والتي تسعى إلى تخفيض نسبة من يعيشون على دخل أقل من دولار أمريكي واحد في اليوم إلى النصف بحلول عام ٢٠١٥، وهو ما يتطلب توفير خدمات طاقة يمكن تحمل أعبائها. وهذا يؤكد الحاجة إلى تحقيق توسع كبير في توفير خدمات الطاقة أمام الفقراء.

وفي إعلان لجنة التنمية المستدامة التابعة للأمم المتحدة عام ٢٠١٥ عن أهداف التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠، والتي دخلت حيز التنفيذ في عام ٢٠١٦، حددت اللجنة سبعة عشر هدفاً، وكان النص على قضية الطاقة واضحاً جاء فيه (الهدف ٧): ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة. وهذا الهدف التنموي من الواضح أنه يسعى إلى إيجاد حل لعدم الكفاءة النسبي للطاقة التقليدية، زيادة على أنه يسعى إلى العمل على تجنب أثارها المدمرة على تغير المناخ.

ومن أجل فهم الطاقة المستدامة المذكورة في الهدف ٧ من أهداف الأمم المتحدة، علينا أن ننظر إلى غايته المحددة بوضوح بالنسبة لعام ٢٠٣٠ والتي تتمثل في:

- ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة.

(١) تقرير اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، الطاقة لأغراض التنمية المستدامة في المنطقة العربية: إطار العمل، السكرتارية الفنية لمجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، المكتب الإقليمي لغربي آسيا، ٢٠٠٤ (٢).

- تحقيق زيادة كبيرة في حصة الطاقة المتجددة في مجموعة مصادر الطاقة العالمية.
- مضاعفة المعدل العالمي للتحسن في كفاءة استخدام الطاقة.
- تعزيز التعاون الدولي من أجل تيسير الوصول إلى بحوث وتقنيات الطاقة النظيفة، بما في ذلك تلك المتعلقة بالطاقة المتجددة، والكفاءة في استخدام الطاقة، وتقنية الوقود الأحفوري المتقدمة والأنظف، وتشجيع الاستثمار في البنى التحتية للطاقة وتقنيات الطاقة النظيفة.
- توسيع نطاق البنى التحتية، وتحسين مستوى التقنية من أجل تقديم خدمات الطاقة الحديثة والمستدامة للجميع في البلدان النامية، وبخاصة في أقل البلدان نمواً، والدول الجزرية الصغيرة النامية، والبلدان النامية غير الساحلية، وفقاً لبرامج الدعم الخاصة بكل منها على حدة.<sup>(١)</sup>

### ثانياً: دور الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة

يعتبر توافر خدمات الطاقة اللازمة لتلبية الاحتياجات البشرية ذا أهمية قصوى بالنسبة للركائز الأساسية الثلاثة للتنمية المستدامة (الاقتصاد والبيئة والمجتمع) ويؤثر الأسلوب الذي يتم به إنتاج هذه الطاقة وتوزيعها واستخدامها على الأبعاد الاجتماعية والاقتصادية والبيئية لأي تنمية متحققة.<sup>(٢)</sup>

ويمكن النظر إلى العلاقة بين الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة في شكل ترتيب هرمي للأهداف والقيود التي تتضمن اعتبارات عالمية وإقليمية أو محلية على السواء. وعلى الرغم من أن تقييم المساهمة المحددة للطاقة المتجددة في التنمية المستدامة ينبغي أن يعتمد على كل سياق قطري على حدة، تتيح الطاقة المتجددة الفرصة للمساهمة في تحقيق عدد من الأهداف المهمة للتنمية المستدامة ومنها ما يلي: (١) التنمية الاجتماعية والاقتصادية؛ (٢) الاستفادة من الطاقة (٣) أمن الطاقة (٤) تخفيف آثار تغير المناخ والحد من الآثار البيئية والصحية. ويعتبر تخفيف الآثار الخطيرة لتغير المناخ البشرية المنشأ باعتبارها إحدى القوى الدافعة القوية وراء زيادة استخدام الطاقة المتجددة في شتى أنحاء العالم.<sup>(٣)</sup>

ويمكننا أن نحدد أبرز وجوه تأثير الطاقة المتجددة على تلك الركائز من خلال ما يلي:

**التنمية الاقتصادية:** تعتمد التنمية الاقتصادية على توافر خدمات الطاقة اللازمة سواء لرفع وتحسين الإنتاجية، أو للمساعدة على زيادة الدخل المحلي من خلال تحسين التنمية الزراعية، وتوفير فرص عمل خارج القطاع الريعي. ومن المعلوم أنه بدون الوصول إلى خدمات طاقة ومصادر وقود حديثة يصبح توفر فرص العمل وزيادة الإنتاجية وبالتالي الفرص الاقتصادية المتاحة محدودة بصورة كبيرة؛ إذ أن توفر هذه الخدمات يساعد على إنشاء المشروعات الصغيرة وعلى القيام بأنشطة معيشية وأعمال خاصة، ويعتبر الوقود كذلك

(١) أهداف التنمية المستدامة والتنمية المستدامة للطاقة في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي، مجلة وقائع الأمم المتحدة، مجلد ٥٢، عدد ٣، ٢٠١٥ من الموقع: <https://unchronicle.un.org/ar/article/1956>

(٢) تقرير اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، الطاقة لأغراض التنمية المستدامة في المنطقة العربية: إطار العمل، السكرتارية الفنية لمجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، المكتب الإقليمي لغربي آسيا، ٢٠٠٤، (٥).

(٣) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 119.





ضروريا للعمليات التي تحتاج إلى حرارة، ولأعمال النقل وللعديد من الأنشطة الصناعية، ويضاف إلى هذا أن واردات الطاقة تمثل حاليا من منظور ميزان المدفوعات أحد أكبر مصادر الديون الأجنبية في العديد من الدول الأكثر فقرا.<sup>(١)</sup>

وعلى المستوى العالمي، يرتبط دخل الفرد ارتباطاً موجياً باستخدام الطاقة لكل فرد، ويمكن اعتبار النمو الاقتصادي أهم العوامل المسببة لزيادة استهلاك الطاقة في العقود الأخيرة. غير أنه ليس ثمة اتفاق على اتجاه العلاقة السببية بين استخدام الطاقة وزيادة الناتج الاقتصادي الكلي.

وتشكل الاستفادة من الطاقة النظيفة والموثوقة شرطاً مسبقاً مهماً للمحددات الأساسية للتنمية البشرية، مثل الصحة والتعليم والمساواة بين الجنسين والسلامة البيئية. وباستخدام مؤشر التنمية البشرية كمؤشر بديل للتنمية، تستهلك البلدان التي حققت مستويات مرتفعة وفق مؤشر التنمية البشرية عموماً كميات كبيرة نسبياً من الطاقة للفرد ولم يسجل أي بلد مستوى مرتفع أو حتى متوسط وفق مؤشر التنمية البشرية من غير تحقيق نفاذ كبير إلى إمدادات الطاقة غير التقليدية. ويلزم توفر كمية دنيا محددة من الطاقة لضمان تحقيق مستوى معيشة مقبول (أي ٤٢ جيجا جول للفرد)، وبعد هذه الزيادة لا يسفر استهلاك الطاقة إلا عن تحسينات هامشية في جودة الحياة.<sup>(٢)</sup>

ومع تركيز الكثير من المصادر المتجددة محلياً وعدم تداولها على المستوى الدولي، تسهم زيادة نسبة الطاقة المتجددة في حافطة الطاقة الخاصة بالبلد المعني في خفض اعتماده على واردات الوقود الأحفوري، التي تتميز بعدم تساوي توزيع احتياطياتها مكانياً وإنتاجها وصادراتها، وتركزها بشدة في عدد قليل من الأقاليم. ومادامت أسواق الطاقة المتجددة لا تتصف بهذا الإمداد المركز جغرافياً، فإن ذلك يساعد على تنوع حافطة مصادر الطاقة والحد من تعرض الاقتصاد لمخاطر تقلبية الأسعار. وبالنسبة للبلدان النامية المستوردة للنفط، يمكن أن تشكل زيادة استيعاب تقنيات الطاقة المتجددة مجالاً لتغيير وجهة تدفقات النقد الأجنبي بعيداً عن واردات الطاقة ونحو واردات السلع التي يتعد إنتاجها محلياً، مثل السلع الرأسمالية عالية التقنية، فعلى سبيل المثال، تنفق كينيا والسنغال أكثر من نصف إيرادات صادراتها على استيراد الطاقة، في حين يبلغ إنفاق الهند ما يزيد على ٤٥٪.<sup>(٣)</sup>

التنمية الاجتماعية؛ ومن وجهة نظر التنمية الاجتماعية، من شأن تطبيقات الاعتماد على مصادر الطاقات الجديدة والمتجددة كالمسخان الشمسي والخلايا الضوئية، وعمليات تدوير المخلفات الزراعية وتحويلها إلى سماد عضوي أن تساهم في القضاء على البطالة واجتثاث الفقر وفي الحفاظ على الموارد المالية والمادية من الهدر.

(١) تقرير اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، الطاقة لأغراض التنمية المستدامة في المنطقة العربية: إطار العمل، السكرتارية الفنية

لمجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، المكتب الإقليمي لغربي آسيا، ٢٠٠٤ (٥).

(٢) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 120.

(٣) السابق - نفس الصفحة.

كما تحتاج مشاريع البنى التحتية كالمرافق الصحية والمستشفيات والمدارس خاصة في المناطق النائية والصحراوية المعزولة إلى مصادر تمويلية ضخمة، ولكن إذا ما تم تصميمها بتقنيات البناء الخضراء حيث تستمد طاقتها من مصادر الطاقات المتجددة (شمس، رياح، مياه، وغيرها)، فمن شأنها أن تقلل من تكاليف الربط بالطاقة وتكاليف صيانة الأسلاك وتشديد المحطات التقليدية، ومن شأنها كذلك أن تعمل على تحفيز الاستثمار في هذا المجال، وتساهم في توزيع الفرص العادلة بين جميع أقاليم البلد الواحد.

وتوفر أنظمة الطاقة المتجددة فرص عمل جديدة ونظيفة ومنتطورة تقنيا. فقطاع الطاقة المتجددة يشكل مزودا سريع النمو للوظائف العالية الجودة؛ وهو يتفوق من بعيد في هذا السياق على قطاع الطاقة التقليدية الذي يستلزم توافر رأس مال كبير.<sup>(1)</sup>

التنمية البيئية: ولأن أنظمة الطاقات المتجددة تعتمد على مصادر الطاقة المحلية المتوفرة في سائر الدول فهي تعتبر مصدر إمداد آمن، لا يمكن أن يستنفد، ولا يلحق الضرر بالبيئة المحلية أو الوطنية أو العالمية. فمصادر الطاقة المتجددة لا تلوث الهواء أو اليابسة أو البحر. وإن ظهرت بعض الأضرار البيئية للطاقة المتجددة - كما في انقراض بعض أنواع الطيور في المجال المحيط لطواحين الهواء المستخدمة في استغلال طاقة الرياح - فإنها لا تُقارن مطلقا بالتأثيرات الكبيرة للوقود الأحفوري على المناخ والبيئة عموما.

وتشير تقييمات دورة الحياة المتعلقة بتوليد الكهرباء إلى أن انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن تقنيات الطاقة المتجددة أقل بكثير بوجه عام من تلك المرتبطة بخيارات الوقود الأحفوري، وفي تشكيلة من الظروف أقل من انبعاثات الوقود الأحفوري القائم على امتصاص الكربون وتخزينه. ويبلغ أقصى تقدير للطاقة الشمسية المركزة والطاقة الحرارية الأرضية والطاقة المائية والطاقة البحرية وطاقة الرياح أقل من أو يساوي ١٠٠ جرام ثاني أكسيد الكربون المكافئ/كيلوواط ساعة، وتتراوح متوسط القيم لجميع مصادر الطاقة المتجددة من ٤ إلى ٤٦ جرام ثاني أكسيد الكربون المكافئ/كيلوواط ساعة. غير أنه ثمة أوجه أكثر من عدم اليقين تحيط بأرصدة غازات الدفيئة من إنتاج الطاقة الحيوية، فباستبعاد تغير استخدام الأراضي، من شأن الطاقة الحيوية أن تحد من انبعاثات غازات الدفيئة مقارنة بالنظم القائمة على الوقود الأحفوري ويمكن أن تفضي إلى انبعاثات غازات الدفيئة المتجنبة الناتجة عن النفايات والمخلفات في مدافن القمامة والنواتج المختلطة؛ ويمكن أن يسهم المزج بين الطاقة الحيوية وامتصاص الكربون وتخزينه في تحقيق مزيد من الانخفاضات.<sup>(2)</sup>

ومقارنة بتوليد الطاقة القائم على الوقود الأحفوري، تتمتع تقنيات توليد الطاقة المتجددة غير القائمة على الاحتراق بإمكانية الحد بدرجة جوهرية من تلوث الهواء على المستويين الإقليمي والمحلي ومن الآثار الصحية المصاحبة له، حيث تشكل انبعاثات ملوثات الهواء المحلية الناتجة عن الوقود الأحفوري والكتلة الأحيائية أهم الآثار المتصلة بالطاقة على الصحة البشرية؛ إذ ينطوي تلوث الهواء المحيط، وكذلك التعرض لتلوث الهواء الداخلي بسبب احتراق الفحم والكتلة الأحيائية التقليدية، على آثار صحية خطيرة، وقد اعترف به باعتباره

(١) زاوية حلام. دور اقتصاديات الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة في الدول المغربية (١٤٣، ١٤٤).

(٢) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 122.

أحد أهم الأسباب المؤدية للمرض والوفاة في شتى أنحاء العالم، لاسيما بالنسبة للنساء والأطفال في البلدان النامية. وفي عام ٢٠٠٠ ، على سبيل المثال، أظهرت عمليات التحديد المقارن للمخاطر الصحية أن أكثر من ١.٦ مليون حالة وفاة وما يزيد على ٣٨.٥ مليون من سنوات العمر المعدلة حسب الإعاقة أمكن عزوها إلى الدخان الداخلي الناتج عن الوقود السائل.<sup>(١)</sup>

(١) السابق (١٢٥).



# واقع الطاقة عالميا وخليجيا

## محتويات الفصل

### المبحث الأول: الواقع العالمي للطاقة.. أزمة أم وفرة

- الاستهلاك العالمي للطاقة
- الاحتياطي العالمي للطاقة
- الطاقة والسياسة الدولية
- التنافس الدولي لتأمين الطاقة
- عالم ما بعد النفط وتحديات النضوب
- الطاقة التقليدية واختلال التوازن البيئي
- العالم وتقليل الاعتماد على الطاقة التقليدية
- 

### المبحث الثاني: الواقع الخليجي للطاقة

- وفرة في مصادر الطاقة التقليدية
- ارتفاع الاستهلاك الخليجي للطاقة
- مشكلات هيكلية في الاقتصاد الخليجي
- الضغوط الدولية لحماية البيئة

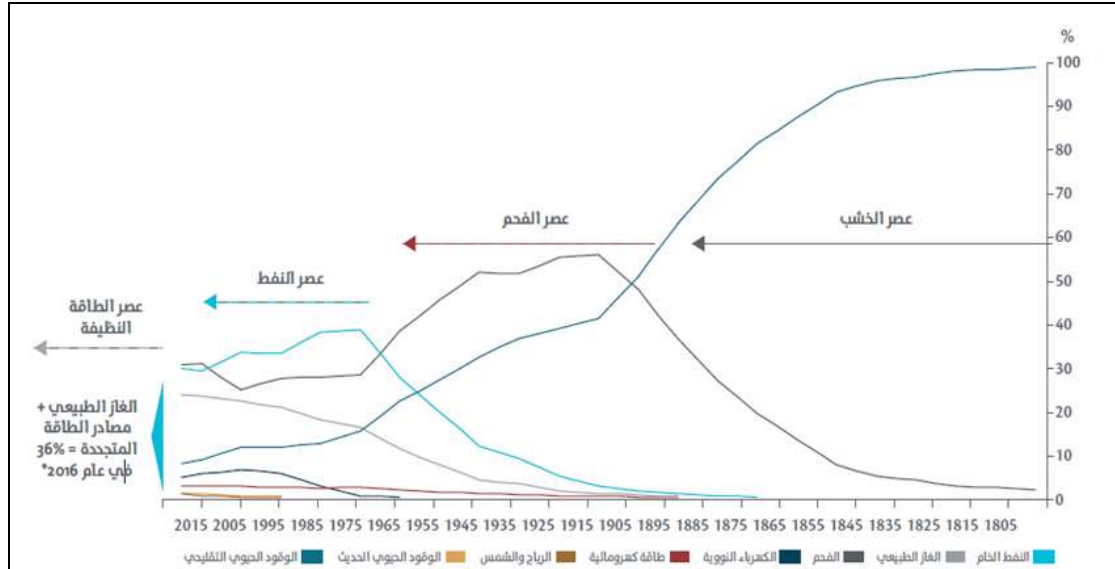


## المبحث الأول: الواقع العالمي للطاقة.. أزمة أم وفرة

### الاستهلاك العالمي للطاقة

رغم الاتجاهات القوية لدى المنظمات الدولية المعنية بقضايا البيئة والتنمية بدعم مصادر الطاقة المتجددة، ومساندة كثير من الدول الغربية بسن مشروعات طموحة لإحلال الطاقة المتجددة محل كثير من استخدامات الطاقة التقليدية، إلا أنه يمكننا أن نقول أن استخدامات الطاقة الأحفورية (النفط والفحم الحجري والغاز الطبيعي) ما زالت هي المسيطرة في الوقت الحاضر على سوق الطاقة العالمية، وبنسبة تصل إلى ٨٠٪ من إجمالي الطاقة المستخدمة في العالم (الطاقة الأحفورية - الطاقة النووية - الطاقة المتجددة).

إن الطاقة التي يستهلكها الإنسان في الأغراض المختلفة في مجال الصناعة في القرن الماضي تزيد عن حجم الطاقة المستنفذة في تاريخ البشرية كله. ولقد تزايد استهلاك الطاقة العالمي خمس مرات في الخمسين سنة الأخيرة كما تضاعفت قيمة الاستثمارات لاستخراج هذه الطاقة مرات متعددة بقدر الطاقة المستخدمة ويمثل البترول والغاز الطبيعي مكان الصدارة بين مصادر توليد الطاقة باعتبارها موردا أساسيا للطاقة ويزيد هذا الاعتماد على البترول سنة بعد أخرى ويتضح ذلك من الدراسة المقارنة لمصادر الطاقة والاستهلاك العالمي من كل نوع.



شكل (٤): حصة الاستهلاك الأولية العالمية من الطاقة من ١٨٠٠ إلى ٢٠١٥

المصدر: بوب ايلين وآخرون، التحول الكبير في مجال الطاقة، إصدار القمة العالمية للحكومات بالتعاون مع شركة ايه تي كبرني، ٢٠١٥ (١٠).

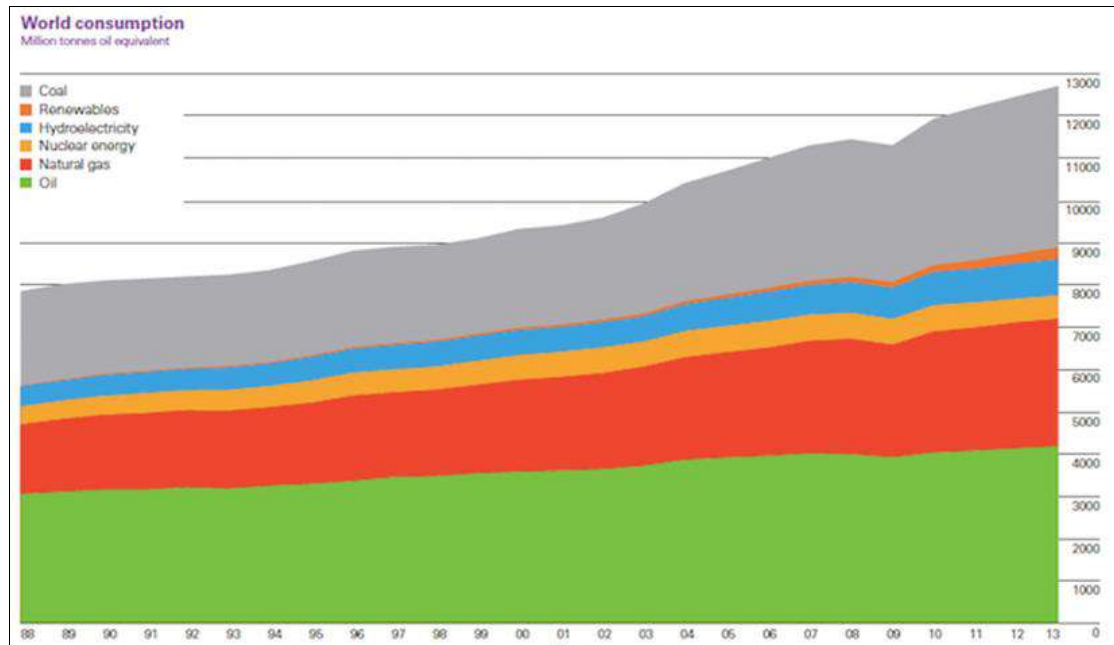
ويحتاج ما يزيد على ٧ مليار شخص يعيشون على ظهر كوكب الأرض يوميا إلى قدر هائل من الطاقة. وتقدر الوكالة الدولية للطاقة الحاجة اليومية لمصادر الطاقة بنحو ٢٤٠ مليون برميل مكافئ من النفط لمواجهة الطلب على الطاقة في صوره المختلفة<sup>(١)</sup>.

(١) تقرير هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، مصر، عام ٢٠٠٩.

إن النمو السكاني و التقدم التكنولوجي قد ساعدا على استهلاك الطاقة بشكل كبير و متزايد في العقود الأخيرة. ففي العام ١٩٦٠ استهلك العالم من مصادر الطاقة ما يوازي ٣.٣ مليار طن مكافئ نفطاً، بينما ازداد الاستهلاك ليصل في العام ١٩٩٠ إلى ما يوازي ٨.٨ مليار طن مكافئ نفطاً. وبالطبع ازداد الاستهلاك العالمي للنفط في السنوات اللاحقة ليصل في العام ٢٠٠٨ إلى ما يوازي ١١.٦ مليار طن مكافئ نفطاً و يقول خبراء الطاقة ان الطلب العالمي على الطاقة سيزداد حتى العام ٢٠٢٠ بمقدار ٤.٦ مليار طن مكافئ نفطاً على اقل تقدير أي سيصل الاستهلاك إلى حوالي ١٧ مليار طن مكافئ نفطاً. ومن المتوقع أن يرتفع الطلب على الطاقة بحوالي ٣٠٪ مع حلول العام ٢٠٤٠. وهذا أحد أوجه الأزمة العالمية للطاقة المتمثل في استنزاف مواردها المحدودة في الأرض بينما الوجه الآخر الأكثر خطورة على الإنسان و البيئة فإنه يتمثل في الانبعاثات الناجمة من استخدامه وتلويث الجو، و الذي يعتقد بدوره في ظاهرة الاحتباس الحراري و التغير المناخي و تواجها من الكوارث البيئية الخطيرة.

وقد بلغ الاستهلاك العالمي للطاقة الأولية حوالي ١٢٩٢٨.٤ مليون طن مكافئ سنة ٢٠١٤ مقابل ١٢٨٠٧.١ مليون طن مكافئ سنة ٢٠١٣، ورغم ذلك، يعد ارتفاع الاستهلاك من سنة ٢٠١٣ إلى سنة ٢٠١٤ هو أبسطاً نمو عالمي لاستهلاك الطاقة منذ سنة ١٩٩٨.

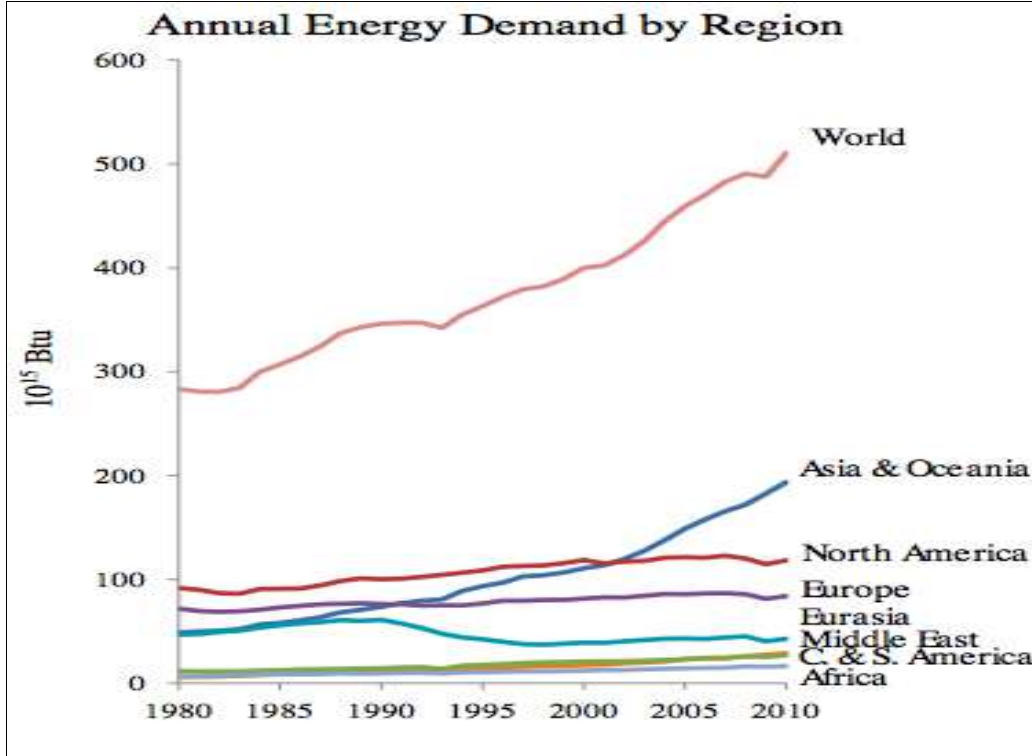
ويتميز نموذج الطاقة الحالي بهيمنة مصادر الطاقة الأحفورية على مجمل تركيبته، حيث بلغت مساهمتها من إجمالي الاستهلاك في العالم ٨٦.٣٪ من الطاقة الأولية سنة ٢٠١٤ أي ما يعادل ١١٥٨.٤ مليون طن نفط مكافئ<sup>(١)</sup>.



شكل (٥): معدل استهلاك الطاقة من ١٩٨٩ إلى ٢٠١٤

Source: James's Square, BP Review of World, London, 64<sup>th</sup> edition, June 2015, p.42





شكل (٦): تصاعد الطلب العالمي على الطاقة خلال العقود الثلاثة المنصرمة. قارتا آسيا وأستراليا معًا يشكلان الدور الأبرز كما هو واضح في صعود الطلب عالميًا، تلهما أمريكا الشمالية وأوروبا.

Source: BP Statistical Review of World Energy, London, 2016

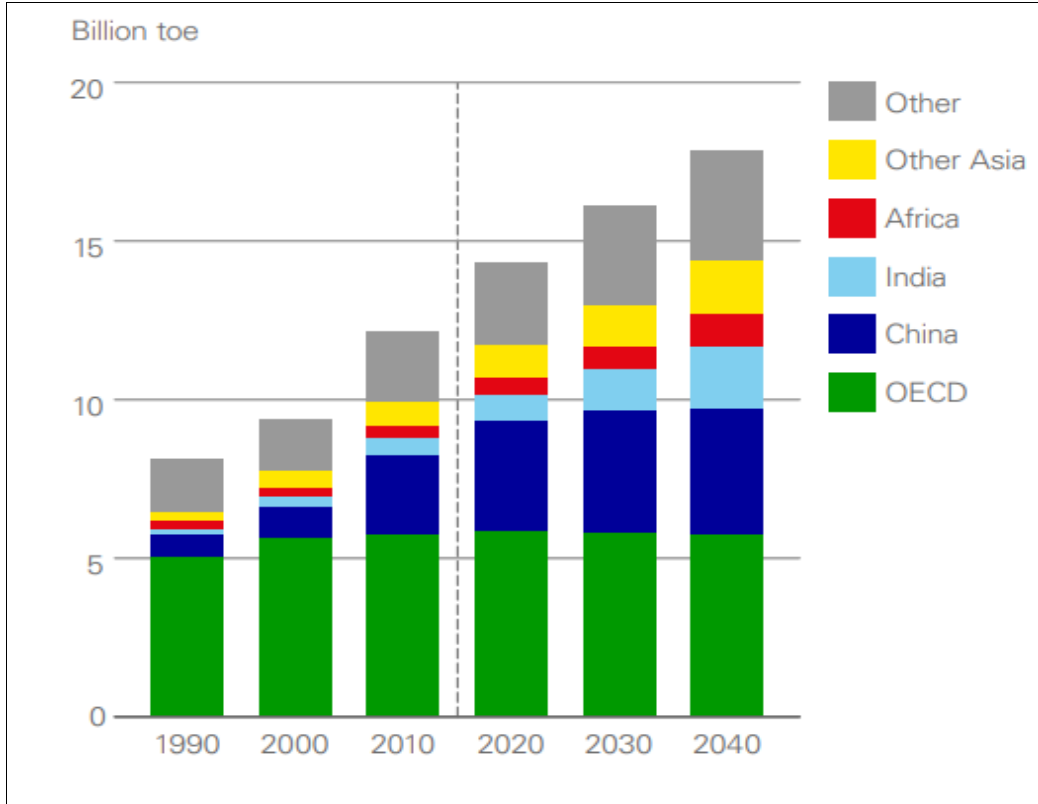
وذكرت وكالة الطاقة الدولية أن الطلب العالمي على الطاقة في ٢٠١٨ زاد بأسرع وتيرة خلال العقد الحالي. حيث زاد الطلب زاد بنسبة ٢.٣% مدفوعا بقوة الاقتصاد العالمي وقوة الطلب على وسائل التدفئة والتبريد في بعض المناطق.

ومن المتوقع أن يظل الطلب على الطاقة مرتفعا في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD)، ويشهد نموا كبيرا في الصين والهند وبعض دول آسيا.

ونتيجة للاستهلاك المتزايد لمصادر الطاقة الأحفورية، ارتفعت الانبعاثات الكربونية ذات الصلة بالطاقة بنسبة ١.٧% في العام. وجاء ثلث تلك الزيادة من استخدام الفحم في توليد الطاقة، خاصة من محطات الطاقة الأحدث في آسيا. ورغم ارتفاع الطلب على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في عام ٢٠١٨، حيث ارتفعت الطاقة الشمسية وحدها بنسبة ٣١%، لم يكن الإنتاج مرتفعا بما يكفي لتلبية الطلب المتزايد.

وعلى الرغم من زيادة المعروض من النفط، وتأثر أسواقه نسبيا بمزاحمة أنواع أخرى من الطاقة إلا أن ذلك، وإن كان ذا تأثير كبير على انخفاض الأسعار، فإنه لم يعرب عن انخفاض في استهلاك النفط عالميا. وقد توقعت (أوبك) التي تمثل مصالح البلدان المنتجة والمصدرة للنفط في تقريرها الشهري لشهر نوفمبر ٢٠١٨ الماضي نمو الطلب على النفط في العام المقبل بمقدار ١.٢٩ مليون برميل يوميا. وتتوقع المنظمة وصول

الاستهلاك العالمي من النفط إلى ١٠.٠٠٨ مليون برميل يوميا في المتوسط خلال ٢٠١٩، بينما تشير إلى توقعها بلوغ الطلب على نفطها نحو ٣١.٥ مليون برميل يوميا.<sup>(١)</sup>



شكل (٧): توقعات استهلاك الطاقة في العالم حتى عام ٢٠٤٠

المصدر موقع شركة بريتيش بتروليوم البريطانية العالمية عبر هذا الرابط:

<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook/demand-by-region.html>

ويوفر الغاز الطبيعي ٢٢٪ من الطاقة المستخدمة في جميع أنحاء العالم، ويشكل ما يقرب من ربع توليد الكهرباء، وكذلك يلعب دوراً حاسماً كمادة وسيطة للصناعة. ويعد الغاز الطبيعي وقوداً متعدد الاستخدامات ويرتبط نموه جزئياً بفوائده البيئية، مقارنة بالوقود الأحفوري الآخر، من حيث انبعاث الغازات الضارة. وقد أصبح هذا القطاع أكثر انتشاراً، بفضل زيادة إنتاج الغاز الصخري، وأيضاً زيادة الإمدادات فيه. كما يستمر تطور السوق في تغيير العلاقة بين المشتري والبائعين، ويثير تحديات جديدة للأمن العالمي لإمدادات الطاقة.

وقد أوضح التقرير السنوي لأمن الغاز عام ٢٠١٩، الذي تصدره الوكالة الدولية للطاقة، أنه يتم حالياً إعادة تشكيل أسواق الغاز العالمية وفق تطورين رئيسيين: زيادة استهلاك كبار المشتريين (مثل الصين)، وارتفاع الإنتاج والصادرات من الولايات المتحدة، مما أدى إلى تحولات عميقة في أسواق الغاز الطبيعي.

ويكشف تقرير الوكالة الأخير عن التحولات الهيكلية والاتجاهات الأخرى التي ستحدد تطور السوق على مدار السنوات الخمس المقبلة. ويشير إلى أن الصين دخلت بقوة، في السنوات الأخيرة، مشهد الغاز العالمي

(١) تقرير أوبك، نوفمبر ٢٠١٨.

مدفوعةً بالنمو الاقتصادي المستمر، وأيضاً الدعم السياسي القوي للحدّ من تلوث البيئة، عبر التقليل من استخدام النفط. ومن المقرر أن يصبح قطاع الصناعة الصيني المحرك الرئيس للطلب على الغاز الطبيعي في السنوات الخمس المقبلة.

ومن المتوقع أن يزداد الطلب العالمي على الغاز الطبيعي بمعدل ١.٦٪، مع اعتبار الأسواق الآسيوية الناشئة المحرك الرئيس للطلب. وتمثل الصين وحدها ثلث نمو الطلب العالمي حتى عام ٢٠٢٢، ويرجع الفضل في ذلك جزئياً إلى سياسة (السماء الزرقاء) للحكومة الصينية والدافع القوي لتحسين جودة الهواء والبيئة. ومن المنتظر أن تكون الصناعة هي المحرك الرئيس لنمو استهلاك الغاز في الصين، بقيادة قطاعي المواد الكيماوية والتصنيع، بالإضافة إلى القطاعين السكني والتجاري اللذين يشهدان أيضاً تحولاً مستمراً، من استخدام الفحم إلى استخدام الغاز. وعلى المستوى العالمي أيضاً، فمن المقرر أن يحلّ قطاع الصناعة محل توليد الطاقة كمحرك رئيس للنمو، مع استخدام الغاز الطبيعي كمادة خام للمواد الكيماوية- وليس فقط توليد الطاقة- ويشمل ذلك الأسمدة في الاقتصادات الناشئة والمواد الخام للبتروكيماويات في المناطق التي تنتج غازاً طبيعياً بكميات وفيرة.<sup>(١)</sup>

كما أن الغاز الطبيعي المسال هو أيضاً المحرك الرئيس لنمو التجارة العالمية، إذ ارتفعت مبيعات الغاز العالمية بدرجة كبيرة، خصوصاً من كبار المنتجين مثل الولايات المتحدة وروسيا وأستراليا. وفي المقابل لا تزال اليابان أكبر مستورد للغاز الطبيعي المسال، لكن الصين والأسواق الآسيوية النامية الأخرى هي التي تشهد زيادة كبيرة في حصتها في التجارة، حيث يتوقع أن تصل إلى ٤٥٪ من حجم التجارة العالمية بحلول عام ٢٠٢٣، أي أكثر من ضعف حصتها في عام ٢٠١٣.

وأشار تقرير الوكالة الدولية للطاقة لعام ٢٠١٨ إلى زيادة الطلب على الطاقة النووية بنسبة ٣.٣٪، ليصل إلى مستويات ما قبل كارثة فوكوشيما في اليابان.<sup>(٢)</sup>

ويظل الفحم - رغم تراجع استخدامه في أوروبا والولايات المتحدة - ثاني أكبر مصدر أساسي للطاقة في العالم بعد النفط وأكبر مصدر لتوليد الكهرباء. ويتوقع تقرير وكالة الطاقة الدولية لعام ٢٠١٨ سالف الذكر أن الطلب على الفحم سيرتفع حتى عام ٢٠٢٣ إذ يعوض النمو في الهند ودول آسيوية أخرى التراجع في أوروبا والولايات المتحدة. ومن المتوقع أن يرتفع استهلاك الفحم كوقود ٠.٢٪ سنوياً من ٥٣٥٥ مليون طن من مكافئ الفحم في ٢٠١٨ إلى ٥٤١٨ مليوناً في عام ٢٠٢٣.

وقد توقع تقرير صادر عن مؤسسة (وود ماكينزي) لدراسات الطاقة، أن يصبح الفحم الحجري الوقود الأكثر استهلاكاً في العالم متفوقاً على النفط بحلول عام ٢٠٢٠. وقال التقرير إنه خلال الفترة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠١٠، ارتفع استهلاك العالم للفحم بشكل ملحوظ، من ٢.٣ مليار طن نفط مكافئ، إلى نحو ٣.٦ مليار طن

(١) غالب درويش. تحولات في خريطة صناعة الغاز الطبيعي وسط زيادة الاستثمارات، الأندبندنت العربية، ٢٠١٩/٦/٢١ عبر الرابط:

<https://www.independentarabia.com/node/29876>

(٢) World energy outlook 2018, link: <https://webstore.iea.org/download/summary/190?fileName=English-WEO-2018-ES.pdf>

نفط مكافئ، متجاوزا معدل نمو الطلب على النفط عالميا، والذي ارتفع في نفس الفترة من ٣.٥ مليار طن إلى ٤ مليارات طن. ولفت التقرير إلى أن ديناميكية النمو هذه ستستمر مستقبلا بالرغم من جهود الحكومات للحد من انبعاثات الكربون، ومن المتوقع أن يبلغ استهلاك العالم من الفحم بحلول عام ٢٠٢٠ نحو ٤.٥ مليار طن نفط مكافئ، مرتفعا بنسبة ٢٥٪، ومتجاوزا الطلب على النفط الذي سيبلغ ٤.٤ مليار طن فقط. وتوقع التقرير أن ثلثي نمو الطلب على الفحم عالميا سيكون في الصين، وذلك نظرا لوجود احتياطات كبيرة من الفحم في الصين مقارنة بموارد الطاقة الأخرى، وأنه في حال عملت الصين على الاستفادة من التقنيات الحديثة للتحكم بحجم انبعاثات الغازات الضارة نتيجة احتراق الفحم، فإنها ستكون قادرة على الحفاظ على البيئة واستخدام المزيد من الفحم لضمان النمو الاقتصادي.<sup>(١)</sup>

إنه رغم مبادرات الطاقة النظيفة، واتفاقيات حماية البيئة، وتوقيع ٢٠٠ دولة على قواعد تنفيذ اتفاق المناخ التاريخي الذي يهدف إلى تقليص انبعاثات الوقود الأحفوري للحفاظ على معدل ارتفاع درجة حرارة الأرض هذا القرن عند أقل من درجتين مئويتين. إلا أن الواقع العالمي لا يواكب ذلك إلا في الحدود التي لا تضر اقتصاديات الدول أو تحدث هزات عنيفة فيها عبر الاستغناء عن هياكل تقليدية للطاقة الأحفورية واستبدالها بهياكل جديدة للطاقة النظيفة، وهو ما نراه واقعا ملموسا من زيادة الطلب على الطاقة الأحفورية.

وتشارك الطاقة النووية بنصيب غير كبير من هذا الاستهلاك، بيد أن تكاليف إنشاء المفاعلات والمخاطر الشديدة التي يمثلها عدم التمكن من التقنية النووية (كما جرى في حادثة تشيرنوبل)، والتوتر السياسي الذي يصاحب المشاريع النووية بشكل عام وضرورة مراقبتها، يجعلان الطاقة النووية خيارا أحيانا للكثيرين. لذلك، تعتبر الطاقة النووية القطاع الأبطأ نموًا<sup>(٢)</sup>، ورُغم العمل على إنشاء ٧٢ مفاعلاً أثناء العام ٢٠١٣، إلا أن هذه الزيادة قابلها على الناحية الأخرى إغلاق الكثير من المفاعلات في السنوات القليلة الماضية، خاصة في اليابان.<sup>(٣)</sup>

وخلال السنوات العشر الأخيرة، انخفض الاستهلاك العالمي للطاقة النووية من ٦٢٢ مليون طن نفط مكافئ إلى ٥٩٦ مليون طن أي بحوالي ٤٪، وهذا يعود بشكل رئيس لخفض بعض الدول لاستهلاكها لأسباب متعددة مثل كارثة فوكوشيما باليابان وعدم تقبل الجماهير الألمانية لهذا النوع من الطاقة. ولقد خفضت اليابان وألمانيا وفرنسا من استهلاكهم لهذه الطاقة بحوالي ٨٠ مليون طن نفط مكافئ، وهو السبب الرئيس لانخفاض الطلب على الطاقة النووية بالعالم. وبالمقابل فلقد رفعت الصين والهند وروسيا من استهلاكهم لهذه الطاقة بحوالي ٥٧ مليون طن نفط مكافئ لنفس الفترة. ولذلك نرى الطاقة النووية تنخفض في أماكن وترتفع في أماكن أخرى.

(١) الفحم الحجري.. الوقود الأكثر استهلاكاً في العالم بحلول ٢٠٢٠، موقع قناة روسيا العربية، ١٥/١٠/٢٠١٣.

(٢) Yemane Wolde-Rufael a , Kojo Menyah , Nuclear energy consumption and economic growth in nine developed countries, Energy Economics 32 (2010) 550–556.

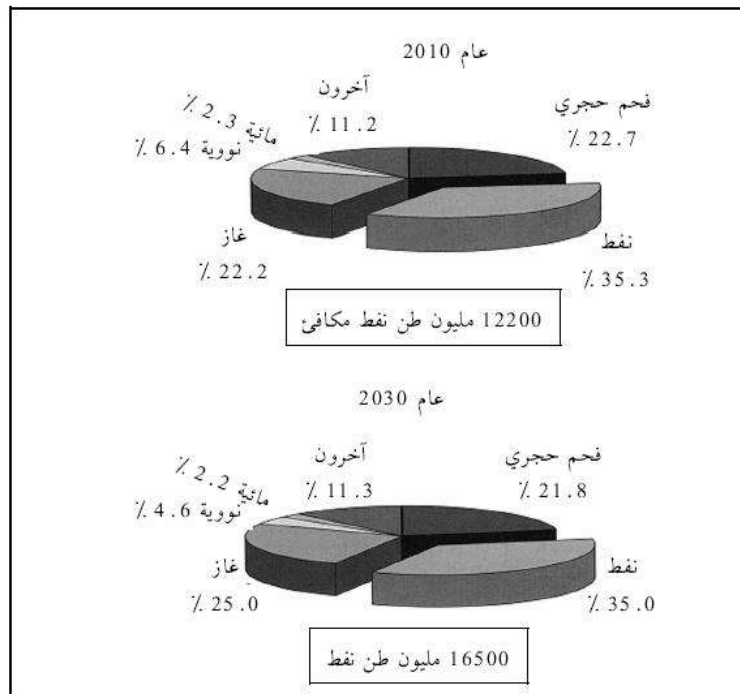
(٣) نبي خالد. بالخرائط والإحصاءات: استهلاك الطاقة في العالم، موقع ساسة بوست، ٢٧/١٢/٢٠١٤.



## الاحتياطي العالمي للطاقة

على الرغم من تجدد موارد الطاقة المتجددة واستمرارية مصادرها، نظرا لاستخراجها من مصادر دائمة ومتجددة كالشمس والماء والرياح، إلا أن مصادر الطاقة الأحفورية التي تسيطر على أكثر من ٨٠٪ من احتياجات الطاقة العالمية مهددة بالنضوب خلال عقود؛ إذ أنها مصادر ذات مخزون ثابت قابل للنضوب، وهو ما يدق أجراس الإنذار للتنبيه نحو الاتجاه إلى الاعتماد على مصادر بديلة.

وليس في المستقبل القريب ما يدل على توجه الاقتصاد العالمي نحو مصادر الطاقة المتجددة بكثافة، وكل تقارير وكالة الطاقة الدولية تؤكد على أن النفط والغاز الطبيعي والفحم (مصادر الطاقة الأحفورية) لن يتم تقليل الاعتماد عليهم بصورة لافتة.



شكل (٨): توقعات الاستهلاك العالمي للطاقة حسب المصدر حتى عام ٢٠٣٠

المصدر: تقارير وكالة الطاقة الدولية. IEA Key World Energy Statistics, IEA, London 2004. نقلا عن: روبرت ل. إيفانز، شحن مستقبلنا بالطاقة، (٨٩).

ويبلغ إجمالي الاحتياطيات العالمية من النفط ١.٧٢٩ تريليون برميل، بما يغطي نحو ٥٠ عاماً من الطلب العالمي بمعدلاته الحالية طبقاً لدراسة شركة بي بي العالمية. بينما أظهرت دراسة لمنظمة (رايستاد) النرويجية لأبحاث النفط المستقلة أن احتياطي النفط العالمي القابل للاستخراج يقدر بنحو ٢.١ تريليون برميل، وأن الولايات المتحدة تملك أكبر احتياطي نفطي في العالم، متفوقاً على الاحتياطي النفطي لدى كل من المملكة العربية السعودية وروسيا. وقدرت الدراسة أن الولايات المتحدة لديها ٢٦٤ مليار برميل نفط احتياطي، مقارنة

بـ ٢٥٦ مليار برميل لروسيا، و٢١٢ مليار لدى المملكة العربية السعودية (بينما يشير تقدير بي بي إلى ارتفاع الاحتياطي السعودي إلى حوالي ٢٩٨ مليار برميل).<sup>(١)</sup>

وأشارت الدراسة إلى أن أكثر من نصف الاحتياطيات النفطية لدى الولايات المتحدة تأتي من الصخر الزيتي، حيث تشير البيانات إلى أن ولاية تكساس وحدها تمتلك أكثر من ٦٠ مليار برميل من النفط الصخري، وعلى الصعيد العالمي يمثل النفط الصخري نحو ٣٠٪ من الاحتياطي القابل للاستخراج.

وتشير الدراسة إلى أن احتياطي النفط العالمي القابل للاستخراج يقدر بنحو ٢.١ تريليون برميل، وهو ويبلغ الإنتاج العالمي حاليا من النفط نحو ٣٠ مليار برميل من النفط الخام سنويا، وبناء على هذا المعدل فإن تقديرات منظمة (رايستاد) تشير إلى أن ٢.١ تريليون برميل تعني استمرار استخراج النفط مدة ٧١ عاما أخرى. ويشير تقدير وكالة الطاقة الدولية إلى احصاءات مغايرة إلى حد ما لإحصاءات الشركتين السابقتين، حيث ترى أن أكبر احتياطي نفطي خام مؤكد في العالم يتوفر في فنزويلا والمملكة العربية السعودية في عام ٢٠١٦.



شكل (٩): أكبر عشر دول في احتياطي النفط الخام المؤكد لعام ٢٠١٦ طبقا للوكالة الدولية للطاقة

المصدر: تقرير صحيفة الاقتصادية السعودية، ٢٧/١/٢٠١٧.

وتتغير الاحتياطيات العالمية للنفط بصورة مستمرة نتيجة الاكتشافات الجديدة للنفط - كالنفط الصخري - مما جعل بلد كالولايات المتحدة الأمريكية (أكبر مستهلك للنفط) تتربع اليوم على قائمة الدول المنتجة للنفط طبقا لتقرير شركة بي بي البريطانية الدولية للطاقة نهاية عام ٢٠١٨. كما زاد الاحتياطي الروسي للنفط الخام زيادة كبيرة بعد ثبوت احتياطيات مؤكدة للنفط الصخري، وكذلك كندا بعد ثبوت احتياطيات كبيرة للنفط الرملي.

ومن الملاحظ أن الموارد النفطية لا تتزايد بنفس وتيرة تزايد عدد السكان، وقد أعد مجلس الطاقة العالمي تقريرا لمعرفة نسب احتياطيات العالم من الطاقة (Report of Resources Reserves (RRR) والذي يعتبر مؤشر مدى توفر الطاقات غير المتجددة مستقبلا، فالاحتياطيات المعروفة من البترول مقدر لها أن تعيش ٣٠ أو ٤٠ سنة، ويؤكد تقرير (RRR) أن احتياطيات البترول والغاز محدودة بـ ٤٥ إلى ٦٠ سنة مع الأخذ بعين الاعتبار للاكتشافات الجديدة. وتجدر الإشارة أن كل شركة منتجة للنفط وكل دولة تصرح عن احتياطياتها

(١) دراسة: احتياطي النفط العالمي يبلغ ٢.١ تريليون برميل.. ويكفي ٧١ عامًا مقبلة، صحيفة الشرق الأوسط، ٧/٧/٢٠١٦.

بطريقتها الخاصة، والإشكال المطروح يتمحور حول المعيار الذي يجب أن تحدد على أساسه الاحتياطيات العالمية، ومن يحدد الكميات اللازمة من هذه المصادر التي يجب التوقف عندها عن الاستخراج. إضافة إلى من يجدر به نشر هذه الإحصائيات، والجواب الصحيح هو أن إحصائيات الاحتياطيات العالمية تنشر بناء على مجموعة من المؤشرات، مثلا كفريق عمل شركة منتجة للبترول يكلف بدراسة معينة، أو من أجل التفاوض حول عملية تصدير البترول أو عند محاولة معرفة جدوى استثمار مجموعة من الآبار. كما أن جميع الشركات لا تصرح عن طبيعة الأسس والطرق التي تعتمد عليها من أجل تقييم هذا الاحتياطي.<sup>(١)</sup>

الظاهر أيضا أن العالم يكتشف آبارا جديدة أقل بمرتين أو ثلاث مرات مما يتم إنتاجه سنويا، فقد قدر صافي اكتشافات البترول بعد طرح الاستهلاك في سنة ١٩٧٠ بأكثر من ٤٠ مليار برميل، وتحول إلى أقل من ٢٠ مليار برميل سنة ٢٠٠٠، وهذا راجع لقلّة الاكتشافات الجديدة ابتداء من الثمانينات والتي صارت تقدر بأقل مما يتم استهلاكه حاليا. فالتصريح عن نسب الاحتياطيات لشركة معينة لا يخلو من الأهداف الاقتصادية والمالية لأنه إذا تم التصريح عن جميع الاحتياطيات فإن سعر البترول سينخفض وإذا حدث العكس سترتفع الأسعار، وهذا في غير صالح الدول المستوردة لهذه المادة الخام، فدول مصدرة مثل السعودية، فنزويلا أو إيران يعتبر البترول فيها القاطرة الوحيدة التمويلية لاقتصاداتها والتي تدفع فاتورتها الدول المستوردة، فليس هنالك أي تقرير شرعي أو هيئة دولية رسمية تراقب وتصرح عن جميع احتياطيات العالم من الموارد الأولية من غير المؤسسات غير الرسمية (كالجريدة الدولية للبترول والغاز مثلا). كما توقعت وكالة الطاقة الدولية أيضا أن مجموع الطاقة المستهلكة في العالم المستمدة من المصادر غير المتجددة لسنة ٢٠٣٠ ستقدر بما يكافئ قيمة ١٥٢٦٥ مليون طن نفط مكافئ بالنسبة لجميع القطاعات الاقتصادية بما فيها قطاع الكهرباء والنقل.<sup>(٢)</sup>

ويقدر حجم احتياطي الغاز الطبيعي في العالم بـ ١.١٨٧ تريليون متر مكعب عام ٢٠١٠، وسيطر الشرق الأوسط ومناطق الاتحاد السوفياتي السابق (بما في ذلك روسيا) على ٧٢٪ من هذا الاحتياطي.

ووفقاً للمؤشرات المثبتة عام ٢٠١٠، تحتل روسيا المرتبة الأولى على صعيد الاحتياطيات المؤكدة من الغاز الطبيعي، بواقع ٤٤,٨ تريليون متر مكعب، تليها إيران بواقع ٢٩,٦ تريليون متر مكعب. وجاءت قطر في المرتبة الثالثة (٢٥,٣ تريليون متر مكعب)، والسعودية في المرتبة الرابعة (٨ تريليون متر مكعب)، وتركمانستان في المرتبة الرابعة مكرر، باحتياطي مساو لاحتياطيات السعودية، والولايات المتحدة في المرتبة الخامسة (٧,٧ تريليون متر مكعب). ودولة الإمارات العربية المتحدة في المرتبة السادسة (٦ تريليون متر مكعب)، وفينزويلا في المرتبة السابعة (٥,٥ تريليون متر مكعب)، ونيجيريا في المرتبة الثامنة (٥,٣ تريليون متر مكعب)، والجزائر في المرتبة التاسعة (٤,٥ تريليون متر مكعب) والعراق في المرتبة العاشرة (٤,١ تريليون متر مكعب)، وأستراليا في المرتبة الحادية عشر ٣,٢ تريليون متر مكعب.<sup>(٣)</sup>

(١) زاوية حلام، دور اقتصاديات الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة (٢٩).

(٢) السابق (٣٠).

(٣) تقرير شركة بي بي البريطانية عبر موقعها الرسمي عام ٢٠١١.

وعادت شركة النفط البريطانية (بي بي) عام ٢٠١٨ لتضع تقديرات جديدة طبقا لاكتشافات الغاز الجديدة ومدى استهلاكه، حيث وارتفع إجمالي احتياطي الغاز الطبيعي بالعالم ليلبلغ ١٩٣,٥ تريليون متر مكعب، ويكفي لتلبية حاجة السوق نحو ٥٢ عاما.

وجاءت منطقة الشرق الأوسط في صدارة المناطق الأكثر امتلاكاً لاحتياطي الغاز الطبيعي بـ ٧٩,١ تريليون متر مكعب. وتبعت الشرق الأوسط رابطة الدول المستقلة (منظمة دولية أورو . آسيوية تضم ١٢ جمهورية سوفياتية سابقة)، بـ ٥٩,٢ تريليون متر مكعب. في حين جاءت منطقة أوروبا في المرتبة الأخيرة من حيث حجم احتياطي الغاز الطبيعي، بـ ٣ تريليونات متر مكعب.

وعلى مستوى الدول الأكثر امتلاكاً لاحتياطي الغاز الطبيعي المؤكد، جاءت روسيا في المرتبة الأولى بـ ٣٥ تريليون متر مكعب. وجاءت إيران في المرتبة الثانية بـ ٣٣,٢ تريليون متر مكعب، وقطر في المرتبة الثالثة بـ ٢٤ تريليون متر مكعب من الغاز الطبيعي. وحلت الولايات المتحدة بـ ٧٣٤,٥ مليار متر مكعب، في صدارة الدول الأكثر إنتاجاً للغاز في أسواق الطاقة العالمية خلال ٢٠١٧. وجاءت روسيا في المرتبة الثانية بإنتاجها ٦٣٥,٦ مليار متر مكعب.<sup>(١)</sup>

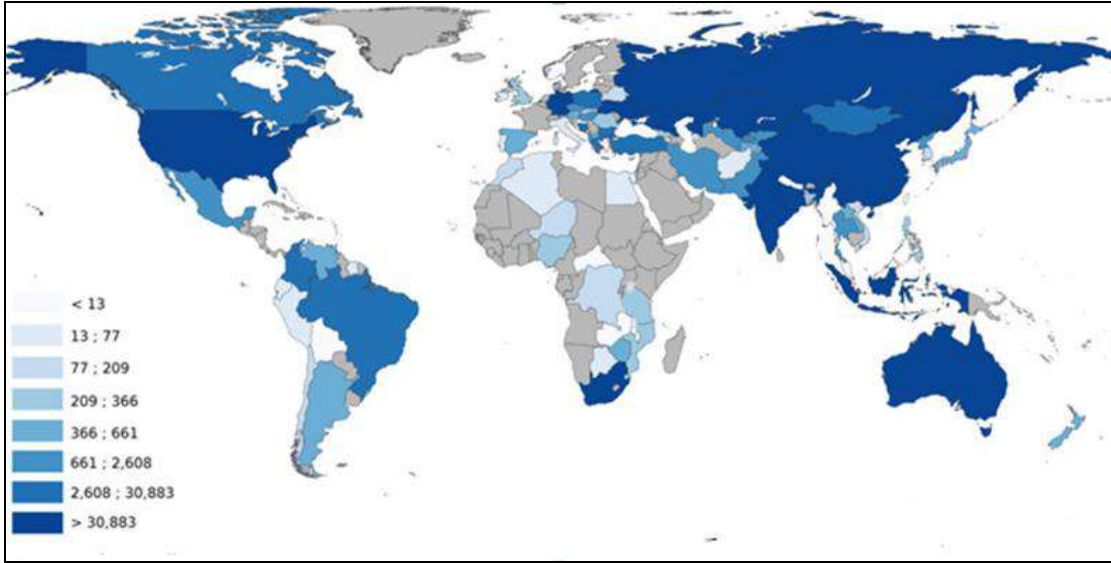
ولا يزال استغلال حقول الغاز الطبيعي دون المستوى، ولا تتناسب صناعة الغاز - إنتاجاً وتصديراً - مع حجم هذه الوفرة في احتياطياته. والمعول في الفترة القادمة على استحداث تقنيات تقلل من تكاليف استخراجها، وتقنيات تسهل عملية تسويله حتى يمكن الاستفادة منه بأكثر صورة ممكنة باعتباره وقود نظيف نسبياً، وأضراره البيئية أقل كثيراً من النفط والفحم الحجري.

ويمتلك العالم احتياطيات هائلة من الفحم الحجري، وعادت كثير من الدول للاستفادة منه بمعدلات استخدام أعلى - مثل الصين والهند - في توليد الكهرباء وإنتاج الصلب وصناعة الإسمنت واستخدامه كوقود سائل.

وتأتي الولايات المتحدة في صدارة الدول التي تملك احتياطيات كبيرة من الفحم الحجري حيث لديها ما يقدر بـ ٢٥٨ مليار طن في عام ٢٠١١، وتلها روسيا بـ ١٧٣ مليار طن، والصين بـ ١٢٦ مليار طن، وأستراليا بـ ٨٤ مليار طن، والهند بـ ٦٦ مليار طن للعام ذاته.<sup>(٢)</sup>

(١) تقرير بي بي البريطانية ٢٠١٨ نقلا عن وكالة الأناضول عبر هذا الرابط: <https://www.aa.com.tr/ar/1182005>  
(٢) الموقع الإحصائي الدولي عبر هذا الرابط: <https://ar.actualitix.com/country/wld/ar-coal-proved-reserve.php>





شكل (١٠): الاحتياطي العالمي من الفحم الحجري (مليون طن)

المصدر: وكالة الطاقة الدولية، ٢٠١١.

## الطاقة والسياسة الدولية

اكتسبت الدول المصدرة للطاقة - وخاصة النفط - أهمية كبيرة على ذات قدر ما للطاقة من أهمية وتأثير في الاقتصاد العالمي، ومن ثم في السياسة والعلاقات الدولية... ولكن ذلك التأثير في السياسة الدولية لم ينشأ مع اكتشاف النفط، بل كان النصيب الأكبر للدول الغربية التي كانت تتحكم - من خلال شركاتها المنقبة عن النفط في الأقطار المنتجة - في الأسعار والأسواق والقرارات وكل شيء، ولم يكن يبقى للمنتجين سوى الفتات الذي لا يكفي لسد الحاجات الأساسية فضلا عن التفكير في التنمية والمستقبل.

يقول د. محمد الرميجي: في الفترة التي سبقت الحرب العالمية الثانية شهدت منطقة الخليج العربي صراع مصالح دولية بين بريطانيا والولايات المتحدة، فبريطانيا كانت تعتبر الخليج (بحيرة بريطانية)، وكان تواجدها السياسي والاقتصادي ظاهراً منذ مطلع القرن الثامن عشر، لذلك اعتبرت نفط هذه المنطقة حكراً عليها. إلا أن المصالح الأمريكية النفطية خاصة بعد الحرب العالمية الأولى بدأت تضغط للحصول على حصة من نفط هذه المناطق الغنية. وقد مرت العلاقات البريطانية الأمريكية بمصاعب جمة من جراء الاختلاف على تقسيم الحصص النفطية، هذه المصاعب ثبت لاحقاً أنها كالمصاعب التي لاقتها شركات النفط المتنافسة فيما بينها حول بعض الامتيازات (الثانوية) في مواجهة الشعوب التي تحاول تلك الشركات أن تحصل منها على امتيازات أرخص ومدة أطول. في النهاية تقاسمت المصالح الأمريكية والبريطانية المنطقة، فذهبت إيران والعراق والكويت وجنوب الخليج إلى المصالح البريطانية (ماعداء البحرين التي استغلت نفطها شركات أمريكية مسجلة في كندا، طبقاً لأحد الشروط البريطانية، لأن كندا دولة من دول الكومنولث).. وذهبت الامتيازات النفطية في السعودية إلى المصالح الأمريكية. لقد أطلقت الحكومات الغربية على تقسيم المصالح هذا اسم اتفاقية (الخط الأحمر) التي تعود إلى اتفاق مبدئي بين السلطات البريطانية والسلطات العثمانية التي كانت تسيطر اسماً على هذه المناطق قبيل الحرب العالمية الأولى. وتم تقسيم المصالح هذا أيضاً بين مجموعة الشركات النفطية العالمية

الكبرى التي دخلت كأطراف في الامتيازات الجديدة، كاتفاق المناصفة لشركتين الأمريكية (جلف) والبريطانية (BP) في امتياز الكويت.<sup>(١)</sup>

لقد كان الأمر وقتها أشبه بالإتاوات التي يفرضها القوي على الضعيف ضمن شروط غير عادلة. لقد لاحظت إحدى الدراسات أن: الفراغ القانوني في امتيازات النفط الأولى- في المنطقة- بلغت حدا تبدو معه الأمور التي لا تقال في العقود أهم بكثير من الأمور التي تقال فيها.<sup>(٢)</sup>

لقد كانت الاتفاقات بين شركات النفط هي حصيلة صراعات بين الدول التي تنتمي إليها، فعلى سبيل المثال عندما وضعت الحرب العالمية الثانية أوزارها، التقى سفير بريطانيا اللورد (هاليفاكس) في يوم ٨ فبراير عام ١٩٤٤ مع وكيل وزارة الخارجية الأمريكية (سمر ويلز) لساعتين من غير اتفاق على توزيع السيطرة على النفط في منطقة الشرق الأوسط، الأمر الذي دفع السفير البريطاني إلى طلب لقاء مع الرئيس الأمريكي (روزفلت) في اليوم نفسه. وفي محاولة لتهديئة السفير البريطاني، قام الرئيس روزفلت باطلاعه على خارطة فيما تصور الولايات المتحدة تجاه قضية النفط، وأضاف قائلاً: النفط الإيراني لكم، وتشارك معاً في نفط العراق والكويت، أما النفط السعودي، فهو لنا!<sup>(٣)</sup>.. هكذا كانوا يقتسمون ثروات المنطقة.

ومع نهاية الحرب العالمية الثانية، كان النفط قد تصدّر أقرانه كمصدر للطاقة، فقد ساعد التطور التقني الذي حصل في وسائل النقل إلى تزايد الاعتماد على النفط في تشغيل السيارات بأنواعها، ثم تأكدت أهمية النفط في تحقيق الانتصارات العسكرية، خاصة في الحربين العالميتين الأولى والثانية. ولم يقتصر دور النفط في الحروب والتدمير فقط، وإنما بدأ يؤدي دوراً مهماً في البناء والتعمير، فقد تمت إعادة إعمار كل من أوروبا الغربية واليابان بعد الحرب العالمية الثانية باستخدام النفط العربي الرخيص على وجه الخصوص، أو كما قال وزير الخارجية البريطانية للجنة الدفاع التابعة لرئيس الوزراء حينئذ: من غير الشرق الأوسط ونفطه، فليس هناك أمل في تحقيق مستوى المعيشة الذي نرنو إليه في بريطانيا. ويقول المؤرخ الاقتصادي ألفريد شاندرل: إن معجزة كل من ألمانيا واليابان بعد الحرب قامت على المؤسسات المتطورة والنفط الرخيص.

وبعد مناصفة الأرباح مع الشركات الغربية، وتأسيس أوبك، وسعي الدول المنتجة لنيل حقوقها العادلة من ثرواتها النفطية بدأت الدول العربية المنتجة للنفط تفرض كلمتها ولو جزئياً على الساحة السياسية الدولية، واستخدم النفط كسلاح ضد الغرب في الصراع العربي الإسرائيلي في حرب أكتوبر ١٩٧٣، حيث كان العالم يعاني شحاً في إمدادات النفط.. إلا أن هذا الموقف العربي قد تراجع إزاء سياسات الولايات المتحدة ووزير خارجيتها (هنري كيسنجر) الذي كان حريصاً على تفتيت الموقف العربي حتى لا يُستخدم هذا السلاح المؤثر مرة أخرى في الصراعات العربية الإسرائيلية أو - بالأحرى - الصراعات العربية الغربية مرة أخرى.

(١) د. محمد الرمحي، النفط والعلاقات الدولية. وجهة نظر عربية، ص ١١٨.

(٢) بيار ترزيان، الامتيازات النفطية الأولى، مجلة قضايا عربية بيروت، العدد الخامس، السنة الثانية. مايو ١٩٨١ (٥-٢٨).

(٣) يوسف خليفة اليوسف، الاقتصاد السياسي للنفط: رؤية عربية لتطورات، مجلة المستقبل العربي، العدد ٤٣٥، أيار/ مايو ٢٠١٥ (١٠٥)..

نقلا عن Sir Llewellyn Woodward, British Foreign Policy in the Second World War, London: HMSO, vol. 4, pp. 393-394.



ولقد كان النفط سبباً في حروب المنطقة المدمرة لشعوبها واقتصاداتها، فقد خاضت الدول الغربية حربين كلاهما من أجل النفط: الأولى بتحرير الكويت عام ١٩٩٠م، والثانية باحتلال العراق عام ٢٠٠٣. يصف (بوب ودورد) الصحفي المخضرم في جريدة (الواشنطن بوست) حرب الكويت في كتابه (القادة) بقوله: إن الرئيس بوش الأب ومستشاريه قد اتخذوا قرار الحرب عملاً بعقيدة كارتر من أجل حماية السعودية، وإبقاء تدفق النفط من منطقة الخليج العربي.

أما احتلال العراق لاعتبارات تتعلق بالنفط، فقد أكده محافظ المصرف المركزي الأمريكي (غرين سبان) في كتابه (عصر الاضطراب) بقوله: إنني حزين أنه غير مقبول سياسياً الاعتراف بما يعرفه الجميع من أن حرب العراق كانت إلى حد كبير من أجل النفط.<sup>(١)</sup>

وهكذا نرى النفط لاعباً أساسياً في السياسة الدولية، ولقد كان - رغم إسهامه الكبير في الدخل القومي ومشروعات التنمية - سبباً رئيساً في كثير من النكبات والحروب في منطقتنا، والتي ما زلنا نعاني من آثارها وويلاتها إلى اليوم.

كما أن السيطرة على منابع النفط، وتنوع مصادر استيراده كان شاغلاً رئيساً للدول الكبرى حتى تظل مستمتعة باستقلال قراراتها وسيادتها، رغم محاولات حثيثة للسيطرة على القرارات السياسية للدول النفطية كجزء من السيطرة على منابع النفط في تناقض عجيب، وكأنه حق مكتسب وضريبة واجبة.

ويمثل الغاز الروسي المصدر الرئيسي للغاز للقارة الأوروبية، وخاصة بعد مشكلات جيولوجية تتعلق بكميات الغاز القليلة المتوفرة في هولندا والنرويج، وزيادة الطلب محلياً على الغاز الجزائري مما يقلل من فرص تأمين احتياجات أوروبا من حقول الغاز الطبيعي الجزائري. كل ذلك يدفع روسيا إلى تبني مواقف سياسية متشددة مع أوروبا غير عابئة بردود الفعل الأوروبية نظراً لحاجة أوروبا الشديدة للغاز الروسي، في صورة لذلك التداخل الشديد بين عالمي السياسة الدولية والطاقة.

وتنتقد روسيا جهود الولايات المتحدة لتزويد أوروبا بالغاز الطبيعي بسبب خشيتها من المنافسة في سوق حرة، وقد عبر الرئيس الأمريكي (دونالد ترامب) عن ذلك بقوله: إن الإمدادات ستتيح بديلاً عن الطاقة الروسية للحلفاء الأوروبيين، في حين وصف وزير الطاقة الأميركي ريك بيرى الصادرات بأنها (غاز الحرية)، مما أثار انتقادات من المسؤولين الروس. وقد أجبرت تلك السياسة روسيا على تخفيض أسعار الغاز لضمان بقاء العملاء.<sup>(٢)</sup>

واتهمت روسيا الولايات المتحدة بتدشين (حقبة من الاستعمار بالطاقة)، وباستخدام الطاقة كسلاح سياسي. ولطالما وجه المسؤولون الأميركيون أنفسهم تهماً مماثلة لروسيا، التي عمدت أحياناً إلى قطع إمدادات الغاز عن أوكرانيا في عز الشتاء أثناء نزاعات على السعر.

(١) السابق ١١٦.

(٢) غاز الحرية يشعل حرباً أميركية روسية بأسواق الطاقة، العربية نت، ٨/٦/٢٠١٩.

وقد قرر ترمب العام الماضي الانسحاب من الاتفاق النووي الإيراني المبرم في ٢٠١٥ وأعاد فرض عقوبات على صادرات طهران من النفط. وتفرض واشنطن أيضا عقوبات على شركة النفط الوطنية الفنزويلية في إطار جهود للإطاحة بالرئيس نيكولاس مادورو، الذي تعاني بلاده من انهيار اقتصادي وأزمة سياسية.

وهكذا نرى صراعا محمومًا وتنافسًا كبيرًا في عالم السياسة على أسواق الطاقة، واغلب تلك الصراعات والمنافسات تخضع للغة القوة ومصالح الدول الكبرى دون اعتبار للضعفاء من مالكي موارد الطاقة ومنتجها.

### التنافس الدولي لتأمين الطاقة

مثلت الاضطرابات السياسية في المنطقة العربية في السنوات الأخيرة تهديدًا كبيرًا لبعض مصادر النفط، فعلى سبيل المثال، شكل تنظيم الدولة الإسلامية في العراق والشام (داعش) تهديدًا كبيرًا لإمدادات النفط العراقي، كذلك مثلت ثورة الخامس عشر من فبراير في ليبيا تهديدًا كبيرًا لأوروبا التي يصلها النفط الليبي عبر خطوط إمداد قريبة نسبيًا، حيث كانت تلك الثورة المسلحة سببًا في استهداف منشآت نفطية وقطع إمداداتها... وحيثما وجد التهديد لتأمين وصول النفط إلى مستهلكه الغربي، فإن التحرك لتأمين النفط، بل والتنافس في ذلك بين الدول الغربية يكون أمرًا حتميًا.

وقد صرح الرئيس الأمريكي (دونالد ترامب) بأن الولايات المتحدة (كان عليها أن تأخذ النفط) من العراق خلال احتلال البلاد في أعقاب الغزو الذي قادته الولايات المتحدة عام ٢٠٠٣! ويسعى (ترامب) إلى تبرير هذا الموقف بعدالة المنتصر، وباعتباره خطوة قد توقف صعود تنظيم الدولة الإسلامية (داعش) <sup>(١)</sup>!! وألقى ترامب باللائمة على الإدارات الأمريكية السابقة التي سلّمت العراق لإيران - على حد قوله - دون أن تبقى هناك لتسيطر على منابع النفط.

وعلى الجانب الليبي المسؤول عن توفير أغلب احتياجات أوروبا من النفط طالبت ست دول غربية في إعلان مشترك في أغسطس عام ٢٠١٦ بأن تعود كل المنشآت النفطية في ليبيا (من دون تأخير ولا تحفظات) إلى سلطة حكومة الوفاق الوطني.

وجاء في الإعلان حسب وكالة (فرانس برس) أن حكومات ألمانيا وإسبانيا والولايات المتحدة وفرنسا وإيطاليا والمملكة المتحدة تطالب بأن تعود السلطة على كل المنشآت النفطية (من دون شروط مسبقة ولا تحفظات ولا تأخير إلى أيدي السلطات الوطنية)، في إشارة إلى حكومة الوفاق.

وطالبت الدول الست (كل الأطراف بالامتناع عن القيام بأي عمل عدائي، وتجنب أي عمل يمكن أن يضر بالمنشآت النفطية في ليبيا أو يعرقل عملها) <sup>(٢)</sup>.

(١) سارة سعدون، ترامب، النفط العراقي، القانون الدولي، مقال بموقع منظمة حقوق الإنسان الدولية عبر هذا الرابط:

<https://www.hrw.org/ar/news/2017/01/27/299604>

(٢) الغرب يدعو الجيش الليبي للانسحاب فورًا من موانئ النفط، موقع العربية نت بتاريخ ٢٠١٧/٩/١٣ عبر هذا الرابط:

<https://www.alarabiya.net/ar/north-africa/2016/09/13>



الغرب - إذن - يسعى إلى تأمين الإمدادات النفطية بأي وسيلة حتى لو كان عن طريق التدخل العسكري، كما هو الحال في تدخل الولايات المتحدة في العراق، وفرنسا في ليبيا.

والدول الغربية في تلك الحالة تريد لدرس حرب أكتوبر مع الكيان الصهيوني ألا يتكرر، ففي ١٦ أكتوبر ١٩٧٣، قرر وزراء النفط العرب آنذاك خفض إنتاج النفط، وفرض حظر على شحنات من النفط الخام إلى الغرب (الولايات المتحدة وهولندا تحديدا) حيث قامت هولندا بتزويد إسرائيل بالأسلحة وسمحت للأميركيين باستخدام المطارات الهولندية لإمداد ودعم إسرائيل.

ونتيجة لهذا فإن سعر السوق للنفط ارتفع بشكل كبير على الفور، أدى ذلك -بجانب عوامل أخرى - إلى سلسلة طويلة من الركود وارتفاع معدلات التضخم التي استمرت قائمة حتى أوائل الثمانينيات، وارتفاع أسعار النفط استمر حتى ١٩٨٦<sup>(١)</sup>.

كان الدرس العربي قاسيا للغرب، وأثر بشكل كبير على موازين القوى، وأدرك الغرب من خلاله أن القرار العربي إذا توحد حول النفط فإن المصالح الغربية تتضرر بشكل كبير. وعلى ذلك يؤول كثير من الباحثين احتلال الولايات المتحدة للعراق باعتبارات نفطية؛ إذ وعى صانع القرار الغربي الدرس جيدا، ولا بد - في رؤيته - من تأمين الاحتياجات النفطية، ولو استدعى الأمر التدخل بالقوة العسكرية.

ولقد تركز اهتمام الولايات المتحدة منذ نهاية الحرب الباردة على محاولة منع ربط أورو-آسيا بمنطقة الشرق الأوسط الغنية بالنفط، وبخاصة العراق (في ظل نظام صدام حسين) وإيران اللتين كانتا بعيدتين عن دائرة النفوذ والسيطرة الأمريكية. إن السبب في مساعي الولايات المتحدة غير المتسامحة تجاه محاولات العراق سابقا وتجاه المحاولات الإيرانية لامتلاك التقنية النووية أو القوة العسكرية يعود إلى أن الاستراتيجية الأمريكية لا تسمح للدول صاحبة المصادر النفطية بامتلاك القوة العسكرية والموارد الطبيعية في الوقت ذاته. ولهذا السبب لا تتعامل الولايات المتحدة مع البرنامج النووي لكوريا الشمالية بالاهتمام والقلق نفسهما، بينما تعتبر المحاولات العراقية والإيرانية خروجاً عن المسموح به<sup>(٢)</sup>.

وفي أفريقيا، فإن اهتمام الصين بالتزود بالنفط من السودان قد دفعها إلى امتناعها عن التصويت عن تأييد قرار في الأمم المتحدة رعته الولايات المتحدة يدين الإبادة الجماعية في السودان في سبتمبر من العام ٢٠٠٤، ووعدت بالمقابل بمنع أي تحرك لغرض عقوبات نفطية عليه<sup>(٣)</sup>.

وتبني الولايات المتحدة العديد من التحالفات السياسية لضمان تدفق النفط، كما هو واضح في العلاقة بين الولايات المتحدة ودول الخليج العربي أكبر منتج ومصدر للنفط، وصاحبة أكبر احتياطي في العالم.

(١) سعد حقي توفيق، التنافس الدولي وضمان أمن النفط (٣).

(٢) السابق (٣).

(٣) يهدد بفرض عقوبات نفطية على السودان. نص القرار ١٥٦٤، جريدة المستقبل اللبنانية في ٢٠/٩/٢٠٠٤.

إن أمن الطاقة يتطلب حماية إمدادات الموارد الحيوية والتي منها النفط. ولهذا أخذت الولايات المتحدة تقوم بنشر قواتها في الخليج العربي وتحضر لأجل عمليات موسعة في مناطق أخرى غنية بالموارد بما في ذلك منطقة بحر قزوين. وتوسع بحرية الولايات المتحدة أيضا وجودها في المياه المستخدمة لنقل إمدادات الطاقة عبر السفن. إن هموم الموارد قد انتقلت بشكل حاسم إلى مركز الأحداث في شؤون الأمن العالمي<sup>(١)</sup>.

وعدلت الصين واليابان بالمثل سياستهما الأمنيتين وفقا للأولويات الاقتصادية الجديدة. فقد قلص الصينيون قواتهم على الحدود مع روسيا التي كانت مكانا للتوتر خلال الحرب الباردة، وأخذوا يوسعون نفوذهم إلى بحر الصين الجنوبي، وهي منطقة متنازع عليها يعتقد أنها تحوي احتياطات هائلة من النفط والغاز الطبيعي. وفي إشارة حذرة إلى مطالب الصين الواسعة في هذه المنطقة أعلن رئيس الوزراء الصيني (لي بنغ) في العام ١٩٩٥ أن جيش التحرير الشعبي (الجيش الصيني) يجب أن يقوي قدراته الجوية والبحرية لكي يصبون سيادة وسلامة أراضي الوطن الأم وحقوقها ومصالحها البحرية. وعلى غرار ذلك تبنت اليابان في العام ١٩٩٦ مخططا أوليا لبرنامج دفاع قومي جديد يطالب القوات اليابانية بتعزيز قدراتها على حماية الممرات البحرية الأساسية والمصالح الحيوية الأخرى في المياه المحيطة باليابان<sup>(٢)</sup>.

وهكذا نرى الطاقة تشكل محورا رئيسا تدور في فلكه القوى العالمية لتؤمن لشعوبها الكميات الكافية من هذا الوقود، وإن بذلت لأجل ذلك من ميزانياتها أموالا ضخمة، أو حركت في سبيل ذلك الجيوش.

### عالم ما بعد النفط وتحديات النضوب

كثير الحديث في الآونة الأخيرة عن إيجاد مصادر بديلة للطاقة التقليدية، وذلك لسمة أساسية في تلك الموارد تعود إلى ثبات مخزونها وعدم تجدد. بمعنى آخر، إذا استمر استهلاك هذا المخزون، فسوف يفاجأ العالم بأزمة طاقة حقيقية إذا لم ينشط في استهداف موارد طاقة جديدة، والبدء في استخدامها والتوسع فيها بصورة عملية.

ويتسع مدى هذا الحديث كلما ازداد التهديد لمصادر الطاقة التقليدية، سواء بالاستهلاك العالمي المتزايد كضرورة للنمو الاقتصادي والزيادة السكانية، أو بالتوترات والحروب التي تدور رحاها في مناطق تمثل مصادر رئيسة للطاقة في العالم.

### أولا: عالم ما بعد النفط.. حقيقة أم خيال؟

بعد اكتشاف مصادر عديدة للطاقة النظيفة يمكنها أن تكون بديلا لاستخدامات هامة للنفط كثرت التكهينات حول التحديات التي يرسمها المستقبل للنفط، وللدول النفطية التي يمثل النفط العنصر الأساس في منظومتها الاقتصادية.

(١) مايكل كير، الحروب على الموارد: الجغرافية الجديدة للنزاعات العالمية، ترجمة عدنان حسين، بيروت، دار الكتاب العربي، ٢٠٠٢ (١٦) - (١٧).

(٢) السابق (١٨).



ومما لا شك فيه أن اقتصاديات الدول الكبرى غير النفطية قد حققت قفزات نموية كبيرة نتيجة انخفاض أسعار النفط التي فرضته سياسات الولايات المتحدة لإبقاء سعر النفط منخفضا، وكذلك كل مصادر الطاقة في الفترة ما بين ١٩٤٨ و ١٩٧٣.. تلك الحقبة لم ترتفع فيها الشكوى لأن الشمال الغربي كان يستقبل النفط بأسعار زهيدة جدا.

وبعد أن تشكلت (أوبك)، وبدأ منتجو النفط ينتهون ويصرون على الاستفادة القصوى من النفط في دعم اقتصاداتهم، أخذت الأسعار في الارتفاع، بل حدثت طفرات في الأسعار نتج عنها ارتفاع في معدلات التنمية في البلاد النفطية... إنه منطق الأواني المستطرقة، حيث ينخفض النمو العالمي عند الارتفاعات الكبيرة في أسعار الطاقة، بينما تستفيد من ذلك الدول النفطية.. والعكس بالعكس حال انخفاض الأسعار.

كما استطاعت الصناعات الغربية تحقيق تحولات كبيرة فيما يخص رؤوس أموالها واستخدامها للطاقة بشكل كثيف (بفضل انخفاض أسعار النفط)، وعلى سبيل المثال حققت الصناعات الغربية نجاحات كبيرة في التحول من استعمال الخشب إلى استعمال منتجات البلاستيك، ومن استعمال القطن والصوف إلى استعمال النسيج المركبة، ومن استعمال الصابون إلى استخدام المنتجات الكيميائية. أما وقت ارتفاع أسعار النفط، فتواجه تلك الصناعات مشكلة ارتفاع كلفة الإنتاج، رغم أن الطاقة ليست العنصر الوحيد الداخل في عملية الإنتاج، بل من جملة العناصر التي تحسب من خلالها كلفة إنتاج الوحدات.<sup>(١)</sup>

لأجل ذلك التآرجح المصحوب غالبا بارتفاع أسعار النفط كان الحديث عن بديل لتلك الطاقة المستنفدة، حتى لا يقع العالم ضحية لارتفاع أسعار النفط، أو يستيقظ يوما على شحه أو نضوبه، والأمر أيضا ينسحب على احتياطات الغاز الطبيعي؛ إذ هو أحد مصادر الطاقة المستنفدة أيضا.

وفكرت كثير من الدول في مصادر الطاقة المتجددة مثل الإشعاع الشمسي والهيدروجين والحرارة الجوفية وقوة الرياح وأمواج البحر والمحيطات... ولقد أثمر ذلك قدرة كبيرة على توليد الطاقة الكهربائية التي يستفاد بها في الاستخدام العادي اليومي في البيوت، وفي الصناعة وحركة النقل على السواء.

ورأينا - في وقت قريب - كيف أنتج الغرب سيارات جديدة تعمل بالطاقة الكهربائية (عن طريق استخدام بطاريات جافة).. ولا شك أن ذلك سوف يمثل تحديا كبيرا لمستقبل النفط ومنتجيه... إلا أن إشكالية كلفة إنتاج الطاقة من مصادرها المتجددة أو المستنفدة هو الذي سيتحكم في المشهد القادم.

ففي ظل اتفاقيات التجارة العالمية أصبح التنافس في ميدان الصناعة على أشده، والوكلاء المحليون يبحثون - إلى جانب جودة المنتج - عن أسعار مناسبة، لذا فإن ارتفاع كلفة الإنتاج - والتي تمثل الطاقة أحد أهم عناصرها - هو الذي سيوجب عن السؤال: هل وصلنا إلى نهاية عصر النفط؟ هل يمكن الانتقال إلى الطاقة النظيفة أو المتجددة بديلا للنفط؟ ... متى سيكون ذلك؟!

(١) سمير التنير، الاقتصاد العالمي اليوم (٨٦).

لذا سيظل تحليل مستقبل الطاقة ذا أهمية بالغة، ولكن اتخاذ القرار حول هذا الموضوع يبقى دون أسس ثابتة لعدم وجود الاحصاءات والمعلومات الموضوعية، ويحاول المخططون الاقتصاديون بناء هذه المعلومات حول مستقبل الطاقة. ونستطيع حول ذلك إعطاء المعلومات التالية: ستكون إمكانات الطاقة المتجددة محدودة في الـ ٢٥ سنة القادمة ولن تشكل مصدرا جديدا للطاقة باستثناء الطاقة المائية التي سيزيد إنتاجها بالأرقام المطلقة، إلا أنه يتوقع أن يقل بالنسبة إلى مصادر الطاقة الأخرى، ولن تشكل الطاقة الشمسية مصدرا رئيسا للطاقة، وإن كان استعمالها للاحتياجات الفردية سيزداد.

أما الطاقة النووية فستشكل بمظاهرها المختلفة في رأينا أهم مصدر لتزويد الطاقة في العالم على المدى البعيد، إلا أن تطورها خلال السنوات القادمة يرتبط بعوامل عديدة منها التشريعات ونشاط الهيئات والمؤسسات والدوائر المطالبة بالمحافظة على البيئة والخوف من انتشار الأسلحة النووية، والخوف من التلوث والإشعاعات النووية، إلا أنه من المتوقع أن تتضاعف نسبة مساهمتها في ميزانية الطاقة الدولية.

أما النفط الخام فسيظل في الـ ٢٥ سنة القادمة أهم مصدر للطاقة عالميا، وسيزيد الطلب عليه تدريجيا خلال تلك الفترة. وعلى الرغم من أن الطلب على النفط سيزيد في السنوات المقبلة فإن مساهمته في تزويد الطاقة ستتناقص تدريجيا عن مستواها الحالي<sup>(١)</sup>.

ربما كان التحدي الأكبر هو الاكتشافات النفطية الكثيرة التي تسهم في زيادة المعروض، ومن ثم خفض الأسعار، والتحول إلى طاقة مستنفدة أخرى كالغاز الطبيعي بديلا للنفط، والإنفاق الباذخ لتمويل مشكلات الحاضر على حساب الغد المجهول.. كل ذلك يرسم صورة معقدة مخوّفة للمستقبل، وهو ما ينبغي التفكير في العقود القليلة القادمة.

#### ثانيا: تحديات نضوب الطاقة التقليدية

والسؤال الطبيعي الذي يمكن وروده في ظلال الحديث عن مصادر طاقة بديلة: متى سينضب ذلك الوقود؟

لقد تنبأ عالم الجيولوجيا (كينج هوبرت) في الخمسينات من القرن الماضي بأن العالم سيعاني من ندرة اقتصادية في الوقود الأحفوري. وبقيت هذه الفكرة في الوعي الجمعي باعتبارها نظرية النفط القصوى والتي تقول أن إنتاج النفط كسلعة محدودة سيصل إلى ذروته في وقت ما، ومن ثم سينخفض تدريجياً إلى حد النضوب.

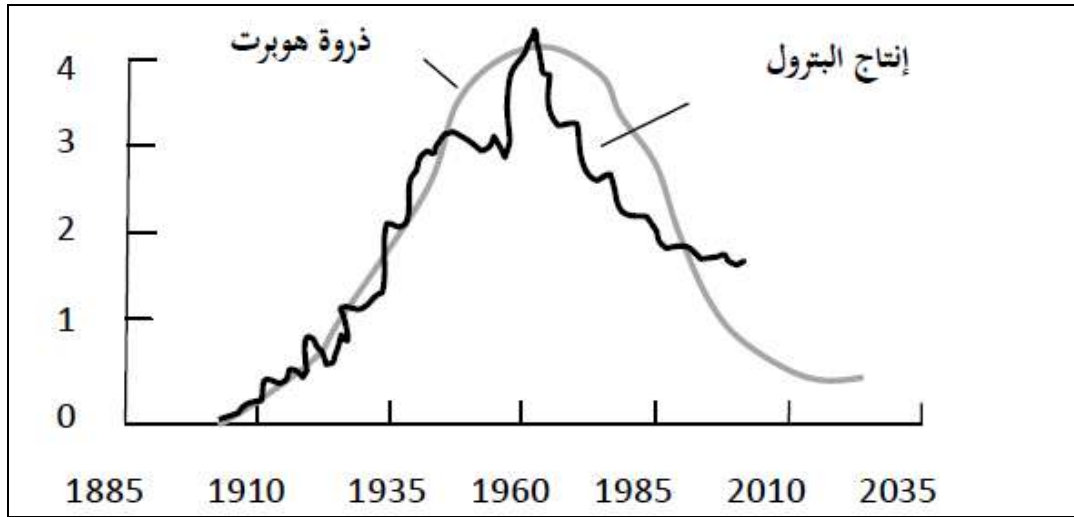
وتستند أهمية العمل الذي قام به هوبرت إلى توقعه المثير للجدل الذي أعلنه سنة ١٩٥٦ حول وصول إنتاج النفط في الولايات المتحدة ذروته في أوائل السبعينات، وقد بدأ فعلا بالهبوط إثر ذلك. وبعد تحقق

(١) انظر: السابق - نفس الصفحة.





توقعاته، تبنت حركة الحفاظ على الموارد الطبيعية هوبرت كأسطورة في زمنه<sup>(١)</sup>، لقد قوبلت النظرية بالسخرية حتى عام ١٩٧١ إلى أن تحقق ما قال هوبرت، وبعد أن كانت أمريكا هي المصدر للنفط صارت دولة مستوردة له، فذروة النفط باختصار هي وصول الممكن النفطي إلى قمة إنتاجه وانخفاض الإنتاج بعد هذه النقطة. ومثلما حدث ذروة هوبرت في الولايات المتحدة تكررت في بريطانيا صاحبة حقول الشمال سنة ١٩٩٩، وحدثت للنرويج سنة ٢٠٠٥.



شكل (١١): منحني هوبرت وتوقعه ذروة النفط عند وتيرة إنتاج ٢٠٠ ألف برميل سنويا.

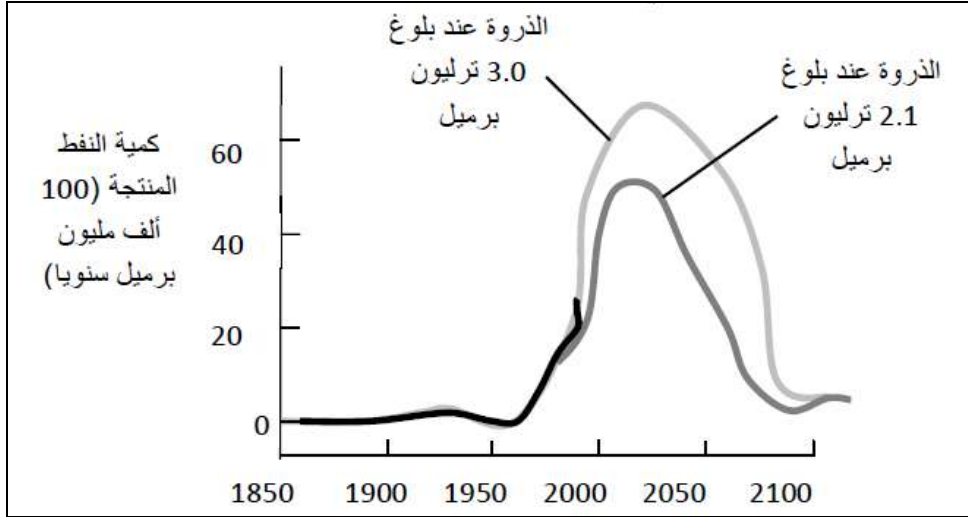
Source: Steven M Gorelick, Oil Panic and Global Crisis: Predictions and Myths, WILEYBLACKWELL, 1st Edition, New Jersey, 2011, P.3.

وقد ركز هوبرت حول أربعة أسئلة رئيسية تمحورت حول ما هي كمية النفط المتبقية لاستغلالها؟، ما هو احتمال وجود اكتشافات جديدة؟ ما هو المعدل المتوقع للاستهلاك الإجمالي من البترول؟، ومتى تكون نهاية عصر النفط؟

و قد تبعت نظرية هوبرت البسيطة دراسات أخرى أكثر تعقيدا، منها دراسة تقرير الطاقة التي قام بها هالوك Hallock وآخرون سنة ٢٠٠٤، حيث أكدوا أن الإنتاج الإجمالي من النفط سينخفض مستقبلا، وأنه ابتداء من سنة ٢٠٠٤ إلى سنة ٢٠٣٧ ستتحول البلدان المصدرة للنفط حاليا إلى بلدان مستوردة له مستقبلا، وأن عدد الدول الرئيسية المصدرة للبترول سينخفض من ٣٥ بلد إلى حوالي ٢٨ ثم إلى ١٢ بلدا سنة ٢٠٣٠. وفي الشكل التالي توقعات هيئة الطاقة الدولية لسنة ٢٠٠٠ والتي كادت أن تطابق منحني هوبرت الأصلي وإن اختلفت قيمة الذروة النفطية، والتي تقدرها وكالة الطاقة الدولية بحوالي ٣ تريليون برميل، في حين قدرها هوبرت بحوالي ٢,١ تريليون برميل.<sup>(٢)</sup>

(١) ديفيس س. كينيث، ما بعد النفط منظورا إليه من ذروة هوبرت، ترجمة صباح صديق الدموجي، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، ط أولى، ٢٠٠٩ (٧٤).

(٢) زاوية حلام. دور اقتصاديات الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة في الدول المغربية (٢٨).



شكل (١٢): توقعات وكالة الطاقة العالمية لذروة النفط باستخدام نموذج هوبرت سنة ٢٠٠٠

Source: Steven M Gorelick, Oil Panic and Global Crisis: Predictions and Myths, Wiley blackwell, 1st Edition, New Jersey, 2011, P 5.

وهناك طريقة لتوقع زمن نضوب النفط والغاز والفحم تتمثل في نسب الاحتياطيات والإنتاج - أي نسبة الاحتياطيات إلى معدلات الإنتاج الراهنة -، ووفق معدلات الإنتاج الحالية سينضب النفط خلال ٥٣ سنة والغاز الطبيعي خلال ٥٤ سنة والفحم خلال ١١٠ سنة آخذين بعين الاعتبار دراسة مستقبل الطاقة العالمية عام ٢٠١٥ الذي أصدرته الوكالة الدولية للطاقة والتي توقعت بأن الوقود الأحفوري سيشكل ٥٩% من مجموع الطلب الأولي على الطاقة عام ٢٠٤٠ بالرغم من تواجد سياسات صارمة للمناخ.<sup>(١)</sup>

وقدر معهد النفط الأمريكي في عام ١٩٩٩ أن موارد النفط العالمية قد تستهلك بحلول عام ٢٠٦٢ إلى عام ٢٠٩٤ بافتراض وجود احتياطيات نفطية عالمية تتراوح ما بين ١,٤ تريليون إلى ٢ تريليون برميل. وفي عام ٢٠٠٦ تنبأت مجموعة كامبردج لأبحاث الطاقة بوجود ٣,٧٤ تريليون برميل في باطن الأرض متفوقة بثلاثة أضعاف على تقديرات منافسهم.

ولذا يكمن تحدي تقدير جدول زمني لاستنفاد الوقود الأحفوري في توافر موارد جديدة بشكل اعتيادي. ولذا يجب أن لا يغيب عن أذهاننا أن هذه التقديرات تركز على نسب الاحتياطيات والإنتاج وتتنظر فقط للاحتياطيات المثبتة وليس الموارد المحتملة. مثلاً قدرت نظرية النسب عام ١٩٨٠ إنتاج نفطي لمدة ٣٢ عام استناداً للموارد المثبتة.

وغالباً ما تكون التقديرات غير صائبة نتيجة الاكتشافات الجديدة، وتطور تقنيات الاستخراج، ووجود مصادر بديلة تقلل من استهلاك الوقود الأحفوري وتحفظ بعض مخزوناته. فقد استنتج تقرير صادر عام ١٩٧٧

(١) Tibi Puiu, How long before the world runs out of fossil fuels? at: (1)

<https://www.zmescience.com/other/feature-post/how-long-fossil-fuels-last-43432/>

عن إدارة بيانات الطاقة أن الولايات المتحدة تستطيع الوصول لـ ٣٢ مليار برميل من احتياطات النفط و ٢٠٧ تريليون قدم مكعب من الغاز.

ولكن منذ ذلك الوقت وحتى عام ٢٠١٠ استخرجت البلاد ٨٤ مليار برميل نفط (أي ٢,٦ ضعفاً لهذه التقديرات الأولية) و ٦١٠ تريليون قدم مكعب من الغاز (٢,٩ ضعفاً لهذه التقديرات الأولية). وتتنامى الاحتياطات بشكل مستمر.

وقد زادت الولايات المتحدة احتياطاتها بمقدار الثلث منذ عام ٢٠١١ بفضل الحفر الأفقي والتكسير الهيدروليكي الذي يسمح بالوصول إلى النفط والغاز الصخري المحتبس في تشكيلات الصخور تحت الأرض والتي لم يكن استغلالها مربحاً قبل توفر هذه التقنيات.

ومع تحسن التقنيات بشكل مطرد ستمكن كل من الحكومات وشركات النفط والغاز بالوصول إلى احتياطات جديدة بعضها غير قابل للاستغلال في الوقت الراهن وأخرى لم تحدد بعد.

وتخطط اليابان - على سبيل المثال - لاستخراج الميثان من احتياطات الهيدرات تحت سطح البحر- تلك الموارد التي قد تحتوي على ضعف كمية الكربون مقارنة بالوقود الأحفوري. ويفتح التغير المناخي ممرات في القطب الشمالي والتي نجمت أساساً عن حرق الوقود الأحفوري قد تسمح باستخراج النفط والذي كان مستحيلاً من الناحية اللوجستية. وعادت شركة غاز بروم الروسية بأوائل براميل النفط إلى الوطن من القطب الشمالي عام ٢٠١٤ وتبعها كثيرون. وترغب روسيا بالتعاون مع شركة توتال الفرنسية وشركة النفط الوطنية الصينية باستغلال الحفر في القطب الشمالي هذا العام ٢٠١٩ بحثاً عن الغاز الطبيعي. ويتوقع أن يستخرج المصنع الذي قدرته قيمته بـ ٢٧ مليار دولار ١٦,٥ مليون طن من الغاز الطبيعي كل عام.<sup>(١)</sup>

من الواضح أن مسألة نضوب الطاقة الأحفورية هي مسألة مؤكدة، مع اختلاف تقديرات المدى الزمني الذي تقع فيه بسبب عوامل متعددة كما ذكرنا، إلا أن ظاهرة الاحتباس الحراري، وارتفاع درجة حرارة الأرض بشكل متزايد<sup>(٢)</sup> هو ما يدعو للقلق، ويهدد الحياة على سطح الكوكب، ويؤكد على ضرورة البحث على وسائل طاقة مستدامة نظيفة.

وقد قيمت دراسة نشرت عام ٢٠١٦ في مجلة الطبيعة Nature للتغير المناخي ما سيحدث لو قمنا بحرق كل الوقود الأحفوري المتواجد في باطن الأرض. وافترضت الدراسة سيناريو عدم تواجد أي جهود لكبح الاحترار العالمي، فذكرت أنه بحلول عام ٢٠٣٠ سيستقر ثاني أكسيد الكربون عند ٢٠٠٠ جزء بالمليون أي ما يفوق معدله الراهن بخمسة أضعاف (٤٠٨ جزء بالمليون) مما يؤدي لانبعاث ٥ تريليون طن ثاني أكسيد الكربون في الجو. وفي هذا السيناريو المرعب سترتفع درجات الحرارة بمقدار ٨ درجة مئوية زيادة عن معدل الثورة الصناعية حيث سيعاني القطب الشمالي من مخاطر الاحترار، ويصل ارتفاع درجة الحرارة فيه إلى ١٧ درجة

(١) السابق.

(٢) أثناء كتابة البحث، انهارت مليارات الأطنان من الثلوج عند القطبين، مما ينذر بارتفاع مستوى سطح البحر وتغيرات مناخية عديدة.

مئوية. ولذلك لا يكون العامل المحدد لاستخدام البشر للوقود الأحفوري استنفاد الموارد بقدر تخطيه حاجزاً حاسماً لا يستطيع الكوكب عنده تحمل نتائج حرق الوقود الأحفوري.

### الطاقة التقليدية واختلال التوازن البيئي

في سياق البحث عن نموذج للطاقة المستدامة التي تراعي الركائز الثلاثة للتنمية المستدامة (الاقتصاد والمجتمع والبيئة) تبرز إحدى الإشكاليات الرئيسية للطاقة التقليدية، وهي تأثيراتها الضارة على البيئة، ومن ثم إحداث الاختلالات الخطيرة التي لن تؤثر على قوة الاقتصاد فحسب، بل ربما تؤدي إلى مشكلات هيكلية في الحياة على كوكب الأرض.

وفيما يلي نذكر أهم الأضرار البيئية التي تنتج عن استخدام الطاقة الأحفورية:

#### أولاً: تلوث الهواء

من المعروف علمياً أن غاز ثاني أكسيد الكربون من غازات الدفيئة التي تحبس حرارة الأرض في الجو، وتوجد بعض تلك الغازات بصورة طبيعية تفيد في إبقاء درجة حرارة الأرض ملائمة للبشر والحيوانات والنباتات، إلا أن زيادة تلك النسبة يتسبب في ارتفاع درجة الحرارة، والتي قد تتسبب في تغيرات مناخية خطيرة.

كما أن عملية التمثيل الضوئي (Photosynthesis) التي يقوم بها النبات، وتحول ثاني أكسيد الكربون إلى أكسجين لا يمكن إجراؤها بشكل كامل من خلال كمية النباتات الموجودة حالياً مما يؤدي إلى تراكم غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، ويزداد هذا التأثير مع القطع الجائر للأشجار وتجريف الأراضي الزراعية.

وتعتبر الصناعات التي تعتمد على الوقود الحفري (الفحم . النفط . الغاز الطبيعي) كمصدر أساسي للطاقة من أكبر مصادر الملوثات الهوائية، إذ ينطلق منها عند احتراقها كميات كبيرة جداً من الغازات والجسيمات التي تعمل من خلال تراكمها في الغلاف الجوي على تغيير تركيبة الهواء، مما يؤدي إلى حدوث خلل في نظامه الأيكولوجي، يصبح معه الهواء مصدراً لكثير من المخاطر والأضرار التي باتت تهدد كافة صور الحياة على الأرض، وذلك نتيجة لتعدد أنواع الغازات والشوائب التي تتصاعد إلى الهواء نتيجة إحراق الوقود في المصانع، ومحطات القوى، وفي محركات السيارات. مما يجعل الهواء ملوثاً بعدد من العوادم الغازية مثل التلوث بثاني أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين، وأول أكسيد الكربون، وإيثيل الرصاص الناتج من عوادم السيارات.

ومن الملاحظ أن نسبة غاز CO<sub>2</sub> في الغلاف الجوي قد ارتفعت قليلاً في السنوات الأخيرة، ويرجع ذلك بسبب تلك الكميات الهائلة من الوقود التي تحرقها المنشآت الصناعية ومحطات الوقود والمحركات الداخلية في وسائل النقل والمواصلات. وتمثل نسبة غاز CO<sub>2</sub> الملوثة للهواء حوالي ٠,٧٪ من كمية الغاز الموجود طبيعياً في الهواء.



وبسبب تلك الزيادة في نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء فلم تعد وسائل التخلص الطبيعي منه قادرة على مجابهة تلك الزيادة، مما جعل هناك تخوفاً أكبر من مخاطره المتمثلة في أن ذلك الغاز عندما يذوب في الماء يعطي حمضاً ضعيفاً يعرف باسم حمض الكربونيك، ويتفاعل هذا الحمض مع بعض المكونات القلوية لقشرة الأرض، كما يتفاعل مع بعض الرواسب الموجودة في قيعان البحار مكوناً مركبات بسيطة مثل بيكربونات وكربونات الكالسيوم وغيرهما

بالإضافة إلى ذلك فإن خطورة ذلك الغاز أيضاً تكمن في أن جسيمات الكربون قادرة على امتصاص الغازات السامة فيتحوّل بذلك إلى غاز خطر من ناحية، ويؤثر على درجة حرارة الغلاف الجوي

ومن نتائج التلوث الهوائي بالكربون أيضاً (التغيرات المناخية)، حيث أن هناك من يعتقدون أن استمرار احتراق الوقود بالشكل الحالي يزيد نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء لتصل للضعف تقريباً في حدود عام ٢٠٢٠م. ونظراً لأن حرارة سطح الأرض هي محصلة لاتزان دقيق بين مقدار ما يقع على هذا السطح من أشعة الشمس ومقدار ما ينعكس منها ويشتت في الفضاء، فإن زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو ستؤدي لامتناس زيادة من الإشعاعات الحرارية المنعكسة من سطح الأرض والاحتفاظ بها، وتؤدي بالتالي لارتفاع حرارة الجو عن معدلها الطبيعي، مما يؤدي على المدى الطويل لارتفاع حرارة طبقات الغلاف الجوي الملاصقة للأرض بشكل ملحوظ وهو ما يعرف بظاهرة (الاحتباس الحراري).

وقد أذاعت أكاديمية العلوم الأمريكية عام ١٩٧٠ تقريراً يفيد بأنه، من المتوقع أن ترتفع درجة حرارة الجو بمقدار درجتين أو ثلاث درجات في منتصف القرن القادم أي نحو عام ٢٠٥٠ ميلادية، ومن المتوقع أن ارتفاع درجة الحرارة للجو بهذا الشكل سيؤدي لانصهار جزء من طبقات الجليد التي تغطي القطبين الشمالي والجنوبي للأرض، وانصهار الجليد المغطى لقمم الجبال في بعض المناطق، مما سيؤدي لارتفاع مستوى سطح الماء في البحار والمحيطات وإلى إغراق كثير من حواف القارات بما عليها من مدن ومنشآت، بالإضافة لذلك، فإن الشواطئ في كثير من دول العالم بما فيها مصر، بنجلاديش، وإندونيسيا، والهند والصين وغيرها سوف تغمر بالمياه كنتيجة لزيادة منسوب مياه البحار، والمحيطات. كما أن المياه الجوفية سوف تتلوث نتيجة زحف مياه البحار والمحيطات، بالإضافة لفقد كثير من الأراضي الزراعية لصلاحيتها نتيجة زيادة الملوحة<sup>(١)</sup>

2009	2008	2007	2006	2005	
10887.688	11077.064	11143.911	11166.420	11125.656	البحرول
6031.983	6273.429	6077.690	5868.630	5748.255	الغاز الطبيعي
13393.577	13049.011	12502.905	11904.172	11492.239	الفحم
30313.248	30399.503	29724.505	28939.222	28336.150	إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في العالم

جدول (٥): انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لمصادر الطاقات التقليدية في الفترة من ٢٠٠٥ - ٢٠٠٩

المصدر: وكالة الطاقة الدولية (www.eia.gov).

(١) عبد الحكم عبد اللطيف الصعيدي، الإنسان والبيئة (٥٧).

وارتفاع الحرارة سيؤدي إلى حدوث خلل في توزيع سقوط الأمطار، حيث تعاني بعض المناطق من الجفاف بينما تعاني مناطق أخرى من السيول. وكنتيجة لذلك يتأثر الإنتاج العالمي للمحاصيل الزراعية وتحدث المجاعات، كما أن الثروة السمكية ستتأثر لغمر الشواطئ. بل إن النظام البحري سوف يختل بوجه عام مما يهدد بفقدان مصدر من مصادر الطعام. بالإضافة لحدوث نوبة من الاضطرابات الجوية أو ما يطلق عليه (الحي الجوية)، والتي تؤثر في الظروف الجوية في عدة اتجاهات فقد تؤدي لحدوث برودة شديدة أو حرارة شديدة، أو نوبة من الرياح العاتية، وأحياناً السكون والهدوء. وهي ذات تأثير قد يمتد لعدة ساعات مادامت الحرارة محتبسة، وهناك تأثير آخر يسببه ذلك الاحتباس للحرارة في الغلاف الجوي وهو أنه يؤثر على تحرك الكتل الهوائية، مما يؤدي لانحراف اتجاه تلك الكتل الهوائية ليسبب أمطار شديدة مستمرة لعدة أيام، أو برودة قارصة لعدة أيام متتالية حسب وجود الكتلة الهوائية في المنطقة.

ويُعد غاز ثاني أكسيد الكبريت من أخطر عناصر التلوث للهواء فوق المدن وحول محطات القوي والمنشآت الصناعية. وتحتوي أغلب أنواع الوقود مثل (الفحم وزيت البترول) على نسبة ما من مركبات الكبريت في تكوينها. وعند إحراق هذا الوقود يتأكسد ما به من كبريت إلى ثاني أكسيد الكبريت الذي ينطلق في الهواء مصاحباً غاز ثاني أكسيد الكربون. وهو أحد العناصر المسببة لظاهرة الأمطار الحمضية التي تتساقط أحياناً في بعض المناطق في كثير من الدول، ويتحد هذا الغاز تحت بعض الظروف الخاصة بأكسجين الهواء معطياً غازاً آخر يعرف باسم ثالث أكسيد الكبريت، وعندما يذوب هذا الغاز في بخار الماء الموجود في الهواء يعطي حمضاً قوياً يعرف باسم حمض الكبريتيك، وينتشر هذا الحمض في الهواء ويبقى عالقاً فيه على هيئة رزاز دقيق يشبه الأيروسول، ثم يتساقط بعد ذلك على سطح الأرض مع مياه الأمطار، ومع الجليد فيلوث التربة، ويلوث الأنهار والمحيطات، ويضر بحياة مختلف الكائنات الحية بما فيها الإنسان. وقد يختلط هذا الغاز بالضباب الدخاني فوق المدن ويسبب أضراراً بالغة لسكان هذه المدن ويؤدي لوفاة المصابين منهم بأمراض الجهاز التنفسي.<sup>(١)</sup>

تحتوي أغلب أنواع الوقود على نسبة صغيرة من المركبات العضوية المحتوية على النيتروجين. وعند إحراق هذه الأنواع (مثل الفحم أو المازوت في محطات القوي وغيرها من المنشآت الصناعية) ينتج بعض هذه الأكاسيد. كما يتكون أكسيد النيتريك من إحراق بعض مقطرات البترول مثل (السولار والجازولين في محركات السيارات والشاحنات). وتشترك أكاسيد النيتروجين مع غاز ثاني أكسيد الكبريت في تكوين الأمطار الحمضية، بالإضافة لذلك، فعندما تصل تلك الأكاسيد لطبقة الأوزون الموجودة في طبقات الجو العليا، والتي تحمي الأرض من أضرار الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس، فإنها تحدث كثيراً من الضرر لهذه الطبقة وتؤدي لتفكك الأوزون.<sup>(٢)</sup>

ويتكون غاز أول أكسيد الكربون نتيجة الأكسدة غير الكاملة للوقود خصوصاً في محركات السيارات. وعلى الرغم من أن نسبة هذا الغاز تقل كثيراً عن نسبة ثاني أكسيد الكربون إلا أنه يتصف بسميته الشديدة، ويعتبر من أخطر الغازات على صحة الإنسان، فهو يكون مع الدم مركباً صلباً يقلل من كفاءة الدم في نقل

(١) انظر: السابق (٦٠).

(٢) السابق (٦١).

الأوكسجين، وعندما تزيد كميته قليلاً فقد يتسبب في انسداد الأوعية الدموية محدثاً الوفاة. وكذلك يتدخل هذا الغاز في عمل بعض الأنزيمات ويقلل من كفاءتها

وتعاني المدن الكبيرة بصفة أساسية من ظاهرة تسمى ظاهرة الضباب الدخاني، والذي يكون تكونه في الجو نتيجة احتراق الوقود (البنزين - السولار) في محركات السيارات احتراقاً غير تام. مما يؤدي إلى أن غازات العادم التي تتكون من غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء تكون مصحوبة عادة بكمية قليلة من بعض الجزيئات العضوية التي لم تتأكسد أكسدة تامة، بالإضافة لقدر صغير من غاز أول أكسيد الكربون وبعض أكاسيد النيتروجين. وعندما يتعرض هذا الخليط للأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس يحدث بين مكوناته تفاعل كيميائي ضوئي، ينتج عنه تكون الضباب الدخاني الذي يبقى معلقاً في الهواء، ويغلف الجو تماماً ويسبب احتقان الأغشية المخاطية ويدمع العيون ويثير السعال وقد يؤدي للاختناق في بعض الأحيان.<sup>(١)</sup>

وإيثيل الرصاص هو أحد نواتج احتراق الوقود (البنزين. السولار) داخل محركات السيارات، هو غير قابل للتحلل بيئياً إذ يبقى بتركيز ثابت يتزايد مع الزمن ومع استمرار انبعاثه يحدث تسمماً خطيراً. فالرصاص يسبب الإصابة بالتسمم الذي من أعراضه، عدم القدرة على التركيز أو سرعة الاستجابة، وشحوب لون الوجه، والشعور بالإرهاق، وعدم القدرة على بذل جهد شاق، واضطراب الدورة الدموية ومعدلات التنفس، كما يعد الرصاص من أخطر العناصر الملوثة للبيئة والذي له تأثيراً ضاراً جداً بصحة الإنسان.

### ثانياً: التلوث المائي

يساهم النفط بصورة كبيرة في حدوث التلوث المائي فهناك العديد من الأضرار الناتجة عن تلوث الماء بزيت البترول. ومنها ظهور آثار سامة في منطقة الحادث نتيجة بعض العناصر الثقيلة (كالزئبق، والرصاص، الكاديوم)، وقيام الرياح وحركة الأمواج بدفع أجزاء من بقعة الزيت نحو الشواطئ المقابلة لمنطقة الحادث فتلوث رمالها وتحيلها لمنطقة عديمة النفع والفائدة. كما تعتبر أيضاً النفايات والمخلفات البترولية التي تلقىها ناقلات البترول في البحار أثناء سيرها فيها من أهم أسباب تلوث المياه بزيت البترول، ذلك الأخير الذي يؤدي للعديد من الأضرار البيئية.<sup>(٢)</sup>

ولقد ثبت أن السبب الرئيسي في تكوين الأمطار الحمضية هو محطات القوي والمراكز الصناعية الضخمة التي تنتشر في كثير من الدول. وتحرق كميات ضخمة من الوقود وتدفع إلى الهواء يومياً بكميات هائلة من الغازات الحمضية (مثل ثاني أكسيد الكبريت، كبريتيد الهيدروجين وأكاسيد النيتروجين...)، وتحمل الرياح هذه الغازات من مكان لآخر. وبذلك يمتد تأثيرها وفعالها أحياناً لمسافات بعيدة كل البعد عن المصدر الذي خرجت منه

وتلك الأمطار تتعدد آثارها السلبية فهي عندما تسقط على سطح الأرض تتفاعل مع بعض مكونات التربة القلوية وتعادلها، وتساعد على تفتيت كثير من الصخور، وتذيب عناصر الكالسيوم الموجودة في التربة وتحملها

(١) انظر: خلف الله حسن محمد، ويسري الجوهرى، الصحة والبيئة في التخطيط الطبي (٤٧).

(٢) انظر: صلاح هاشم، المسئولية عند المساس بسلامة البيئة البحرية (٢١).

معها لمياه الأنهار. وتؤدي هذه العملية لحدوث عدة أضرار مثل نحر التربة، وذوبان بعض الفلزات الهامة في مياه الأمطار الحمضية مما يبعدها عن جذور النباتات ويقلل استفادتها منها. وارتفاع حموضة المياه في المسطحات المائية، مما يهدد الثروة السمكية، كما تؤثر تلك الأمطار على مياه الشرب لتجعلها غير صالحة للاستخدام.<sup>(١)</sup>

وفي الشكل تلخيص لأهم التأثيرات البيئية للوقود الأحفوري متمثلا في النفط والفحم والغاز الطبيعي.

التأثيرات البيئية	مصدر الطاقة
<ul style="list-style-type: none"> <li>• تلوث للمياه السطحية والجوفية.</li> <li>• اضطراب وتغيرات في استخدام الأراضي وتدور النظام البيئي.</li> <li>• انبعاثات غازات ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين.</li> </ul>	الفحم
<ul style="list-style-type: none"> <li>• تلوث سطح التربة بالغازات الثقيلة ومخلفات الرماد والحث.</li> <li>• تدهور التربة والمخرفها نتيجة عمليات الاستخراج والنقل.</li> </ul>	النفط
<ul style="list-style-type: none"> <li>• تغيرات عالمية في المناخ بسبب انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون والغازات الحابسة للحرارة.</li> <li>• تلوث البحار والمحيطات.</li> </ul>	الغاز الطبيعي

جدول (٦): أهم التأثيرات البيئية لمصادر الطاقة التقليدية

المصدر: شحاتة حسن أحمد، التلوث البيئي ومخاطر الطاقة، مكتبة الدار العربية للكتاب، مدينة نصر، ط الثالثة، ٢٠٠٢ (٦٦).

### العالم وتقليل الاعتماد على الطاقة التقليدية

كان من الضروري أمام هذه الإشكاليات الناجمة عن استخدام مصادر الطاقة التقليدية السير في اتجاه ترشيد استخدام تلك المصادر، ومحاولة إيجاد مصادر بديلة تكون مناسبة في التكلفة، وأكثر استدامة، وأقل إضرارا بالبيئة والمجتمع. من أجل ذلك اتخذت العديد من الدول إجراءات بتقليل الاعتماد على النفط، وسعت في إحلال عدد من مصادر الطاقة المتجددة محل الطاقة التقليدية، وعملت على تطوير تقنيات تتجاوز الإشكاليات المتعلقة بالتكلفة والاستخدام للطاقة البديلة.

وتفيد الإحصاءات الحالية بانخفاض طفيف في معدلات استهلاك النفط في الدول المتقدمة، فقد بلغ الطلب العالمي على الطاقة عام ٢٠١٧ نحو ١٣٥١١,٢ مليون برميل مكافئ لنفط (ما يعادل حوالي ٢٧١,٣ مليون برميل مكافئ لنفط يوميا) أي بنسبة زيادة حوالي ٢,٢% مقارنة بعام ٢٠١٦. واستأثرت الدول الصناعية بحصة ٤١,٥% من إجمالي الطلب العالمي على الطاقة مقابل نحو ٧,٢% للدول الناشئة، و٥١,٣% لبقية دول العالم. وشكل الطلب على النفط ٣٤,٢% من إجمالي الطلب العالمي على الطاقة لعام ٢٠١٧، وبلغت حصة الفحم ٢٧,٦%، والغاز الطبيعي ٢٣,٤%، والطاقة الكهرومائية ٦,٨% والطاقة النووية ٤,٤% والطاقة المتجددة ٣,٦%.

وارتفع الطلب العالمي على النفط خلال عام ٢٠١٧ بمقدار ١,٦ مليون برميل يوميا أي بنسبة ١,٧% منخفضا بشكل طفيف عن معدله المسجل في عام ٢٠١٦ وهو ١,٨%. ويعود ذلك إلى تراجع وتيرة الطلب على

A. Lesser. Environmental Economics and Policy, (Addison – New York – England), p. 17 (١)



النفط من مجموعة الدول الآسيوية النامية التي سجلت نمواً معدله ٢,٨% في عام ٢٠١٧ مقارنة بنمو بلغ ٥,١% في عام ٢٠١٦، وذلك على خلفية تباطؤ النمو الاقتصادي للهند إلى ٦,٧% في عام ٢٠١٧ مقابل ٧,١% في عام ٢٠١٦.

ووفقاً للمجموعات الدولية الرئيسية، ارتفع مستوى الطلب في مجموعة الدول الصناعية خلال عام ٢٠١٧ بنحو ٥٠٠ ألف برميل يومياً، بينما ارتفع مستواه في بقية دول العالم بواقع ٢,٣ مليون برميل يومياً. وقد أدى تغير مستويات الطلب لكل مجموعة إلى اختلاف حصتها من إجمالي الطلب العالمي خلال عام ٢٠١٧، إذ انخفضت حصة الدول الصناعية من ٤٩,٢% في عام ٢٠١٦ إلى ٤٨,٩% في عام ٢٠١٧، بينما ارتفعت حصة بقية دول العالم من ٥٠,٨% إلى ٥١,١%<sup>(١)</sup>.

ويعتبر هذا الانخفاض - وإن كان طفيفاً على أساس سنوي - مؤشراً على اهتمام الدول الصناعية بالتحول إلى بدائل للنفط، لا سيما وهذه الدول متقدمة تقنياً، ولديها إمكانيات تطوير تقنيات طاقة بديلة منخفضة التكلفة. إن ذلك من شأنه أن يؤثر على إسهام النفط في الطاقة العالمية على المدى القريب والمتوسط.



شكل (١٣): توزيع الطلب العالمي على النفط وفق المجموعات الدولية من ٢٠١٣ إلى ٢٠١٧

المصدر: التطورات الدولية في مجال النفط والطاقة، التقرير رقم ٤٤ للأمين العام الصادر عن منظمة الأقطار العربية المصدرة للبتترول، ٢٠١٧ (٥٠).

وتوقعت شركة (بي بي) النفطية العملاقة أن يرتفع الطلب العالمي على النفط الخام حتى أواخر العقد الثالث من القرن الحالي، على أن يبدأ بمراوحة مكانه بعد وصوله لذروته، مرجعة ذلك بشكل أساسي إلى ارتفاع عدد السيارات والشاحنات الكهربائية، وفق توقعاتها السنوية.

وتعتقد (بي بي) أن ٣٢٠ مليون سيارة كهربائية ستكون على الطريق بحلول عام ٢٠٤٠، مقارنة مع حوالي ٢ مليون سيارة في عام ٢٠١٦. كما أن المركبات الكهربائية سوف تصل إلى نقطة تحول تنطلق معها بشكل فعلي

(١) التطورات الدولية في مجال النفط والطاقة، التقرير رقم ٤٤ للأمين العام الصادر عن منظمة الأقطار العربية المصدرة للبتترول، ٢٠١٧ (٤٣).

واسع النطاق بعد عام ٢٠٣٥<sup>(١)</sup>. وهذه التوقعات تخالف توقعات (أوبك) بأن يستمر تعطش العالم للنفط الخام في النمو خلال عام ٢٠٤٠.

إلا أن (أوبك) اعترفت بأن الطلب على النفط سيتباطأ بشكل تدريجي بسبب تباطؤ النمو الاقتصادي وارتفاع أسعار النفط وزيادة كفاءة الطاقة والمنافسة القوية من مصادر الطاقة الأخرى. وتوقعت شركة (رويال داتش شل) العملاقة النفطية أن يصل الطلب على النفط إلى ذروته خلال ١٥ عاماً، على أن يبدأ بالتراجع بعد ذلك.

وذكرت وكالة الطاقة الدولية أن مبيعات السيارات الكهربائية ارتفعت في السنوات الأخيرة. غير أن الكهرباء لا تزال تشكل ٠,٢ في المائة، فقط من إجمالي عدد سيارات الركاب.

وتوقعت (بي بي) - بحلول عام ٢٠٤٠ - أن يساهم النفط بنسبة ٨٥ ٪، من إجمالي الطلب على وقود النقل، مقارنة مع ٩٤ ٪ اليوم. كما أن الوقود البديل سوف يخترق نظام النقل وستصبح المركبات التقليدية أكثر كفاءة بكثير، مما يعني أن استهلاكها للوقود سيتراجع بشكل كبير.<sup>(٢)</sup>

وإذا نظرنا إلى نمو أسواق الطاقة المتجددة وتقنياتها - على الجانب الآخر - فإننا نرى تهديداً حقيقياً لمصادر الطاقة التقليدية، وإذا كان من غير المتوقع حدوث تراجع حاد في استخدام الطاقات التقليدية، فإنه من المؤكد - أمام التطور الكبير في تقنيات الطاقة المتجددة ونمو أسواقها - أن تستحوذ على حصة مؤثرة من سوق الطاقة العالمي، وهو - بالطبع - ما سيكون على حساب مصادر الطاقة الأحفورية. وقد أظهر التقرير السنوي لوكالة الطاقة الدولية لعام ٢٠١٨ استمرار نمو حصة الطاقة المتجددة من إجمالي استهلاك الطاقة في العالم، مع توقع نمو الحصة بنسبة ٢٠٪ تقريباً خلال السنوات الخمس المقبلة، لتصل إلى ١٢,٤٪ من إجمالي استهلاك الطاقة في العالم.

وبحسب التقرير فإن المصادر المتجددة سوف تسجل أسرع نمو لها في قطاع الكهرباء، حيث ستوفر حوالي ٣٠٪ من إجمالي الطلب على الكهرباء بحلول ٢٠٢٣ مقابل ٢٤٪ عام ٢٠١٧، وخلال السنوات الخمس المقبلة من المتوقع أن تمثل المصادر المتجددة أكثر من ٧٠٪ من إجمالي النمو في إنتاج الكهرباء، بفضل تطور تقنيات الخلايا الشمسية وطاقة الرياح ومحطات الطاقة المائية والطاقة الحيوية. في الوقت نفسه، ظلت المحطات المائية أكبر مصدر للطاقة المتجددة في العالم، حيث ستوفر حوالي ١٦٪ من إجمالي الطلب العالمي على الكهرباء بحلول ٢٠٢٣، ثم طاقة الرياح، وتوفر ٦٪ من الطلب والطاقة الشمسية، وتوفر ٤٪ ثم الطاقة الحيوية ٣٪ من إجمالي الطلب على الكهرباء في العالم.

وشدد التقرير على أن ٢٠١٧ كان عاماً قياسيماً بالنسبة للطاقة المتجددة، حيث زاد إنتاج العالم من الطاقة الشمسية إلى حوالي ٩٧ جيجا واط، حيث أن أكثر من نصفها يتم إنتاجه في الصين. ويتوقع التقرير أن تسيطر تقنيات الطاقة الشمسية على نمو الطاقة المتجددة ككل خلال السنوات الخمس المقبلة، حيث من

(١) تقرير BP: العطش للنفط في العالم يفقد ذروته بحلول ٢٠٤٠، سي إن إن العربية، ٢٢/٢/٢٠١٨.

(٢) السابق.



المتوقع زيادة إنتاج هذه التقنيات بمقدار ٦٠٠ جيجاوات خلال تلك الفترة. وستمثل الصين حوالي ٤٥% من النمو العالمي في إنتاج الطاقة الشمسية.<sup>(١)</sup>

(١) المصادر المتجددة تهيمن على سوق الطاقة في العالم، صحيفة الاتحاد الإماراتية، ٩/١٠/٢٠١٨.

## المبحث الثاني: الواقع الخليجي للطاقة

## وفرة في مصادر الطاقة التقليدية

تمتلك دول مجلس التعاون الخليجي وفرة في مصادر الطاقة التقليدية (إنتاجا واحتياطيا)، ما يجعلها تأتي في مقدمة دول العالم امتلاكاً للوقود الأحفوري - النفط أساساً، والغاز تابعاً - . ويترتب على ذلك مشكلات كثيرة تتعلق بالأمن والسياسة والاقتصاد، حيث تقع الدول الغنية بالموارد دائماً في مرمى السياسات والمصالح للدول الكبرى بغية تأمين موارد الطاقة اللازمة للتنمية والصناعة وحاجات المجتمع الأخرى.

ويمثل النفط والغاز حوالي ٦٠٪ من مزيج الطاقة العالمي، فيما يشكل الفحم والطاقة النووية والطاقة المتجددة ومجموعة من مصادر ثانوية أخرى ٤٠٪ من الطاقة المستهلكة عالمياً.

وعلى الرغم من صغر الرقعة الجغرافية لدول مجلس التعاون الخليجي وقلة عدد سكانها، إلا أنها تمثل حوالي ٢٠٪ من إنتاج النفط العالمي و٣٤٪ من احتياطياته، و٩٪ من إنتاج الغاز العالمي و٢٣٪ من احتياطياته.<sup>(١)</sup> ولا تتوقف الاكتشافات الخليجية والعالمية في مجال النفط والغاز مما يجعل تلك النسب خاضعة للتغير، سواء على مستوى الإنتاج، أو على مستوى الاحتياطيات.

وإذا ما جمعنا المعلومات المتوفرة حول إيرادات دول الخليج النفطية بدءاً من تصدير أول برميل في عام ١٩٣٢ الى نهاية عام ٢٠١٥، يتبين أن دول الخليج حصلت على إيرادات نفطية لا تقل عن ٦,٦٣ ترليون دولار أمريكي على أقل تقدير حسب الأسعار الجارية. وإذا احتسبنا كل الإيرادات بالأسعار الثابتة لعام ٢٠١٥، يصل إجمالي تلك الإيرادات إلى ٩,٦ ترليون دولار أمريكي.

وقد بلغ إنتاج الدول العربية من النفط الخام وسوائل الغاز الطبيعي في عام ٢٠١٦ نحو ٢٨,٩ مليون برميل يوميا، استأثرت منها الدول الأعضاء في أوابك بحصة ٩٦٪ من الإجمالي العربي. وفيما يتعلق بإنتاج الدول العربية من النفط الخام فقط فقد بلغ ٢٤,٦ مليون برميل يوميا مرتفعا بنسبة ٢,٩٪ مقارنة بعام ٢٠١٥، ومشكلاً نحو ٣١,٢٪ من الإنتاج العالمي.

وتقدر الاحتياطيات العربية المؤكدة من النفط الخام<sup>(٢)</sup> بما يقارب ٧١٣ مليار برميل عام ٢٠١٣<sup>(٣)</sup>، وتتركز في خمس دول بينها ثلاث دول خليجية هي السعودية (أكبر احتياطي نفطي عربي، والثاني عالميا بعد فنزويلا)

(١) عمر الشهابي وآخرون. قطاع النفط والغاز في دول مجلس التعاون: نظرة عامة وإقليمية، بحث ضمن (الثابت والمتحول ٢٠١٤)، مركز الخليج لسياسات التنمية، الكويت (١٣٨).

(٢) ولا يشمل هذا القياس الاحتياطيات النفطية غير التقليدية كالنفط الصخري والرملي.

(٣) زادت الاحتياطيات بشكل طفيف لتصل إلى حوالي ٧١٦ مليار برميل عام ٢٠١٧.

حيث تستحوذ على ٣٧,٣٪ من إجمالي احتياطات الدول العربية. ويبلغ احتياطي النفط الكويتي حوالي ١٤.٢٪، والإماراتي ١٣,٧٪.<sup>(١)</sup>

وفيما يخص إنتاج الغاز الطبيعي المسوق في الدول العربية فقد وصل مستواه إلى ٥٨٩,٥ مليار متر مكعب في عام ٢٠١٦، وقد استحوذت الدول الأعضاء في منظمة (أوابك) على حوالي ٥٤٥,٦ مليار متر مكعب، أي ما يشكل ٩٢,٦٪ من إنتاج الدول العربية. وقد استأثرت الدول العربية مجتمعة بنحو ١٦٪ من الإنتاج العالمي.<sup>(٢)</sup>

وتتملك دول مجلس التعاون الخليجي الست كميات هائلة من احتياطات الغاز الطبيعي المؤكدة، والتي قُدِّرت في أوائل عام ٢٠١٤م، بنحو ٤٢٠٠٠ مليار متر مكعب.<sup>(٣)</sup> ويمثل هذا الاحتياطي نحو ٢٣٪ من إجمالي الاحتياطي العالمي، في حين يمثل سكان المنطقة أقل من ٢٪ من سكان العالم، ويختلف حجم احتياطي الغاز من دولة خليجية إلى أخرى، من نحو ٢٠٠ مليار متر مكعب في البحرين إلى ٢٤٧٠٠ مليار متر مكعب في قطر. وتتكون معظم الاحتياطات المؤكدة في دول مجلس التعاون الخليجي - باستثناء قطر - بشكل مصاحب مع النفط الخام، وبالتالي يرتبط إنتاجها ارتباطاً وثيقاً بإنتاج هذا النفط. ويشكل متوسط احتياطات الغاز الطبيعي إلى إنتاجه في دول مجلس التعاون نسبة عالية جداً، وهو مقياس كثيراً ما يُستخدم كمؤشر على قدرة الإنتاج في المدى القصير، وقد قُدِّر بنحو ١١١ عاماً في عام ٢٠١٣م، أي ما يعادل ضعف المعدل العالمي البالغ ٥٥ عاماً. وإضافة إلى أن الاحتياطات المؤكدة من الغاز الطبيعي في المنطقة، كما قُدِّرت في أوائل عام ٢٠١٤م، تكفي وحدها، حتى من دون أي اكتشافات إضافية، لتلبية الاستهلاك الحالي للغاز الطبيعي في العالم لأكثر من ١٢ عاماً.<sup>(٤)</sup>

وقد أدت التطورات العالمية والإقليمية المختلفة في قطاع النفط والغاز، ونشوء شركات النفط الوطنية، إلى تغيير كبير في موازين القوى، وخصوصاً في دور شركات النفط العالمية النافذة. فمع ارتفاع أسعار النفط الذي بدأ منتصف عام ٢٠٠٠، استفادت شركات النفط الوطنية من الزيادة الكبيرة في رأس المال، وبالتالي القدرة على التمويل الذاتي للمشاريع وشراء التقنية من شركات الخدمات النفطية. كما مكَّنها ذلك من تطوير مواردها البشرية وخبراتها الإدارية والتقنية، وبالتالي تطوير إدارة مواردها النفطية. نتيجة لذلك، لم تعد المشاركة مع شركات النفط العالمية ضرورة كما كانت عليه الحال سابقاً، فتم الابتعاد، إلى حد ما، عن اتفاقيات تقاسم الإنتاج وغيرها من العقود التي تمنح الشركات العالمية حصة من الإنتاج أو صلاحية السيطرة عليه. وفي المقابل، توجَّهت الكثير من الدول إلى عقود خدمات التشغيل، وخصوصاً في المشاريع ذات المخاطر

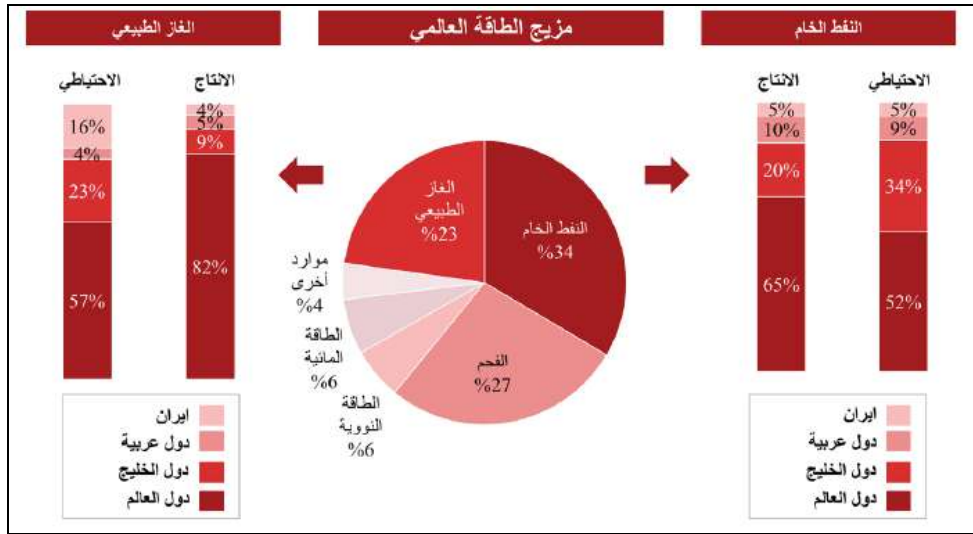
(١) التقرير الاقتصادي العربي الموحد (١٤)، وانظر: التقرير الإحصائي السنوي ٢٠١٧ لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك) (٢٦)، (٢٧).

(٢) انظر: التقرير الإحصائي السنوي ٢٠١٧ للدول العربية المصدرة للبترول (c).

(٣) BP Statistical Review for World Energy 2014, London, June 2014 (٣)

(٤) Naji Abi-Aad. Natural Gas in the Arab World. Paper presented for the 8th Arab Energy Conference, Amman, May 2006. (٤)

التقنية المنخفضة. واستفادت شركات الخدمات النفطية التي تملك التقنية والمهارات المتقدمة من الوضع الجديد، فتمكنت من زيادة دورها مع شركات النفط الوطنية على حساب شركات النفط العالمية.<sup>(١)</sup>



شكل (١٤): مزيج الطاقة العالمي (الإنتاج والاحتياطي) عام ٢٠١٠

المصدر: مركز الخليج لسياسات التنمية، ٢٠١٤ نقلا عن: Economist Intelligence Unit, 2010

كانت شركات النفط العالمية تسيطر على نحو ٨٠٪ من إنتاج النفط واحتياطياته في العالم. أما اليوم، فتمثل أقل من ٤٠٪ من الإنتاج و ٣٠٪ من الاحتياطي، فيما تسيطر شركات النفط الوطنية على أكثر من ٦٠٪ من الإنتاج و ٧٠٪ من الاحتياطي العالمي.

وتقع في منطقة دول مجلس التعاون أكبر حقول النفط والغاز في العالم. ويعتبر حقل (غوار)، في المملكة العربية السعودية، أكبر حقل نفط في العالم، و(حقل الشمال) في قطر أكبر حقل للغاز الطبيعي في العالم.

وتواصل الكثير من حقول النفط في دول مجلس التعاون إنتاجها منذ أكثر من ٥٠ - ٦٠ عامًا، ويمكن القول إن (النفط السهل) في هذه الحقول قد تم استخراجها. لذلك يتطلب الحفاظ على احتياطيات وإنتاج النفط، أو زيادتهما، تقنيات أكثر تقدمًا وكلفة، إضافة إلى توظيف أعلى للتقنية.<sup>(٢)</sup>

ونظرا لعدم تجدد الموارد النفطية، فحقولها معرضة للنضوب، فعلى سبيل المثال، في المملكة العربية السعودية التي تملك أكبر قدرة إنتاجية للنفط في العالم، تتراوح معدلات الانخفاض سنويًا بين ٦ و ٨٪. وتم استنفاد حقل (بقيق)، أقدم الحقول في المملكة، بنسبة ٧٤٪، أما حقل (غوار) الأكبر في المملكة، فقد استنزف بنسبة ٤٨٪. لذلك خصصت المملكة مخصصات مالية لتعويض معدلات الانخفاض والحفاظ على مستويات الإنتاج الحالية.

(١) عمر الشهابي وآخرون. قطاع النفط والغاز في دول مجلس التعاون: نظرة عامة وإقليمية. ضمن الثابت والمتحول ٢٠١٤ (١٤٠).

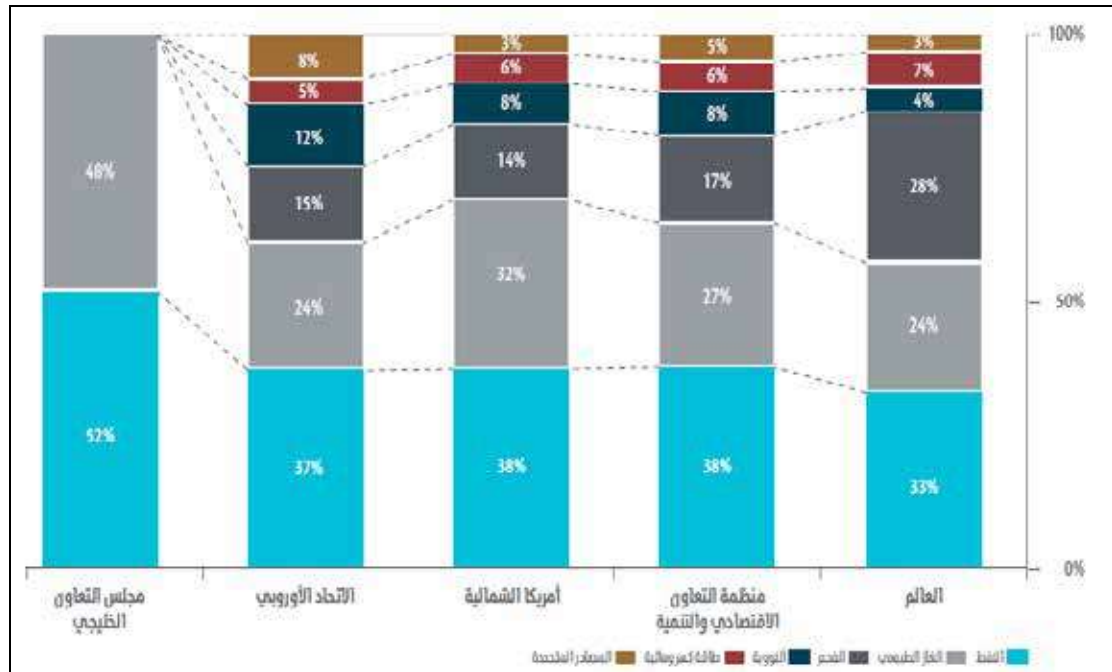
(٢) السابق (١٤٣).

أما دولة الكويت، فقد اعتمدت في شكل كبير على حقل (برقان) - ثاني أكبر حقل في العالم بعد (غوار) - لغالبية طاقتها الإنتاجية. وموارد هذا الحقل وغيره أخذت في النضوب، وباتت تتطلب تقنيات تحسين الإنتاج على نطاق واسع. لذلك، تتطلع الكويت إلى تطوير حقول الشمال من خلال (مشروع الكويت)، وهو مشروع بمليارات الدولارات يهدف إلى زيادة الطاقة الإنتاجية إلى أربعة ملايين برميل يوميًا بحلول عام ٢٠٢٠<sup>(١)</sup>. وكذلك تسعى الإمارات وقطر وعمان والبحرين إلى تحسين الطاقة الإنتاجية، واستخدام تقنيات حديثة في سبيل تحقيق ذلك الهدف.

### ارتفاع الاستهلاك الخليجي للطاقة

تعتمد الدول العربية الخليجية (والدول العربية بشكل عام) على النفط والغاز الطبيعي اعتمادا شبه كامل، إذ يسيطر هذان المصدران للطاقة التقليدية على ما يقارب ٩٨,٥% من استهلاك الطاقة في العالم العربي في عام ٢٠١٧. ويرجع السبب في زيادة ذلك المعدل الاستهلاكي إلى محدودية المصادر الأخرى، كالفحم والطاقة الكهرومائية، وعدم الاستغلال الأمثل للطاقات المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

وهذا النمط من التركيز على استهلاك الطاقة الأحفورية لا يتوافق مع الاتجاهات المعاصرة التي تسعى إلى التمكين للطاقات النظيفة والتقليل من الانبعاثات الغازية للوقود الأحفوري.



شكل (١٥): مزيج استهلاك الطاقة في مناطق جغرافية مختارة منها دول مجلس التعاون الخليجي لعام ٢٠١٦

المصدر: التحول الكبير في مجال الطاقة، إصدار القمة العالمية للحكومات بالتعاون مع شركة أي تي كبرني (١٩).

وتلقت إحدى الدراسات النظر إلى ارتفاع استهلاك الطاقة في دول مجلس التعاون الخليجي بصورة أكبر من التطور الاقتصادي في هذه البلدان، الأمر الذي يرسخ لنموذج استهلاكي سلبي لا يتوجه نحو جهود التنمية

(١) السابق (١٤٧).

ودعم الاقتصاد. لقد ازداد معدل استهلاك الطاقة بمقدار ٧٠٪ منذ عام ٢٠٠٠ وحتى ٢٠١٦، ومن المتوقع أن يتضاعف ببلوغ عام ٢٠٢٠. وفي المملكة العربية السعودية على سبيل المثال ارتفع الاستهلاك المحلي للنفط والغاز حوالي ٦٩٪ في الفترة من ١٩٩٩ إلى ٢٠٠٩، وبلغ معدل الاستهلاك المحلي من النفط ١,٨٩ مليون برميل عام ٢٠١١ وهو ما يمثل ١٩,٣٪ من إنتاج المملكة بنسبة ارتفاع حوالي ٣٤٪ من معدل الاستهلاك عام ٢٠٠٦.<sup>(١)</sup>

ورغم هذا الاستنزاف الكبير للاحتياطي من النفط والغاز، وآثاره على البيئة والتنمية المستدامة، فإن الجهود المبذولة للتحويل إلى نموذج طاقة مستدام ما زالت دون المستوى المأمول، وتجسد المقارنات المحددة صورة هذه الجهود وتعبر عنها تعبيراً دقيقاً، فقد ولّدت بلدان مجلس التعاون الخليجي مجتمعة في عام ٢٠١٦ طاقة كهروضوئية أقل (٠,٤٤ تيرا واط ساعي) مقارنة ببلد مثل سلوفاكيا الصغيرة (٠,٥٣ تيرا واط ساعي) التي تضم عُشر سكان دول مجلس التعاون الخليجي. ويبلغ معدل دخل الفرد فيها نصف معدل دخل الفرد في دول مجلس التعاون الخليجي، وتملك معدل تعرض للإشعاعات الشمسية لكل متر مربع أقل بكثير من أي بلد في مجلس التعاون الخليجي.<sup>(٢)</sup>

وفي دراسة لمؤسسة عبدالله بن حمد العطية للطاقة والتنمية المستدامة (مقرها الدوحة) عام ٢٠١٥ تم تحديد الدوافع لارتفاع استهلاك الطاقة في الخليج، حيث عزو ذلك إلى التركيز على سياسات التنمية الوطنية في الأيام الأولى للنفط، فشكّلت الطاقة الرخيصة تفاصيل نمو المجتمعات الجديدة وبناء الأحياء وتصاميمها، ثم الولوج في الاستثمارات في البنى التحتية والاقتصادات المحلية والاندماج في الاقتصاد العالمي. لكن استمرت ظاهرة الطاقة الرخيصة بعد تحوّل دول الخليج إلى منطقة غنية. بمعنى أن (دعم الطاقة عاش أكثر كثيراً من حياته المفيدة).

وكان من نتائج استمرار سياسة دعم الطاقة هذه أن لا تزال السياسات الحكومية تعزل المستهلكين عن التكاليف المتزايدة لإنتاج الطاقة، واستمرت مستويات الاستهلاك في النمو، غير متأثرة بمؤشرات الأسعار.<sup>(٣)</sup>

لقد كان استهلاك النفط في شبه الجزيرة العربية عام ١٩٧٣ أقل من ١٪ من الطلب العالمي. وبعد ٤٠ سنة، أصبحت دول الخليج التي تضم ٠,٥٪ فقط من سكان العالم، تستهلك ٥٪ من نفطه، وازداد استهلاك الطاقة الأولية في العقد الماضي أكثر من ضعف المتوسط العالمي البالغ ٢,٢٪ سنوياً. وازداد الاستهلاك في منطقة الخليج من ٢٢٠ مليون طن من مكافئ النفط في ٢٠٠١ مرتين تقريباً بحلول ٢٠١٠، ويتوقع أن يرتفع مرتين تقريباً مرة أخرى بحلول عام ٢٠٢٠.

وتشير الدراسة إلى أن متوسط نمو توليد الكهرباء بلغ ١٠٪ سنوياً منذ العام ١٩٧٣، وتراجع إلى ٧٪ سنوياً بين ٢٠٠٠ و ٢٠١٠، وهو أسرع قليلاً من متوسط نمو الناتج المحلي الإجمالي في هذا العقد البالغ ٦,٥٪ في المئة.

(١) The impact of oil price fluctuations on common renewable energies in GCC Countries, Hilal M.S Almaamary et. al. (1) Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 75, August 2017, Pages 989-1007.

(٢) المصدر: التحول الكبير في مجال الطاقة، إصدار القمة العالمية للحكومات بالتعاون مع شركة أي تي كبرني (١٩).

(٣) وليد خدوري، استهلاك الطاقة في دول الخليج: الواقع والأخطار والحلول، العربية نت، ٢٠١٥/١١/١٥.



ويتدفق نحو ٦٠٪ من الطاقة المولدة في دول مجلس التعاون من المحطات التي تعمل بالغاز، في مقابل ٤٠٪ للوقود السائل مثل النفط الخام والديزل وزيت الوقود الثقيل.

وارتفع الطلب على النفط في دول مجلس التعاون بمعدل ٩٪ سنوياً منذ العام ١٩٧٣، فنما بوتيرة أسرع في المتوسط من الناتج المحلي الإجمالي. وكان استهلاك النفط الكلي في دول المجلس الست أقل من ٥٠٠ ألف برميل يومياً في ١٩٧٣، وأكثر من أربعة ملايين برميل يومياً في ٢٠١٤. ويؤدي هذا الازدياد في الاستهلاك المحلي من دون ما يوازيه من تقدّم اقتصادي إنتاجي، الى تقليص الصادرات والريع النفطي المتأتي منها.

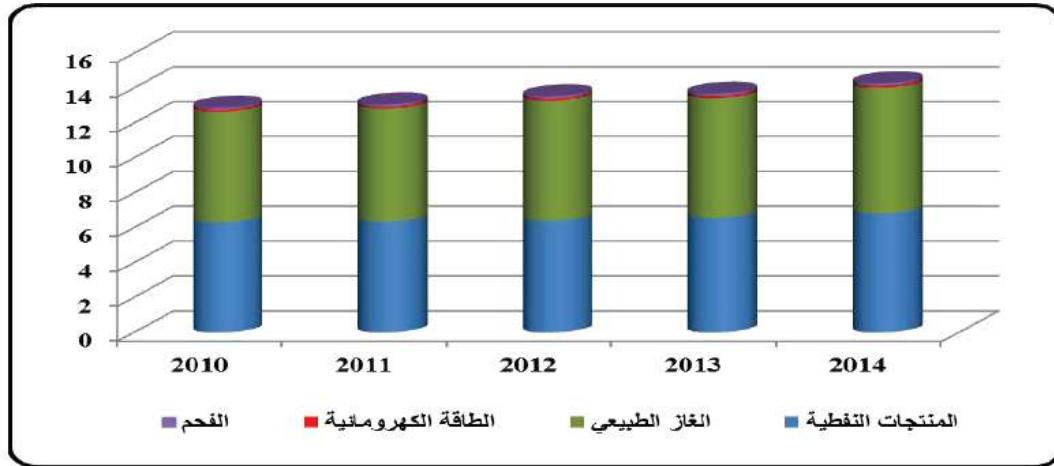
وتحذر الدراسة من أن الحكومات عندما تمنح المواطنين استحقاقات الرعاية الاجتماعية، تزرع من دون قصد صراعاً في المستقبل بين الدولة والمجتمع. ويضيف أن الأكاديميين يصفون الدعم بأنه غير متمائل، فتطبيقه سهل والتراجع عنه صعب.

وقد استعملت الدراسة حالة إصلاح الأسعار في دبي عام ٢٠١١ كمثال للدعم والاستراتيجيات الحكومية المحتملة للإصلاح. فبدلاً من قصر رفع أسعار الكهرباء والماء على المقيمين، كما هي الحال في أماكن أخرى من الإمارات، شمل الإصلاح هذه المرة المواطنين. وكان المواطنون الإماراتيون في دبي يدفعون ثلث سعر الكهرباء الذي يدفعه المقيمون. تم العمل بهذه الإصلاحات في خضم الانهيار المالي العالمي الذي بدأ في ٢٠٠٨، والذي تبعه ركود سوق العقارات وانهياره. كما واجهت حكومة دبي ارتفاع نفقات توليد الكهرباء بسبب استيراد الغاز الطبيعي المسال بأسعار السوق العالمية. فعلى ضوء هذه المؤشرات، اتفق حاكم دبي مع مسؤولي السياسات على أن المواطنين في حاجة الى إشارات لكبح جماح سلوكهم الاستهلاكي، وأن أفضل طريقة لإيصال هذه الإشارات هي رفع الأسعار.<sup>(١)</sup>

وقد تطور الطلب على الطاقة في الدول العربية عموماً، إلا أنه شهد زيادة كبيرة في دول مجلس التعاون، فالمملكة العربية السعودية وحدها تستحوذ على حوالي ٢٩٪ من الاستهلاك العربي للطاقة (١٩٧ ألف برميل مكافئ نفطي يومياً) رغم أن تعدادها السكاني لا يصل إلى ١٠٪ من إجمالي سكان الوطن العربي. وتزداد الصورة وضوحاً إذا علمنا أن قطر تستهلك ٩.٩٪ والإمارات ١١.٣٪ من إجمالي الاستهلاك العربي للطاقة، رغم أن تعداد سكان البلدين ضئيل جداً بالمقارنة ببلد مثل مصر التي تجاوز عدد سكانها المائة مليون نسمة. وتستهلك ١٢.٨٪ من إجمالي استهلاك الطاقة في الوطن العربي.<sup>(٢)</sup>

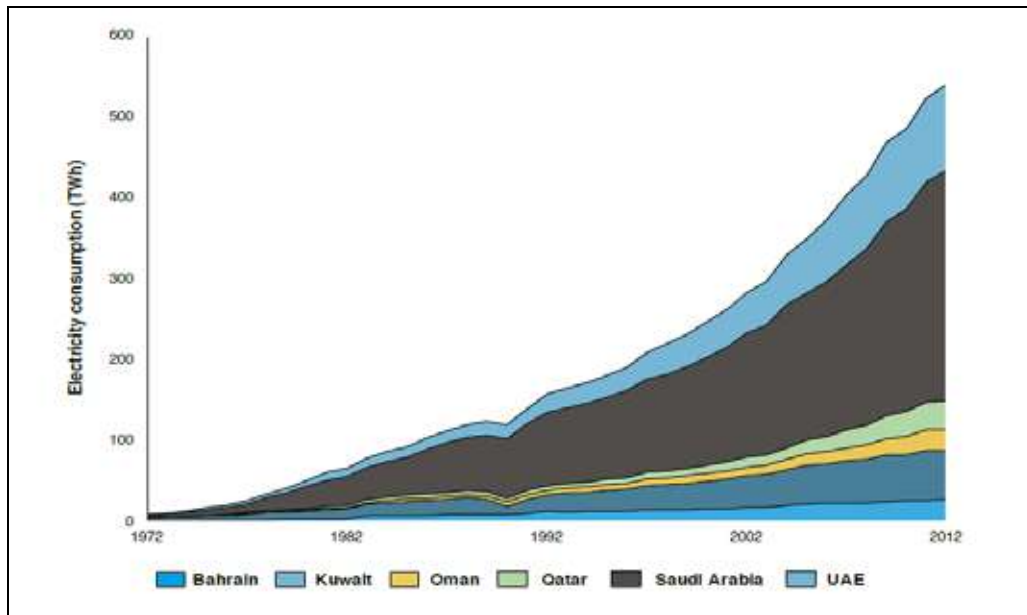
(١) السابق.

(٢) التقرير الاقتصادي العربي الموحد (١٢١).



شكل (١٦): تطور الطلب على الطاقة في الوطن العربي من ٢٠١٠ إلى ٢٠١٤  
المصدر: التقرير الاقتصادي العربي الموحد (١٢١).

ويُمثل الطلب على الكهرباء الجانب الأسرع نمواً من مجمل الطلب على الطاقة، وليست الكهرباء إلا ذلك النوع من الطاقة الذي يتميز بأفضليات هائلة، ولا يمكن الاستعاضة عنه في العديد من الحالات. وفي الوقت ذاته للكهرباء أيضاً قواعدها الخاصة بها وأبرزها حقيقة أنه لا يمكن تخزينها، وأنه يجب توليدها بالكمية المطلوبة بالضبط فور ظهور الطلب على هذه الكمية. وإذا تجاوز الطلب على التيار الكهربائي الطاقة القصوى لتوليده في أي لحظة، فينهار نظام توليد الكهرباء وينقطع التيار الكهربائي على نطاق واسع.



شكل (١٧): معدل استهلاك الكهرباء في دول مجلس التعاون الخليجي من ١٩٧٢ إلى ٢٠١٢

Source: GCC Energy System Overview 2017, David Wogan et al, The King Abdullah Petroleum Studies and Research Center (KAPSARC), p 5.

ويتزايد معدل استهلاك الكهرباء في دول مجلس التعاون الخليجي بصورة مطردة، حيث ارتفع استهلاك الكهرباء من ٢٠٠٥ إلى ٢٠٠٩ بمعدل ١٢,٤% (٣,١٥ سنوياً)، وهو ارتفاع يفوق المعدل العالمي لزيادة الاستهلاك

(٢,٢%) أو المعدل الأمريكي (٥,٥%) في ٢٠٠٥. ويقدر استهلاك المواطن الخليجي من الكهرباء بـ ١١٤٩ واط، وهو يقارب أربعة أضعاف المعدل العالمي، حيث يقدر متوسط الاستهلاك العالمي بـ ٢٩٧ واط لكل شخص، ويزيد أيضاً عن استهلاك مواطني الاتحاد الأوروبي (٧٠٠ وات لكل شخص أوروبي)، بينما يقل عن استهلاك الفرد الأمريكي (١٤٦٠ وات).<sup>(١)</sup>

هذا الاستهلاك المتنامي للكهرباء يستلزم ضخ مزيد من الاستثمارات، والاستثمار في توليد المزيد من الطاقة الكهربائية يُضاف إلى استثمارات أخرى مطلوبة في صناعات النفط والغاز والبتروكيماويات وغيرها من الصناعات الثقيلة، فضلاً عن ضرورة الاستثمار في قطاعي البنى التحتية والإنشاءات، مما يعرض القدرات الاستثمارية في دول الخليج حالياً لضغوط كبيرة ستؤثر حتماً في نموها الاقتصادي بصورة سلبية.

أما الغاز الطبيعي، فباستثناء قطر التي تملك ثاني أكبر احتياطات للغاز في العالم، تواجه دول مجلس التعاون الخليجي كافة تحديات كبيرة في تحقيق توازن بين العرض والطلب على الغاز.

من ناحية الطلب، يدفع النمو السكاني والصناعي والاقتصادي السريع إلى تزايد كبير في الاستهلاك المحلي للغاز لتوليد المياه وتوليد الطاقة الكهربائية، وكما دة وسيطة في الصناعات البتروكيماوية والصناعات الثقيلة. ونظراً إلى أن العديد من حقول النفط آخذة في النضوب، يتم حقن كميات كبيرة من الغاز فيها لزيادة الضغط وبالتالي تحسين إنتاجها.

أما من ناحية العرض، فهناك تحديات عدة أيضاً. إذ أن معظم الغاز في بعض هذه الدول، كالمملكة العربية السعودية، هو غاز مصاحب، أي أنه مرتبط بإنتاج النفط (المقيد من أوبك)، وبالتالي لا يمكن الاستفادة منه في أي وقت. أما في سلطنة عمان، فالتزامات التصدير للغاز الطبيعي المسال يُحوّل الغاز الذي يفترض أن يستخدم محلياً لتوليد الكهرباء إلى الأسواق الخارجية. ولعل من أهم التحديات التي تواجهها المنطقة هو أن كل اكتشافات الغاز الجديدة تعتبر أكثر تعقيداً من الناحية الجيولوجية، أي أن الغاز إما أن يكون في مكان محكم (tight gas) أو أن فيه نسبة عالية من الكبريت. وفي كلا الحالتين، يتطلب الأمر كلفة وتقنية أعلى للتطوير والمعالجة.

أدى العجز في توفير الغاز في بعض هذه الدول إلى انقطاع الخدمة الكهربائية في بعض الأحيان، وإلى تعطل بعض المشاريع الصناعية. في الكويت، على سبيل المثال، أدى نقص الغاز في إحدى السنوات إلى وقف عمليات تكرير النفط وتصنيع البتروكيماويات لتلبية الطلب المتزايد على الكهرباء. كما واجهت سلطنة عمان مشاكل مماثلة.

ولمعالجة كل هذه التحديات، تتخذ دول مجلس التعاون تدابير مختلفة منها:

(١) The status of renewable energy in the GCC countries, W.E. Alnaser, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (١)

(2011) 3074–3098.

- اكتشافات جديدة لتلبية احتياجات الغاز المتزايدة، حيث توجّهت معظم دول مجلس التعاون إلى الاستثمار في برامج جديدة للتنقيب عن الغاز. فقد أعلنت وزارة البترول وشركة (أرامكو) السعودية استراتيجية جديدة للغاز تتضمن استثمار نحو ٩ مليارات دولار لإضافة ٥٠ تريليون متر مكعب من الغاز غير المصاحب بحلول عام ٢٠١٦ وفي الكويت، دفع نقص الغاز إلى حملة استكشاف كبيرة أيضاً، وقد جذبت اكتشافات كبيرة للغاز غير المصاحب في الحقول الشمالية اهتمام شركات النفط العالمية، ولكن صيغ العقود غير الجذابة وحالة عدم الاستقرار السياسي لا تزال تمثل عقبات أمام أي توسع سريع في تطوير هذه الاحتياطيات وإنتاجها.
  - موارد الغاز غير التقليدية: في ظل تقلص مصادر الغاز التقليدية، لجأ بعض الدول إلى دراسة تطوير مصادر الغاز غير التقليدية كالغاز المحكم (tight gas)، ففي سلطنة عمان، على سبيل المثال، تدرس شركة (برتش بترولسيوم- BP) مشروعاً بعشرين مليار دولار لإنتاج الغاز المحكم.
  - الغاز المسال وخطوط الأنابيب: لجأ عدد من دول مجلس التعاون إلى استيراد الغاز عبر خطوط الأنابيب أو عن طريق الغاز المسال لتلبية الطلب المتزايد ومواجهة النقص الوشيك في هذه المادة، وتستورد كل من عمان والإمارات العربية المتحدة الغاز الطبيعي من قطر عبر خط أنابيب (دولفين)، وقد جرت محادثات حول خط أنابيب غاز مقترح من قطر إلى الكويت والبحرين، كما بدأ عدد من دول مجلس التعاون، قبل التصعيدات السياسية الأخيرة، بإجراء محادثات مع إيران للغرض نفسه، وأبدت الكويت مؤخراً اهتماماً بإمدادات من مشروع الغاز الطبيعي الوشيك في جنوب العراق، أما بالنسبة إلى الغاز الطبيعي المسال، فقد بدأت كل من الكويت ودبي باستيراد الغاز الطبيعي المسال من دول الجوار، وأجرت المنامة محادثات مع شركة (غازبروم) الروسية كونها مصدراً محتملاً لاستيراد الغاز الطبيعي المسال.
  - شبكة الكهرباء الخليجية: يجري حالياً بناء شبكة كهرباء إقليمية بين دول مجلس التعاون الخليجي كافة، ستوفر إمكانية استيراد الكهرباء أو فائض الطاقة من دول الجوار، وخصوصاً من دولة الإمارات العربية المتحدة ومحطاتها النووية المخطط لها، وبذلك، ستخفف الشبكة من الضغط على إمدادات الغاز المحلية، لكن هذا الاحتمال لن يتحقق إلا في المدى البعيد، عندما تبدأ محطات الطاقة النووية في دولة الإمارات العربية المتحدة بتوليد الكهرباء<sup>(١)</sup>.
- إن الاستهلاك المتزايد للطاقة يدفع إلى مزيد من التدابير اللازمة للوفاء بتلك الحصص الاستهلاكية، مما قد يؤثر على الموازنات العامة لدول مجلس التعاون الخليجي، وخاصة في ظل انخفاض اسعار النفط، الأمر الذي يتطلب حلولاً عملية يأتي على رأسها تفعيل الحقيقي لدور المواطن الخليجي في صيانة موارد الطاقة والحفاظ عليها، والبحث عن موارد بديلة أكثر كفاءة.

(١) الخليج بين الشقاق المجتمعي وترابط المال والسلطة، ضمن سلسلة الثابت والمتحول ٢٠١٤ الصادرة عن مركز الخليج لدراسات التنمية، الكويت (١٤٦).

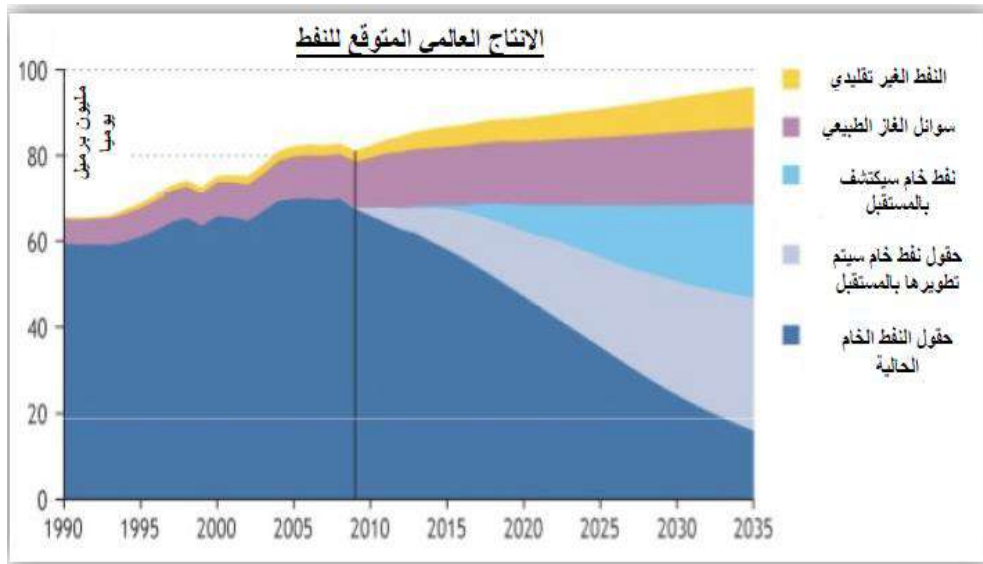
## مشكلات هيكلية في الاقتصاد الخليجي

### أولاً: الاقتصاد الريعي ومشكلاته

تصنّف دول مجلس التعاون الخليجي اقتصاديا بأنها من الدول الريعية، وذلك لما حباها الله به من موارد وثروات تمثل المحور الأساسي للنتاج المحلي، وتقوم عليه كل الخطط الاقتصادية والتنموية. وتعتمد اقتصاديات دول مجلس التعاون الخليجي اعتمادا كبيراً على النفط والغاز. ويشكّل هذا القطاع حوالي ٤٠٪ من الناتج المحلي الإجمالي، و ٨٠٪ على الأقل من عائدات التصدير والإيرادات الحكومية في كل من دول المجلس (باستثناء دولة الإمارات العربية المتحدة التي يوجد لديها تنوع حقيقي في موارد الاقتصاد، وخاصة إمارة دبي التي لا تمتك ثروات كبيرة من النفط والغاز)، وهو يؤثر حتى على القطاعات غير النفطية التي تعتمد في شكل كبير على الإنفاق الحكومي المرتكز أساساً على إيرادات النفط والغاز.

وتُعرف دولة ما بـ(الريعية) حين تعتمد على عائدات صادراتها من المواد الأولية لتغطية الجزء الأكبر من إنفاقها الحكومي؛ وذلك مع تغطية حيز صغير من عائداتها غير الريعية، وتذهب عائدات هذه المصادر (الريع) إلى خزنة الدولة وليس لمؤسسات خاصة أو أفراد، وحديثاً جرى تسمية الدول المنتجة والمصدرة للنفط والغاز والمعتمدة بصورة شبة كلية على تغطية إنفاقها من خلال عائدات تصدير المواد الأولية، دولاً ريعية<sup>(١)</sup>. وهذا الاقتصاد الريعي عادة ما يكون مصحوباً بخلل إنتاجي؛ إذ يقوم على جمع عوائد الثروة وإعادة توزيعها.

ومن أهم مشكلات الاقتصاد الريعي أنه يعتمد - في الأصل - على موارد مستنفدة للطاقة، ويتم هذا الاستنفاد بشكل تدريجي؛ إذ تتناقص الثروة الريعية في كل عام بنسبة معينة مما يؤثر بشكل كبير على الدول التي تترك نفسها فريسة لهذا النوع من الاقتصاد.



شكل (١٨) - المصدر: إدارة معلومات الطاقة الأمريكية، ٢٠١٥ م.

(١) تامر بدوي، الدولة الريعية في إيران: عائدات النفط، النمو والتضخم، مركز الجزيرة للدراسات، يونيو ٢٠١٥ (٢).

وتتعدى مشكلات الاقتصاد الريعي سيطرة الدولة على الموارد وضعف إسهام القطاعات الأخرى في الناتج القومي إلى آثار على الأفراد تظهر في صورة أمراض مزمنة، فيما يُعبر عنه بالمرض الهولندي.

وتعريف المرض الهولندي الاقتصادي (Dutch Disease) أنه مفهوم يوضح العلاقة الظاهرة بين الزيادة في اكتشافات الموارد الطبيعية وانخفاض الإنتاج بالقطاع الصناعي. وقد أطلق هذا المفهوم على الهولنديين سنة ١٩٧٧ م نتيجة انخفاض مستمر في الإنتاج الصناعي بعد اكتشاف حقل غاز كبير سنة ١٩٥٩ م.

ويعبر عن هذا المرض في صورة آخر بـ(لعنة الموارد)، حيث تؤدي الوفرة إلى قلة النمو الاقتصادي، وظهور نتائج سيئة للتنمية، والعزوف عن التصنيع والأعمال التي تحتاج إلى مجهود بدني أو ذهني، ويتضخم الهيكل الحكومي بأفراد لا يؤدون سوى وظائف مكتتبية.

ليست الندرة - إذن - هي السبب الرئيس للمشكلات الاقتصادية، بل أصبحت الوفرة وكثرة الموارد ذات آثار سلبية اقتصادية، بل ربما تكون أعمق أثرا وأكبر خطرا من قلة الموارد؛ إذ أنها تعمد إلى تغيير في أنماط السلوك وطبائع الأشخاص، وهو تغيير عميق يصعب التحول عنه إلى نمط إنتاجي شاق بآليات تقليدية أو في وقت قصير.

ويرصد بعض الاقتصاديين عيوب كثرة الموارد النفطية فيما يلي:

- تقليل الإنتاجية والتنافسية في القطاعات غير النفطية.
- تذبذبات في إيرادات الدولة بسبب التذبذبات في أسعار النفط (يزيد من التردد في اتخاذ القرارات المالية وكثرة إلغاء المشاريع.
- سوء إدارة حكومية للموارد.
- ضعف وقلة تأثير وعدم استقرار وفساد في المؤسسات بسبب وفرة الموارد السهلة.<sup>(١)</sup>

ولعل أحد أبرز الصور السلبية للاقتصاد الريعي هو الإسراف في استقدام العمالة الوافدة، التي تزداد في بعض الدول لتصل إلى أكثر من عدد المواطنين، إذ لم تكف إدارة اقتصاد الربع بنقل التكنولوجيا فقط، بل إلى نقل البشر أيضا في صورة واضحة للاختلال الديموغرافي الذي يمكن أن يمثله هذا المسلك.

ويحدد (نادر فرجاني) السمات الأربع التالية لواقع هجرة العمالة في الخليج في ما يلي:

- الاعتماد البالغ على العمالة الوافدة.
- عدم تطور القوى البشرية المواطنة بما يكفي لتقليل الاعتماد على العمالة الوافدة.
- نسبة كبيرة من قوة العمل الوافدة هي من الأجانب أساسا الآسيويين من شبه القارة الهندية.

(١) محمد رمضان، تقلبات أسعار النفط ولعنة الموارد والحاجة إلى الميزانية الصفرية، دراسة بمركز سنيار كابيتا الاقتصادي (١٨).

- يؤدي لذلك إلى ان تعيش هذه المجتمعات منقسمة داخليا بدون إمكانية للاندماج أو حتى التفاعل الصحيح بين الفئات.<sup>(١)</sup>

لقد كان الاقتصاد الخليجي - قديما - يعتمد على صيد اللؤلؤ والتجارة وكان هناك عمل منتج للجميع، أما اليوم فالحكومة هي صاحب العمل الأكبر ، ولا يوجد عمل فعلي لكل الموظفين بالقطاع العام، فأحيانا يكون الحضور للعمل الحكومي مجرد الحضور (بدون إنتاجية لتجنب عواقب التغيب عن العمل)، وأحيانا أخرى بدون أي حضور يذكر للعمل. فقد مضت عشرات السنين على إنتاج النفط وهي ثروة محدودة موجودة في الأرض قمنا بتحويل جزء منها إلى أموال نقدية (أي إيرادات بيع النفط) تم صرف جزء كبير منها وتم ادخار واستثمار جزء آخر، ليزيد من المدخول العام للدولة (أحد العلاجات للمرض الهولندي إلى جانب تقليل الإنفاق الغير مثمر). أي أن الإنتاجية العامة للمجتمع محدودة باستخراج وبيع النفط حتى أن عمل القطاعات الأخرى مدعوم بصرف الدولة على الرواتب الحكومية وعلى المشتريات والخدمات من القطاع الخاص. ويستنتج أن القطاع الخاص يعتمد بشكل كبير أيضا على إيرادات النفط كما تشير عدة تقارير منها تقارير البنك الدولي.<sup>(٢)</sup>

الاقتصاد الريعي يمثل إشكالات عديدة على المدى البعيد، إذا لم يتم التعامل مع مدخولاته باستراتيجيات اقتصادية واجتماعية وثقافية طويلة المدى تتخذ من تطوير قدرات الإنسان (صانع التنمية والمصنوعة له) وبناء ثقافة العمل والإنتاج أهدافا استراتيجية على المدى البعيد.

لقد أبدع الصينيون حين اخترعوا ذلك المثل: علمني كيف أصطاد، ولا تعطني سمكة! .. لم يكن الإبداع في المثل، بقدر ما كان في تطبيقه، حيث ترى العامل الصيني يطوف البلدان لبيع بعض السلع مقابل مبالغ زهيدة ولا يتوقف عن ذلك يوما، وترى المنتجات الصينية تغزو البلدان وتهاجم الدول الريفية والصناعية على السواء في مناخ على المنافسة، وتلاحظ أن الصين تملك أعلى معدلات النمو في العالم في العقد الأخير.

#### ثانيا: ارتباط العملات الخليجية بالدولار

ترتبط السعودية والبحرين وعمان وقطر والإمارات عملاتها الوطنية بالدولار، في حين تربط الكويت دينارها بسلة من العملات من ضمنها الدولار. لكن مع فقدان النفط أكثر من ثلثي قيمته خلال أقل من سنتين، بدأت الشكوك تتزايد في جدوى الإبقاء على هذه السياسة النقدية، إذ فرض تراجع سعر النفط - مصدر الإيرادات الرئيس لدول الخليج - ضغوطاً كبيرة على ماليتها العامة، علماً أن هذا الانخفاض يترافق مع تحسن في الاقتصاد الأميركي وارتفاع في قيمة الدولار مع احتمال زيادة الفائدة عليه.

وللحفاظ على ربط عملاتها بالدولار، تلجأ الدول الخليجية، إلى رفع معدلات الفائدة بالتزامن مع قرار مجلس الاحتياطي الفيدرالي الأميركي برفعها على الدولار، على رغم أن الوضع الاقتصادي في دول الخليج ربما يتطلب تخفيضها أو تثبيتها.

(١) د. سلام جبار شهاب، الدولة الريفية وصياغة النظم الإقليمية (دول الخليج أنموذجا)، دراسة بمجلة السياسة الدولية، الجامعة المستنصرية، العراق (١٤٥).

(٢) محمد رمضان، تقلبات أسعار النفط ولعنة الموارد والحاجة إلى الميزانية الصفرية، دراسة بمركز سنبار كابيتا الاقتصادي (٩).

ويدافع كثير من المحللين الماليين عن استمرار ارتباط العملات الخليجية بالدولار على أساس أن الدولار هو حجر الزاوية في علاقات الخليج مع العالم والقائمة على تسعير النفط (السلعة الخليجية الأهم) بالدولار، كما أن هذا الربط يعزز - من جهة أخرى - جذب الاستثمارات نتيجة الثقة في السوق المالي الخليجي المستقر.

وقد تعالت الأصوات بفك ارتباط العملات الخليجية بالدولار إبان الأزمة المالية العالمية عام ٢٠٠٨م، بما ترتب عليه انخفاض قيمة الدولار، فلا حاجة لنا - برأي المحللين - بالهبوط مع هبوط الدولار، ولتتحرر عملاتنا وأسواقنا لتجني المكاسب. ولكن الذي حدث أن الارتباط بالدولار استمر حتى تعافى الاقتصاد الأمريكي واسترد الدولار قيمته مقابل العملات الأخرى.

أما اليوم فالوضع مختلف، فالنتيجة - إذا حدث فك الارتباط بين العملات الخليجية والدولار - أن تهبط العملات الخليجية مقابل الدولار لانخفاض أسعار النفط وتسجيل العجز في كل الميزانيات الخليجية، وإن بدرجات متفاوتة... ولكن فك هذا الارتباط - في حد ذاته - دون نظر إلى قيمة العملة ارتفاعا أو انخفاضاً يحوي العديد من التعقيدات.

لقد أدى التراجع الحاد في أسعار النفط الخام إلى تزايد الاعتقاد بأن دول الخليج، وخاصة السعودية، قد تضطر إلى التخلي عن ربط الريال بالدولار الأمريكي، بعد أن حافظت على تلك السياسة لعقود طويلة. واستبعدت (بيرندا كيلبي) المحللة في مجموعة (لندن كابيتال) أن تقدم السعودية على خطوة كهذه في المستقبل المنظور، قبل أن تعطي فرصة للإصلاحات الاقتصادية وخطط خفض الإنفاق التي اتخذتها مؤخرا. لكنها قالت إن ذلك إذا حدث فقد يؤدي إلى هبوط حاد في قيمة الريال مثلما حصل في أذربيجان حين فكت ارتباط عملتها بالدولار.<sup>(١)</sup>

وكلما طالت مدة التباين بين الاقتصاد الأمريكي واقتصادات الدول الخليجية، كلما بات الانتقال إلى سياسة سعر صرف مرنة منطقياً أكثر. لكن لسياسة تثبيت السعر إيجابيات، إذ توفر ثقة مالية واستقراراً نقدياً لدول الخليج في ظل الاضطرابات التي تشهدها المنطقة. كما تساعد هذه السياسة في احتواء التضخم وتعزيز ثقة المستثمرين الأجانب.

وسبق لدول منتجة للنفط مثل روسيا وكازاخستان وأذربيجان ونيجيريا، أن خفضت قيمة عملاتها، ما ساهم في رفع قيمة الإيرادات النفطية بالعملات المحلية، وساعد في الحد من العجز في الموازنة. لكن خطوة كهذه ستكون مكلفة.

وأفادت وكالة (ستاندرد أند بورز) للتصنيف الائتماني في تقرير، بأن خفض قيمة العملة يؤدي عادة إلى تضخم مرتفع، ويتسبب غالباً بخفض مستوى المعيشة، ما قد يهدد الاستقرار الاجتماعي.

(١) ارتباط العملات الخليجية بالدولار.. في الميزان، مقال بصحيفة العرب اللندنية، ٢٠١٦/٢/٢.





وحذر محللون من أن تفقد قيمة عملات بعض دول الخليج في حال قررت تحريرها، نحو عشرين في المئة<sup>(١)</sup>. ولفت رئيس إدارة الأصول في مؤسسة (المستثمر الوطني) في أبوظبي (سيباستيان هينان)، إلى أن ذلك سيفضي إلى تعزيز الإيرادات النفطية، وقيمة الاحتياطات النقدية لدول مجلس التعاون بموازاة عملاتها المحلية، وربما إلى نتائج إيجابية في قطاع الضيافة والسياحة في دبي، إذ ستصبح الإمارة أقل كلفة بالنسبة إلى السياح وأكثر جذباً للأعمال غير المرتبطة بالنفط.

لذا توقع محللون أن تكون الإمارات الدولة الأولى التي تتخلى عن تثبيت عملتها (الدرهم) إزاء الدولار. لكن المحللين حذّروا من خطر آخر مرتبط بتحرير سعر الصرف، يتمثل باحتمال خروج رؤوس الأموال من الخليج.

وأعلن كبير استراتيجيي السوق في (ثينك فوركس) في دبي محمد زيدان، أن ربط العملات الخليجية بالدولار مكلف ويضر بالاقتصاد. ولفت إلى أن دول مجلس التعاون الخليجي تدافع عن هذه السياسة حالياً من أجل الاستقرار، لكن إذا استمر السعر المنخفض للنفط، ستختار نظام تعويم مضبوطاً خلال خمسة أعوام<sup>(٢)</sup>.

إن قاعدة ارتباط أسعار النفط بالدولار تكاد تكون من المسلمات في عالم الاقتصاد اليوم، مهما حاولت بعض الدول أن تتلقى عائدات النفط باليورو، أو تتعامل مع المستوردين للنفط بعملات محلية.

وفك العلاقة بين النفط والدولار يتطلب حلّين جذريّين بعيدين من الواقع أحدهما تسعير النفط بغير الدولار، وهذا إن لم يكن ممكناً، فإن الحل الثاني هو انخفاض اعتماد الولايات المتحدة على النفط، الأمر الذي سيخفف من هذه العلاقة بشكل ملحوظ.

ويصل إحسان أبو بريمة لعدة استنتاجات في علاقة الدولار بالنفط والدول النفطية مفادها:

- العلاقة بين سعر صرف الدولار وأسعار النفط الخام هي علاقة عكسية بالدرجة الأولى.
- يعتبر الارتباط بين النفط والدولار من المسلمات في الاقتصاد العالمي وهذا ما يعبر عنه بالبترودولار.
- نظام البترودولار يمكن الولايات المتحدة من إنفاق عما يزيد عن دخلها، وتمويل العجز بسهولة.
- تشتري الصين السندات الأمريكية لكسب فائدة وتسترجع أمريكا الدولارات لشراء المزيد من الصادرات.
- انخفاض سعر النفط أو سعر صرف الدولار يعني انخفاض عوائد الدول المصدرة له.
- لقد خسر الدولار الأمريكي منذ إنشائه ٩٨٪ من القوة الشرائية.
- كل دولة تفكر في تسعير النفط بغير الدولار سوف تتعرض لتهديدات وهجمات عسكرية مباشرة أو غير مباشرة من الولايات المتحدة الأمريكية، فهي تعلن الحرب لتبقى مهيمنة على النظام المالي العالمي والحفاظ على قيمة الورقة النقدية (الدولار الأخضر)<sup>(١)</sup>.

(١) ربط العملات الخليجية بالدولار يعاني من أسعار النفط المتدنية، مقال بصحيفة الحياة اللندنية، ٢٠١٦/٣/٧.

(٢) السابق.

إن مسألة تثبيت سعر الصرف أمام الدولار الذي تنتهجه المصارف المركزية الخليجية هو سلاح ذو حدين، وفي ظل تراجع أسعار النفط يبدو أن كلفة هذا الارتباط ستكون كبيرة... والأمر الآن بين يدي العقل الاقتصادي الخليجي ليحسب المخاطر والتحديات والفرص التي يمكن أن تنتج من سياسة تحرير سعر الصرف - ولو جزئيا - أو تثبيته.

وانه ليتوجب على الدول التي تحتفظ بالدولار كعملة احتياطية رئيسية وعلى رأسها مجموعة الدول المصدرة للنفط، أن تقوم بالتدابير اللازمة لحماية مصالحها في مواجهة الخفض التدريجي لقيمة الدولار واحتمال تقلص دوره المستقبلي كعملة ارتكاز رئيسية في النظام النقدي الدولي.

### ثالثا: آثار انخفاض أسعار النفط وتقلباتها

تعتمد موازنات الدول الخليجية بشكل كبير على سعر برميل النفط في احتساب موازنتها العامة، حيث يحدد سعر البرميل ما إذا كانت الموازنة ستحقق فائضاً أم عجزاً في نهاية السنة المالية.

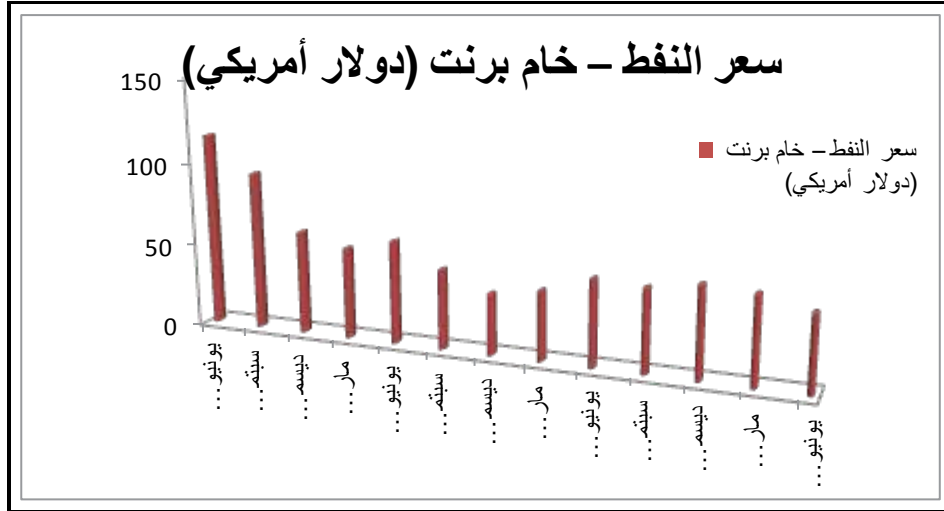
وقد استيقظ العالم على تراجع كبير في أسعار النفط (أكثر من النصف) منذ أواسط عام ٢٠١٤م حتى بداية عام ٢٠١٥م. فقد انخفض سعر البرميل الواحد من مزيج برنت من ١١٥ دولارا في يونيو ٢٠١٤م إلى أقل من ٥٠ دولارا في يناير عام ٢٠١٥م، وهو أكبر انخفاض تشهده الأسعار منذ انهيارها عام ٢٠٠٨ المؤقت بسبب الأزمة المالية العالمية (وصل سعر البرميل الواحد من النفط إلى ٣٧ دولارا في ديسمبر ٢٠٠٨). ولا شك أن هذا الانخفاض يؤثر بشكل كبير على أي خطط للتنمية ودعم الاقتصاد.

ويؤكد واقع التطورات التاريخية أن سوق النفط اعتاد التأرجح ما بين فترات الرواج والركود، وقد حذرت أكثر من جهة من مغبة النهاية الحتمية لدورة رواجه الأخيرة على المستوى الإقليمي والعالمي. ومع توسع السياسات المالية خلال حقبة الرواج الأخيرة، تكون مراكز اتخاذ القرار في دول مجلس التعاون قد كررت كل خطايا الماضي، ولكن بجرعات كبيرة غير مسبوقه. وقد لا يشهد المستقبل المنظور حقبة رواج جديدة لسوق النفط، فبعد نحو قرن من تصدر النفط لقائمة مصادر الطاقة، توحى مجموعة من المؤشرات مثل تقدم تقنيات إنتاج النفط غير التقليدي، والقلق على البيئة، وانتقال سلطة التحكم في الأسعار إلى الدول المستهلكة، إلى اتجاه دول التعاون نحو اعتماد سياسات اقتصادية ومالية استباقية هدفها الأكبر حفظ الاستقرار، لا النمو الاقتصادي<sup>(٢)</sup>.

(١) إحسان أبو بريمة، تقلبات الدولار ومستقبل أسعار النفط والبترو دولار، مجلة المستقبل العربي، بيروت (٢٢، ٢٣).

(٢) جاسم خالد السعدون، النفط ومستقبل دول مجلس التعاون (١٣٥، ١٣٦).





شكل (١٩): متوسط أسعار النفط خام برنت في العامين الأخيرين (إعداد الباحث من خلال الأسعار المتداولة)

ومن المتوقع تعافي أسعار النفط جزئياً على المدى المتوسط نتيجة التراجع المرجح في نمو الاستثمارات والطاقة الإنتاجية المستقبلية في القطاع النفطي استجابة لانخفاض أسعار النفط.

وقد انخفضت أيضاً أسعار بعض السلع الأولية الأخرى، وإن لم تكن بنفس درجة انخفاض أسعار النفط. وقد ظلت تنبؤات السيناريو الأساسي بالنسبة لمتوسط أسعار الغاز دون تغيير يُذكر، غير أن بعض البلدان المصدرة للغاز (مثل قطر) يشهد انخفاضاً في أسعار الغاز لأن تعاقداتها مربوطة بأسعار النفط<sup>(١)</sup>.

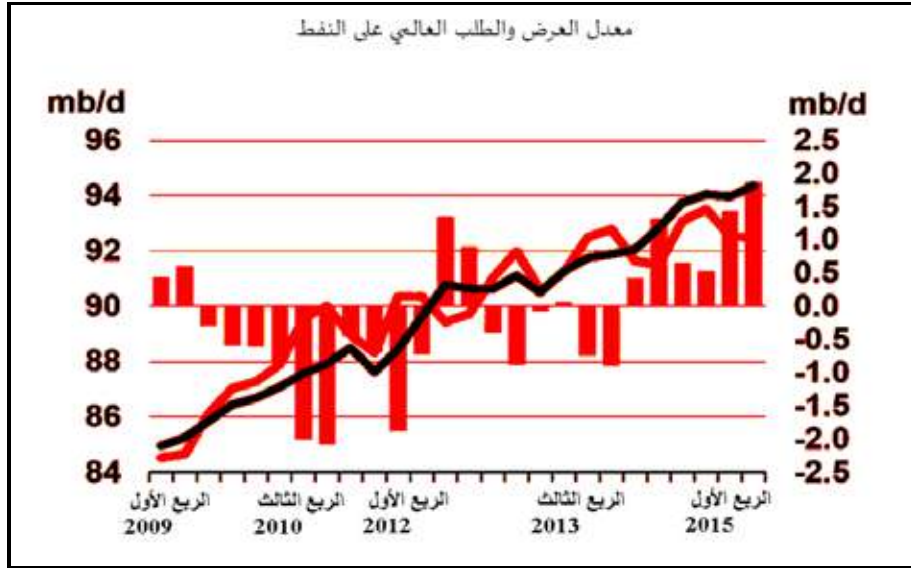
وبإطلالة تاريخية على أسعار النفط، نجد أنه بعد نحو عقد ونصف العقد من الزمن من انهيار الأسعار منذ أواسط الثمانينيات من القرن العشرين، بدأت الأسعار في الارتفاع منذ عام ٢٠٠٢م؛ بسبب صعود الصين والهند وغيرها من دول شرق آسيا، وبقيت مرتفعة خلال معظم العقد الماضي (أكثر من ١٠٠ دولار بالنسبة إلى البرميل الواحد منذ عام ٢٠١٠م)؛ وذلك لسببين أساسيين، هما ارتفاع الطلب في دول مثل الصين، ونقص الإمدادات من دول كانت مضطربة سياسياً في الشرق الأوسط، كالعراق، وليبيا. ونظراً إلى تأخر استجابة العرض للطلب حينئذ، أدى ذلك إلى ارتفاع الأسعار. ولكن في الوقت نفسه كانت ثمة متغيرات تجري بسرعة تحت السطح. فارتفاع الأسعار خلال العقد الماضي أدى إلى حفز الاستثمارات لاستخراج النفط من مكامن كان يصعب استخراجها منها من قبل بسبب ارتفاع التكلفة. ونعني بذلك تحديداً النفط الصخري في الولايات المتحدة والنفط الرملي في كندا<sup>(٢)</sup>.

كما ازداد إنتاج الولايات المتحدة - أكبر مستورد للنفط - منذ عام ٢٠٠٨ وحتى ٢٠١٤ بنحو ٧٠٪، فالسوق الأمريكية منتعشة بفعل زيادة الإنتاج الأمريكي من النفط والغاز الصخري، ومن ثم تراجع وارداتها.

(١) التعايش مع انخفاض أسعار النفط في سياق تراجع الطلب، تقرير آفاق الاقتصاد الاقليمي (إدارة الشرق الأوسط وآسيا الوسطى) الصادر عن صندوق النقد الدولي يناير ٢٠١٥.

(٢) خالد بن راشد الخاطر، تحديات انهيار أسعار النفط والتنوع الاقتصادي في دول مجلس التعاون (٣، ٤).

وأرجع تقرير وكالة الطاقة الدولية الهبوط الشديد لأسعار النفط إلى قفزة في المعروض من خارج (أوبك) إلى أعلى معدل نمو له على الإطلاق، وانكماش النمو في الطلب.



شكل (٢٠): معدل العرض والطلب العالمي على النفط من ٢٠٠٩م إلى ٢٠١٥م (المصدر: وكالة الطاقة الدولية)  
( العرض (اللون الأحمر) - الطلب (اللون الأسود))

ولا شك ان هذه التقلبات في أسعار النفط ذات اثر كبير على الاقتصاد الخليجي، ففي دراسة بكلية الإدارة بجامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية بالمملكة العربية السعودية لقياس أثر التقلبات في أسعار النفط على الإنفاق الحكومي في الفترة ما بين (١٩٤٨ - ٢٠١٤) خلصت الدراسة إلى وجود علاقة طردية بين أسعار النفط والإنفاق الحكومي.

فقد كان ارتفاع الأسعار سببا في ضخ المزيد من الاستثمارات في قطاع النفط والغاز، وفي التحسين الجذري للبيئة الاقتصادية الداعمة للقدرات الكامنة للقطاع الخاص، وزيادة مساهمته في الناتج المحلي، وتوجيه الجزء الأكبر منه نحو البنية التحتية.

أما انخفاض الأسعار - كما هو الحال الآن - فيؤدي إلى انعكاسات كبيرة مثل تراجع في العوائد النفطية، وانخفاض الإنفاق الحكومي، ومن ثم تباطؤ النمو الاقتصادي ككل، بالإضافة إلى تراجع الدخل المتحقق من الاستثمارات الأجنبية بسبب انخفاض أسعار الفائدة العالمية وزيادة معدلات التضخم المحلية، نتيجة ارتفاع أسعار الواردات المقومة بغير الدولار. كما يؤثر انخفاض الأسعار سلبا على معدلات نمو الناتج المحلي، ونمو الصادرات أيضا، ونمو فوائض الميزان التجاري والموازنات العامة.<sup>(١)</sup>

وفي تقرير معهد بروكنجز الدوحة في مارس ٢٠١٥ بعنوان: استقرار الطاقة أم شعور خاطئ بالأمان، يعطي التقرير بعض الإيجابيات فيرى أن حصة الوقود الأحفوري في العقود المقبلة ستخفض كنسبة مئوية،

(١) ملخص الدراسة بموقع هارفارد بيزنس ريفيو، ٢٠١٧، تحت عنوان: بحث علي: تقلبات أسعار النفط والإنفاق الحكومي في المملكة العربية السعودية.

لكنها ستزداد من حيث القيمة المطلقة، فالطلب على الطاقة ما زال ينمو، وبخاصة في البلدان غير الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. أما في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، فمن المتوقع أن تكون حوافز السياسة ذات أهمية متزايدة في توجيه مزيج الطاقة، بينما في البلدان خارج هذه المنظمة ستكون الدوافع الاقتصادية قد لا تزال هي التي تحدد مزيج الوقود.

ويضيف التقرير: سيفقد الوقود الأحفوري حصته في السوق، ولكن سيحدث ذلك تدريجياً فقط. وستكون تفضيلات السياسة القوة الدافعة وراء خيار التحول إلى الأنواع الأنظف من الوقود الأحفوري في العديد من البلدان، كما رأينا في الاتحاد الأوروبي، وكذلك في الولايات المتحدة. وربما يكون الغاز الطبيعي خياراً أنظف من الفحم من حيث انبعاثات الكربون، إلا أن المجتمع البيئي نادراً ما يقيّمه بشكلٍ مختلفٍ عن أنواع الوقود الأحفوري الأخرى.

وفي أمريكا الشمالية، هناك إمدادات واسعة من الغاز الطبيعي والكثير من التكهينات حول إمكانية تصدير الغاز الطبيعي المسال. غير أن ظروف السوق الحالية ستحول على الأرجح دون تطوير معظم هذه المشاريع، باستثناء تلك التي وصلت أصلاً إلى مرحلة متقدمة جداً، في السنوات القليلة المقبلة<sup>(١)</sup>.

ولا شك أن الاجتهادات الكثيرة لدى العديد من بلدان العالم المتقدم لإحلال طاقة نظيفة متجددة محل الوقود الأحفوري، والقيود البيئية التي تفرضها الصين على الطاقة (وهي من أكبر الدول نمواً واستهلاكاً للطاقة)، والاكتشافات المتعددة للنفط والغاز إلى درجة الوصول إلى وفرة كبيرة في المعروض، وتباطؤ الاقتصاد العالمي، كلها عوامل ستشكل عقبة كبيرة أمام ارتفاع أسعار النفط والغاز على المدى القريب والمتوسط، مما جعل البعض يتوقع انتهاء عصر هيمنة الوقود الأحفوري، والاستعداد لسيطرة أنواع جديدة من الطاقة.

كل ذلك يمثل ضغطاً كبيراً على صانع القرار الخليجي، والذي يمثل النفط العمود الفقري لاقتصاده، ويدعو إلى بذل الجهد لتجاوز تلك الأزمة، وتبني سياسات جريئة لتنويع مصادر الدخل، والبحث عن وسائل وتقنيات جديدة لتحسين كفاءة تلك الطاقة الأحفورية وتقليل مشكلاتها البيئية حتى يمكن الترويج لها في الأسواق العالمية بصورة أفضل مما هي عليه الآن.

### الضغوط الدولية لحماية البيئة

ولا يتوقف الاضطراب والتقلب في أسواق الطاقة عند الأسعار أو تهديدات الأمانة فقط، بل تشكل الضغوط التي تمارسها الدول والمنظمات الدولية المعنية بالحفاظ على البيئة وحمايتها مكوناتها ومقوماتها تحدياً كبيراً للدول الغنية بالطاقة التقليدية كالنفط والغاز. ولا يتوقف الأمر عند الحدّ من الاستخدام المحلي من أجل تقليل انبعاثات غازات الدفيئة الضارة بالبيئة، بل يتعدى ذلك إلى التأثير على الدول المستوردة للطاقة للتحول نحو طاقات نظيفة صديقة للبيئة، مما يشكل تحدياً اقتصادياً على الدول المصدرة للنفط ويؤثر على موازنتها وخططها التنموية، لا سيما والنفط يشكل العمود الفقري لاقتصاداتها.

(١) استقرار الطاقة أم شعور خاطئ بالأمان، معهد بروكغنز الدوحة، مارس ٢٠١٥.

ومما لا ريب فيه أن مسار التنمية الاقتصادية العالمية يتحدد بمدى تطبيق سياسة الطاقة العالمية التي مرت خلال العقود الماضية بمراحل نضوج متعددة، ابتدأت باستخدام الفحم الحجري، ثم النفط والغاز الطبيعي، ثم الطاقة النووية، وأخيرا مصادر الطاقة المتجددة. وطبقا لمسار التنمية الاقتصادية، كان الأمر يستدعي استخدام أوفر مصادر الطاقة إتاحة وأرخصها سعرا، مع تجاهل التام الآثار البيئية المدمرة. غير أن الأمر لم يدم طويلا حتى استفاق العالم على كوارث بيئية ابتدأت بحادثة تسرب الإشعاعات النووية من مفاعل (تشيرنوبل) الروسي، ثم حادثة فوكوشيما النووية في اليابان، مما أزعج عن العالم حالة الطمأنينة لمصادر الطاقة. واستدعى التفكير في حماية البيئة والمجتمع من هذه الأخطار، لا سيما والجدوى الاقتصادية - للعالم ككل - تراجع إزاء الأضرار البيئية والصحية والزراعية الناتجة عن تلك المخاطر.

وتدعم الأدلة العلمية بقوة اتخاذ إجراءات عملية قوية لكبح انبعاثات غازات الدفيئة المتسببة في تسخين جو الأرض. ويضع بروتوكول كيوتو للعام ١٩٩٧ معظم هذا الوزر على كاهل البلدان الغنية - لأنها تولد ٥١% من مثل هذه الانبعاثات، في حين أنها لا تضم من السكان سوى ١٦% فقط. وقد كان قرار الرئيس الأمريكي بالانسحاب من اتفاقية باريس للتغير المناخي في يونيو ٢٠١٧ أحد الضربات القوية الموجهة لجهود حماية البيئة، وقبلها رفض المصادقة على اتفاقية كيوتو عام ١٩٩٧ حيث تسهم الولايات المتحدة بحوالي ٢٥% من الانبعاثات الغازية للطاقة، وعدم الالتزام بتخفيض الانبعاثات الكربونية الغازية للطاقة من شأنه أن يمثل تهديدا بيئيا كبيرا لحساب التنمية الاقتصادية، وإن كان البعض يقلل من خطوة الانسحاب هذه لاعتماد الولايات المتحدة على الغاز الطبيعي في توليد الكهرباء.<sup>(١)</sup>

إن التركيز الدولي على غاز ثاني أكسيد الكربون وقطاع الوقود الاحفوري حوّل اتفاقيات البيئة والمناخ إلى (اتفاقيات طاقة) تستهدف إحداث تغييرات هيكلية دولية في استخدام العالم لمصادر الطاقة المختلفة وذلك بالعمل على الحد من الاستهلاك العالمي من الوقود الاحفوري والذي يمثله كل من الفحم والبتترول والغاز الطبيعي.

#### أولا: سياسات الدول المستهلكة للطاقة

ولا شك أن سياسات الطاقة في الدول المتقدمة، والتي تسعى إلى نموذج طاقة مستدامة يراعي الأبعاد البيئية والاقتصادية والاجتماعية سوف يشكل ضغطا كبيرا على الدول المصدرة للنفط، وفي مقدمتها دول مجلس التعاون الخليجي. فبعد أن كانت الولايات المتحدة أكبر مستورد للنفط، وكانت سياساتها المتعلقة بالطاقة تتبنى تأمين الإمدادات الاستراتيجية من أجل التنمية الاقتصادية دون النظر إلى خطورة الانبعاثات (يظهر ذلك في قانون سياسة الطاقة وقانون حفظها لعام ١٩٧٥ وتحديثاته)، توجهت إلى تبني سياسات مغايرة منذ عام ٢٠٠٥ من خلال قانون الطاقة لمعالجة تحديات البيئة والطاقة والنمو الاقتصادي، وذلك في ظل توجهات جديدة في سياسة الطاقة الأمريكية مع بداية عام ٢٠٠٩ من خلال التركيز على ما يسمى بالاقتصاد الأخضر. وبالتالي أصبحت سياساتها تعطي أولوية للتغير المناخي، وانبعاثات غازات الدفيئة، بعد أن كانت تلك

(١) انظر: مات ماغرات، تأثيرات خمسة لانسحاب الولايات المتحدة من اتفاقية باريس للتغير المناخي، تقرير لي بي سي العربية، ٢٠١٧/٦/٢، وانظر: تقرير التنمية البشرية ٢٠٠٣ الصادر عن الأمم المتحدة (١٣٠).



الأمر لا تمثل أولوية قومية<sup>(١)</sup> ويضاف إلى ذلك الوفرة الإنتاجية لأنواع جديدة من النفط والغاز الأمريكي جعل الولايات المتحدة لاعبا أساسيا في مجال إنتاج الطاقة، مما سيقصص من احتياجاتها الطاقوية في السنوات المقبلة، مما سيشكل ضغطا جديدا على الدول الخليجية المصدرة للنفط.

أما الاتحاد الأوروبي، والذي تستورد دوله ما يزيد عن ٥٠٪ من احتياجاتها من الطاقة (يتوقع أن تصل إلى ٧٠٪ بحلول عام ٢٠٣٠)، فقد حدد سياسات للطاقة تقوم على رفع كفاءة الطاقة من خلال استخدام أرقى التقنيات المتاحة. وخفض الانبعاثات باستخدام أقل مصادر الطاقة تلوثا للبيئة. وخاصة أن ثلاثة أرباع غازات الدفيئة تنتج عن عمليات إنتاج الطاقة وتحويلها لكهرباء.<sup>(٢)</sup>

وتأتي الطاقة المتجددة ضمن السياسات الأساسية للطاقة في الاتحاد الأوروبي، حيث تهدف تلك السياسات إلى الاستعانة بمصادر الطاقة المتجددة التي أثبتت جدواها الاقتصادية. لا سيما عند تضمين التكاليف البيئية في حساب التكاليف الإجمالية، فضلا عن أن الإمكانيات الكبيرة المحتملة للطاقة المتجددة وسرعة مساهمتها في تلبية الاحتياجات المتزايدة من الطاقة يتوقف على قوة الدعم الحكومي لجعل تكلفتها قادرة على منافسة مصادر أنواع الطاقة الأحفورية.<sup>(٣)</sup>

وسياسات الطاقة في اليابان تسير في ذات الاتجاه، حيث سعت الحكومة اليابانية منذ تسعينات القرن الماضي إلى تطبيق سياسات توازن بين تأمين الطاقة، والبيئة، والكفاءة الاقتصادية. ونظرا لعدم وجود ربط شبكي دولي مع جيرانها منظومة الطاقة الكهربائية، فإن سياسة الطاقة اليابانية ركزت على التقنية بهدف تنوع مصادر الطاقة وتقليل اعتمادها على النفط، فضلا عن التزاماتها بحماية البيئة من الآثار السلبية للتغيرات المناخية، وإدخالها الجيل الأول من خلايا الوقود لسياراتها الهجينة.<sup>(٤)</sup>

وكذلك تحذو الصين حذو اليابان والولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي في تقليل الاعتماد على الطاقة الأحفورية، وتنوع مصادر الطاقة، والتحول نحو نماذج الطاقة المتجددة، والاهتمام بالعوامل البيئية وحسابها ضمن التكلفة الإجمالية للطاقة، وتشجيع الشركات الاستثمارية على توجيه استثماراتها نحو قطاع الطاقة النظيفة من خلال عوامل تحفيزية عديدة.

كل هذه السياسات تشكل ضغطا كبيرا على الدول المنتجة للنفط؛ إذ أن الأمر لم يعد القدرة على اكتشاف حقول نفطية جديدة، وتعظيم الإنتاج النفطي، وتأمين الممرات الدولية لوصول النفط إلى طالبه. بل إن المعضلة الجديدة تتمثل في ذلك التغير الهيكلي في أسواق الطاقة الدولية بالتوجه بعيدا عن مصادر الطاقة

(١) د. هيثم عبد الله سلمان، أثر سياسات الطاقة العالمية على اقتصادات بعض دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، بحث ضمن مجلة التعاون الصادرة عن مجلس التعاون الخليجي، عدد ٨٤، يوليو ٢٠١٤ (٣٤).

(٢) جان بيير أنجوليه، ثورة الطاقة الثمينة لن تحصل، تحرير: برتران بادي وساندرين تولوتي، في سلسلة أوضاع العالم ٢٠٠٩، ط أولى، مؤسسة الفكر العربي، بيروت، ٢٠٠٩ (١١٧).

(٣) د. هيثم عبد الله سلمان، أثر سياسات الطاقة العالمية على اقتصادات بعض دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، بحث ضمن مجلة التعاون الصادرة عن مجلس التعاون الخليجي، عدد ٨٤، يوليو ٢٠١٤ (٣٦).

(٤) شونسوك كوندو، مشهد من اليابان: جسر العبور إلى مستقبل طاقى سالم وأمن، مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية، عدد ١، يونيو ٢٠٠٤ (٢٦).

التقليدية، وهو ما عبّر عنه أحد الباحثين بقوله: وفي ضوء سياسات الطاقة المعتمدة في الدول المستهلكة، يبدو أن التخوف الأكبر للدول المنتجة للنفط، ومن بينها السعودية والكويت والإمارات، ليس وصول إنتاج النفط في العالم إلى ذروته، بل وصول الطلب العالمي على النفط إلى ذروته، الأمر الذي سيجعل من تأمين طلب الطاقة، وليس تأمين عرض الطاقة، العقبة أمام استمرار تحقيق التنمية في الدول المنتجة للنفط الخام.<sup>(١)</sup>

ونتيجة لتلك السياسات العالمية المتجهة نحو نموذج طاقي يتلاءم مع متطلبات التنمية المستدامة، بدأت مشاركة النفط في مشهد الطاقة العالمي ينخفض تدريجيا، ليس لصالح نموذج طاقة تقليدي أقل ضررا للبيئة وهو الغاز الطبيعي فحسب، بل لحساب مصادر الطاقة المتجددة التي يمكن توليدها محليا، الأمر الذي يرشح مشهد الطاقة العالمي لمزيد من التغير بعيدا عن الوقود الأحفوري، مما يزيد من الضغوط على الدول التي تعتمد موازنتها على النفط بشكل أساسي.

السنوات	النفط	الغاز	الفحم	النوري	المتجددة	الإجمالي
١٩٧٠	٤٥,٨	١٨,٢	٣٠,٣	٠,٣	٥,٤	٤٩٤٥
١٩٧٥	٤٦,٩	١٨,٦	٢٧,٥	١,٤	٥,٦	٥٧٦٧
١٩٨٠	٤٤,٩	١٩,٦	٢٧,٣	٢,٤	٥,٨	٦٦٢٤
١٩٨٥	٣٩,٤	٢٠,٨	٢٨,٨	٤,٧	٦,٣	٧١٣٧
١٩٩٠	٣٨,٨	٢١,٨	٢٧,٤	٥,٦	٦,٤	٨١٠٩
١٩٩٥	٣٨,٢	٢٢,٥	٢٦,٣	٦,١	٦,٩	٨٥٧٨
٢٠٠٠	٣٨,٤	٢٣,٢	٢٥,٣	٦,٢	٦,٩	٩٣٨٢
٢٠٠٥	٣٨,٥	٢٣,٢	٢٥,٦	٥,٨	٦,٩	١٠٨٠١
٢٠١٠	٣٣,٦	٢٣,٨	٢٩,٦	٥,٢	٧,٨	١٢٠٠٢

جدول (٦): توزيع النسب المئوية لاستهلاك الطاقة العالمية في الفترة من ١٩٧٠ إلى ٢٠١٠، وإجمالي: مليون طن مكافئ نفطي

Source: Source: (BP), Statistical Review of World Energy June 2012. www.bp.com/statisticalreview -

ولا يتوقف ضغط السياسات الدولية عند تقليص حصة مساهمة الوقود الأحفوري في إجمالي الطاقة العالمية، بل تتجه تقارير الطاقة الدولية إلى إلقاء اللوم على دول الخليج في التسبب في الإضرار بالبيئة من خلال الاستهلاك المتزايد للوقود الأحفوري. فقد حددت وكالة الطاقة الدولية (IEA) ثلاثا من دول مجلس التعاون الخليجي بوصفها أعلى ثلاث دول في استهلاك الطاقة للفرد في العالم، بل خلصت كذلك إلى أن دول مجلس التعاون الخليجي الست تساهم بحوالي ٥٠٪ من الانبعاثات التراكمية للدول العربية من ثاني أكسيد الكربون. وتتصدر المملكة العربية السعودية في ذلك دول مجلس التعاون الخليجي الست تليها الإمارات العربية المتحدة، فالكويت، فقطر، ثم عمان والبحرين، بمساهمة إجمالية بلغت ٧٢١,٢ مليون طن من ثاني أكسيد الكربون عام

(١) د. هيثم عبد الله سلمان، أثر سياسات الطاقة العالمية على اقتصادات بعض دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، بحث ضمن مجلة التعاون الصادرة عن مجلس التعاون الخليجي، عدد ٨٤، يوليو ٢٠١٤ (٣٧).



٢٠١٠. وقد تبوأَت دولة الإمارات العربية المتحدة مكانة ثالث أكبر دولة في العالم من حيث قيمة انبعاثات غاز الدفيئة لكل فرد.<sup>(١)</sup>

### ثانيا: الاتفاقيات الدولية لحماية البيئة

ويزيد من الضغوط الدولية على الدول النفطية تلك الاتفاقيات الدولية الخاصة بحماية البيئة، والتي تلتزم بها وزارات البيئة في الدول المنتجة للنفط، وتتخذ التدابير والإجراءات الموافقة لها، وهو ما ظهر في السنوات الأخيرة من تبني مبادرات وسن تشريعات للتحويل نحو الطاقة المتجددة، رغم الوفرة الكبيرة والفائض النفطى الهائل لدى دول مجلس التعاون الخليجي، وهو ما يعكس نوعا من الاستجابة لتلك الضغوط، ويتطلب إجراء تغييرات في بنية الاقتصاد الخليجي.

لقد كان من الطبيعي مع تزايد التغير في المناخ أن تواجه مشكلة التوفيق بين كل من موارد الطاقة، وحماية البيئة والتنمية الاقتصادية، والتي تعتبر واحدة من أكبر اهتمامات وتحديات عالمنا المعاصر من أجل تحقيق تنمية مستدامة للمجتمعات البشرية وأجيالها المتعاقبة. كل هذا جعل جميع الدول وفي مقدمتها الدول الصناعية في العالم خاصة الولايات المتحدة الأمريكية تدعو إلى انعقاد مؤتمرات دولية وإقليمية حول التغيرات المناخية وما ترتب عليها من آثار.

فانعقد مؤتمر الأمم المتحدة حول الإنسان والبيئة لسنة ١٩٧٢، ومؤتمر الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية لسنة ١٩٧٦، ومؤتمر التربية البيئية لسنة ١٩٧٧، ومؤتمر المناخ الأول في ١٩٨٨، ثم جاءت الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ في ١٩٨٨، ليتم في ١٩٩١ وضع مسودة للاتفاقية الإطارية المتعلقة بتغير المناخ.

ثم انعقد أهم هذه المؤتمرات وهو مؤتمر قمة الأرض بربو دي جانيرو بالبرازيل سنة ١٩٩٢، والذي خرج بما يسمى بأجندة القرن الحادي والعشرين، وأهم ما تناولت في طياتها قضية تغير المناخ وضرورة تخفيض الانبعاثات الغازية المترتبة عن الأنشطة الاقتصادية مهما كانت صناعية، أو تجارية، أو خدمية أو استهلاكية، ولقد قررت جميع الهيئات المختصة بالبيئة أن أهم سبب وراء هذه المشكلات البيئية هو التزايد المستمر في الصناعات الطاقوية، وتزايد نسبة الانبعاثات الغازية بالجو، وهنا وجدت الدول نفسها، سواء الصناعية المستوردة والمستهلكة للطاقة الأحفورية أو الدول المصدرة لها، وخاصة العربية منها نفسها أمام معادلة صعبة الحل وهي كيفية المحافظة على البيئة والتقليل من الانبعاثات الغازية والتي يهتم الوقود الأحفوري بإطلاقها، وبين كيفية تحقيق التنمية ومواكبة التطور وماذا يستبدل محل هذه المصادر من الطاقة لتشغيل الاقتصاد.

(١) انظر: International Energy Agency (IEA), Paris. «Key World Energy Statistics» (2012a). IEA، وانظر: ماهر عزيز بدروس، خيارات التخفيف من تغير المناخ في قطاع الطاقة (١٣٤) ضمن (الطاقة المستدامة: التوقعات، التحديات، الخيارات)، إصدار: المنتدى العربي للبيئة والتنمية، بيروت، ٢٠١٣.

وقد مثل اتفاق كيوتو الذي تم التوقيع عليه من قبل ١٩٥ دولة في عام ١٩٩٧ نقلة نوعية على طريق عوامة الشأن البيئي العالمي، وخلق الآليات اللازمة لتنفيذه، ويمثل هذا البروتوكول أيضا الخطوة التنفيذية الأولى لاتفاقيه الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ المبرمة في العام ١٩٩٢.

ويتضمن اتفاق كيوتو مجموعتين من الالتزامات المحددة تحقيقا للمبادئ العامة التي أقرتها اتفاقيه الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، تتضمن المجموعة الأولى الالتزامات التي تتكفل بها جميع الأطراف المتعاقدة، في حين تختص المجموعة الثانية بمجموعه الالتزامات التي تتحملها الدول المتقدمة حيال الدول النامية.

وتتضمن الالتزامات العامة تخفيض انبعاثات الغازات الدفيئة (بنسب تختلف من دولة إلى أخرى) على أن يجري هذا التخفيض خلال فتره زمنية محددة تبدأ في عام ٢٠٠٨ وتستمر حتى عام ٢٠١٢، والحفاظ على مستودعات الغازات الدفيئة كالغابات، والعمل على زيادتها من أجل امتصاص انبعاثات الغازات الدفيئة المسببة لظاهرة التغير المناخي، وإقامه نظم و مناهج بحث لتقدير انبعاثات الغازات الدفيئة، وكذلك دراسة الآثار السلبية الناجمة عنها، والتبعات الاقتصادية والاجتماعية لمختلف سياسات مواجهه المشكلة، والعمل على إنتاج وتطوير تقنيات صديقه للبيئة من خلال التركيز على ذلك النوع الأقل استهلاكاً في الوقود، وبالتالي أقل من حيث احتراق الوقود وانبعاثات الغازات الضارة.

أما الالتزامات التي تتعهد بها الدول المتقدمة وحدها، وتلتزم بها في مواجهه الدول النامية لمساعدتها على الالتزام بالأحكام الواردة في اتفاقيه الأمم المتحدة الإطارية من ناحية، وتشجيعها على التعاون الفعال في إطار المنظومة الدولية لحماية البيئة من ناحية أخرى. هذه الالتزامات تتضمن تعهد الدول المتقدمة بتمويل وتسهيل أنشطه نقل التقنية منها إلى الدول النامية والأقل نموا، خاصة تلك التقنيات صديقه للبيئة في مجالات الطاقة والنقل و المواصلات وغيرها. وكذلك تتعهد الدول المتقدمة بدعم جهود الدول النامية والأقل نموا في مجالات مواجهه الآثار السلبية للتغير المناخي والتأقلم معها، والتعاون المشترك مع الدول النامية والأقل نموا في (آليه التنمية النظيفة Clean Development Mechanism)، والتي تعد أحد أهم الآليات التي حددها بروتوكول كيوتو. وتنص هذه الآلية على التزام واضح من جانب الدول المتقدمة بالقيام بمشروعات في الدول النامية بغرض مساعدتها على الوفاء بمتطلبات التنمية المستدامة، والمساهمة في نفس الوقت بتحقيق الهدف الرئيسي لاتفاقيه الامم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ ومساعدة الدول المتقدمة في الالتزام بتخفيض الانبعاثات إلى الحد المقرر لها.<sup>(١)</sup>

وقد ثار كثير من الجدل حول هذه الاتفاقية، واعتبرت الولايات المتحدة أن هذه الاتفاقية ظالمة لها، وذات تكلفة عالية اقتصاديا مما يتطلب تغيرات كبيرة في الاقتصاد والصناعة، قد تؤثر على معدلات النمو، مما دفعها إلى رفضها.

(١) Kyoto Protocol - Targets for the first commitment period. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period>.

وبعيدا عن ذلك، فإن أغلب الدول الأعضاء في الأمم المتحدة - متقدمة ونامية - تأخذ تلك الاتفاقات على محمل الجد، وهو ما تشكل في صورة مشروعات واتفاقات محلية وإقليمية لحماية البيئة، والحد من التلوث الذي تسببه الانبعاثات الغازية الناتجة عن الاستخدام المتزايد للطاقة الأحفورية.

كل تلك الاتفاقيات تشكل ضغوطا كبيرة على الدول المنتجة للنفط - والغاز أيضا، وإن بدرجة أقل - من أجل حماية البيئة، بل وتسوقها نحو تحوّل (قسري) نحو الطاقة النظيفة رغم ضخامة مخزونها من الطاقة التقليدية، وهو ما نراه اليوم من مشروعات للطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون، والذي يأتي - في الأساس - استجابة للاتفاقيات الدولية والإقليمية، ويمثل - أيضا - حاجة بيئية واجتماعية، وتحديا كبيرا للتنمية المستدامة.

إن التحول إلى نموذج الطاقة المتجددة قد لا يكون ذا جدوى اقتصادية على المدى القريب، وخاصة في ظل توافر مخزونات كبيرة لمصادر الطاقة التقليدية، والتي سيقبل الطلب عليها تدريجيا بفعل التحول العالمي نحو طاقات بديلة، وقد يؤدي هذا التغير أيضا إلى هزات اقتصادية وتنموية كبيرة في الدول المنتجة للنفط، مما يعكس تلك التبعية للتحول العالمي نحو هذا النموذج الطاقوي أو ذلك، حتى وإن كان هذا التحول غير مناسب لتلك المرحلة.

يرى الباحث أن المفاضلة ستكون بين نموذج للطاقة المتجددة يتم التحول إليه مهما كانت التضحيات، ونموذج آخر يعمل على (تنظيف) الطاقة التقليدية بتقليل انبعاثاتها، وحماية البيئة من مخاطرها. وإذا كان النموذج الأول تدعمه اقتصاديات الدول المستهلكة للطاقات التقليدية لحاجتها لتوطين الطاقة والاعتماد على مصادر محلية متجددة، فإنه من الأفضل للدول المنتجة للنفط أن تتبنى النموذج الثاني من أجل تسويق منتجات طاقتها التقليدية خارجيا من جهة، والاعتماد عليها محليا دون إضرار هام بالبيئة، والمعول في ذلك على دعم التقنيات المساعدة في هذا التحسين للطاقة التقليدية.



# عالم الطاقة المتجددة

## الاقتصاديات. التقنيات. التطبيقات

### محتويات الفصل

#### المبحث الأول: اقتصاديات الطاقة المتجددة

- أولاً: الاستثمار العالمي في مشروعات الطاقة المتجددة
- ثانياً: أسواق الطاقة المتجددة وإمكانات انتشارها
- (١) أسواق الطاقة الشمسية وإمكانات انتشارها
- (٢) أسواق الطاقة الحرارية الأرضية وإمكانات انتشارها
- (٣) أسواق الطاقة المائية وإمكانات انتشارها
- (٤) أسواق الطاقة البحرية وإمكانات انتشارها
- (٥) أسواق طاقة الرياح وإمكانات انتشارها
- (٦) أسواق الطاقة الحيوية وإمكانات انتشارها
- ثالثاً: اتجاهات التكلفة

#### المبحث الثاني: الطاقة المتجددة.. تطور التقنيات والتطبيقات

- مقارنة بين الطاقة التقليدية والطاقة المتجددة
- تقنيات وتطبيقات الطاقة المتجددة
- أولاً: تقنيات وتطبيقات الطاقة الشمسية
- ثانياً: تقنيات وتطبيقات الطاقة الحرارية الأرضية
- ثالثاً: تقنيات وتطبيقات الطاقة المائية
- رابعاً: تقنيات وتطبيقات الطاقة البحرية
- خامساً: تقنيات وتطبيقات طاقة الرياح
- سادساً: تقنيات وتطبيقات طاقة الكتلة الأحيائية



## المبحث الأول: اقتصاديات الطاقة المتجددة

تشهد استثمارات الطاقة المتجددة وأسواقها نموا مطردا، ما جعلها موضوع الساعة بالنسبة للاقتصاد في مجال الطاقة. ونظرا للتوجهات والسياسات الدولية نحو التنمية المستدامة، فقد شغل موضوع الطاقة حيزا كبيرا من تلك التوجهات والسياسات، لا سيما الركائز الثلاثة للتنمية المستدامة: الاقتصاد والبيئة والمجتمع.

ونظرا لما يشهده عالم الطاقة التقليدية من مشكلات كبيرة، سواء فيما يتعلق بنضوب مخزوناته في العقود القادمة، أو فيما يتعلق بانبعثات الكربون وغازات الدفيئة التي تسبب مشكلات بيئية كبيرة، فإن أسواق الطاقة المتجددة شهدت زيادة الاستثمارات، ونمو الأسواق، وسرعة الانتشار بشكل تدلل عليه الإحصاءات العالمية التي بين أيدينا.

### أولا: الاستثمار العالمي في مشروعات الطاقة المتجددة

يُعد تمويل الطاقة المتجددة والاستثمار في مشروعاتها القاطرة التي تنقل مصادر الطاقة المتجددة من مساهم محتمل إلى شريك أساسي في مشهد الطاقة العالمية. ولم يغير مشهد الطاقة العالمية إبان ظهور النفط أوائل القرن الماضي سوى الاستثمارات الضخمة التي ضختها شركات التنقيب العالمية في أسواق النفط، والتي حملت النفط ومشتقاته للتربع على عرش الطاقة طوال العقود السابقة وحتى اليوم.

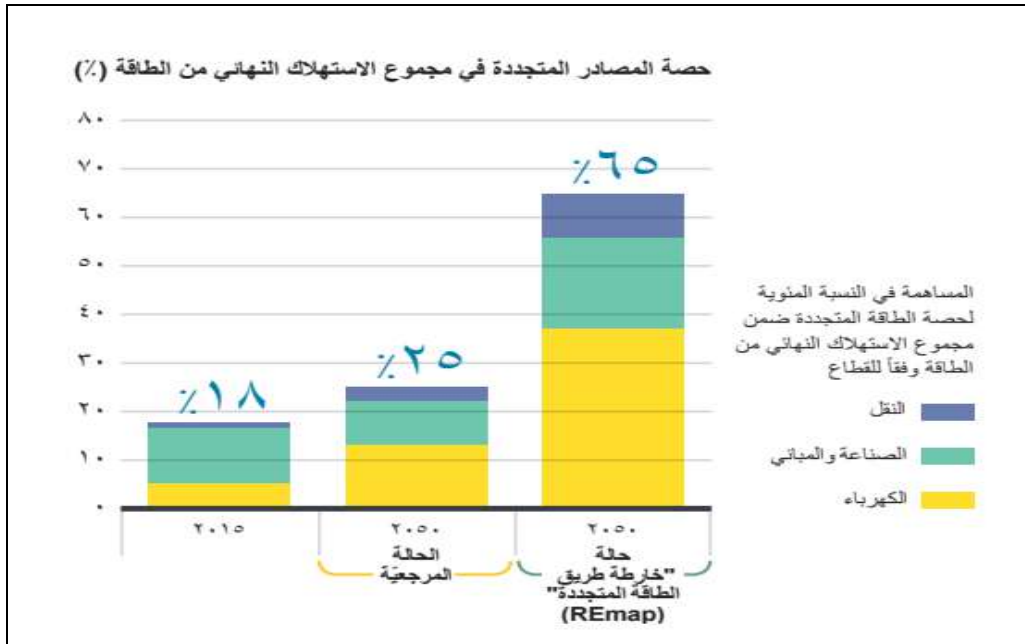
واليوم نشهد النمو التدريجي في مشاركة الطاقة المتجددة في مشهد الطاقة العالمي، وتتوقع الوكالة الدولية للطاقة المتجددة أن ترتفع نسبة إسهام من نحو ١٥٪ من مجموع إمدادات الطاقة الأولية في عام ٢٠١٥ إلى نحو الثلث بحلول عام ٢٠٥٠. وتشير خارطة طريق الطاقة المتجددة (REmap) وهي تقرير عالمي أعدته الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، إلى أن مصادر الطاقة المتجددة قادرة على تعويض ٦٠٪ أو أكثر من مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة لكثير من البلدان. وعلى سبيل المثال، يمكن للصين أن تزيد حصة الطاقة المتجددة في استخداماتها من الطاقة من ٧٪ في عام ٢٠١٥ إلى ٦٧٪ في عام ٢٠٥٠. وفي الاتحاد الأوروبي، يمكن أن ترتفع هذه الحصة من نحو ١٧٪ إلى أكثر من ٧٠٪ وقد تشهد الهند والولايات المتحدة ارتفاعا بمقدار الثلثين أو أكثر.<sup>(١)</sup>

وقد حدث نمو بالغ الأهمية في قطاع الطاقة المتجددة تمثل بتجاوز القدرة العالمية ١٥٦٠ جيغا واط في عام ٢٠١٣، بزيادة ٨٪ عن عام ٢٠١٢، فارتفعت الطاقة الكهرومائية بنسبة ٤٪ إلى ما يقارب ١٠٠٠ جيغا واط، ونمت المصادر المتجددة الأخرى بشكل جماعي إلى ما يقرب من ١٧٪ إلى أكثر من ٥٦٠ جيغا واط. ولأول مرة، تفوق القدرات المضافة عالميا من الطاقة الكهروضوئية نظيرتها من طاقة الرياح، حيث أضيفت قدرات جديدة تزيد على ٢٧٪. وسجلت سوق الطاقة الكهروضوئية رقما قياسيا بإضافة نحو ٣٩

(١) انظر: التحول في نظام الطاقة العالمي، خارطة الطريق نحو عام ٢٠٥٠، تقرير للوكالة الدولية للطاقة المتجددة (المخلص التنفيذي)،

أبو ظبي (٥) عبر هذا الرابط: <https://irena.org/>

جيجا واط عام ٢٠١٣ ليصبح المجموع حوالي ١٣٩ جيجا واط، وأضيف أكثر من ٣٥ جيجا واط من طاقة الرياح عام ٢٠١٣ ليتجاوز إجماليها ٣١٨ جيجا واط.<sup>(١)</sup>



شكل (٢١): حصة مصادر الطاقة المتجددة في مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة

المصدر: التحول في نظام الطاقة العالمي، خارطة الطريق نحو عام ٢٠٥٠، تقرير للوكالة الدولية للطاقة المتجددة (المخلص التنفيذي)، أبو ظبي (٥).

وأمام هذا التغير في مشهد الطاقة العالمي، والسعي الحثيث نحو الطاقة المتجددة، يمكننا أن نرصد ذلك التطور في الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة، فقد بلغ حجم الاستثمار في الطاقة المتجددة في الفترة بين عامي ٢٠٠٤ - ٢٠١٥ حوالي ٢,٣ تريليون دولار، وتطورت قيمة الاستثمار في الطاقة المتجددة في الدول المتقدمة بنحو ١٣٠ مليار دولار، بينما تطورت في الدول الناشئة بنحو ١٥٦ مليار دولار.<sup>(٢)</sup>

ويشير تقرير حالة الطاقة المتجددة لعام ٢٠١٩ الصادر عن الطاقة المتجددة للقرن ٢١، والذي أعدته منظمة بلومبيرج إن إي إف Bloomberg NEF، إلى أن الاستثمارات العالمية في مجال الطاقة المتجددة بلغت ٢٨٨,٩ مليار دولار أمريكي في عام ٢٠١٨، حيث تجاوز المبلغ الذي تم إنفاقه على الطاقة المتجددة أكثر بكثير من الدعم المالي للحصول على طاقة الوقود الأحفوري الجديدة.

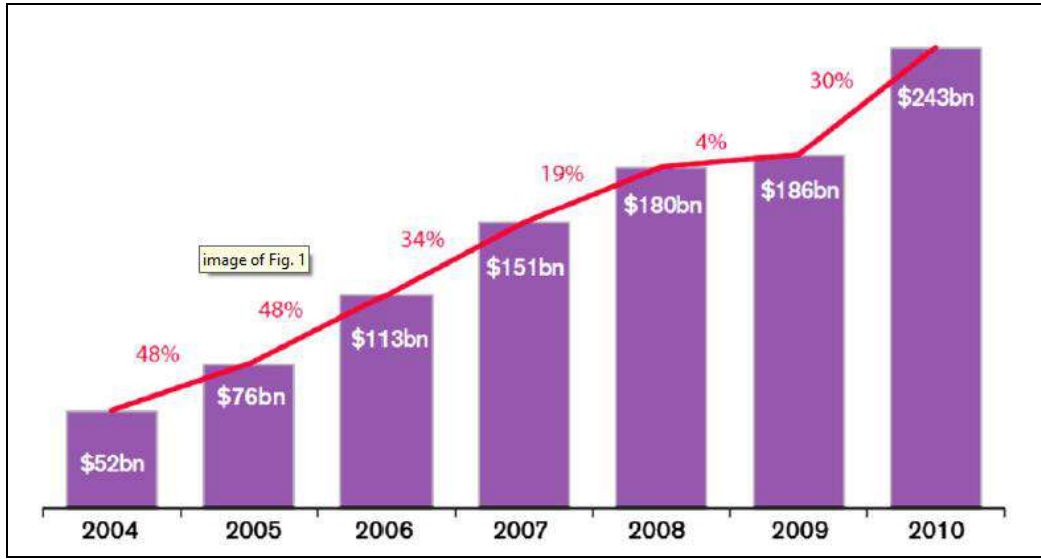
ويشير تقرير بلومبيرج إن إي إف إلى أنه على الرغم من انخفاض الاستثمار بنسبة ١١٪ مقارنة بالعام ٢٠١٧، كان عام ٢٠١٨ هو العام التاسع على التوالي الذي تجاوز فيه الاستثمار في الطاقة المتجددة ٢٠٠ مليار دولار والسنة الخامسة على التوالي التي تتجاوز ٢٥٠ مليار دولار. ولا يشمل هذا الرقم الطاقة الكهرومائية التي تزيد عن ٥٠ ميجاوات، والتي شهدت استثماراً إضافياً بقيمة ١٦ مليار دولار أمريكي - كما انخفضت أيضاً عن العام ٢٠١٧، عندما تم استثمار ٤٠ مليار دولار أمريكي.

(١) د. فريدة كافي، الطاقات المتجددة بين تحديات الواقع ومأمول المستقبل: التجربة الألمانية نموذجاً، مجلة بحوث اقتصادية عربية. مجلد

٢٣، عدد ٧٤/٧٥، سنة ٢٠١٦ (١٣٩ - ١٥٧).

(٢) انفوجراف بموقع سكاى نيوز عربية، ٢٠١٧/١/١٨.





شكل (٢٢): الاستثمار العالمي في الطاقة المتجددة ٢٠١٠ - ٢٠٠٤

Source: Finance Summit: Results Book 2011. Bloomberg New Energy Finance.

ويمكن أن يعزى الانخفاض في الاستثمار في عام ٢٠١٨ جزئياً إلى انخفاض تكاليف التقنيات في الخلايا الكهروضوئية الشمسية، مما يعني إمكانية تأمين القدرة المطلوبة بتكلفة أقل، وتباطؤ في نشر الطاقة الشمسية في الصين.

وكانت الطاقة الشمسية هي محور التركيز الأكبر للاستثمار، حيث بلغت ١٣٩,٧ مليار دولار أمريكي في عام ٢٠١٨، بانخفاض ٢٢٪. وزاد الاستثمار في طاقة الرياح بنسبة ٢٪ في عام ٢٠١٨، ليصل إلى ١٣٤,١ مليار دولار. وارتفع الاستثمار في الكتلة الحيوية وتحويل النفايات إلى طاقة بنسبة ٥٤٪، ليصل إلى ٨,٧ مليار دولار.

وقالت إنغر أندرسن، المدير التنفيذي لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة: لا تزال الاتجاهات العالمية تشير إلى أن الاستثمار في الطاقة المتجددة هو استثمار في مستقبل مريح، وإن الاستثمارات في الطاقة المتجددة في عام ٢٠١٨ كانت أعلى بثلاثة أضعاف من المبلغ المستثمر في المولدات الجديدة التي تعمل بالفحم والغاز. وفي حين أن هذا أمر مشجع، إلا أننا نحتاج إلى زيادة الوتيرة بخطى كبيرة، إذا أردنا تحقيق الأهداف الدولية للمناخ والتنمية<sup>(١)</sup>.

ويوضح التوزيع الجغرافي للرقم ٢٨٨,٩ مليار دولار لإجمالي استثمارات الطاقة المتجددة في عام ٢٠١٨ أن الصين قادت الاستثمار في الطاقة المتجددة في جميع أنحاء العالم للعام السابع على التوالي، بمبلغ وصل إلى ٩١,٢ مليار دولار. ومع ذلك، فقد انخفض هذا بنسبة ٣٧٪ عن الرقم القياسي الذي سجل في عام ٢٠١٧، وذلك بسبب عدد من العوامل بما في ذلك التغيير في منتصف العام في سياسة التعريف الجمركية للحكومة، والتي أثرت على الاستثمار في الطاقة الشمسية.

(١) انظر: استثمارات الطاقة المتجددة في عام ٢٠١٨ تصل إلى ٢٨٨,٩ مليار دولار أمريكي، وهو ما يتجاوز الاستثمار في الوقود الأحفوري، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، عبر هذا الرابط:

<https://www.unenvironment.org/ar/news-and-stories/alnshrat-alshfyt/astthmarat-altaqt-almtdt-fy-am-2018-tsl-aly-2889-mlyar-dwlar>

كما استحوذت الصين على ٣٢٪ من إجمالي الاستثمارات العالمية، تلتها أوروبا بنسبة ٢١٪، والولايات المتحدة بنسبة ١٧٪، وآسيا - أوقيانوسيا (باستثناء الصين والهند) بنسبة ١٥٪. وشوهدت أسهم أصغر في الهند بنسبة ٥٪، والشرق الأوسط وأفريقيا بنسبة ٥٪، والأمريكتين (باستثناء البرازيل والولايات المتحدة) بنسبة ٣٪ والبرازيل بنسبة ١٪. وإذا تم استبعاد الصين، فإن الاستثمار في الطاقة المتجددة في العالم النامي ارتفع فعلياً بنسبة ٦٪ إلى ٦١,٦ مليار دولار، وهو رقم قياسي.

وقفز الاستثمار في أوروبا بنسبة ٣٩٪ ليسجل ٦١,٢ مليار دولار أمريكي، وهو أعلى مستوى منذ عامين، ويعود ذلك إلى حد كبير إلى الاستثمارات الكبيرة في الرياح البحرية على الشاطئ.

وفي الولايات المتحدة، ارتفع الاستثمار بنسبة ١٪ ليصل إلى ٤٨,٥ مليار دولار، وهو أعلى مستوى منذ عام ٢٠١١، مدفوعاً أيضاً بزيادة التمويل في مجال طاقة الرياح.

وارتفع الاستثمار في منطقة آسيا والمحيط الهادئ (باستثناء الصين والهند) بنسبة ٦٪ ليصل إلى ٤٤,٢ مليار دولار أمريكي، وهو أعلى مستوى في ثلاث سنوات، في حين قفز الاستثمار في الشرق الأوسط وإفريقيا بنسبة ٥٧٪ إلى مستوى قياسي بلغ ١٥,٤ مليار دولار أمريكي. ومع ذلك، انخفض الاستثمار في الأمريكتين (باستثناء البرازيل والولايات المتحدة)، بنسبة ٢٣٪ (باستثناء الطاقة المائية الكبيرة) ليصل إلى ٩,٨ مليار دولار أمريكي.<sup>(١)</sup>

ويتوقع تقرير (آفاق الطاقة الجديدة ٢٠١٦)، والذي أعدته وحدة بحوث الطاقة بمجموعة بلومبرج لتمويل الطاقة الجديدة Bloomberg New Energy Finance Group، استثمار نحو ٧,٨ تريليون دولار على مستوى العالم في الطاقة المتجددة على مدى الفترة من ٢٠١٦ إلى ٢٠٤٠ مقارنة مع ١,٢ تريليون دولار في المحطات الجديدة التي تعمل بالفحم، ومعظمها في الهند وأسواق ناشئة آسيوية أخرى، ومن بين هذه الاستثمارات ٣,١ تريليون دولار في مزارع الرياح البرية والبحرية و٣,٤ تريليون دولار في الطاقة الشمسية و٩١١ مليار دولار في الطاقة المائية.

وعلى الرغم من أن ذلك يعد أنباء جيدة فيما يتعلق بخفض الانبعاثات الكربونية للنظام العالمي نتيجة توليد الكهرباء من مصادر تقليدية، فإنه لا يزال غير كافٍ للوصول إلى المعدل الذي تستهدفه الأمم المتحدة للاحتباس الحراري في العالم عند أقل من درجتين مئويتين.

وقدر الخبراء أن يسهم انخفاض تكاليف تقنيات توليد الطاقة من الرياح بنسبة ٤١٪ والطاقة الشمسية بنسبة ٦٠٪ بحلول العام ٢٠٤٠ في زيادة الاعتماد على هذه المصادر وإبدالها مكان النفط والغاز والفحم. ويتوقع التقرير أن تكون مصادر الطاقة المتجددة أرخص ثمناً في كثير من دول العالم بحلول العام ٢٠٢٠، وفي كل

(١) السابق.

العالم اعتبارًا من العام ٢٠٣٠، ويشير الخبراء إلى أن السيارات الكهربائية ستمثل ٣٥٪ من مبيعات السيارات الجديدة في العالم في العام ٢٠٤٠، أي ما يقدر بـ ٤١ مليون سيارة<sup>(١)</sup>.

ومن منظور خليجي، يمكن أن يكون هذا النمو في استثمارات الطاقة المتجددة عالميا مصدر تهديد حقيقي للاقتصادات الخليجية، وخاصة في البلدان التي تعتمد على عائدات النفط - بصورة أساسية - في تمويل الموازنات العامة والخطط التنموية، إلا أن ما يجب التركيز عليه هو قرب نفاذ الطاقة الأحفورية، سواء نمت استثمارات الطاقة المتجددة أم لا، والتفكير يجب أن يتوجه إلى مصادر جديدة يعتمد عليها الاقتصاد، والبحث عن نموذج طاقة مستدام يحل محل الطاقات التقليدية، ويؤمن احتياجات الطاقة للتنمية المستدامة.

#### ثانياً: أسواق الطاقة المتجددة وإمكانات انتشارها

زاد كثيرا إسهام الطاقة المتجددة في إجمالي إمدادات الطاقة المتجددة في العالم في العقود الأخيرة، فزاد من ١١٢١ مليون طن عام ١٩٩٠ إلى ١٨٢٣ مليون طن عام ٢٠١٥، غير أن زيادة حصة الطاقة المتجددة من إجمالي الطاقة العالمية كانت زيادة طفيفة، فكان إسهامها ١٢,٨٪ عام ١٩٩٠، ثم أصبح ١٣,٤٪ عام ٢٠١٥<sup>(٢)</sup>.

ووفقا للوكالة الدولية للطاقة، شكلت الطاقة المتجددة ١٤٪ من الطلب العالمي على الطاقة الأولية عام ٢٠١٦ (٩٪)، باستثناء الأشكال التقليدية للطاقة الأحيائية الصلبة). وقطاع الطاقة هو المستهلك الرئيسي للطاقة المتجددة، حيث تمثل حوالي ٦٠٪ من استهلاكه. ويأتي ٢٤٪ من الكهرباء على الصعيد العالمي حاليا من مصادر الطاقة المتجددة: ١٦٪ من الطاقة الكهرومائية، و٥٪ من طاقة الرياح والطاقات الحرارية الأرضية والشمسية والمدية مجتمعة، و٢٪ من الطاقة الأحيائية والنفايات. وتوفر مصادر الطاقة المتجددة ٩٪ من الطلب على التدفئة في قطاع الصناعة والمباني، في حين تقل النسبة بكثير في قطاع النقل حيث تبلغ ٣٪، ويأتي معظم هذا الطلب من الوقود الأحيائي<sup>(٣)</sup>.

ولايزال نشر الطاقة المتجددة يشهد زيادة سريعة في السنوات الأخيرة. وشجعت أنواع مختلفة من السياسات الحكومية والتكلفة المتناقصة للعديد من تقنيات الطاقة المتجددة والتغيرات في أسعار الوقود الأحفوري وزيادة الطلب على الطاقة وغيرها من العوامل استمرارية الزيادة في استخدام الطاقة المتجددة.

وكانت الجهود المبذولة مؤخرا لزيادة استخدام مصادر الطاقة المتجددة مدفوعة بالاحتياجات المترابطة التالية: تحسين أمن الطاقة وتعزيز مصادرها، وتشجيع التنمية الاقتصادية، وحماية المناخ والبيئة من آثار استخدام الوقود الأحفوري وأدت هذه الدوافع إلى تغيير تدريجي في تطوير ونشر مجموعة من تقنيات الطاقة المتجددة. وبالإضافة إلى ذلك، أسهمت التدخلات السياساتية في انخفاضات كبيرة لتكاليف بعض تقنيات الطاقة الكهربائية المتجددة وفي نشرها السريع.

(١) ٧,٨ تريليون دولار استثمارات الطاقة المتجددة المتوقعة عالميا حتى ٢٠٤٠، مقال بصحيفة الشرق الأوسط، ٢٠١٦/٦/١٨.

(٢) OECD, 2018, OECD Data, Renewable energy, available at <https://data.oecd.org/energy/renewable-energy.htm> (accessed 7 March 2018)

(٣) IEA, 2017a، وانظر: دور العلم والتكنولوجيا والابتكار لتحقيق زيادة كبيرة في حصة الطاقة المتجددة بحلول عام ٢٠٣٠، اللجنة المعنية بتسخير العلم والتكنولوجيا لأغراض التنمية التابعة للأمم المتحدة، تقرير الأمين العام، مايو ٢٠١٨ (٤).

وقد أقام عددٌ متنامٍ من البلدان مزادات لنشر مصادر الطاقة المتجددة بأسلوب جيد التخطيط ولكنّه مرن وشفاف ويتصف بالكفاءة من حيث التكلفة. وبنهاية عام ٢٠١٦، كان ٦٧ بلداً على الأقل قد أقام مثل تلك المزادات، بالمقارنة مع ستة بلدان فقط في عام ٢٠٠٥. وأثمرت مزادات الطاقة الكهربية المتجددة خلال عام ٢٠١٦ عن أسعار قياسية متدنية في كل من الطاقة الكهروضوئية الشمسية وطاقة الرياح. وتم تسجيل بعض من أدنى الأسعار لطاقة الرياح في شمال أفريقيا، مع تحقيق المغرب متوسط أسعار بلغ ٣٠ دولاراً أميركياً لكل ميغاواط ساعي، على سبيل المثال. وحققت الطاقة الكهروضوئية الشمسية أسعاراً منخفضة جديدة في عدة بلدان، مع تقدّم الإمارات العربية المتحدة بأدنى عرض قياسي (بلغ ٢٩,٩ دولاراً أميركياً لكل ميغاواط ساعي) ويؤدّي فهم العوامل الكامنة وراء تحقيق مثل هذه النتائج إلى دعم طرق تصميم المزادات في المستقبل وتسريع انتشارها.<sup>(١)</sup>

وتستطيع أنواع متعددة من الطاقة المتجددة توفير الكهرباء، والطاقة الحرارية والطاقة الميكانيكية، وكذلك إنتاج وقود قادر على الوفاء باحتياجات خدمات الطاقة المتعددة. ويمكن نشر بعض تقنيات الطاقة المتجددة عند نقطة الاستخدام (لامركزية) في البيئات الريفية والحضرية، بينما هناك نقاط أخرى منتشرة أساساً في إطار شبكات الطاقة الكبيرة (مركزية). وبالرغم من أن هناك عدداً متنامياً من تقنيات الطاقة المتجددة المكتملة فنياً وتُنشر بمعدل ملحوظ، هناك تقنيات في مراحل أولى من النضج التقني والانتشار التجاري أو تشغل حيزاً متخصصاً في الأسواق.

#### (١) أسواق الطاقة الشمسية وإمكانات انتشارها

الطاقة الحرارية الشمسية: تمثل التقنيات النشطة للتدفئة الشمسية والتبريد للمباني السكنية والتجارية سوقاً ناشجة. نمت هذه السوق، التي تتوزع على درجات مختلفة في معظم دول العالم، بنسبة ٣٤,٩٪ من عام ٢٠٠٧ إلى ٢٠٠٩ وتستمر في النمو بمعدل يصل إلى نحو ١٦٪ سنوياً. وفي نهاية عام ٢٠٠٩، كانت القدرة العالمية المركبة من الطاقة الحرارية من هذه الأجهزة تقدر بـ ١٨٠ جيجا واط حراري.

وتتوقع الجهات الدولية أنه بحلول عام ٢٠٢٥ سوف تسهم النظم الشمسية الحرارية لتوليد الكهرباء بحوالي ١٣٠ جيجا واط، أيضاً تستخدم الطاقة الشمسية في إنتاج الكهرباء مباشرة عن طريق الخلايا الشمسية/الكهروضوئية، وكنتيجة للأبحاث المستمرة انخفضت تكلفة إنتاج الطاقة من ١٠٠ سنت دولار/ك. و. س في عام ١٩٨٠ إلى حوالي ١٥ سنت دولار/ك. و. س في الوقت الراهن. وبحسب ما ورد بتقرير (Renewable 2007: Global Status Report) فإن معدل نمو الاستثمارات في الخلايا الشمسية تراوح بين ٥٠٪ إلى ٦٠٪ ليسجل أعلى معدل نمو على مستوى تطبيقات الطاقة المتجددة خلال عام ٢٠٠٦، والتسخين الشمسي للمياه من ١٥-٢٠٪، ومثل هذه المؤشرات تعكس التطور الكبير في الاستثمارات الموجهة لقطاع الطاقة المتجددة.<sup>(٢)</sup>

(١) إعادة النظر في الطاقة (تسريع وتيرة التحوّل في نظام الطاقة العالمي)، الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، ٢٠١٧ (٤).

(٢) مروان عبد القادر أحمد. الطاقة المتجددة. دار الجنادرية للنشر والتوزيع، الأردن ٢٠١٦ (١٣٧).

ووصلت مبيعات نظم الطاقة الحرارية الشمسية النشطة في السوق العالمية بنحو يقدر بـ ٢٩,١ جيجا واط حراري في عام ٢٠٠٨ و ٣١ جيجا واط حراري في عام ٢٠٠٩. وتشكل المجمّعات المطلية أغلبية في السوق العالمية. واستحوذت الصين على نسبة ٧٩٪ في تركيب المجمّعات المطلية في عام ٢٠٠٨، والاتحاد الأوروبي على نحو ١٤,٥٪. وفي الولايات المتحدة الأمريكية وكندا، لا تزال تدفئة حمامات السباحة هي التطبيق المهيمن، بقدرة تركيبية تصل إلى ١٢,٩ جيجا واط حراري من المجمّعات البلاستيكية غير المطلية. وفي عام ٢٠٠٨ خاصة، قادت الصين العالم من حيث تركيب مجمّعات الأطباق المسطحة ومجمّعات الأنابيب المفرغة بقدرة ٨٨,٧ جيجا واط حراري. وكان لأوروبا ٢٠,٩ جيجا واط حراري واليابان ٤,٤ جيجا واط حراري. وفي أوروبا، تضاعف حجم السوق بأكثر من ثلاثة أضعاف بين عامي ٢٠٠٢ و ٢٠٠٨.

وعلى الرغم من هذه المكاسب، لا تزال الطاقة الحرارية الشمسية تمثل جزءاً صغيراً نسبياً من الطلب على المياه الساخنة في أوروبا. على سبيل المثال، في ألمانيا، التي تعد أكبر الأسواق، هناك حوالي ٥٪ من المنازل التي تقطن فيها أسرة واحدة أو أسرتين تستخدم الطاقة الحرارية الشمسية. وأحد مقاييس اختراق السوق هو الاستخدام السنوي للفرد من الطاقة الشمسية. وتعد قبرص هي البلد الرائد في هذا الصدد، حيث تبلغ هذه النسبة ٥٢٧ كيلو واط حراري لكل ١٠٠٠ شخص؛ علماً بأنه ليست هناك معلومات متوفرة عن الطاقة الشمسية السلبية فيما يتعلق بوضع السوق هناك وانتشارها في المجال الصناعي. ولا تشير الأرقام السابقة بالتالي إلا إلى الطاقة الشمسية النشطة فحسب.

الطاقة الشمسية الكهروضوئية (الفولتضوئية): في عام ٢٠٠٩، تم تركيب حوالي ٧,٥ جيجا واط من النظم الكهروضوئية. وقد رفع هذا القدرة التراكمية للطاقة الكهروضوئية المركبة في جميع أنحاء العالم في عام ٢٠٠٩ إلى حوالي ٢٢ جيجا واط، وهي قدرة قادرة على توليد ما يصل إلى ٢٦ تيرا واط في الساعة (٩٣٦٠٠ تيرا واط) سنوياً. وتم تركيب أكثر من ٩٠٪ من هذه القدرة في ثلاثة أسواق رائدة: الاتحاد الأوروبي بنسبة ٧٣٪ من المجموع، واليابان بنسبة ١٢٪ والولايات المتحدة الأمريكية بنسبة ٨٪. وفي عام ٢٠١٨ بلغ حجم الطاقة الكهروضوئية ما يقارب عشرين ضعفاً من حجمها عام ٢٠٠٩، حيث بلغت حوالي ٤٨٠ جيجا واط، وهو ما يؤكد هذا النمو المطرد لسوق الطاقة الفولتضوئية بصورة كبيرة، لا نجدها في مصادر الطاقة المتجددة الأخرى.<sup>(١)</sup>

ويتصل ما يقرب ٩٥٪ من قدرة الكهرباء الفولتضوئية المركبة في دول منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي بشبكة، والباقي من خارج الشبكة. وتستحوذ إسبانيا وألمانيا، على أكبر قدر من الطاقة الشمسية المركبة في السنوات الأخيرة.

مركزات الطاقة الشمسية: وصلت مركزات الطاقة الشمسية إلى قدرة متراكمة مركبة بلغت حوالي ٠,٩ جيجا واط في ٢٠٠٩، وازدادت بوتيرة متسارعة حتى بلغت ١١,٧ جيجا واط في ٢٠١٨.<sup>(٢)</sup> ومن المتوقع أن تتراوح عوامل القدرة لعدد من محطات مركزات الطاقة الشمسية هذه بين ٢٥٪ و ٧٥٪؛ وهذه يمكن أن تكون أعلى بالنسبة

(١) Renewable Energy Statistics 2019. IRENA, ABU DHABI, 2019 (48).

(٢) السابق (٤٨).

للتوليد الفولتضوئي لأن محطات مركزات الطاقة الشمسية لديها الفرصة لإضافة وحدات تخزين حرارية حيث هناك حاجة متناسبة لزيادة مباني حقل المجمّعات لشحن وحدة التخزين الحراري. والحد الأدنى لنطاق عامل القدرة ليس له تخزين حراري بينما الحد الأقصى يصل حتى ١٥ ساعة من التخزين الحراري. وكانت أولى محطات مركزات الطاقة الشمسية التجارية هي نظم توليد الطاقة الكهربية الشمسية في ولاية كاليفورنيا التي كانت تولد قدرة على إنتاج ٣٥٤ ميغا واط من الطاقة الكهربية؛ تم تشييدها بين عامي ١٩٨٥ و ١٩٩١ ، ولاتزال تعمل حتى اليوم. وكانت الفترة من عام ١٩٩١ إلى أوائل عقد الألفية بطيئة بالنسبة لمركزات الطاقة الشمسية، لكن منذ حوالي عام ٢٠٠٤، أصبح هناك نمو قوي في التوليد المخطط له.<sup>(١)</sup>

ويتكون الجزء الأكبر من الجيل الحالي من مركزات الطاقة الشمسية من تقنية الوعاء، لكن تقنية المستقبل المركزي تضم حصة متزايدة، وهناك نشاط تجاري قوي مقترح في أطباق ستيرلينج. وفي أوائل ٢٠١٠ كانت أكثر القدرة المخطط لها عالمياً في الولايات المتحدة وأسبانيا، لكن أعلنت بلدان أخرى مؤخراً عن خطط تجارية في هذا الصدد.<sup>(٢)</sup>

إنتاج وقود الطاقة الشمسية: في الوقت الحالي، يعتبر إنتاج وقود الطاقة الشمسية في المرحلة التجريبية. وقد بُنيت محطات تجريبية في نطاق قدرة تتراوح بين ٣٠٠ و ٥٠٠ كيلو واط من أجل الحد من الفحم الحراري لأكسيد الزنك، وإصلاح بخار الميثان، وتغويز بخار ال (بتكوك). وهناك مفاعل بقدرة ٢٥٠ كيلو واط في استراليا يعمل بطريقة إصلاح البخار.

وعلى الرغم من هذا الانتشار الكبير في المدى القريب لقدرات الطاقة الشمسية، إلا أن تنبؤات المدى الطويل تتضارب توقعاتها، وتباين السيناريوهات المحتملة لنشر الاستخدام تبايناً واسعاً من اضطلاع الطاقة الشمسية بدور هامشي في عام ٢٠٥٠ إلى أن تغدو إحدى المصادر الرئيسية للإمداد بالطاقة.

طاقة الشمس المركزة (جيجاواط)			الكهرباء المنتجة من الطاقة الفعالة الشمسية (جيجاواط)			الحرارة الشمسية بدرجة منخفضة (جيجاواط / حرارة)			السنة
2020	2015	2009	2020	2015	2009	2020	2015	2009	
		0.7			22			180	القدرة المركبة المتراكمة الحالية
12	9		80	44		230	190		Greepeace - IREC والسيناريو المرجعي
105	25		355	98		1,875	715		Greepeace - IREC (السيناريو التطوري / الثوري)
225	30		459	108		2,210	760		Greepeace - IREC (السيناريو المتقدم)
148	N/A		210	85			N/A		خارطة الطريق للوكالة الدولية للطاقة

جدول (٨): التطور التراكمي لقدرات الطاقة الشمسية حتى ٢٠٢٠

Source: Renewable energy sources and climate change mitigation, special report of the intergovernmental panel on climate change (IPCC), 2011 (71)

IEA (2010b). *Technology Roadmap, Concentrating Solar Power*. International Energy Agency, Paris, France, 48 pp. (١)

(٢) السابق (٤٨).

وعلى الرغم من أن الطاقة الشمسية المباشرة لا تقدم اليوم سوى جزء ضئيل جداً من الإمدادات بالطاقة العالمية، فلا مراء أن هذا المصدر للطاقة لديه أحد أكبر الآفاق المستقبلية. ويعد الحد من التكلفة قضية رئيسية لجعل الطاقة الشمسية المباشرة أكثر أهمية اقتصادياً، ولوضعها في مكانة ملائمة لحصد حصة أكبر من سوق الطاقة العالمية. ولا يمكن تحقيق هذا إلا إذا جرى الحد من تكاليف تقنيات الطاقة الشمسية إبان تحركها عبر منحنيات التعلم الخاصة بها، وهو ما يعتمد في المقام الأول على حجم السوق. وفضلاً عن ذلك، ينبغي مواصلة بذل الجهود الحثيثة للبحث والتطوير لكي تكفل عدم تعرض منحدرات صعود منحنيات التعلم للاستواء بصورة مبكرة جداً. وما زالت التكاليف الحقيقية لنشر استخدام الطاقة الشمسية غير معلومة، لأن السيناريوهات الرئيسية القائمة اليوم لنشرها لا تنظر سوى إلى تقنية واحدة فحسب. ولا تراعي هذه السيناريوهات المزايا المشتركة للإمداد بالطاقة المتجددة من خلال نطاق لمصادر مختلفة للطاقة المتجددة ولتدابير كفاءة الطاقة.

وتعتمد إمكانيات نشر استخدامها على الموارد الفعلية وإتاحة التقنية المحددة الخاصة بها. ومع ذلك، فإن وضع إطار عمل تنظيمي وقانوني في موضعه الصحيح يمكن أن يعزز أو يعرقل تطبيقات الطاقة الشمسية المباشرة.

ووضع معايير دنيا للبناء فيما يتعلق بالتهيئة والعزل يمكن أن يحد من الطلب على الطاقة للمباني بصورة كبيرة، ويمكن كذلك أن يزيد حصة الإمداد بالطاقة المتجددة دون زيادة الطلب الكلي. ويمكن باتباع تدابير شفافة ومبسطة لتكيب وتوصيل مصادر للطاقة الشمسية بالبنية الأساسية للشبكة الحالية أن تخفض بدرجة أكبر التكاليف المرتبطة بالطاقة الشمسية المباشرة.

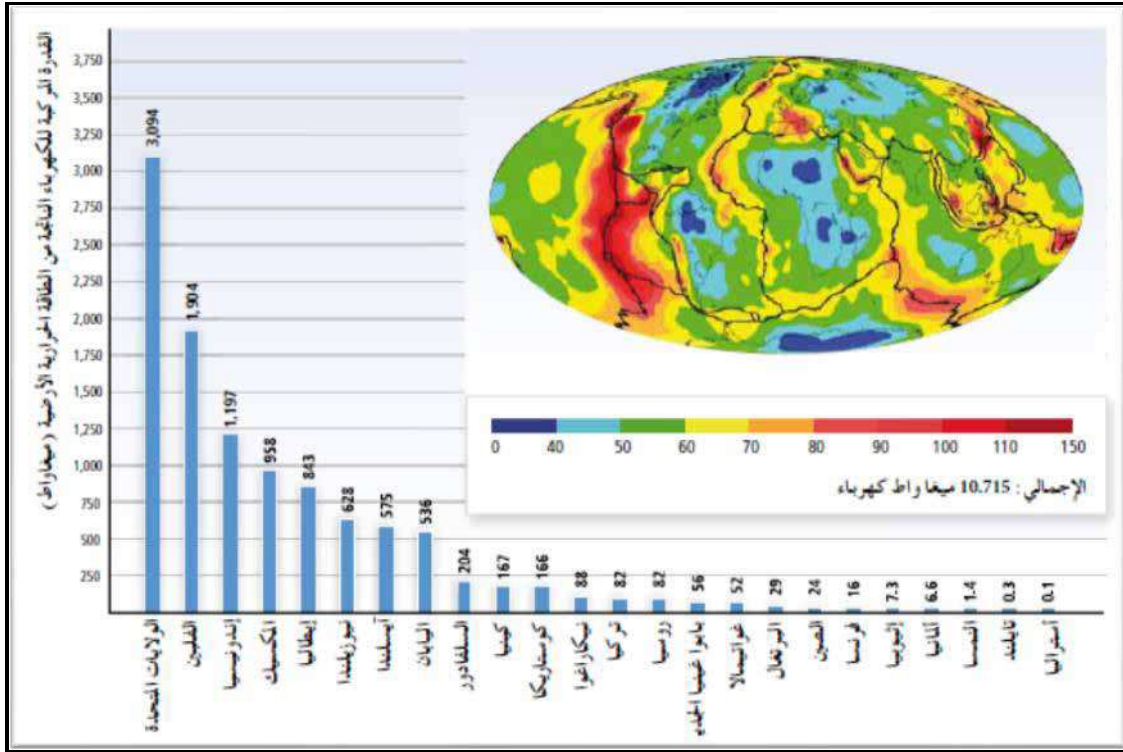
## (٢) أسواق الطاقة الحرارية الأرضية وإمكانات انتشارها

لنحو قرن تقريباً، استخدمت موارد الحرارة الأرضية لتوليد الكهرباء. وفي ٢٠٠٩، كانت سوق كهرباء الحرارة الأرضية، تضم نطاقاً واسعاً من المشتركين ب ١٠,٧ جيجا واط كهرباء من القدرة المركبة. وكان يتم توليد كهرباء تزيد على ٦٧ تيرا واط ساعة كهرباء (٢٤,٠ إكسغل) في ٢٠٠٨ في ٢٤ بلداً وفرت أكثر من ١٠٪ من إجمالي الطلب على الكهرباء في ٦ منها، وارتفع توليد الكهرباء إلى حوالي ٨٥ تيرا واط في ٢٠١٨. وكان هناك أيضاً ٥٠,٦ جيجا واط حرارة من التطبيقات الحرارية الأرضية المباشرة العاملة في ٧٨ بلداً، تولد ١٢١,٧ تيرا واط ساعة حرارة (٤٤,٠ إكسغل) من الحرارة في ٢٠٠٨. وأسهم توليد الحرارة من المضخات الحرارية الأرضية بنسبة ٧٠٪ (٣٥,٢ جيجا واط حرارة) من هذه الطاقة المركبة للاستخدام المباشر<sup>(١)</sup>.

وبلغ المتوسط العالمي لمعدل النمو السنوي في القدرة المركبة لإنتاج الكهرباء من الطاقة الحرارية الأرضية خلال الفترة من ٢٠٠٥ إلى ٢٠١٠ مقدار ٣,٧٪، وبلغ في الفترة من ١٩٧٠ إلى ٢٠١٠ مقدار ٧٪. وكانت المعدلات

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 74

بالنسبة للاستخدامات المباشرة للطاقة الحرارية الأرضية ١٢,٧% (٢٠٠٥ - ٢٠١٠)، و١١% فيما بين ١٩٧٥ و ٢٠١٠.<sup>(١)</sup>



شكل (٢٣): قدرة الكهرباء الحرارية الأرضية المركبة حسب البلدان في ٢٠٠٩. يبين الشكل متوسط تدفق الحرارة على النطاق العالمي بالملي واط للمتر المربع وحدود الصفحية التكتونية.

Source: Renewable energy sources and climate change mitigation, special report of the intergovernmental panel on climate change (IPCC), 2011 (71)

ولانتزال أنظمة الحرارة الأرضية المصممة هندسيا في مرحلة الإثبات لجدواها بمحطات صغيرة في فرنسا ومشروع رائد في ألمانيا. وفي أستراليا أنفقت استثمارات كبيرة على استكشاف نظم الحرارة الأرضية المصممة هندسياً وتطويرها في السنوات الأخيرة، وقد زادت الولايات المتحدة مؤخراً الدعم المقدم للبحوث المتصلة بنظم الحرارة الأرضية المصممة هندسياً وتطويرها وإثباتها كجزء من برنامج وطني للحرارة الأرضية أعيد إحيائه.

وفي عام ٢٠٠٩ كانت الأنواع الرئيسية (والنسب المئوية النسبية) لتطبيقات الحرارة الأرضية في الاستخدام السنوي للطاقة: تدفئة المباني (٦٣٪)، الاستحمام والاستحمام (٢٥٪)، زراعة البساتين (الدفئيات وتدفئة التربة) (٥٪)، حرارة التجهيز الصناعي والتجفيف الزراعي (٣٪)، تربية المائيات (مزارع الأسماك) (٣٪)، وإذابة الثلوج (١٪).<sup>(٢)</sup>

(١) Barnett, P., and P. Quinlivan (2009). *Assessment of Current Costs of Geothermal Power Generation in New Zealand* (2007 basis). Report by SKM for New Zealand Geothermal Association, Wellington, NZ. Available at: [www.nzgeothermal.org.nz/industry\\_papers.html](http://www.nzgeothermal.org.nz/industry_papers.html).

(٢) السابق.

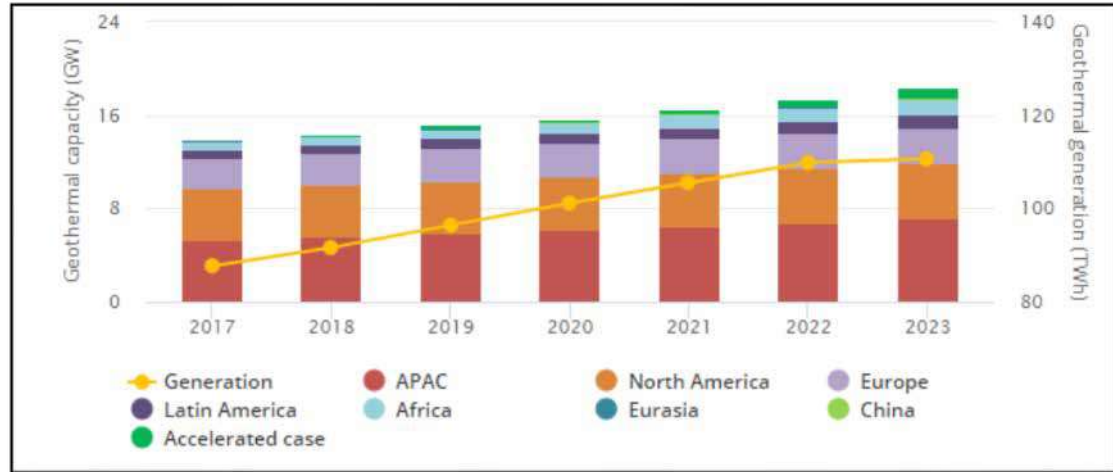


ولكي تبلغ الحرارة الأرضية كامل قوتها في مجال تخفيف تغير المناخ، يستلزم الأمر التغلب على عقبات فنية وغير فنية. ويمكن لتدابير السياسة المختصة بالتقنية الحرارية الأرضية أن تساعد في التغلب على هذه العقبات.

ويمكن للطاقة الحرارية الأرضية أن تسهم في تخفيض انبعاثات الكربون في الأجلين القريب والطويل. وفي ٢٠٠٨، لم يكن الاستخدام العالمي للطاقة الحرارية الأرضية يمثل سوى نحو ١,٠٪ من عرض الطاقة الأولية العالمي. بيد أنه بحلول ٢٠٥٠، يمكن للحرارة الأرضية أن تفي بنحو ٣٪ من الطلب العالمي على الكهرباء و ٥٪ من الطلب العالمي على التسخين والتبريد.

وارتفع إجمالي سعة الطاقة الحرارية الأرضية من ٨,٩ جيجا واط عام ٢٠٠٤ إلى ١٢ جيجا واط عام ٢٠١٣، كما ارتفع إنتاج الكهرباء من الطاقة الجيوحرارية في عام ٢٠١٣م ليصل إلى حوالي ١٢ جيجا واط، إضافة إلى ٢٨ جيجا واط من الطاقة على شكل حرارة مباشرة، استخدمت لغايات تدفئة المجمعات السكنية والمنازل والمتاجر وفي العمليات الصناعية والتطبيقات الزراعية المختلفة.<sup>(١)</sup>

ومن المتوقع أن تنمو الاستخدامات الحرارية الأرضية المباشرة (تطبيقات الحرارة بما في ذلك المضخات الحرارية الأرضية) بنفس المعدل السنوي التاريخي (١١٪ بين ١٩٧٥ و ٢٠١٠)، وقد يصل إجمالي توليد الكهرباء إلى ١٢٢ تيرا واط ساعة/سنوياً (٠,٤٤ إكسغل/سنة) في حين قد يصل التوليد المباشر للحرارة إلى ٢٢٤ تيرا واط حرارة/سنوياً (٠,٨ إكسغل/سنوياً).



شكل (٢٤): قدرات توليد الطاقة الحرارية الأرضية من ٢٠١٧ إلى ٢٠٢٣.

Source: IEA, Renewables 2018

أما عن إمكانيات انتشار الطاقة الحرارية الأرضية طويلة الأجل استناداً إلى تقييم سيناريوهات عديدة، فإن متوسطات السيناريوهات بالنسبة إلى النطاقات الثلاثة لتثبيت تركيز غازات الدفيئة، استناداً إلى خطوط الأساس الواردة بتقرير التقييم الرابع (> ٦٠٠ جزء في المليون من ثاني أكسيد الكربون)، يتراوح بين ٤٤٠ و ٦٦٠ جزء في المليون (الفئتان الثالثة والرابعة) و < ٤٤٠ جزء في المليون (الفئتان الأولى والثانية) يتراوح من ٣٩,٠ إلى

(١) كهرباء من باطن الأرض، العربية نت، ٢٥/٣/٢٠١٨، نقلا عن مجلة القافلة الصادرة عن مجلة أرامكو السعودية.

٠,٧١ إكسغل/عام بالنسبة لعام ٢٠٢٠، ومن ٠,٢٢ إلى ١,٢٨ إكسغل/عام لعام ٢٠٣٠، ومن ١,١٦ إلى ٣,٨٥ إكسغل/عام للعام ٢٠٥٠.

والمرجح أن تكون سياسة الكربون من العوامل المحركة الرئيسية لتنمية الطاقة الحرارية الأرضية مستقبلاً، وفي ظل سياسة تثبيت تركيزات غازات الدفيئة المواتية (أقل من ٤٤٠ جزء في المليون)، يمكن أن يكون نشر الحرارة الأرضية بحلول ٢٠٢٠ و ٢٠٣٠ و ٢٠٥٠ أعلى كثيراً من القيم المتوقعة حالياً في التقارير العالمية. وبإسقاط متوسط معدلات النمو السنوي لمحطات الطاقة الحرارية الأرضية (٧٪) والاستخدامات المباشرة (١١٪) من تقديرات ٢٠١٥، يمكن أن تشهد القدرة الحرارية الأرضية المركبة في ٢٠٢٠ و ٢٠٣٠ بالنسبة للكهرباء والاستخدامات المباشرة نمواً مطرداً. وبحلول ٢٠٥٠، يمكن أن ترتفع القدرة الكهربائية - الحرارية الأرضية إلى ١٥٠ جيجا واط للكهرباء (ونصف ذلك مكون من محطات الأنظمة الحرارية الأرضية المصممة هندسياً)، وإلى ما يصل إلى ٨٠٠ جيجا واط من الحرارة الإضافية من محطات الاستخدام المباشر<sup>(١)</sup>.

Year	Use	Capacity <sup>1</sup> (GW)	Generation (TWh/yr)	Generation (EJ/yr)	Total (EJ/yr)
2020	Electricity	25.9	181.8	0.65	2.01
	Direct	143.6	377.5	1.36	
2030	Electricity	51.0	380.0	1.37	5.23
	Direct	407.8	1,071.7	3.86	
2050	Electricity	150.0	1,182.8	4.26	11.83
	Direct	800.0	2,102.3	7.57	

جدول (٩): النشر المحتمل للحرارة الأرضية لأغراض الكهرباء والاستخدامات المباشرة في ٢٠٢٠ وحتى ٢٠٥٠. وقد جرى استقراء القدرات المركبة لعامي ٢٠٢٠ و ٢٠٣٠ من تقديرات ٢٠١٥ باستخدام معدل نمو سنوي للكهرباء يساوي ٧٪، ١١٪ للاستخدامات المباشرة، وهي بالنسبة لعام ٢٠٥٠ قيمة وسيطة بين تلك الإسقاطات، وقُدِّر التوليد بمتوسط معاملات القدرة على النطاق العالمي بمعدلات ٨٠٪ في ٢٠٢٠، ٨٥٪ في ٢٠٣٠، ٩٠٪ في ٢٠٥٠ بالنسبة للكهرباء و ٣٠٪ بالنسبة للاستخدامات المباشرة.

Source: Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 79.

وحتى أعلى التقديرات لإسهام الطاقة الحرارية الأرضية طويل الأجل في إمداد الطاقة الأولية العالمية (٥٢,٥ إكسغل/سنة بحلول ٢٠٥٠) تندرج في النطاقات الفنية الممكنة (من ١١٨ إلى ١١,٩ إكسغل/سنة للكهرباء، ومن ١٠ إلى ٣١٢ إكسغل/سنة للاستخدامات المباشرة) بل وحتى في إطار النطاق الأعلى للموارد الحرارية المائية (من ٢٨,٤ إلى ٥٦,٨ إكسغل/سنة). ومن ثم، لا يرجح أن تكون الإمكانيات الفنية عائقاً أمام الوصول إلى مستويات أكثر طموحاً من نشر الحرارة الأرضية (الكهرباء والاستخدامات المباشرة)، على أساس عالمي على الأقل.

وتشير الأدلة إلى أن عرض الحرارة الأرضية يمكن أن يفي بالشريحة الأعلى للتقديرات المستمدة من استعراض نحو ١٢٠ سيناريو للطاقة وتخفيض غازات الدفيئة. والحرارة الأرضية بقدرتها الطبيعية على تخزين

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 78

الحرارة الأرضية، ملائمة بشكل خاص لتوفير طاقة الحمل الأساسي. ويمكن للطاقة الحرارية الأرضية في ضوء إمكانياتها الفنية ونشرها المحتمل، أن تفي بنحو ٣٪ من الطلب العالمي على الكهرباء بحلول ٢٠٥٠، وتتوافر أيضاً إمكانية أن توفر نحو ٥٪ من الطلب العالمي على التدفئة والتبريد بحلول ٢٠٥٠.<sup>(١)</sup>

### (٣) أسواق الطاقة المائية وإمكانات انتشارها

تعتبر الطاقة المائية تقنية ناضجة، ويمكن التنبؤ بها وذات سعر تنافسي. إذ توفر في تقديرات عام ٢٠٠٩ ما يناهز ١٦٪ من إجمالي إنتاج الكهرباء عالمياً و٨٦٪ من كافة الطاقة المنتجة من مصادر متجددة. وعلى الرغم من أن الطاقة المائية تسهم إلى حد ما في توليد الطاقة في ١٥٩ بلداً، فإن خمسة بلدان فقط تستأثر بما يربو على نصف الإنتاج العالمي من الطاقة المائية، وهي: الصين، وكندا، والبرازيل، والولايات المتحدة، وروسيا. ومع ذلك، فإن أهمية الطاقة المائية في مصفوفة إنتاج الكهرباء بهذه البلدان تتباين تبايناً واسعاً. ففي حين أن البرازيل وكندا تعتمدان اعتماداً شديداً على الطاقة المائية لإنتاج ٨٤٪ و٥٩٪ من إجمالي توليد الطاقة، على التوالي، فإن روسيا والصين تنتجان ١٩٪ و ١٦٪ فقط، على التوالي، من إجمالي الكهرباء المستمدة من الطاقة المائية. وعلى الرغم من النمو الكبير في إنتاج الطاقة المائية في شتى أنحاء العالم، فقد انخفضت حصة الطاقة المائية في خلال العقود الثلاثة الأخيرة (١٩٧٣ إلى ٢٠٠٨) من ٢١٪ إلى ١٦٪ لأن توليد الأحمال الكهربائية وغيرها من المصادر الأخرى للتوليد قد نمت بوتيرة مطردة أكثر من الطاقة الكهرومائية.<sup>(٢)</sup>

ولا يزال سوق الطاقة المائية ينمو بسرعة كبيرة، ويمثل ما يزيد على الثلثين من إجمالي مصادر الطاقة المتجددة في العالم، وازداد إنتاجها من الكهرباء من ٣٣٤٨ تيرا وات/ساعي عام ٢٠٠٩ إلى ٤١٥٨ تيرا وات/ساعي عام ٢٠١٧، كما ازدادت القدرة التوليدية من ٠,٩٩ مليون ميغا وات عام ٢٠٠٩ إلى ١,٣ مليون ميغا وات عام ٢٠١٨.<sup>(٤)</sup>

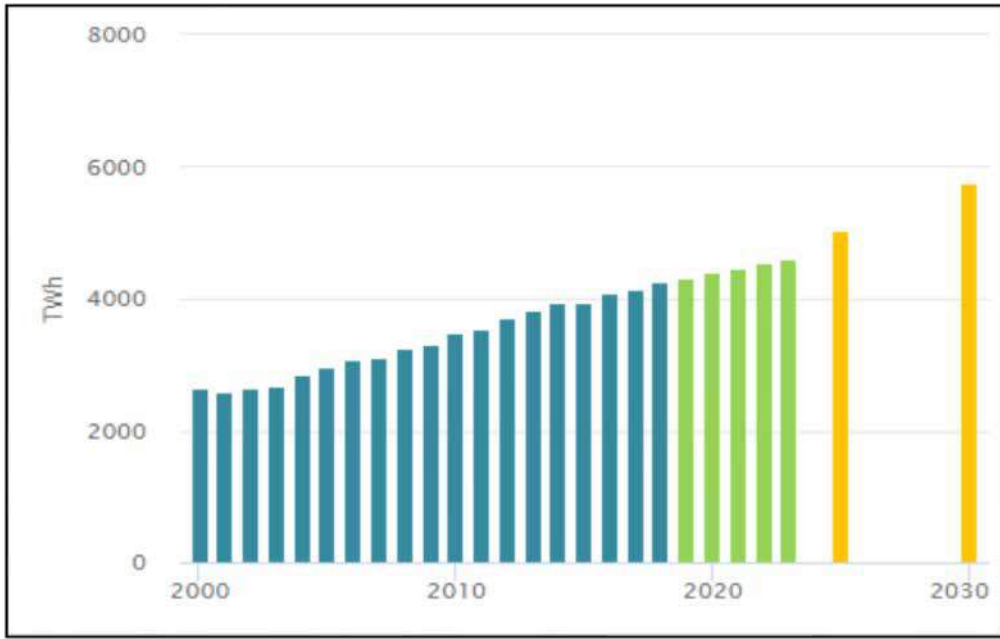
وتعود ائتمانات الكربون على مشروعات الطاقة المائية بالفائدة، إذ تساعد على ضمان التمويل والحد من المخاطر. ويعد التمويل الخطوة الحاسمة الأهم في عملية إنجاز المشروع برمتها. وتعتبر مشروعات الطاقة المائية أحد العوامل الكبرى التي تسهم في الآليات المرنة لبروتوكول كيوتو، ومن ثم في الأسواق الحالية لائتمانات الكربون. فمن بين ٢٠٦٢ مشروعاً مسجلاً لدى المجلس التنفيذي لآلية التنمية النظيفة في ٢٠١٠، كان ٥٦٢ منها مشروعات للطاقة المائية. وغدت الطاقة المائية، بنسبة ٢٧٪ من إجمالي عدد المشروعات، مصدر الطاقة المتجددة الأكثر انتشاراً لآلية التنمية النظيفة.

(١) السابق (٨٠).

(٢) Seifried D, Witzel W. Renewable energy - the facts. First edition. London Washington, DC: Earthscan Publishing for a sustainable future; 2010 pp. 114–20

(٣) IRENA, Renewable energy statistics 2019 (10)

(٤) 2019 Hydropower Status Report, International Hydropower association, May 2019.



شكل (٢٥): توقعات نمو الطاقة الكهرومائية حتى ٢٠٣٠

Source: <https://www.iea.org/tcep/power/renewables/hydropower/>

وتمثل الصين والهند والبرازيل والمكسيك زهاء ٧٥ في المائة من المشروعات المقامة. ويواجه كثير من مشروعات الطاقة المائية الاقتصادية تحديات مالية. إذ تشكل التكاليف الأولية المرتفعة عائقاً رادعاً للاستثمارات. كذلك، غالباً ما تعاني الطاقة المائية مهلاً زمنية متطاولة الأمد للتخطيط والترخيص والتشييد. فعند تقييم تكاليف دورة الحياة، فإن الطاقة المائية تتسم بأداء مرتفع جداً، حيث تمثل التكاليف السنوية للتشغيل والصيانة جزءاً ضئيلاً جداً من الاستثمارات الرأسمالية. فنظراً لأن الطاقة المائية وصناعتها يتسمان بالعراقة والنضج، فمن المتوقع أن تتمكن صناعة الطاقة المائية من الوفاء بالطلب الذي سينشأ نتيجة لمعدل الانتشار المتوقع في غضون السنوات القادمة. فعلى سبيل المثال، نجحت صناعة الطاقة المائية في عام ٢٠١٨ في تحقيق نسبة نمو حوالي ٣٪ بالمقارنة بالعام ٢٠١٧، وأضافت لأسواق الطاقة حوالي ٤٢٠٠ تيراوات/ساعي في عام ٢٠١٨.<sup>(١)</sup>

وتمثل عملية إيجاد نماذج تمويلية أكثر ملائمة تحدياً رئيسياً أمام قطاع الطاقة المائية شأنه في ذلك شأن إيجاد الأدوار المثلى للقطاعين العام والخاص. وترتبط التحديات الرئيسية للطاقة المائية بتوفير أجواء من الثقة للقطاع الخاص والحد من المخاطر، لاسيما قبل استصدار تراخيص إقامة المشروع. ولا ريب أن الأسواق البيئية (الخضراء) والاستثمار في تجارة الحد من الانبعاثات ستوفر حوافز مشجعة. كذلك، ففي الأقاليم النامية، مثل أفريقيا، يؤدي التوصل الفعال بين البلدان وتشكيل تجمعات للطاقة إلى بناء الثقة لدى المستثمرين في هذه الأسواق الناشئة.

ويمكن لمفاهيم تصنيف محطات توليد الطاقة باعتبارها صغيرة أو كبيرة، مثلما تحددها القدرات المركبة (ميجاواط)، أن تمثل عائقاً أمام تنمية الطاقة الكهرومائية. فهذه التصنيفات، مثلاً، قد تؤثر في تمويل محطات

(١) IRENA, Renewable energy statistics 2019 (11)

الطاقة الكهرومائية، محددةً لكيفية معاملة الطاقة المائية في سياسات مواجهة تغير المناخ وتوليد الطاقة. وتستخدم حوافز مختلفة للطاقة المائية صغيرة النطاق (تخفيض الضرائب الفيدرالية على الدخل، إعطاء شهادات صديقة للبيئة (خضراء)، وتقديم مكافآت (وفقاً للبلد)، إلا أنه لا توجد حوافز لمحطات توليد الطاقة المائية كبيرة الحجم. ويضع توجيه الارتباط - الذي أصدره الاتحاد الأوروبي - حداً لأرصدة انبعاثات الكربون المسموح بها الصادرة عن محطات توليد الطاقة المائية بما يبلغ ٢٠ ميغا واط. والحد نفسه موجود في التوجهات الإلزامية للطاقة المتجددة بالمملكة المتحدة، وهو آلية لإصدار شهادات بيئية (خضراء) تستند إلى الأسواق. وعلى غرار ذلك، ففي عدة بلدان لا تنطبق التخفيضات الفيدرالية على الدخل على الطاقة المائية فوق مستوى حجم معين على سبيل المثال: فرنسا ١٢ ميغا واط، ألمانيا ٥ ميغا واط، الهند ٥ و ٢٥ ميغا واط.<sup>(١)</sup>

وقرر المجلس التنفيذي لآلية التنمية النظيفة المنبثقة عن اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ أنه ينبغي لمشروعات تخزين الطاقة المائية الالتزام بمؤشر كثافة الطاقة (مؤشر كثافة الطاقة: القدرة المركبة/مساحة الخزان بمقياس واط/م<sup>٣</sup>) حتى تغدو مؤهلة لائتمان آلية التنمية النظيفة. ويبدو أن الالتزام بهذا المؤشر يستبعد فوراً الطاقة المائية بالتخزين من التأهيل لائتمان آلية التنمية النظيفة (أو التنفيذ المشترك) وقد تؤدي إلى التنمية شبه المثلثي لموارد الطاقة المائية حيث سيحظى خيار توليد الطاقة المائية من جريان الأنهار دون تخزين بالأفضلية.

أما عن إمكانات الانتشار، فتتيح الطاقة المائية إمكانية كبيرة للحد من انبعاثات الكربون في الأمدين القريب والبعيد. وعلى الصعيد العالمي، من غير المرجح أن تؤدي موارد الطاقة المائية إلى المزيد من عمليات تقييد التنمية في الفترة بين الأمدين القريب والمتوسط، رغم أن بواعث القلق البيئية والاجتماعية قد تقيد فرص نشر استخدامها إذا لم تدر بعناية.

وحتى عام ٢٠١١ لم يستغل سوى ٢٥% فحسب من إمكانات الطاقة المائية في مختلف أنحاء العالم (أي ٤٢٠٠ تيرا واط ساعة من بين ما يزيد عن ١٦٠٠٠ تيرا واط ساعة). وتقتصر السيناريوهات طويلة الأمد مختلفة المنظور حدوث زيادة مستمرة خلال العقود المقبلة. وقد توقع عدد دراسات أن تستمر الزيادة التي حدثت في قدرة الطاقة المائية خلال السنوات الأخيرة، في الفترة الممتدة بين الأمدين القريب والبعيد من ٩٢٦ جيغا واط في عام ٢٠٠٩ إلى ما يتراوح بين ١٠٤٧ و ١١١٩ جيغا واط بحلول ٢٠١٥، و ١٢٩٥ جيغا واط في ٢٠١٨، وبإضافة سنوية تتراوح ما بين ١٤ إلى ٢٥ جيغا واط.<sup>(٢)</sup>

وتظهر إسقاطات الحالات المرجعية (استناداً إلى ١٦٤ سيناريو طويل الأمد جرى تحليله) الدور الذي اضطلعت به الطاقة المائية في الإمداد بالطاقة في العالم وشمل نطاقاً واسعاً، بمتوسط يناهز ١٣ إكسغل (٣٦٠٠ تيرا واط ساعة) في عام ٢٠٢٠، و ١٦ إكسغل (٤٤٥٠ تيرا واط ساعة) في عام ٢٠٣٠، و ١٩ إكسغل

(١) Darmawi, Riman Sipahutar et al. Renewable energy and hydropower utilization tendency worldwide, Renewable and Sustainable Energy Reviews 17 (2013) 213–215.

(٢) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 80.

(٥٣٠٠ تيرا واط ساعة) في عام ٢٠٥٠. وقد ازدادت معدل نمو الطاقة الكهرومائية بصورة فاقت التوقعات لتسجل ٤٢٠٠ تيرا واط ساعة في ٢٠١٨، وبإضافة سنوية قدرها ٤٢ جيجا واط عن العام ٢٠١٧.

كما تتيح نتائج بعض السيناريوهات قيماً أدنى من القدرة المركبة اليوم للأعوام ٢٠٢٠ و ٢٠٣٠ و ٢٠٥٠، وهو ما ينافي الحدس المنطقي السليم، إذا نظرنا مثلاً إلى فترة العمر التشغيلي الطويلة لمحطات الطاقة المائية، وإمكاناتها السوقية الكبيرة وغير ذلك من الخدمات المهمة. وربما يمكن تفسير هذه النتائج من خلال أوجه ضعف النموذج/السيناريو. إذ من المتوقع أن يحدث نمو في الطاقة المائية حتى في غياب سياسات لتخفيف انبعاثات غازات الدفيئة، وحتى مع انخفاض متوسط إسهام الطاقة المائية في الإمداد العالمي بالكهرباء مما يناهز ١٩٪ حالياً إلى أقل من ١٠٪ بحلول عام ٢٠٥٠. ونظراً لأنه من المفترض أن تغدو سياسات تخفيف انبعاثات غازات الدفيئة أشد صرامة في السيناريوهات البديلة، فسينمو إسهام الطاقة المائية: بحلول عام ٢٠٣٠، وسيعادل الإسهام المتوسط للطاقة المائية زهاء ١٦,٥ إكسغل (٤٦٠٠ تيرا واط ساعة) في نطاقات التثبيت تتراوح بين ٤٤٠ إلى ٦٠٠ وأقل من ٤٤٠ جزء من المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ (مقارنة بمتوسط يبلغ ١٥ إكسغل في حالات خط الأساس)، بزيادة تصل إلى نحو ١٩ إكسغل بحلول عام ٢٠٥٠ (مقارنة بمتوسط يبلغ ١٨ إكسغل في حالات خط الأساس).<sup>(١)</sup>

وتظهر الإسقاطات الإقليمية لتوليد الطاقة المائية في عام ٢٠٣٥ زيادة قدرها ٩٨٪ في منطقة آسيا والمحيط الهادي مقارنة بمستويات عام ٢٠٠٨، وبزيادة في أفريقيا تبلغ ١٠٤٪. وتمثل البرازيل قوة الدفع الرئيسية وراء الزيادة المتوقعة بنسبة ٤٦٪ في توليد الطاقة المائية في منطقة أمريكا الجنوبية والوسطى خلال الفترة الزمنية نفسها. وتتوقع أمريكا الشمالية وأوروبا/آسيا (الأوقيانوسيا) زيادة أكثر تواضعاً تبلغ على التوالي: ١٣٪ و ٢٧٪، خلال الفترة ذاتها.<sup>(٢)</sup>

وإجمالاً، تشير الدلائل إلى إمكان الوصول إلى مستويات مرتفعة نسبياً لانتشار الاستخدام في غضون الأعوام العشرين المقبلة. وحتى لو تناقصت حصة الطاقة المائية من الإمداد بالكهرباء العالمية بحلول عام ٢٠٥٠، فستظل الطاقة المائية مصدراً مغرباً للطاقة المتجددة في سياق سيناريوهات تخفيف انبعاثات الكربون عالمياً. وعلاوة على ذلك، فقد تيسر زيادة تنمية الطاقة المائية للتخزين بالضحخ، الاستثمار في البنية الأساسية لإدارة المياه، التي غدت ضرورية استجابة للمشكلات المتنامية المتعلقة بموارد المياه.

#### (٤) أسواق الطاقة البحرية وإمكانات انتشارها

تكاثرت مشاريع البحث والتطوير الخاصة بتقنيات الطاقة المستمدة من الأمواج وتيار المد والجزر في الثلاثة عقود الماضية، ووصل بعضها الآن إلى المرحلة التجارية أو ما قبل المرحلة التجارية على نطاق واسع. وفي الوقت الحاضر، تعتبر سدود المد والجزر تقنية الطاقة البحرية التي تشتغل بحجمها الكامل المتاحة حالياً، وأفضل مثال على ذلك هو سد (لارانس) في شمال غرب فرنسا الذي ينتج ٢٤٠ ميغا واط، والذي استكمل تشييده عام ١٩٦٦. وفي ٢٠١١ بدأ تشغيل سد (سمها) بقدرة ٢٥٤ ميغاواط في كوريا الجنوبية، وهي الطاقة

(١) السابق (٨٠).

(٢) IEA (2010d). Renewable Energy Essentials: Hydropower. International Energy Agency, Paris, France. 4 pp

التي تكفى احتياجات حوالى نصف مليون منزل من الكهرباء. ولا تزال التقنيات اللازمة لتطوير مصادر الطاقة الأخرى بما في ذلك تحويل الطاقة البحرية الحرارية، وتدرجات الملوحة وتيارات المحيط، في مرحلة تحديد المفاهيم أو البحث والتطوير أو في مراحل وضع النماذج الأولى. وتوجد أكثر من ١٠٠ تقنية من تقنيات الطاقة البحرية المختلفة قيد التطوير في أكثر من ٣٠ بلداً طبقاً لإحصائيات عام ٢٠١١.<sup>(١)</sup>

والمستثمرون الرئيسيون في مجال البحث والتطوير الخاص بالطاقة البحرية ونشرها هم الحكومات الوطنية والفيدرالية وحكومات المحافظات، تليها منشآت الطاقة الكبرى وشركات الاستثمار. وتعتبر الحكومات الوطنية والإقليمية داعمة للطاقة البحرية من خلال مجموعة من المبادرات المالية والتنظيمية والتشريعية اللازمة لدعم عمليات التطوير هذه.

ويعتبر التطوير الصناعي في مجال الطاقة البحرية في مرحلته المبكرة للغاية، وليست هناك صناعة لهذه التقنيات في الوقت الحاضر. وقد يؤدي تزايد الاهتمام إلى نقل المهارات والقدرات والإمكانيات من الصناعات المرتبطة بها، جنباً إلى جنب مع أبعاد ابتكارية خاصة جديدة. وتتجلى إحدى السمات المثيرة للاهتمام فيما يخص الطاقة البحرية في تطوير عدد من المراكز الوطنية لاختبار الطاقة البحرية، حيث أصبحت هذه بؤراً لاختبار الأجهزة، وإصدار الشهادات وإجراء أعمال البحث والتطوير المتقدمين.

ويمكن تقييم حالة تطور الصناعة من خلال رصد نظم الطاقة البحرية القائمة:

**طاقة الأمواج:** هناك عدد من نماذج طاقة الأمواج القائمة على الشاطئ التي تعمل في جميع أنحاء العالم. ويعمل جهازاً أعمدة مياه متذبذبة في البرتغال واسكتلندا منذ عقدين من الزمن تقريباً، في حين تم اختبار جهازين آخرين من أجهزة أعمدة المياه المتذبذبة قبالة الشاطئ على نطاق النموذج الأولي في أستراليا وإيرلندا. ودخل جهاز آخر من أجهزة أعمدة المياه المتذبذبة قيد التشغيل قبالة الساحل الجنوبي من الهند بين عامي ١٩٩٠ و ٢٠٠٥. ويقوم عدد من الشركات في أستراليا والبرازيل والدانمرك وفنلندا وإيرلندا والنرويج والبرتغال وإسبانيا والسويد ونيوزيلندا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية باختبار نماذج تجريبية أو ما قبل المرحلة التجارية في عرض البحر، وتبلغ طاقة أكبرها ٧٥٠ كيلو واط.<sup>(٢)</sup>

**نطاق المد والجزر:** تعمل محطة (لارانس) التي تنتج ٢٤٠ ميجاواط في فرنسا منذ عام ١٩٦٦. وقد تم تشغيل مشاريع أخرى أصغر حجماً منذ ذلك الحين في الصين وكندا وروسيا. وتم تشغيل سد (سمهوا) التي ينتج ٢٥٤ ميجاواط خلال عام ٢٠١١ في كوريا الجنوبية، وهناك العديد من المشاريع الكبيرة الأخرى قيد النظر.

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 90.

(٢) Kerr, D. (2007). Marine energy. Philosophical Transactions of the Royal Society London, Series A (Mathematical, Physical and Engineering Sciences), 365 (1853) pp. 971-92. And: Hagerman, G., G.Scott, and P. Jacobson. Mapping and Assessment of the United States Ocean Wave Energy. EPRI Tech. Report: 1024637. Palo Alto, CA: Electric Power Research Institute (EPRI), Dec 2011.

تيارات المد والجزر وتيارات البحر: هناك أكثر من ٥٠ جهازاً تقريباً من أجهزة تيارات المد والجزر في مرحلة إثبات المفهوم أو مرحلة تطوير النموذج الأولي، لكن لم تتضح بعد تكاليف النشر على نطاق واسع. المثال الأبرز على ذلك هو توربين المد والجزر سيجين (SeaGen)، الذي تم إقامته بالقرب من إيرلندا الشمالية وزود بالكهرباء شبكة الكهرباء لأكثر من سنة. وقد اختبرت شركة إيرلندية توربيناً مفتوح الحلقة في اسكتلندا وكندا. وقد جربت شركتان أخريان توربينات أفقية المحور بكامل طاقتها في النرويج واسكتلندا، في حين جربت شركة أخرى توربيناً عمودي المحور في إيطاليا. وجرب جهاز ترددي في المملكة المتحدة في عام ٢٠٠٩. ولم تُنشر أي محطات رائدة أو تجريبية لتيارات المحيط حتى ٢٠١١، على الرغم من وضع تصور لمحطات أكبر بكثير إذا ما توفرت تقنيات قادرة على التقاط تيارات أبطأ سرعة<sup>(١)</sup>.

تحويل طاقة المحيط الحرارية: اختبرت اليابان والهند والولايات المتحدة وعدة بلدان أخرى مشاريع رائدة لتحويل طاقة المحيط الحرارية. وشهد العديد منها تحديات هندسية ذات صلة بالضخ، والاحتفاظ بالفراغ ونشر الأنابيب. ويمكن للتطورات الخاصة بتحويل طاقة المحيط الحرارية على نطاق أوسع أن تمكنها من دخول الأسواق الكبيرة في الدول المدارية البحرية، بما في ذلك جزر المحيط الهادئ وجزر الكاريبي ودول أمريكا الوسطى وأفريقيا إذا تطورت التقنية إلى نقطة يكون الحصول على إمدادات طاقة عندها خياراً فعالاً من حيث التكلفة.

تدرجات الملوحة: تجري البحوث على الطاقة التناضحية في النرويج، مع وجود نموذج أصلي قيد التشغيل منذ عام ٢٠٠٩ كجزء من خطة لتسليم محطة تجارية للطاقة التناضحية. وفي الوقت نفسه، تم اقتراح تقنية الديليزة dialysis (الميز الغشائي) الكهربائية العكسية لإعادة تركيب سد أفسلوديجك Afsluitdijk البالغ عمره ٧٥ عاماً في هولندا<sup>(٢)</sup>.

أما عن إمكانات نشر الطاقة البحرية بروافدها المختلفة، فحتى حوالي عام ٢٠٠٨، لم تُؤخذ الطاقة البحرية في الاعتبار في أي من الأنشطة الممنذجة لسيناريو الطاقة العالمية الكبرى، وبالتالي فإن تأثيرها المحتمل على مستقبل إمدادات الطاقة العالمية والتخفيف من تغير المناخ هو مجرد بداية قيد التحقيق الآن. وعلى هذا، فإن نتائج المؤلفات المنشورة عن هذه السيناريوهات من حيث صلتها بالطاقة البحرية تعتبر متفرقة وأولية، وتعكس مجموعة واسعة من النتائج المحتملة. وكل السيناريوهات الموضوعية للطاقة البحرية منذ عام ٢٠٠٩ تعد المحاولات الأولى لإعادة النظر في دور محتمل للطاقة البحرية في السيناريوهات المتوسطة والطويلة الأمد مع نية إنشاء المساهمة الممكنة للطاقة البحرية في إمدادات الطاقة المستقبلية والتخفيف من تغير المناخ.

وهناك تضارب كبير في توقعات إمدادات الطاقة البحرية، فهناك توقعات تشير إلى أن الطاقة البحرية لديها القدرة على المساعدة في تخفيف تغير المناخ طويل الأجل من خلال موازنة انبعاثات غازات الدفيئة مع الانتشار المتوقع الذي يؤدي إلى إيصال طاقة تصل إلى ١٩٤٣ تيرا واط ساعة/سنة (~ ٧ إكسغل/سنة) بحلول عام ٢٠٥٠. وتوقعات أخرى تشير إلى انتشار منخفض يصل إلى ٢٥ تيرا واط ساعة/سنة (٠.٩ إكسغل/سنة) من الطاقة البحرية. ويستند هذا النطاق الواسع في النتائج في جزء منه على عدم اليقين بشأن مدى التخفيف

Paul A.J. Bonar, alan G. Brydenb, Alistair G.L.Borthwick. Social and ecological impacts of marine energy development. (١)

Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 47, July 2015, P 486-495.

(٢) السابق.



من تغير المناخ الذي سيحركه تحول قطاع الطاقة، لكن بالنسبة للطاقة البحرية، يستند هذا أيضاً على عدم يقين كامل حول متى وما إذا كانت تقنيات الطاقة البحرية المتنوعة ستصبح متاحة تجارياً وبتكلفة جذابة.<sup>(١)</sup>

ولفهم أفضل للدور المحتمل للطاقة البحرية في التخفيف من آثار تغير المناخ، فلن يكون استمرار التقدم التقني ضرورياً فحسب، لكن عملية نمذجة السيناريوهات ستحتاج إلى مزيد من دمج نطاق الأنواع الفرعية من تقنيات الطاقة البحرية الممكنة، مع بيانات أفضل عن الموارد الممكنة، وتكاليف الاستثمار في الحاضر والمستقبل، وتكاليف التشغيل والصيانة، وعوامل القدرة المتوقعة. وسيكون تحسين توافر البيانات في النطاقين العالمي والإقليمي عنصراً مهماً في تحسين تغطية الطاقة البحرية في الكتابات حول السيناريوهات.

#### (٥) أسواق طاقة الرياح وإمكانات انتشارها

توسعت سوق طاقة الرياح بصورة ضخمة، مما أثبت جدوى التقنية والصناعة تجارياً واقتصادياً. بيد أن التوسع في طاقة الرياح تركز في عدد محدود من الأقاليم، والمرجح أن تتطلب زيادة التوسع، خاصة في الأقاليم التي يقل فيها انتشار طاقة الرياح حالياً وفي المواقع الموجودة في البحار، تدابير سياسية إضافية.

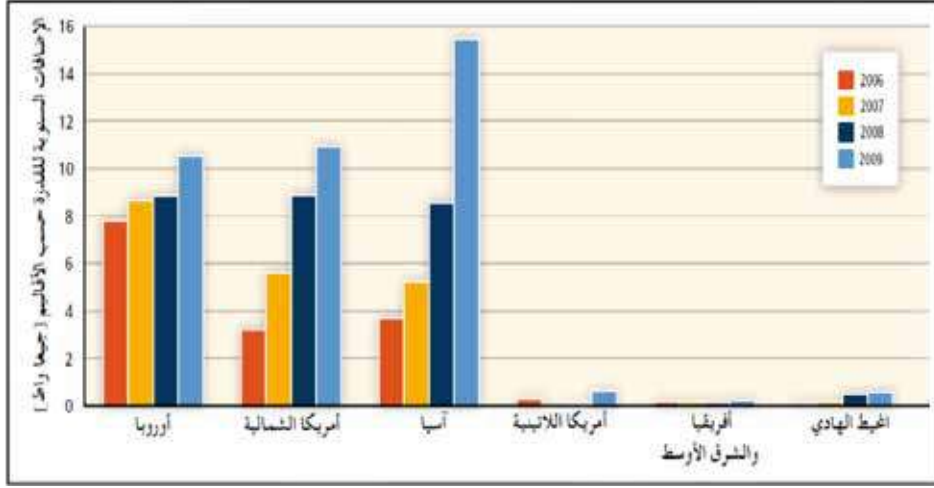
وقد رسخت طاقة الرياح أقدامها سريعاً باعتبارها جزءاً من صناعة الكهرباء السائدة. فمن مجمع للقدرة يبلغ ١٤ جيجا واط في نهاية ١٩٩٩، زادت القدرة العالمية المركبة اثنتي عشرة مرة في عشر سنوات لتصل إلى نحو ١٦٠ جيجا واط بحلول نهاية ٢٠٠٩، ثم تضاعفت تلك القدرات أكثر من ثلاث مرات لتصل إلى نحو ٥٩٠ جيجا واط بحلول نهاية ٢٠١٨. بإضافة قدرها ٥١,٣ جيجاوات عن العام ٢٠١٧، وهو ما يعكس تطوراً كبيراً في قدرات طاقة الرياح وتطور تقنياتها وطرق استغلالها.<sup>(٢)</sup> وقد تم تركيب غالبية القدرة على البر، مع تركيز التركيبات في البحر أساساً في أوروبا وبلغ مجموعها ٢,١ جيجا واط. وكانت البلدان التي تضم أكبر قدرة مركبة بنهاية ٢٠٠٩ هي الولايات المتحدة (٣٥ جيجا واط)، والصين (٢٦ جيجا واط)، وألمانيا (٢٦ جيجا واط)، وإسبانيا (١٩ جيجا واط)، والهند (١١ جيجا واط). وبلغت تكاليف الاستثمار الإجمالية لمحطات طاقة الرياح الجديدة المركبة في ٢٠٠٩، ٥٧ مليار دولار، في حين قدرت العمالة المباشرة في القطاع على النطاق العالمي في ٢٠٠٩ بنحو نصف مليون عامل.

وتمثل طاقة الرياح في كل من أوروبا وأمريكا مصدراً أساسياً جديداً للإضافات للقدرة الكهربائية. ففي ٢٠٠٩، جاء نحو ٣٩٪ من جميع الإضافات للقدرة في الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي من طاقة الرياح، وفي الصين جاء ١٦٪ من صافي الإضافات للقدرة في ٢٠٠٩ من طاقة الرياح. وعلى الصعيد العالمي، فمن ٢٠٠٠ إلى ٢٠٠٩، جاء نحو ١١٪ من كل الإضافات الصافية الجديدة للقدرة الكهربائية المركبة من محطات جديدة لطاقة الرياح؛ وفي ٢٠٠٩ وحدها جاء أكثر من ٢٠٪ منها. ونتيجة لذلك، بدأ عدد من البلدان يحقق مستويات مرتفعة نسبياً من التغلغل السنوي لكهرباء الرياح في شبكتها الكهربائية الخاصة بها. وبحلول نهاية ٢٠٠٩،

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 93.

(٢) IRENA, Renewable energy statistics 2019 (26)

كانت القدرة على إنتاج طاقة الرياح تستطيع الإمداد بالكهرباء تعادل نحو ٢٠٪ من الطلب السنوي على الطاقة في الدنمارك، و ١٤٪ في البرتغال، و ١٤٪ في إسبانيا، و ١١٪ في أيرلندا، و ٨٪ في ألمانيا.<sup>(١)</sup>



شكل (٢٦): الإضافات السنوية لقدرة طاقة الرياح حسب الأقاليم

Source: Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 92.

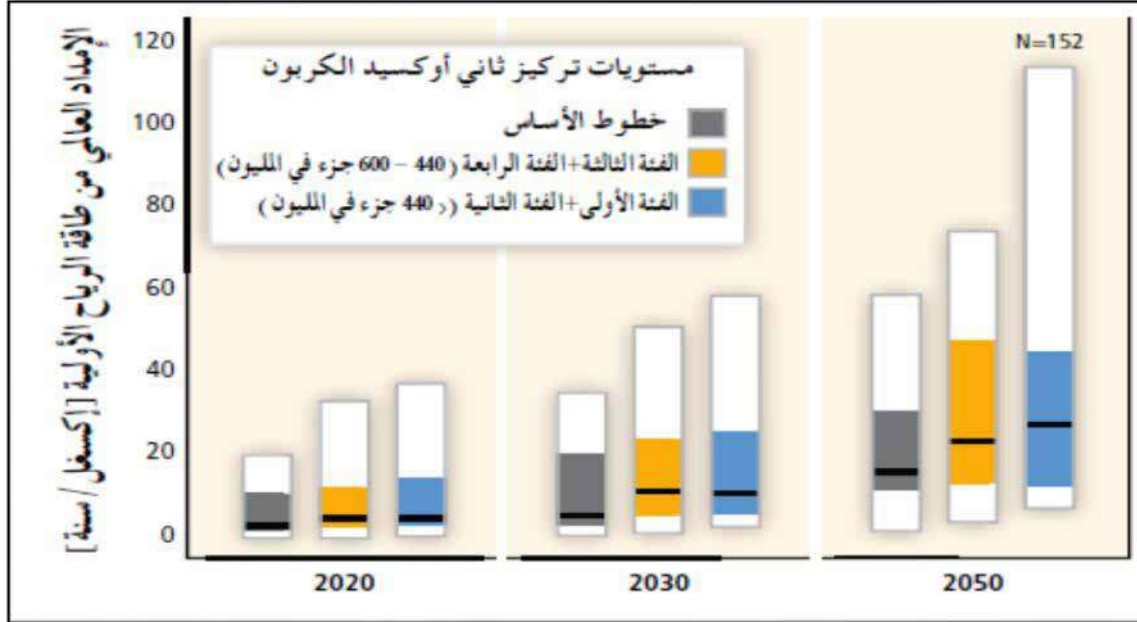
وبالرغم من هذه الاتجاهات، لاتزال طاقة الرياح تمثل قسماً صغيراً نسبياً من الإمداد بالكهرباء على النطاق العالمي. ذلك أن إجمالي قدرة إنتاج طاقة الرياح المركبة حتى نهاية ٢٠٠٩، لن تفي في سنة متوسطة، إلا بنحو ٨,١٪ من الطلب العالمي على الكهرباء فحسب. وإضافة لذلك، فإنه على الرغم من أن الاتجاه في صناعة طاقة الرياح يصبح على مرّ الزمن أقل اعتماداً على الأسواق الأوروبية، مع التوسع الأخير في الولايات المتحدة والصين، لاتزال السوق مركزة على نحو إقليمي: فقد ركبت أمريكا اللاتينية، وأفريقيا والشرق الأوسط، وأقاليم المحيط الهادئ قدرة لإنتاج طاقة الرياح قليلة نسبياً على الرغم من الإمكانيات الفنية الكبيرة لطاقة الرياح في كل إقليم.

ويقتضي نشر طاقة الرياح التغلب على عدد من التحديات، منها: التكلفة النسبية لطاقة الرياح مقارنة بأسعار سوق الطاقة، على الأقل إن لم تدرج الآثار البيئية وتعطى لها قيمة نقدية، والمخاوف من تأثير تقليبية طاقة الرياح، وتحدي بناء خطوط نقل جديدة، والتخطيط الثقيل والبطئ، وإجراءات تحديد المواقع وإصدار التراخيص، والاحتياجات من التقدم العلمي والتكلفة الأعلى لتكنولوجيا طاقة الرياح في البحر؛ والافتقار للمعرفة المؤسسية والفنية في أقاليم لم تجرب بعد نشر طاقة الرياح على نطاق واسع. ونتيجة لذلك، يتأثر النمو بطائفة عريضة من السياسات الحكومية.

وفي ضوء النضج التجاري لتقنيات طاقة الرياح البرية وتكاليفها، تتيح زيادة استخدام طاقة الرياح إمكانية تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة تخفيضاً جوهرياً في الأجل القريب، وهذه الإمكانية لا تتوقف على تحقيق اختراقات في مجال التقنية، ولا توجد حواجز يستحيل التغلب عليها تستبعد زيادة مستويات تغلغل

(١) BTM Consult ApS (2010). International Wind Energy Development. World Market (١). Update 2009. BTM Consult ApS, Ringkøbing, Denmark, 124 pp

طاقة الرياح في شبكات الإمداد بالكهرباء. ونتيجة لذلك، فإن دراسات كثيرة تتوقع استمرار الزيادة السريعة في قدرة طاقة الرياح في الأجلين من القريب إلى المتوسط.



شكل (٢٧): الإمداد العالمي من الطاقة الأولية المستمدة من طاقة الرياح في السيناريوهات طويلة الأجل (الوسيط، ونطاق المئنة الخامس والعشرين إلى الخامس والسبعين، وكامل نطاق نتائج السيناريوهات، ويستند تحديد الألوان إلى فئات مستوى تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في ٢١٠٠. والعدد المحدد من السيناريوهات التي يستند لها هذا الشكل مبين في الركن الأعلى الأيمن (١٥٢)).

Source: Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 94.

وعلاوة على ذلك، قيم عدد من الدراسات إمكانية طاقة الرياح طويلة الأجل، عادة في سياق سيناريوهات تثبيت تركيزات غازات الدفيئة. واستناداً إلى استعراض لهذه الدراسات (تضم ١٦٤ سيناريو طويل الأجل من السيناريوهات المختلفة)، فإن طاقة الرياح يمكنها أن تلعب دوراً جوهرياً طويلاً في خفض الانبعاثات العالمية من غازات الدفيئة. وبحلول ٢٠٥٠، فإن متوسط إسهام طاقة الرياح بين سيناريوهات تقضي بتثبيت تركيز غازات الدفيئة في نطاقات تتراوح بين ٤٤٠ و ٦٠٠ جزء من المليون من ثاني أكسيد الكربون و < ٤٤٠ جزء من المليون من ثاني أكسيد الكربون، سيبلغ من ٢٣ إلى ٢٧ إكسغل/سنة (من ٦٥٠٠ إلى ٧٦٠٠ تيرا واط ساعة/سنة)، ويزيد إلى ما يتراوح بين ٤٥ و ٤٧ إكسغل/سنة بالنسبة إلى المئنة الخامسة والسبعين من السيناريوهات (من ١٢٤٠٠ إلى ١٢٩٠٠ تيرا واط ساعة/سنة) وإلى أكثر من ١٠٠ إكسغل/سنة في أعلى دراسة (٣١٥٠٠ تيرا واط ساعة). وسيتطلب تحقيق هذا الإسهام أن تقدم طاقة الرياح ما بين ١٣ و ١٤٪ تقريباً من الإمداد العالمي بالكهرباء في السيناريو الوسيط بحلول ٢٠٥٠، ويزيد إلى ما يتراوح بين ٢١ و ٢٥٪ في المئنة ٧٥ من السيناريوهات التي تم استعراضها.<sup>(١)</sup>

Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the (١) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 95.

## (٦) أسواق الطاقة الحيوية وإمكانات انتشارها

يكشف استعراض لأسواق الكتلة الأحيائية وسياساتها أن الطاقة الحيوية شهدت تطورات سريعة في الأعوام الأخيرة مثل استخدام الكتلة الأحيائية الحديثة لناقلات الطاقة السائلة والغازية (بلغت الزيادة ٣٧٪ من عام ٢٠٠٦ إلى ٢٠٠٩). وتعول إسقاطات وكالة الطاقة الدولية، من بين جهات أخرى، على الكتلة الأحيائية لتحقيق زيادة جوهرية في حصة الطاقة المتجددة، مدفوعة في بعض الحالات بالأهداف الوطنية. كما أصبحت التجارة الدولية في الكتلة الأحيائية والوقود أكبر أهمية بكثير خلال الأعوام الأخيرة، إذ يجري تداول ٦٪ (لتصل لمستويات تبلغ ٩٪ في عام ٢٠٠٨)، من الوقود الأحيائي (الإيثانول والديزل الأحيائي) دولياً، وثالث الإنتاج الكامل للأقراص (الكريات) الطينية لاستخدامات الطاقة في ٢٠٠٩. ويسرّ العنصر الأخير زيادة استعمال الكتلة الأحيائية في المناطق التي تعاني قيوداً على الإمدادات فضلاً عن زيادة تعبئة الموارد من المناطق التي تفتقر إلى الطلب. وعلى الرغم من ذلك، فقد ظل كثير من العقبات يعترض تطوير التبادل السلي للكتلة الأحيائية والوقود الأحيائي، التي تلي في الوقت نفسه معايير الاستدامة.<sup>(١)</sup>

وفي كثير من البلدان، تغير سياق السياسات المتعلقة بالطاقة الحيوية، وبصفة خاصة الوقود الأحيائي بوتيرة سريعة وبشكل مثير في الأعوام الأخيرة. وأدى الجدل الدائر بشأن الكتلة الأحيائية في قطاع الغذاء في مقابل التنافس على الوقود، والانشغالات المتنامية بشأن الصراعات الأخرى، إلى إعطاء دفعة قوية لوضع وتنفيذ معايير وأطر للاستدامة، فضلاً عن إحداث تغييرات في المستويات والجدول الزمني المستهدفة للطاقة الحيوية والوقود الأحيائي. وبالإضافة إلى ذلك، يؤدي الدعم المقدم لخيارات عمليات التكرير الأحيائية المتطورة والوقود الأحيائي للجيل التالي<sup>(٢)</sup> إلى دفع الطاقة الأحيائية لتغدو أكثر استدامة.

واضطلع دعم السياسات المستمر والمستقر بدور رئيسي في بناء القدرات الإنتاجية للكتلة الأحيائية وأسواقها، مما يتطلب بنية أساسية وقدرات تحويل تغدو أكثر تنافسية بمرور الوقت. وأدت هذه الظروف إلى نجاح البرنامج البرازيلي، لدرجة أصبحت تكاليف إنتاج الإيثانول الآن أقل من نظيرتها الخاصة بالبترين. ويولد لباب ألياف قصب السكر الطاقة الحرارية والكهرباء، ضمن توليفة حافظة طاقة تستند بشكل أساسي إلى الطاقة المتجددة وتقلل لأدنى حد من واردات النفط من الخارج. كما سجلت السويد وفنلندا نمواً كبيراً في توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة وفي إدارة الموارد المتكاملة، التي أسفرت بشكل تدريجي عن ابتكارات مثل التكافل الصناعي للأنشطة الصناعية المرتبطة ببعضها. وتمكنت الولايات المتحدة من تعزيز الإنتاج بوتيرة سريعة بمواءمة السياسات الوطنية ودون الوطنية من أجل الطاقة في ثمانينيات وحتى تسعينات القرن العشرين، ومن أجل الوقود الأحيائي في تسعينيات القرن العشرين وحتى وقتنا الراهن؛ في الوقت التي زادت أسعار النفط وأجواء عدم الاستقرار في البلدان الرئيسية المنتجة له، ومن أجل تعزيز التنمية الريفية وضمان إمدادات الطاقة.

Bain, R.L. (2007). World Biofuels Assessment, Worldwide Biomass Potential Technology Characterizations. NREL/MP- (١)

.510-42467, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, 140 pp

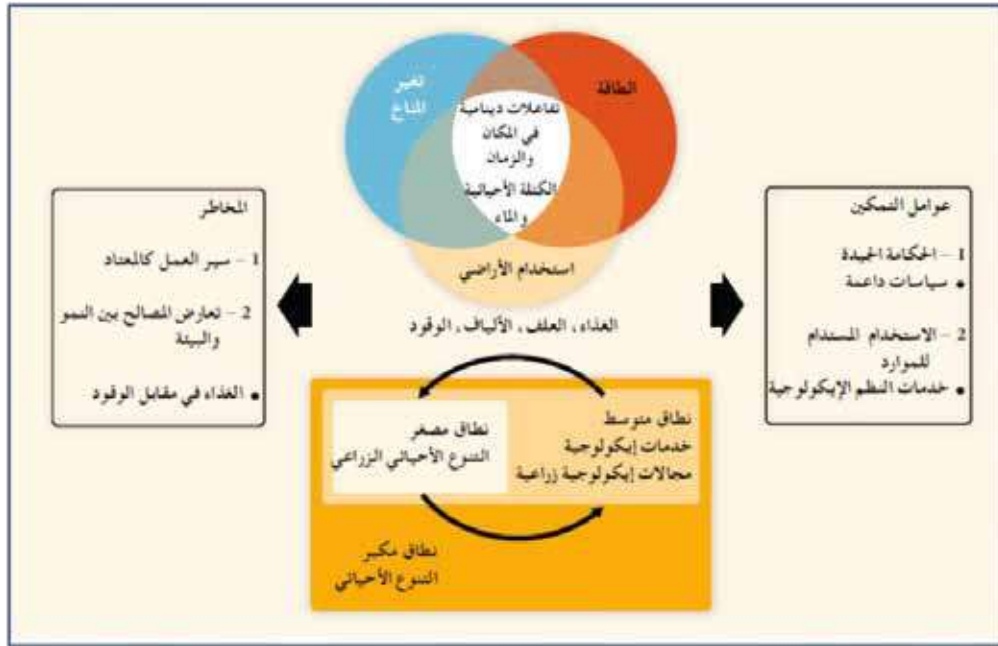
(٢) يطلق أيضاً على الوقود الأحيائي المنتج بعمليات جديدة (مثلاً من الكتلة الأحيائية لسيلولوزات الأخشاب) الوقود الأحيائي المتطور.



وتتباين البلدان في أولوياتها ونهجها وخياراتها التقنية وخطط دعمها لمزيد من عمليات تنمية الطاقة الحيوية. وتظهر تعقيدات الأسواق والسياسات حينما تسعى البلدان لموازنة أولوياتها الخاصة في الزراعة واستخدام الأراضي وسياسات الطاقة وأمانها، والتنمية الريفية والحماية البيئية، مع مراعاة مستوى التنمية الخاص بها وسبل الوصول الجغرافية للموارد، ومدى توافر الموارد وتكاليها.

وإذا كانت إحدى التوجهات تتمثل في كون السياسات التي تدور في فلك الطاقة الحيوية والوقود الأحيائي تغدو أكثر شمولية، فإن الاستدامة تصبح معياراً أقوى عند نقطة البداية. ويصدق هذا الأمر بالنسبة للاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة والصين، بل وكذلك لكثير من البلدان النامية مثل موزامبيق وتنزانيا. وتزداد على نطاق واسع أهمية الحاجة إلى تنسيق الجهود وتعزيز المساعي الدولية متعددة الأطراف للتعاون والحوار.

وقد زاد استخدام الطاقة الحيوية بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٠٨، بمعدل نمو سنوي بلغ متوسطه ١,٥٪ فيما يتعلق بالكتلة الأحيائية الصلبة، بينما زاد الاستخدام الأكثر حداثة للكتلة الأحيائية للوسائط الثانوية مثل السوائل بمعدل ١٢,١٪ والغازات بمعدل ١٥,٤٪. ونتيجة لذلك بلغ نصيب الوقود الأحيائي في صناعة النقل على الطرق عالمياً ٢٪ في عام ٢٠٠٨. وزاد إنتاج الإيثانول بمقدار ١٠٪ والديزل الأحيائي بمقدار ٩٪ في عام ٢٠٠٩ أي ٩٠ مليار لتر، وبذلك تكون مساهمة الوقود الأحيائي ٣٪ تقريباً في قطاع النقل على الطرق في ٢٠٠٩، حيث انخفض الطلب على النفط لأول مرة منذ ١٩٨٠<sup>(١)</sup>.



شكل (٢٨): التفاعلات الدينامية المعقدة بين المجتمع والطاقة والبيئة المرتبطة بالطاقة الأحيائية. تمثل نهج عمليات الإنتاج غير المنسقة للغذاء والقوود التي تظهر في إطار ضعف حكامه استخدام الأراضي، نماذج لممارسات العمل كالمعتاد

Source: Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 51.

EIA (2009). 2006 Energy Consumption by Manufacturers -Data Tables - Energy Information Administration, US (١) .Department of Energy, Washington, DC, USA. Available at: eia.doe.gov/emeu/mecs/mecs2006/2006tables.html

وأدت السياسات الحكومية في عدة بلدان إلى زيادة بمقدار خمسة أضعاف في إنتاج الوقود الأحفائي عالمياً من عام ٢٠٠٠ حتى عام ٢٠٠٨. وبلغت القوة المولدة من الكتلة الأحفائية والمخلفات المتجددة ٢٥٩ طن واط في الساعة (٠,٩٣ إكسغل) في عام ٢٠٠٧ و ٢٦٧ طن واط في الساعة (٠,٩٦ إكسغل) في عام ٢٠٠٨ بما يمثل ١ ٪ من إنتاج العالم من الكهرباء وهو ضعف ما أنتج منذ عام ١٩٩٠ (من ١٣١ طن واط في الساعة (٠,٤٧ إكسغل)). وقد شهد العقد الأخير نمواً مطرداً في الكتلة الأحفائية حتى بلغت ما يقارب ٥٠٠ طن واط في الساعة في عام ٢٠١٨، وهو ما يعادل تقريباً ضعف هذه الكتلة في عام ٢٠٠٩.<sup>(١)</sup>

وتباين التوقعات المتصلة باستمرار نشر الكتلة الأحفائية لإنتاج الطاقة في الفترة من عام ٢٠٢٠ حتى عام ٢٠٥٠ بشكل كبير وفقاً للدراسات. ولكن هناك رسالة أساسية يمكن استخلاصها من استعراض الأفكار المختلفة وتمثل في أن انتشار الكتلة الأحفائية يعتمد اعتماداً قوياً على التنمية المستدامة لقاعدة الموارد، والإدارة الرشيدة لاستخدامات الأراضي وتطوير البنية الأساسية وخفض تكاليف التقنيات الرئيسية. منها على سبيل المثال الاستخدام الناجع والشامل للكتلة الأحفائية الأولية لتوليد الطاقة من الجيل الأول للمواد الأولية الواعدة وإلى الكتلة الأحفائية الليجنوسيلولوزية من الجيل الجديد.

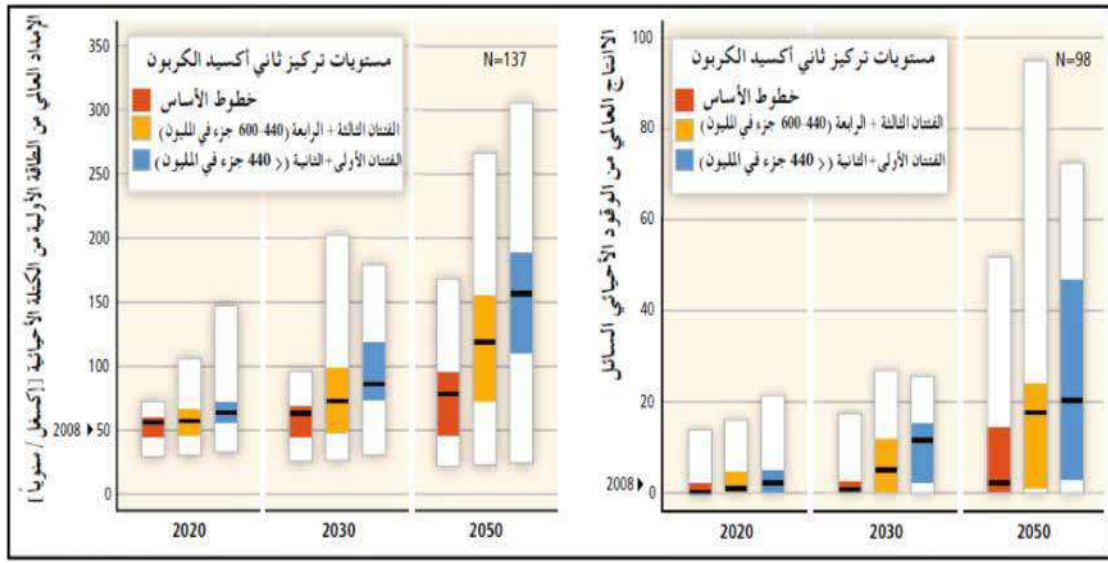
وقد جرى استخلاص نتائج السيناريوهات من مجموعة متنوعة من النماذج وعدد واسع النطاق من الفرضيات تشمل نمو الطلب على الطاقة، وتكلفة وتوفر التقنيات المنافسة منخفضة الكربون وتكلفة وتوفر تقنيات الطاقة المتجددة. ويتوقع أن ينخفض الاستخدام التقليدي للكتلة الأحفائية في معظم السيناريوهات في حين هناك توجه للزيادة بالنسبة للوقود الأحفائي السائل و الغاز الحيوي والكهرباء والهيدروجين من الكتلة الأحفائية. وجرى تقديم النتائج الخاصة بنشر الكتلة الأحفائية لتوليد الطاقة في ضوء هذه السيناريوهات للأعوام ٢٠٢٠ و ٢٠٣٠ و ٢٠٥٠ لثلاثة نطاقات لتثبيت غازات الدفيئة على أساس تقرير التقييم الرابع: الفئتان ٣ و ٤ (٤٤٠ - ٦٠٠ جزء في المليون من ثاني أكسيد الكربون)، والفئتان ١ و ٢ (< ٤٤٠ جزء في المليون من ثاني أكسيد الكربون) بخطوط أساس (> ٦٠٠ جزء في المليون من ثاني أكسيد الكربون)، جميعها في موعد ٢١٠٠.<sup>(٢)</sup>

ويتوقع أن يزيد نشر الكتلة الأحفائية لتوليد الطاقة على المستوى العالمي مع تحقيق مزيد من المستويات الطموحة لاستقرار غازات الدفيئة وتثبيتها، بما يدل على دورها طويل الأمد في خفض انبعاثات غازات الدفيئة على المستوى العالمي. وتتراوح المستويات المتوسطة بين ٧٥ و ٨٥ إكسغل في عام ٢٠٣٠ ومن ١٢٠ إلى ١٥٥ إكسغل في عام ٢٠٥٠ في هذين السيناريوهين المتصلين بالتخفيف، وهو ما يمثل قرابة ضعفي أو ثلاثة أضعاف مستوى النشر لعام ٢٠٠٨ الذي بلغ ٥٠ إكسغل.<sup>(٣)</sup>

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 51.

(٢) السابق (٥٤).

(٣) السابق (٥٤).



(أ)

(ب)

شكل (٢٩): (أ) الإمداد العالمي من الطاقة الأولية المستخلصة من الكتلة الأحيائية في سيناريوهات المدى البعيد للكهرباء والتدفئة والوقود الحيوي، بصفتها طاقة أولية. (ب) إنتاج الوقود الحيوي عالمياً في سيناريوهات المدى البعيد وقد جاءت المعلومات بشأنه باعتباره طاقة ثانوية. على سبيل المقارنة، المستويات التاريخية في عام ٢٠٠٨ موضحة في الأسهم الصغيرة السوداء على المحور الأيسر.

Source: Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 54.

ويتضح اختراق الطاقة الحيوية على مستوى القطاعات بشكل أفضل باستخدام نموذج واحد بمثابة مفصل من قطاع النقل مثل تقرير توقعات الطاقة في العالم الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة الذي يتضمن أيضاً نماذج تقليدية وحديثة في آن واحد لتطبيقات الكتلة الأحيائية ويضع في اعتباره الاستثمارات والأهداف الصناعية والحكومية المتوقعة. ويتوقع هذا النموذج حدوث زيادات كبيرة في الطاقة الحيوية الحديثة وحدث انخفاض في الاستخدام التقليدي للكتلة الأحيائية. ففي عام ٢٠٣٠، ووفقاً لسيناريو التخفيف ذي ال ٤٥٠ جزء في المليون الذي جاء به تقرير توقعات الطاقة، تتوقع الوكالة الدولية للطاقة أن ١١٪ من وقود النقل في العالم سيكون وقوداً أحيائياً من الجيل الثاني مساهماً بنسبة ٦٠٪ من المتوقع وقدره ١٢ إكسغ/سنة ويتوقع أن يتم الإمداد بنصف هذا القدر بسبب مواصلة تنفيذ السياسات الحالية. وستساهم الكتلة الأحيائية والمخلفات المتجددة بنسبة ٥٪ من الطاقة الكهربائية المولدة عالمياً أو ١.٣٨٠ طن واط في الساعة/سنة (٥ إكسغ/سنة) منها ٥٥٥ طن واط في الساعة/سنة (٢ إكسغ/سنة) نتيجة لاستراتيجية تخفيض آثار تغير المناخ الصارمة.<sup>(١)</sup>

وستتضاعف تطبيقات التدفئة الصناعية المعتمدة على الكتلة الأحيائية التي تستخدم في توليد البخار لأغراض صناعية ولتدفئة الأماكن وتسخين الماء في المباني (٣,٣ إكسغ في ٢٠٠٨) بالمقارنة بمستويات ٢٠٠٨. غير أنه يتوقع أن ينخفض إجمالي الطلب على التدفئة بسبب الانخفاض المفترض في الكتلة الأحيائية التقليدية. فالتدفئة ينظر إليها باعتبارها مجالاً رئيسياً لتحقيق النمو المتواصل في الطاقة الحيوية الحديثة. ويتوقع أن

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 53

تخفض أنواع الوقود الأحياي من الانبعاثات الناجمة عن النقل على الطرقات بنسبة ١٧٪ و بنسبة ٣٪ من الانبعاثات الناجمة عن النقل الجوي بحلول ٢٠٣٠<sup>(١)</sup>.

تعتبر الطاقة الحيوية في الوقت الراهن أكبر مصدر للطاقة المتجددة وسوف تظل على الأرجح واحداً من أكبر مصادر الطاقة المتجددة في النصف الأول من هذا القرن. ثمة وجود لإمكانية نمو هائل، لكنه يتطلب تطويراً فعالاً.

وتبين عمليات التقييم في الأدبيات حديثة العهد أن الإمكانية الفنية للكتلة الحيوية للطاقة يمكنها أن تصل إلى ٥٠٠ إكسغل/السنة بحلول عام ٢٠٥٠. ومع ذلك فهناك أوجه عدم يقين كبيرة بشأن عوامل مهمة مثل السوق وظروف السياسة التي تؤثر على هذه الإمكانية.

وللطاقة الحيوية إمكانية مهمة للتخفيف من حدة غازات الدفيئة إذا ما تم تطوير الموارد بشكل مستدام واستخدمت تقنيات فعالة. يمكن لبعض الأنظمة القائمة حالياً، وبعض الخيارات الأساسية في المستقبل، بما في ذلك المحاصيل المعمرة، ومنتجات الغابة وبقايا الكتلة الأحيائية ومخلفاتها، وتقنيات التحويل المتقدمة أن تفضي إلى تخفيف ملحوظ من غازات الدفيئة – يتراوح بين ٨٠٪ إلى ٩٠٪ مقارنةً بخط الأساس بالنسبة للطاقة الأحفورية. ومع ذلك، فإن تحويل الأرض وإدارة الحراثة التي تفضي إلى خسارة كبيرة في مخزون الكربون وتأثيرات تغير استخدام الأراضي غير المباشر يمكن أن تقلل، وفي بعض الحالات أن تؤثر سلباً على المفعول الإيجابي لتخفيف غازات الدفيئة<sup>(٢)</sup>.

ومن أجل تحقيق أعلى مستويات نشر لإمكانية الكتلة الأحيائية لاستخراج الطاقة فإن الزيادات في طلب الأغذية والألياف يجب أن تكون معتدلة، وينبغي أن يتم إدارة الأراضي بصورة ملائمة، ويجب أن يزيد الناتج الزراعي وناتج الحراثة بصورة فعلية. إن التوسع في الطاقة الحيوية في ظل غياب المراقبة والحوكمة الرشيدة لاستخدام الأرض يحمل معه خطر الصراعات الجسيمة فيما يتعلق بإمدادات الأغذية وموارد المياه والتنوع الأحيائي، وكذلك خطر المنافع الضئيلة بالنسبة لغازات الدفيئة. وعلى عكس ذلك، فإن التنفيذ الذي يحترم أطر الاستدامة الفعالة يمكن أن يخفف من مثل هذه الصراعات ويسمح بتحقيق نتائج إيجابية، على سبيل المثال، في التنمية الريفية وتجويد الأراضي وتخفيف آثار تغير المناخ، بما في ذلك استحداث فرص للعمل على تكامل إجراءات التكيف.

إن العديد من خيارات الطاقة الحيوية المهمة (مثل إنتاج الإيثانول من قصب السكر في البرازيل، والأنظمة المنتقاة لتحويل المخلفات إلى طاقة، ومواقد الكتلة الأحيائية الفعالة، توليد الحرارة والطاقة المشترك من الكتلة الأحيائية) لها قدرة تنافسية في الوقت الراهن ويمكن أن تتكامل بشكل هام مع خيارات طويلة الأمد. الوقود الحيوي المستخلص من سليلوزات الخشب بدل البنزين والديزل ووقود الطائرات، وخيارات الكهروبياء الحيوية المتقدمة، ومفاهيم التكرير الحيوي، يمكن أن توفر إمكانيات النشر بقدرات تنافسية استغلالاً

(١) السابق (٥٣).

(٢) Christopher B.Field, J. ElliottCampbell and David B.Lobell. Biomass energy: the scale of the potential resource. Trends in Ecology & Evolution, Volume 23, Issue 2, February 2008, Pages 65-72.





تنافسياً للطاقة الحيوية في الإطار الزمني من ٢٠٢٠ إلى ٢٠٣٠. يثير الجمع بين تحول الكتلة الأحيائية وامتصاص ثاني أكسيد الكربون وتخزينه إمكانية تحقيق إزالة لغازات الدفيئة من الغلاف الجوي على المدى الطويل - وهي مسألة ضرورية للتخفيض بشكل جوهري من انبعاثات غازات الدفيئة. كما تعتبر المواد الحيوية المتقدمة واعدة أيضاً بالنسبة لاقتصاديات إنتاج الطاقة الحيوية والتخفيف من آثار التغير المناخي، بالرغم من أن الإمكانية المتصلة بها لم تفهم بما فيه الكفاية مقارنة بإمكانية الكتلة الأحيائية المائية (الطحالب)، وهو أمر يتسم بدرجة عالية من عدم اليقين.

إن سياقات السياسة المتغيرة بسرعة والنشاطات الحديثة القائمة على السوق، والدعم المتزايد لمعامل التكرير الحيوية المتقدمة، وخيارات الوقود الحيوي المستخلص من سليلوزات الخشب، وعلى وجه الخصوص تنمية معايير الاستدامة وأطر عملها، تتمتع جميعها بالإمكانات لدفع نظم الطاقة الحيوية ونشرها في الاتجاهات المستدامة. وسوف يتطلب تحقيق هذا الهدف استثمارات مدعومة تقلل من تكاليف التقنيات الرئيسية، وتحسين إنتاج الكتلة الأحيائية و البنية الأساسية للإمداد، واستراتيجيات التنفيذ التي يمكن أن تحصل على قبول شعبي وسياسي.

### ثالثاً: اتجاهات التكلفة

تمثل تكلفة الطاقة المتجددة - بمصادرها المختلفة - أحد التحديات الهامة لنمو أسواق الطاقة المتجددة، ومؤثراً أساسياً على إمكانية انتشارها وإحلالها محل أنواع الطاقة الأخرى. ومن ثم كانت دراسة اتجاهات التكلفة إحدى الدراسات الأساسية في مجال اقتصاديات الطاقة المتجددة.

وهناك اقتران منطقي بين (التكلفة والتقنية)، حيث تتأسس التقنيات الحديثة للطاقة المتجددة على قاعدة خفض التكلفة، وهو ما سيوفر لأنواع الطاقة المتجددة نمواً مستقبلياً وقبولاً شعبياً، وسيحدث ذلك تناسقاً مع كثير من المنظمات الدولية المعنية بالتنمية المستدامة والحفاظ على البيئة والعناية بالتغيرات المناخية.

ولا يزال نشر الطاقة المتجددة يشهد زيادة سريعة في السنوات الأخيرة، وشجعت أنواع مختلفة من السياسات الحكومية والتكلفة المتناقصة للعديد من تقنيات الطاقة المتجددة والتغيرات في أسعار الوقود الأحفوري وزيادة الطلب على الطاقة وغيرها من العوامل استمرارية الزيادة في استخدام الطاقة المتجددة. وبالرغم من التحديات المالية العالمية في ٢٠٠٨ نتيجة الأزمة المالية العالمية، تواصلت قدرة الطاقة المتجددة في النمو السريع، بما في ذلك قوة الرياح (٣٢٪ زيادة، ٣٨ جيجا واط مضافة)، الطاقة الكهرومائية (٣٪، ٣١ جيجا واط مضافة)، شمسية فولتضوئية (٥٣٪، ٧,٥ جيجا واط مضافة) القوى الحرارية الأرضية (٤٪، ٠.٤ جيجا واط مضافة) الماء الساخن/التدفئة الشمسية (٢١٪، ٣١ جيجا واط مضافة). ويسهم الوقود الأحيائي بما نسبته ٢٪ من الطلب على وقود النقل بالطرق عالمياً في ٢٠٠٨ وقريباً من ٣٪ في ٢٠٠٩. وزاد الإنتاج

السنوي من الإيثانول إلى ١,٦ إكسغل (٧٦ مليار لتر) بنهاية ٢٠٠٩، وبلغ الديزل الحيوي ٠,٦ إكسغل (١٧ مليار لتر).<sup>(١)</sup>

وأضافت الطاقة المتجددة ١٤٠ جيغا واط من قرابة ٣٠٠ جيغا واط من القدرة الكهربائية المولدة الجديدة المضافة عالمياً على مدى العامين من ٢٠٠٨ إلى ٢٠٠٩. وإجمالاً، تستضيف البلدان النامية ٥٣٪ من قدرة التوليد الكهربائي من الطاقة المتجددة عالمياً. وفي نهاية ٢٠٠٩، شمل استخدام الطاقة المتجددة في أسواق التدفئة/الماء الساخن الكتلة الأحيائية الحديثة (٢٧٠ جيغا واط)، الشمسية (١٨٠ جيغا واط)، والحرارية الأرضية (٦٠ جيغا واط). وزاد أيضاً استخدام الطاقة المتجددة غير المركزية (باستبعاد الكتلة الأحيائية التقليدية) في الوفاء باحتياجات الطاقة في الريف على مستوى الأسر أو القرى، بما في ذلك محطات الطاقة الكهرومائية، وخيارات متنوعة للكتلة الحيوية الحديثة، والألياف الضوئية، والرياح أو النظم الهجينة التي تجمع بين تقنيات متعددة.

### (١) التكلفة الإجمالية

وتعتبر التكلفة الإجمالية المقومة للطاقة للعديد من تقنيات الطاقة المتجددة أعلى حالياً من الأسعار القائمة للطاقة، بالرغم من أن الطاقة المتجددة في إعدادات مختلفة هي في وضع تنافسي بالفعل من الناحية الاقتصادية. وتتسم نطاقات تكاليف الطاقة الإجمالية - المقومة مؤخراً لتقنيات منتقاة من الطاقة المتجددة المتاحة تجارياً بقاعدتها الواسعة - بالاعتماد على عدد من العوامل التي تشمل، على سبيل المثال لا الحصر، خصائص التقنية، التباين الإقليمي في التكلفة والأداء، ومعدلات الخصم المختلفة. وتنافس بعض تقنيات الطاقة المتجددة على نطاق واسع أسعار الطاقة بالأسواق الحالية. ويستطيع العديد من تقنيات الطاقة المتجددة الأخرى توفير خدمات طاقة تنافسية في ظروف معينة، على سبيل المثال، في الأقاليم التي بها ظروف مواتية للمصادر، أو تلك التي تفتقر للبنية الأساسية الخاصة بإمدادات الطاقة الأخرى منخفضة التكلفة. وفي معظم أقاليم العالم، مازالت تدابير السياسة مطلوبة لضمان النشر السريع للعديد من مصادر الطاقة المتجددة.

وتحويل التكاليف الخارجية للطاقة إلى أموال سوف يحسن من التنافسية النسبية للطاقة المتجددة. وينطبق الأمر نفسه في حالة زيادة أسعار السوق لأسباب أخرى. وإجمالي التكلفة المقومة للطاقة الخاصة بتقنية ما ليس هو المحدد الوحيد لقيمتها أو تنافسيتها الاقتصادية. وتعتمد جاذبية خيار معروض طاقة بعينه أيضاً على أبعاد اقتصادية أوسع وكذلك الأبعاد البيئية والاجتماعية، وعلى الإسهام الذي تقدمه التقنية للوفاء بخدمات طاقة محددة (مثلاً طلبات الذروة على الكهرباء)، أو ما تفرضه التقنية في شكل تكاليف إضافية على نظام الطاقة (تكاليف الإدماج مثلاً).

وقد شهدت تكلفة معظم تقنيات الطاقة المتجددة انخفاضاً وسوف يسفر مزيد من أوجه التقدم التقني المتوقعة عن مزيد من خفض التكاليف. وقد اتضحت أوجه التقدم الملحوظ في تقنيات الطاقة المتجددة وما

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 32.

صاحبها من تخفيضات في التكلفة بعيدة المدى خلال العقود الأخيرة، بالرغم من ظهور بعض فترات ارتفاع الأسعار (من جراء، على سبيل المثال، زيادة الطلب على الطاقة المتجددة فضلاً عن المعروض منها). وإسهام الدوافع المختلفة (مثل، البحوث والتطوير، ووفورات الحجم، والتعلم الموجه نحو النشر، والمنافسة السوقية المتزايدة بين موردي الطاقة المتجددة) ليس دائماً مفهوماً بالتفصيل.

ويُتوقع أن تخفض التكلفة أكثر، مما سيسفر عن انتشار ممكن أكبر، وبالتالي التخفيف من حدة تغير المناخ. وتشمل أمثلة المجالات المهمة لجوانب التقدم التقني الممكن: نظم إمداد وإنتاج مواد أولية جديدة ومحسنة، كالوقود الأحيائي المنتج من خلال عمليات جديدة (يطلق عليها أيضاً الجيل الجديد أو الوقود الأحيائي المتقدم، مثل الليجنوسيليلوز) والتكرير الحيوي المتقدم، والتقنيات المتقدمة لأشباه الموصلات الضوئية (PV) ومركزات الطاقة الشمسية (CSP)، وعمليات التصنيع؛ ونظم الطاقة الحرارية الأرضية المعززة (EGS).

والتقنيات الناشئة المتعددة للطاقة البحرية مثل إنشاء وتصميم محركات بحرية لطاقة الرياح البحرية يتوقع أن تخفض تكلفة الطاقة الكهرومائية لتكون أقل بشكل ملحوظ من تكلفة بعض تقنيات الطاقة المتجددة الأخرى، وتوجد فرص البحوث والتطوير لتحقيق الجدوى الفنية لمشاريع الطاقة الكهرومائية في نطاق أوسع من المواقع ولتحسين الأداء الفني للمشاريع القائمة والجديدة.

وربما هناك حاجة لتناول تشكيلة من التحديات الخاصة بالتقنية (بالإضافة للتكلفة) لتمكين الطاقة المتجددة من تطوير إسهامها تطويراً ملحوظاً لتخفيض انبعاثات غازات الدفيئة. وبسبب الاستخدام المتزايد والمتواصل للطاقة الحيوية، فإنه بوسع التصميم والتنفيذ الجيدين ومراقبة أطر الاستدامة تقليل الآثار السلبية وتعظيم المنافع فيما يخص القضايا الاجتماعية والاقتصادية والبيئية.

## (٢) اتجاهات تكلفة الطاقة الشمسية

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

**الطاقة الشمسية الحرارية:** تعتمد اقتصاديات تطبيقات توليد الحرارة بالطاقة الشمسية على التصميم الملائم للنظام فيما يتعلق باحتياجات خدمات الطاقة، التي غالباً ما تنطوي على استخدام مصادر مساعدة للطاقة. ففي بعض المناطق، على سبيل المثال في أنحاء جنوب الصين، تتسم نظم تسخين المياه بالطاقة الشمسية بتكلفة تنافسية باستخدام الخيارات التقليدية. وتعد نظم تسخين المياه عموماً ذات قدرة تنافسية أكبر في المناطق المشمسة، ولكن هذه الصورة تتغير بالنسبة لتدفئة الأماكن استناداً إلى العبء الكلي الأعلى عادة للتسخين. ففي المناطق الأبرد مناخاً، يمكن للتكاليف الرأسمالية أن تتوزع على مدى موسم تدفئة أطول، ومن ثم يمكن للطاقة الحرارية الشمسية أن تغدو ذات قدرة تنافسية أكبر.

وتتباين التكاليف الاستثمارية لنظم التدفئة الحرارية الشمسية تبايناً واسعاً وفقاً لمدى تعقد التقنيات المستخدمة، وكذلك وفقاً لأحوال السوق في بلد التشغيل. وتتباين تكاليف النظام المركب من حد منخفض يبلغ ٨٣ دولار على المتر المربع بالنسبة لنظم تسخين المياه بالطاقة الشمسية في الصين إلى ما يزيد بالدولار الأمريكي على ١٢٠٠ دولار بالنسبة لنظم معينة لتدفئة الأماكن. وتعكس التكلفة المقومة للتدفئة التباين الواسع في التكاليف الاستثمارية، وتتوقف على عدد من المتغيرات أكبر حتى من ذلك، يشمل النوع المحدد للنظام، والتكلفة الاستثمارية للنظام، وكثافة الإشعاع الشمسي المتاح في مكان معين، وكفاءة التحويل بالنظام، وتكاليف التشغيل، واستراتيجية الاستفادة من النظام وسعر الخصم الساري.<sup>(١)</sup>

وفي العقد الأول من الألفية، كان مقابل كل زيادة تبلغ ٥٠٪ في القدرات المركبة لسخانات المياه بالطاقة الشمسية، انخفاض للتكاليف الاستثمارية بنسبة ٢٠٪ في أوروبا. ووفقاً لوكالة الطاقة الدولية، ستحدث تخفيضات إضافية في التكلفة في بلدان منظمة التنمية والتعاون الاقتصادي نتيجة استخدام مواد أرخص، وتحسين عمليات الصناعات التحويلية، والإنتاج بالجملة، والإدماج المباشر في مباني المجمعات باعتبارها مكونات متعددة الأغراض للمباني ونظم لوحات نموذجية سهلة التركيب. وتتوقع وكالة الطاقة الدولية أن تنخفض تكاليف الطاقة المنقولة في بلدان منظمة التنمية والتعاون الاقتصادي في خاتمة المطاف بما يتراوح بين نحو ٧٠ و٧٥٪.

توليد الكهرباء الفولتضوئي: انخفضت أسعار الطاقة الكهروضوئية (الفولتضوئية) بما يربو على معامل معلوم على مقياس من عشرة من عشرة خلال الأربعة عقود المنصرمة؛ ومع ذلك، فإن التكلفة المقومة حالياً للطاقة المولدة من الكهرباء الضوئية الشمسية مازالت بصفة عامة أعلى من أسعار الجملة السوقية للكهرباء. وفي بعض التطبيقات، تتمتع نظم الطاقة الفولتضوئية بالفعل بقدرات تنافسية مع غيرها من الخيارات المحلية (مثل الإمداد بالكهرباء في بعض المناطق الريفية في البلدان النامية).

وتتوقف التكلفة المقومة لكهرباء الطاقة الفولتضوئية على تكلفة مكونات النظام فرادى، حيث تنشأ أعلى حصة للتكلفة من وحدة الكهرباء الضوئية. كما تشمل التكلفة المقومة للكهرباء: مكونات توازن النظم، وتكلفة عمالة التركيب، وتكلفة التشغيل والصيانة، ومعامل الموقع والقدرة، وسعر الخصم الساري.

وقد انخفض سعر وحدات الطاقة الفولتضوئية من ٢٢ دولار/واط في عام ١٩٨٠ لأقل من ١,٥ دولار/واط في عام ٢٠١٠. كما انخفض السعر مقوماً بحساب دولار/واط بالنسبة للنظام بأكمله، بما في ذلك الوحدة، وتوازن النظم، وتكاليف التشغيل، بوتيرة مطردة، ليصل إلى أرقام متدنية بلغت ٢,٧٢ دولار/واط لبعض تقنيات الشرائح الفيلمية الدقيقة بحلول عام ٢٠٠٩. ولا تتوقف التكلفة المقومة للكهرباء على الاستثمار الأولي فحسب؛ ولكنها تراعي أيضاً تكاليف التشغيل وعمر مكونات النظام، ومستويات كثافة الإشعاع الشمسي المحلية، وأداء النظام.

(١) Sharma, A. (2011). A comprehensive study of solar power in India and world. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(4), pp. 1767-1776.

وتتوقع وكالة الطاقة الدولية أن تبلغ تكاليف توليد الكهرباء في عام ٢٠٢٠ بالسنت الأمريكي لعام ٢٠٠٥ ، ما بين ١٤,٥ /كيلو واط ساعة و ٢٨,٦ /كيلو واط ساعة لقطاع الأماكن السكنية، وما يبلغ بالسنت الأمريكي، ما بين ٩,٥ /كيلو واط ساعة و ١٩ /كيلو واط ساعة لقطاع الخدمات. ولدى وزارة شؤون الطاقة بالولايات المتحدة غاية أكثر طموحاً، وما زالت الدراسات الطموحة قائمة لتخفيض تلك التكلفة إلى حدود ٥ إلى ١٠ سنتات.<sup>(١)</sup>

توليد الكهرباء بتركيز الطاقة الشمسية: تمثل نظم توليد الكهرباء بتركيز الطاقة الشمسية، تقنية معقدة تعمل في بيئة معقدة للموارد والتمويل؛ لذا فثمة كثير من العوامل التي تؤثر في التكلفة المقومة للطاقة الكهربائية. وغالباً ما يلتبس الأمر عند مقارنة التكاليف الاستثمارية المعممة لمحطات توليد الكهرباء بتركيز الطاقة الشمسية، بغيرها من مصادر الطاقة المتجددة، لأن المستويات المتباينة للتخزين المتكامل للطاقة الحرارية لا تزيد الاستثمارات فحسب، بل إنها تحسن الناتج السنوي ومعامل القدرة لمحطة توليد الطاقة. وبالنسبة لمحطات الأحواض الكبيرة الأحدث تقنياً، تقدر التكاليف الاستثمارية في ٢٠١١ بين ٣,٨٢ دولار/واط (بدون تخزين) و ٧,٦٥ دولار/واط (بالتخزين) وفقاً لتكاليف العمالة والأراضي، والتقنيات المستخدمة، وحجم وتوزيع كثافة الإشعاع للحزم الضوئية، وعلاوة على ذلك مدى التخزين وحجم مجال الطاقة الشمسية. ولكن بيانات الأداء المتعلقة بالمحطات الحديثة لتركيز الطاقة الشمسية محدودة، لاسيما للمحطات المزودة بإمكانيات لتخزين الطاقة الحرارية، لأن المحطات الجديدة لم تدخل حيز التشغيل إلا منذ عام ٢٠٠٧ فصاعداً. وبلغت معاملات القدرة للمحطات الأولى غير المزودة بقدرات تخزينية ما يناهز ٢٨٪.<sup>(٢)</sup>

وبالنسبة للمحطات الحديثة غير المزودة بقدرات تخزينية، هناك تصور لأن تبلغ معاملات القدرة بها ما يتراوح تقريباً بين ٢٠ و ٣٠٪؛ وبالنسبة للمحطات المزودة بقدرات لتخزين الطاقة الحرارية، يمكن الوصول إلى معاملات قدرة تتراوح ما بين ٣٠ و ٧٥٪. وقد جرى حساب التكلفة المقومة للكهرباء لمحطة توليد حوضية للطاقة الشمسية لها قدرة تخزين حرارية مدتها ست ساعات في عام ٢٠٠٩ عبر مجموعة ونطاق واسعين لمحددات المدخلات، بأنها تتراوح بالسنت الأمريكي ما بين ما يربو قليلاً على ١٠ سنتات /كيلو واط ساعة وزهاء ٣٠ سنتا /كيلو واط ساعة. ويؤدي تقييد نطاق معدلات الخصم في حدود ١٠ في المائة إلى نطاق أضيق قليلاً يناهز بالسنت الأمريكي ٢٠ سنتا /كيلو واط ساعة إلى ٣٠ سنتا/كيلو واط ساعة. وتؤثر المعايير المحددة للتكاليف والأداء، بما في ذلك سعر الخصم الساري ومعامل القدرة، على التقدير المعين للتكلفة المقومة للكهرباء، رغم أنه يتوقع ألا تتباين التكلفة المقومة للكهرباء للتهيئات المختلفة للنظم الشمسية للأحوال المماثلة الأخرى، إلا بصورة هامشية.

(١) السابق.

(٢) NREL (2011a). Solar PV Manufacturing Cost Model Group: Installed Solar PV System Prices. Presentation to SEGIS\_ADEPT Power Electronic in Photovoltaic Systems Workshop, Arlington, VA, USA, 8 February 2011. NREL/PR-6A20-50955.

### (٣) اتجاهات تكلفة الطاقة الحرارية الأرضية

تتضمن مشروعات الحرارة الأرضية عادة تكاليف مسبقة عالية، بسبب الحاجة لحفر الآبار وتشيد محطات الطاقة، وتكاليف تشغيل منخفضة نسبياً. ورغم تباين التكاليف حسب المشروعات، فإن التكاليف الإجمالية المقومة للكهرباء من محطات الطاقة التي تستخدم موارد حرارية مائية تتسم عادة بالقدرة على المنافسة في أسواق الكهرباء الحالية، ويصدق الأمر نفسه على الاستخدامات المباشرة للحرارة الأرضية. ولا تزال الأنظمة الحرارية الأرضية المصممة هندسياً في مرحلة إثبات الجدوى، لكن تقديرات تكاليفها أعلى من تكاليف الخزانات الحرارية المائية.

وتشمل التكاليف الاستثمارية لمشروع نموذجي لإنتاج الكهرباء من حرارة الأرض:

- الاستكشاف والتأكد من وجود المورد (من ١٠ إلى ١٥ ٪ من الإجمالي).
- حفر آبار الإنتاج والحقن (من ٢٠ إلى ٣٥ ٪ من الإجمالي).
- المرافق والبنية الأساسية السطحية (من ١٠ إلى ٢٠ ٪ من الإجمالي).
- محطة الطاقة (من ٤٠ إلى ٨١ ٪ من الإجمالي).<sup>(١)</sup>

وتتراوح التكاليف الاستثمارية الحالية على النطاق العالمي بين ١٨٠٠ و ٥٢٠٠ دولار من للكيلو واط كهرباء سنوياً. إن تكاليف تشغيل وصيانة معدات الكهرباء الحرارية الأرضية، بما في ذلك الآبار التكميلية (الآبار الجديدة المطلوبة لكي تحل محل الآبار الفاشلة واستعادة الإنتاج الضائع أو قدرة الحقن)، قدرت بمبلغ يتراوح من ١٥٢ إلى ١٨٧ دولار للكيلو واط كهرباء سنوياً، لكنها يمكن أن تكون أقل كثيراً في بعض البلدان (من ٨٣ إلى ١١٧ دولار للكيلو واط كهرباء سنوياً في نيوزيلندا).

كما أن معامل طول عمر محطة الطاقة وقدرتها من المحددات الاقتصادية المهمة. وقد بلغ متوسط معامل القدرة على النطاق العالمي في ٢٠٠٨ بالنسبة لمحطات الطاقة الحرارية الأرضية القائمة ٧٤,٥ ٪، وبتركيبات جديدة أكثر من ٩٠ ٪.<sup>(٢)</sup>

وقد تبين أن التكاليف الإجمالية المقومة للكهرباء تتباين تبايناً كبيراً مع معامل القدرة، وتكلفة الاستثمار وسعر الخصم. ولا توجد مثل هذه التكاليف الإجمالية المقومة للكهرباء بالنسبة للأنظمة الحرارية الأرضية المصممة هندسياً، لكن أجريت إسقاطات لها باستخدام نماذج مختلفة لحالات عدة بدرجات حرارة وأعماق متنوعة فتراوحت مثلاً من ١٠ سنت إلى ١٧,٥ سنت للكيلو واط ساعة لموارد أنظمة الطاقة الحرارية الأرضية المصممة هندسياً عالية الدرجة.

Barnett, P., and P. Quinlivan (2009). Assessment of Current Costs of Geothermal Power Generation in New Zealand (١) (2007 basis). Report by SKM for New Zealand Geothermal Association, Wellington, NZ. Available at: [www.nzgeothermal.org.nz/industry\\_papers.html](http://www.nzgeothermal.org.nz/industry_papers.html)

(٢) السابق.

ولا تعتمد تقديرات التخفيضات الممكنة في التكلفة من جراء إدخال تغييرات في التصميم والتقدم التكنولوجي سوى على معرفة الخبير بسلسلة القيمة في العملية الحرارية الأرضية، حيث إن دراسات منحى التعلم المنشورة محدودة. والمتوقع أن يكون للتحسينات الهندسية في تصميم ومحكاة الخزانات الحرارية الأرضية، والتحسينات في الموارد، والتشغيل والصيانة، أعظم التأثير على التكاليف الإجمالية المقومة للكهرباء في الأجل القريب مثلاً، مما يؤدي إلى معاملات قدرة أعلى وإسهام أقل لتكلفة الحفر في إجمالي تكاليف الاستثمار.

وبالنسبة للمشروعات الجديدة في ٢٠٢٠، من المتوقع أن يتراوح المتوسط على النطاق العالمي للتكلفة الإجمالية المقومة للكهرباء من ٤,٥ سنت إلى ٦,٦ سنت للكيلو واط ساعة بالنسبة لمحطات الوميض المكثف ومن ٤,٩ سنت إلى ٨,٦ سنت للكيلو واط ساعة لمحطات الدورة الثنائية، في ضوء متوسط لمعامل القدرة على النطاق العالمي يبلغ ٨٠٪، وعمر يبلغ ٢٧,٥ سنة. ومعدل خصم قدره ٧٪. لذلك فإنه من المتوقع حدوث تخفيض في المتوسط العالمي للتكلفة الإجمالية المقومة للكهرباء يبلغ نحو ٧٪ بالنسبة لمحطات الوميض المكثف والمحطات الثنائية، بحلول عام ٢٠٢٠. والمتوقع أن تنخفض تكاليف الأنظمة الحرارية الأرضية المصممة هندسياً في المستقبل لمستويات هي أدنى أيضاً.<sup>(١)</sup>

ويعتبر نطاق التكلفة الإجمالية المقومة للحرارة بالنسبة لمشروعات الاستخدامات المباشرة واسعاً، حسب الاستخدام المحدد، ودرجة الحرارة ومعدل التدفق المطلوبين، المقترن بتكاليف التشغيل والصيانة والعمالة وقدر المنتج الذي يتم إنتاجه. وإضافة لذلك، فإن تكاليف الإنشاءات الجديدة تقل عادة عن تكاليف تحديث الهياكل الأقدم عهداً. وتستند التكاليف على المناخ المميز للنصف الشمالي من الولايات وأوروبا. ذلك أن أحمال التسخين ستكون أعلى بالنسبة للمناخ الأبعد شمالاً مثل آيسلندا واسكندنافيا وروسيا. وتستند معظم الأرقام إلى التكلفة في الولايات المتحدة، لكنها ستكون مماثلة في البلدان المتقدمة وأقل في البلدان النامية.

ويعتبر تحديد التطبيقات الصناعية كمياً أكثر صعوبة، حيث إنها تتباين بصورة واسعة حسب متطلبات الطاقة والمنتج الذي يتعين إنتاجه. وتحتاج هذه المحطات عادة إلى درجات حرارة أعلى وتنافس في أغلب الأحيان استخدامات محطات الطاقة؛ بيد أن لها معامل حمل عال يتراوح من ٠,٤ إلى ٠,٧ مما يحسن اقتصادياتها. وتتباين التطبيقات الصناعية من المصانع الكبيرة لتجفيف الأغذية والأخشاب والمعادن (الولايات المتحدة ونيوزيلندا) إلى مصانع الورق ولب الورق (نيوزيلندا).<sup>(٢)</sup>

(١) Bromley, C.J., M.A. Mongillo, B. Goldstein, G. Hiriart, R. Bertani, E. Huenges, H. Muraoka, A. Ragnarsson, J. Tester, and V. Zui (2010). Contribution of geothermal energy to climate change mitigation: the IPCC renewable energy report. In: Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia April 2010. Available at: [www.geothermal-energy.org/pdf/](http://www.geothermal-energy.org/pdf/)

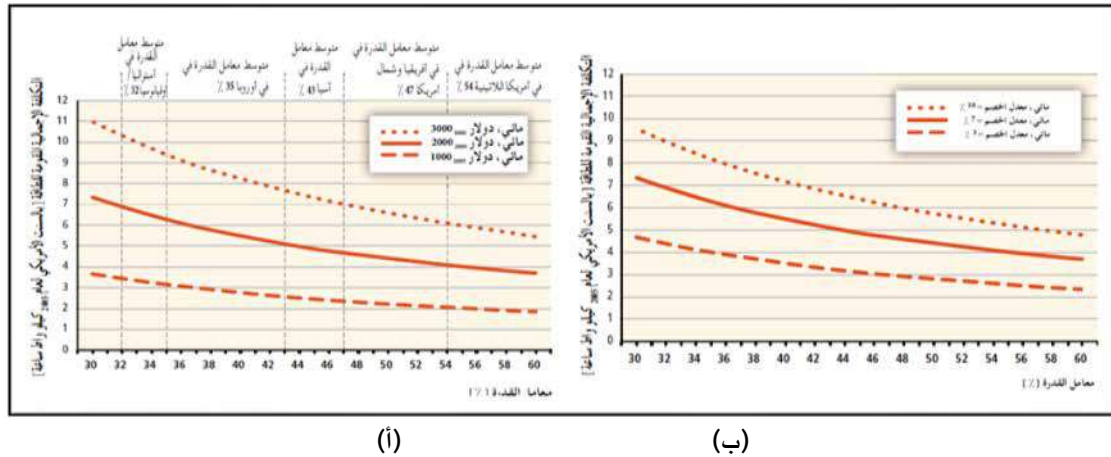
(٢) Barnett, P., and P. Quinlivan (2009). Assessment of Current Costs of Geothermal Power Generation in New Zealand (2007 basis). Report by SKM for New Zealand Geothermal Association, Wellington, NZ. Available at: [www.nzgeothermal.org.nz/industry\\_papers.html](http://www.nzgeothermal.org.nz/industry_papers.html)

#### (٤) اتجاهات تكلفة الطاقة المائية

غالباً ما تتمتع الطاقة المائية بقدرة اقتصادية تنافسية مع أسعار الطاقة السائدة في الأسواق، رغم أن تكلفة تنمية مشروعات الطاقة المائية الجديدة ونشرها وتشغيلها ستباین من مشروع إلى آخر. ففي كثير من الأحيان تحتاج مشروعات الطاقة المائية إلى استثمارات أولية مرتفعة، بيد أنها تتمتع بميزة التكاليف المنخفضة بشدة للتشغيل والصيانة وبطول فترة عمرها.

وتشمل التكاليف الاستثمارية للطاقة المائية: تشييد المحطة؛ وخفض الآثار على الأسماك والحياة البرية والمواقع الترفيهية والتاريخية والأثرية؛ ومراقبة جودة المياه. وإجمالاً، ثمة فئتان رئيسيتان للتكاليف: تكاليف الإنشاءات الهندسية، التي تعد عادة التكاليف الكبرى لمشروع الطاقة الكهرومائية؛ وتكاليف المعدات الكهروميكانيكية. وتحذو تكاليف الإنشاءات الهندسية حذو اتجاهات الأسعار السائدة في البلاد التي ينفذ فيها المشروع. وفي حالة البلدان التي يمر اقتصادها بمرحلة انتقالية، من المرجح أن تكون التكاليف منخفضة نسبياً نتيجة استخدام العمالة المحلية والمواد المحلية. وتتبع تكاليف المعدات الكهروميكانيكية اتجاه الأسعار على الصعيد العالمي.

وقد بينت الحسابات التكلفة المقومة لمشروعات الطاقة المائية عبر مجموعة ونطاق واسعين لمحددات المدخلات، أنها تبلغ حداً منخفضاً عام ٢٠٠٥، يتراوح ما بين ١,١ سنت أمريكي/كيلوواط ساعة و ١٥ سنت أمريكي/كيلوواط ساعة، وفقاً للمحددات الخاصة بالموقع بالنسبة للتكاليف الاستثمارية لكل مشروع واستناداً إلى افتراضات تتعلق بمعدل الخصم، ومعامل القدرة، وفترة العمل، وتكاليف التشغيل والصيانة.



شكل (٣٠): التكلفة المقومة التقديرية الحديثة والقريبة الأمد للطاقة المائية (أ) باعتبارها دالة للقدرة وللتكاليف الاستثمارية؛ و(ب) باعتبارها دالة لمعامل القدرة ومعدل الخصم.

Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 86.

وتحدد معاملات القدرة من خلال الأحوال الهيدرولوجية، والقدرة المركبة، وتصميم المحطة، وطريقة تشغيلها. فبالنسبة لتصميمات محطات القدرة المجمعدة لإنتاج طاقة قصوى (أحمال أساسية) ومع بعض الضبط والتنظيم، غالباً ما يتراوح متوسط معاملات القدرة بين ٣٠ و ٦٠٪. أما، بالنسبة لمحطات توليد الأحمال



القصوى، فقد يكون معامل القدرة أقل حتى من هذا، في حين أن معاملات القدرة لنظم توليد الطاقة من الجريان النهري تتباين عبر نطاق واسع (٢٠ إلى ٩٥٪) وفقاً للأحوال الجغرافية والمناخية، والتقنية المستخدمة، والخصائص التشغيلية. وبالنسبة لمتوسط معامل قدرة يبلغ ٤٤٪ وتكاليف استثمارية تتراوح بين ١٠٠٠ دولار/كيلوواط و٣٠٠٠ دولار/كيلوواط سنوياً، فإن التكلفة المقومة لتوليد الطاقة تتراوح بين ٢,٥ سنت/كيلوواط ساعة و٧,٥ سنت/كيلوواط ساعة.<sup>(١)</sup>

ومن المتوقع أن تكون التكاليف الاستثمارية والتكلفة المقومة لتوليد الطاقة للمشروعات المنفذة في المستقبل القريب (حتى عام ٢٠٢٠) في هذا النطاق، رغم وجود إمكانية لتنفيذ مشروعات بتكاليف أقل أو أعلى. وفي ظل ظروف جيدة، يمكن أن تتراوح التكلفة المقومة لتوليد الطاقة من محطة طاقة مائية بين ٣ سنت/كيلوواط ساعة و٥ سنت/كيلوواط ساعة. ثمة معلومات قليلة نسبياً عن الاتجاهات التاريخية لتكاليف الطاقة المائية في الدراسات السابقة. وأحد أسباب هذا بالإضافة إلى حقيقة أن تكاليف المشروع تتوقف بشدة على الموقع - قد تعزى إلى التركيبة المعقدة لتكاليف محطات الطاقة المائية، حيث قد يكون لبعض المكونات اتجاهات تكاليف متناقضة (مثل تكاليف حفر القنوات)، في حين أن بعضها الآخر له اتجاهات تكاليف متزايدة (مثل تكاليف تخفيف الآثار الاجتماعية البيئية).

ويتمثل أحد العوامل المعقدة للحسابات عند إمعان النظر في تكاليف الطاقة المائية، بالنسبة للمستودعات متعددة الأغراض، في وجود حاجة إلى تقاسم أو تخصيص تكاليف تلبية احتياجات الاستخدامات الأخرى للمياه، مثل الري والتحكم في الفيضانات والملاحة والطرق والإمداد بمياه الشرب والأسماك والترفيه. وثمة أساليب مختلفة لتخصيص التكاليف للأغراض المفردة، ولكل منها مزاياه ومثالبه. والقواعد الأساسية هي ألا تتجاوز التكاليف المخصصة لأي غرض منفعة هذا الغرض، وتحقيق كل غرض بتكلفته المستقلة. ويجري الحصول على التكلفة المستقلة لأي غرض بطرح تكلفة المشروع متعدد الأغراض - بدون هذا الغرض - من إجمالي تكلفة المشروع المشمولة بهذا الغرض. وغداً دمج العوامل الاقتصادية (أسعار بيع الطاقة و المياه) مع المنافع الاجتماعية (إمداد المزارعين بالمياه في حالة نقص المياه) وقيمة البيئة (الحفاظ على حد أدنى للتدفق البيئي) أداة لإمعان النظر في تقاسم التكاليف للمستودعات متعددة الأغراض.

#### (٥) اتجاهات تكلفة الطاقة البحرية

لم تدفع الأسواق التجارية بعد بالتطور التقني للطاقة البحرية. وتعتبر البحوث والتنمية المدعومة حكومياً والحوافز السياسية الوطنية الدافعين الرئيسيين. ولأن أياً من تقنيات الطاقة البحرية غير ناضجة، ما عدا قناطر المد (أصبحت التجربة مع غيرها من التقنيات الآن متاحة فقط للتأكد من صحة أجهزة إثبات الجدوى/النموذج الأولي)، فإنه يصعب إجراء تقييم دقيق للجدوى الاقتصادية لمعظم تكنولوجيات الطاقة البحرية.

(١) Bromley, C.J., M.A. Mongillo, B. Goldstein, G. Hiriart, R. Bertani, E. Huenges, H. Muraoka, A. Ragnarsson, J. Tester, and V. Zui (2010). Contribution of geothermal energy to climate change mitigation: the IPCC renewable energy report. In: Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia April 2010. Available at: [www.geothermal-energy.org/pdf/](http://www.geothermal-energy.org/pdf/)

وتستند البارامترات الخاصة بالتكلفة والأداء إلى معلومات متناثرة بسبب عدم وجود بيانات مرجعية وخبرات تشغيلية فعلية جرت مراجعتها مقابل بيانات وخبرات مناظرة، وبالتالي تعكس التكلفة المقدرة في حالات كثيرة افتراضات التكلفة والأداء القائم على المعرفة الهندسية. وقد عُثر على تكاليف الاستثمار في الوقت الحاضر في بعض الحالات القليلة لكنها تعتمد على عينة صغيرة من المشاريع والدراسات، التي قد لا تكون ممثلة لهذه الصناعة برمتها.

وقد احتسبت التكلفة الإجمالية المقومة لقناطر المد والجزر (التي تعتبر في الوقت الراهن تقنية الطاقة البحرية الوحيدة المتاحة تجارياً) عبر مجموعة كبيرة ونطاق كبير من بارامترات الإدخال على أساس يتراوح بين ١٢ سنتاً أمريكياً /كيلوواط ساعة إلى ٣٢ سنتاً /كيلوواط ساعة. لكن ينبغي اعتبار هذا النطاق مؤشراً توضيحياً نظراً للحالة الراهنة لتجربة النشر. وبسبب هذه المرحلة المبكرة من التطور التقني، ينبغي النظر في تقديرات التكاليف المستقبلية للطاقة البحرية على أنها تكهنية. ومع ذلك، من المتوقع أن تنخفض تكلفة الطاقة البحرية بمرور الوقت وذلك مع المضي قدماً في البحوث والتطوير وإثبات الجدوى والنشر.<sup>(١)</sup>

## (٦) اتجاهات تكلفة طاقة الرياح

وبالرغم من أن تكلفة طاقة الرياح قد انخفضت بصورة كبيرة منذ ثمانينات القرن الماضي، فإن الأمر يقتضي حالياً اتخاذ تدابير سياسية لضمان النشر السريع لها في معظم أقاليم العالم. وتنافس تكلفة طاقة الرياح أسعار سوق الطاقة الراهنة، في بعض المناطق التي تضم موارد جيدة للرياح، حتى دون النظر للآثار البيئية النسبية. وإضافة لذلك، يتوقع أن يتواصل التقدم التقني، مما سيزيد من تخفيض التكلفة.

وتتأثر التكلفة الإجمالية المقومة للطاقة المستمدة من محطات طاقة الرياح البرية والبحرية بخمسة عوامل أساسية:

- إنتاج الطاقة السنوي؛
- تكاليف الاستثمار؛
- تكاليف التشغيل والصيانة،
- تكاليف التمويل؛
- والعمر الاقتصادي المفترض لمحطة الطاقة.

وقد انخفضت تكاليف الاستثمار في محطات طاقة الرياح البرية من الثمانينات في القرن الماضي إلى ٢٠٠٤ تقريباً. بيد أنه من ٢٠٠٤ إلى ٢٠٠٩، زادت تكاليف الاستثمار، وكانت الدوافع الرئيسية لهذا النهج هي: تصاعد تكاليف اليد العاملة والمدخلات من المواد؛ وزيادة هوامش الربح بين صناعات التوربينات ومورديهم؛ والقوة النسبية للعملة الأوروبية، وزيادة حجم دورات التوربينات وارتفاعات الصرة. ففي ٢٠٠٩، بلغ متوسط تكاليف الاستثمار في محطات طاقة الرياح البرية المركبة على النطاق العالمي نحو ١٧٥٠ دولار للكيلو واط

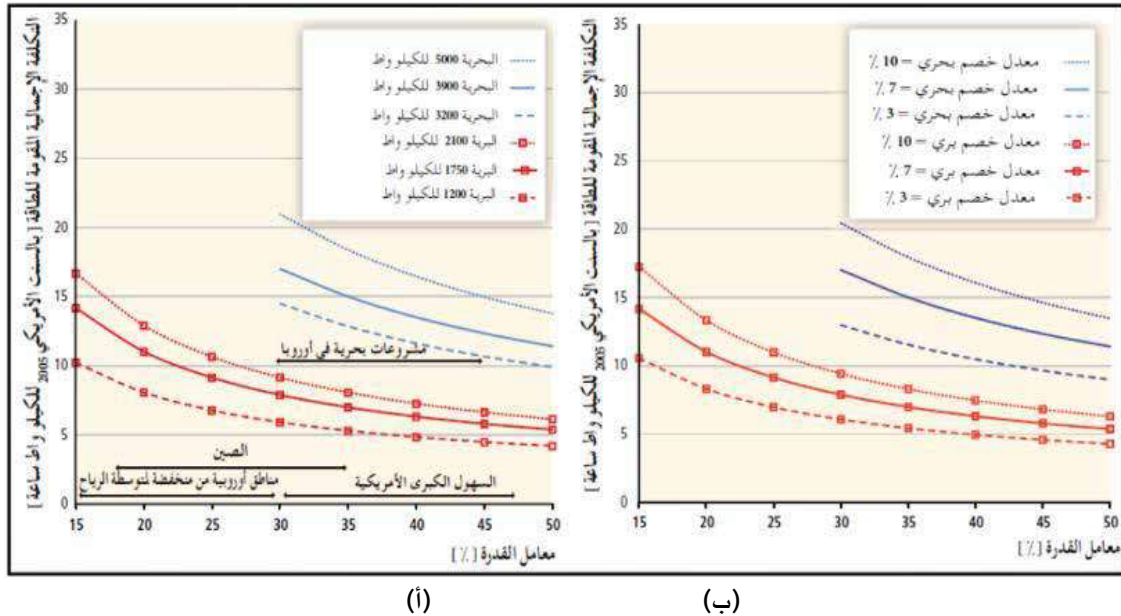
(١) السابق.



السنوي، وتوجد محطات كثيرة في نطاق يتراوح بين ١٤٠٠ و ٢١٠٠ دولار للكيلو واط السنوي، وتراوحت تكلفة الاستثمار في الصين في ٢٠٠٨ و ٢٠٠٩ بين ١٠٠٠ و ١٣٥٠ دولار للكيلو واط السنوي.<sup>(١)</sup>

وتكاليف الاستثمار في المحطات البحرية تتوقف على الموقع بدرجة كبيرة. ومع ذلك، فإن تكاليف الاستثمار في المحطات البحرية زادت بنسبة تتراوح بين ٥٠ وأكثر من ١٠٠٪ مقارنة بتكاليف المحطات البرية، كما أن تكاليف التشغيل والصيانة أعلى بالنسبة للمحطات البحرية. كما تأثرت التكاليف البحرية ببعض من نفس العوامل التي تسببت في ارتفاع التكاليف البرية من ٢٠٠٤ حتى ٢٠٠٩، وكذلك بتأثير بعض العوامل الفريدة. وتتراوح تكاليف الاستثمار في المحطات البحرية التي ركبت أو أعلن عنها مؤخراً بين زهاء ٣٢٠٠ دولار للكيلو واط و ٥٠٠٠ دولار للكيلو واط السنوي.

وبالرغم من الزيادة في أعماق المحطات البحرية بمرور الوقت، فإن غالبية المحطات العاملة قد أقيمت في مياه ضحلة نسبياً. ويتوقف أداء محطات طاقة الرياح بدرجة عالية على الموقع، كما يقترن في المحل الأول بالخصائص نظام الرياح المحلية، لكنه يتأثر أيضاً بجودة تصميم توربين الرياح، وأدائه وتوافره وفعالية إجراءات التشغيل والصيانة. ومن ثم يتباين الأداء حسب الموقع، لكنه تحسن بصفة عامة مع مرور الوقت. كما أن محطات طاقة الرياح البحرية معرضة عادة لموارد رياح أفضل.



شكل (٣١): التكلفة الإجمالية المقومة المقدرة لطاقة الرياح البرية والبحرية، ٢٠٠٩ (أ) كدالة لعامل القدرة وتكلفة الاستثمار (تفترض أن تبلغ تكلفة الاستثمار البري ١٧٥٠ دولار للكيلو واط و ٣٩٠٠ دولار للاستثمار البحري للكيلو واط). (ب) كدالة لعامل القدرة وسعر الخصم (يفترض أن سعر الخصم يساوي ٧٪).

Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 102.

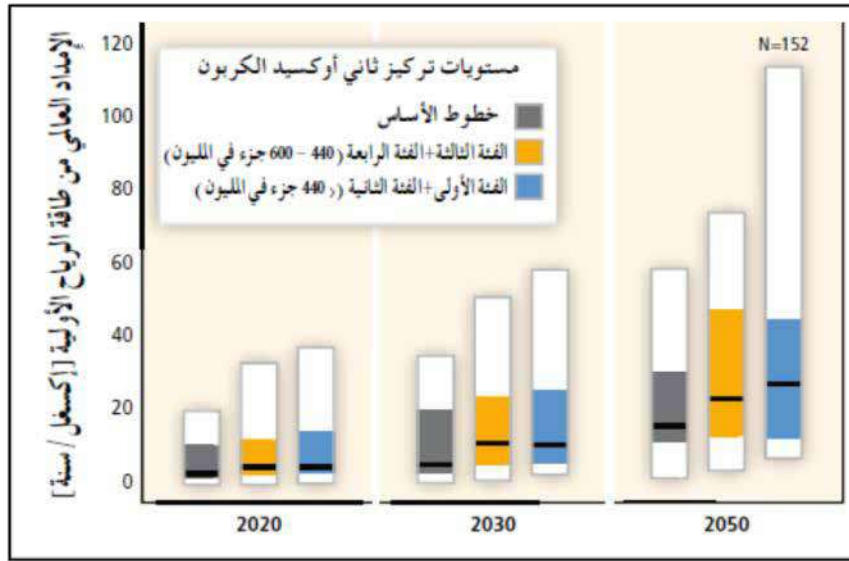
Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the (١) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 74.

وبحساب الكيلو واط ساعة، فإن التكلفة الإجمالية المقومة للكهرباء بالنسبة لمحطات طاقة الرياح البرية والبحرية لمجموعة ونطاق كبيرين لبارامترات المدخلات تم حسابها على أنها تتراوح بين ٣,٥ سنتات للكيلو واط ساعة و ١٧ سنتا للكيلو واط ساعة و ٧,٥ سنتات و ٢٣ سنتا للكيلو واط ساعة على التوالي. وتتباين التكلفة الإجمالية المقومة لطاقة الرياح تبايناً كبيراً حسب تكاليف الاستثمار المفترضة، وإنتاج الطاقة ومعدلات الخصم.<sup>(١)</sup>

ويقدر أن تتراوح التكلفة الإجمالية المقومة للطاقة بالنسبة لطاقة الرياح البرية المستمدة من نظم موارد الرياح التي تتراوح بين الجيدة والممتازة في المتوسط بين ٥ سنتات للكيلو واط ساعة و ١٠ سنتات للكيلو واط ساعة، ويمكن أن تصل إلى ما يزيد على ١٥ سنتا للكيلو واط ساعة في المناطق ذات الموارد الأقل. وعلى الرغم من أن تقديرات التكاليف البحرية محاطة بشكوك أكبر، تقدر التكلفة الإجمالية المقومة النموذجية للطاقة بما يتراوح بين ١٠ سنتات للكيلو واط ساعة و أكثر من ٢٠ سنتا للكيلو واط ساعة بالنسبة للمحطات المشيدة حديثاً أو المخطط لها والواقعة في مياه أضحل نسبياً. وحيثما تكون موارد الرياح البرية محدودة، فإن المحطات البحرية يمكن أن تنافس المحطات البرية أحياناً.

وقد استحدث عدد من الدراسات مسارات للتكلفة عن طريق التنبؤ بطاقة الرياح البرية والبحرية استناداً لتوليفات مختلفة من تقديرات منحى التعلم، والنماذج الهندسية وأحكام للخبراء. وتتباين، فيما بين هذه الدراسات، سنة بدء التنبؤات، والأساليب المنهجية، ومستويات نشر طاقة الرياح. ومع ذلك، فإن استعراض هذه الدراسات يدعم فكرة أن عمليات البحوث والتطوير المستمرة، والاختبار والتجارب يمكن أن يثمر تخفيضاً في التكلفة الإجمالية المقومة لطاقة الرياح البرية بنسبة تتراوح بين ١٠ و ٣٠٪ بحلول ٢٠٢٠. ومن المتوقع أن تشهد طاقة الرياح البحرية تخفيضاً أكبر نوعاً ما في التكلفة بنسبة تتراوح بين ١٠ و ٤٠٪ بحلول ٢٠٢٠، رغم أن بعض الدراسات حددت سيناريوهات تؤدي فيها عوامل السوق لزيادة التكلفة في الأجلين من القريب إلى المتوسط.

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 102.



شكل (٣٢): الإمداد العالمي من الطاقة الأولية المستمدة من طاقة الرياح في السيناريوهات طويلة الأجل (الوسيط، ونطاق المئينة الخامس والعشرين إلى الخامس والسبعين، وكامل نطاق نتائج السيناريوهات، ويستند تحديد الألوان إلى فئات مستوى تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في ٢١٠٠، والعدد المحدد من السيناريوهات التي يستند لها هذا الشكل مبين في الركن الأعلى الأيمن).

Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 104.

## (٧) اتجاهات تكلفة طاقة الكتلة الأحيائية

يسهم إنتاج الكتلة الأحيائية، ولوجستيات الإمداد، وعمليات التحويل في تكلفة المنتجات النهائية. وتختلف اقتصاديات وعوائد المواد الأولية على نطاق واسع عبر مناطق العالم وأنواع المواد الأولية بتكاليف تتراوح ما بين ٠,٩ إلى ١٦ دولار أمريكي للجيجا غل (البيانات من ٢٠٠٥ إلى ٢٠٠٧). وينافس إنتاج المواد الأولية للطاقة الحيوية قطاعي الغابات والأغذية، ولكن النظم المتكاملة للإنتاج مثل الحراثة الزراعية أو المحاصيل المختلطة قد تتكامل مع الخدمات البيئية الإضافية. وقد تسهم أعمال مناولة ونقل الكتلة الأحيائية من مواقع الإنتاج إلى محطات التحويل بنسبة تتراوح بين ٢٠ إلى ٥٠٪ من التكاليف الإجمالية لإنتاج الطاقة الحيوية. وتزيد عوامل مثل زيادة والابتكارات التقنية المنافسة وتسهم في انخفاض التكاليف الاقتصادية للطاقة في سلاسل الإمداد بأكثر من ٥٠٪. ويتطلب الأمر التكتيف عن طريق التحبيب أو القولية للنقل على مسافات تزيد عن ٥٠ كم. ويمكن نشر عدة أنظمة مهمة من الطاقة الحيوية اليوم، أبرزها الإيثانول المستخلص من قصب السكر وتوليد الطاقة والحرارة من مخلفات ونفايات الكتلة الأحيائية بطريقة تنافسية.

وتختلف التكاليف باختلاف مناطق العالم، وأنواع المواد الأولية، وتكاليف توريد المواد الخام، وحجم إنتاج الطاقة الحيوية، ووقت الإنتاج خلال العام، الذي غالباً ما يكون موسمياً. وتتراوح أمثلة من التكلفة التقديرية للطاقة الحيوية المقومة تجارياً بين ٢ و ٤٨ دولار أمريكي بلجيجا غل للوقود الحيوي السائل والغازي: تقريباً ٣,٥ إلى ٢٥ سنتاً /كيلوواط ساعة (١٠ إلى ٥٠ دولار أمريكي للجيجا غل) لنظم توليد الكهرباء أو توليد الحرارة والطاقة المشترك أكثر من حوالي ٢ ميجاواط (مع تكلفة ٣ دولارات للجيجا غل للمواد الأولية وقيمة

الحرارة ٥ دولارات أمريكية للجيجا غل للبخار أو ١٢ دولار أمريكي للجيجا غل للماء الساخن). وحوالي ٢ إلى ٧٧ دولار أمريكي للجيجا غل لأنظمة التدفئة المنزلية أو الحضرية مع تكاليف المواد الأولية في نطاق ٠ إلى ٢ دولار أمريكي للجيجا غل (من النفايات الصلبة إلى مكعبات الخشب).<sup>(١)</sup>

وعلى المدى المتوسط، لا يزال في الإمكان تحسين أداء تقنيات الطاقة الحيوية الموجودة حالياً بشكل كبير، في حين توفر التقنيات الجديدة إمكانية نشر أكثر نجاعة وتنافسية للكتلة الأحيائية لأغراض الطاقة. وتسجل نظم الطاقة الحيوية، تحديداً من أجل إنتاج الإيثانول وطاقات الكهرباء الحيوية تعليماً تقنياً خفصاً في التكاليف المرتبطة بمعدلات تعلم مماثلة لتقنيات الطاقة المتجددة الأخرى. وينطبق هذا على النظم المحصولية (بعد التقدم الملحوظ في الإدارة الزراعية لقصب السكر والذرة)، ونظم الإمداد والخدمات اللوجستية (كما لوحظ في البلدان الاسكندنافية والخدمات اللوجستية الدولية) وعلى التحويل (إنتاج الإيثانول، وتوليد الكهرباء والغاز الحيوي).

وعلى الرغم من أنه لم يتم التحقق بالتفصيل من كل الخيارات الحيوية، فإن عدة أنظمة للطاقة الحيوية الهامة قد خفصت تكلفتها وحسنت أداءها البيئي. غير أنها لاتزال بحاجة إلى الدعم الحكومي المقدم للتنمية الاقتصادية (على سبيل المثال، الحد من الفقر وتأمين إمدادات الطاقة) وغيرها من الأسباب الخاصة بكل بلد. وبالنسبة للكتلة الأحيائية التقليدية، فإن الفحم النباتي المصنوع من الكتلة الأحيائية هو وقود رئيسي في البلدان النامية، وينبغي أن يستفيد من اعتماد أفران أكثر نجاعة.

ويعتمد الإنتاج التنافسي للكهرباء الحيوية (عن طريق الميثان أو الوقود الأحيائي) على التكامل مع أنظمة الاستخدام النهائي، وأداء البدائل مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية، وتطوير تقنيات امتصاص الكربون وتخزينه مقرونًا بتحويل الفحم والطاقة النووية. ويمكن أن تؤدي الآثار المترتبة على نجاح نشر آليات امتصاص الكربون وتخزينه بالاشتراك مع تحويل الكتلة الأحيائية إلى إزالة غازات الدفيئة من الغلاف الجوي وبمستويات تكاليف جذابة للتخفيف من آثار تغير المناخ لكن لم تلق حتى الآن سوى اهتماماً محدوداً.

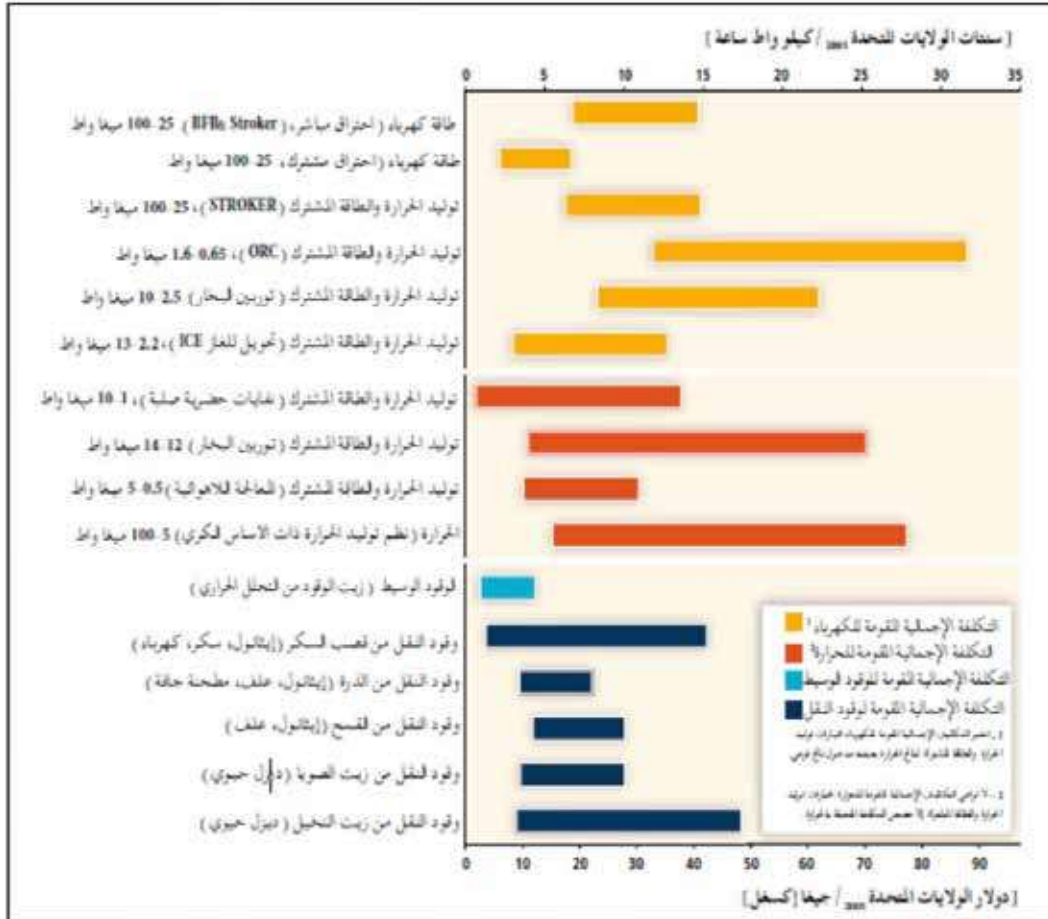
وفيما يتعلق بالوقود الأحيائي الليجنوسيليلوزي، فقد بينت التحليلات التي أجريت مؤخراً أن احتمالات التحسن كبيرة بما يكفي للمنافسة مع أسعار النفط عند سعر ٦٠ إلى ٨٠ دولاراً / للبرميل (٠,٣٨ إلى ٠,٤٤ دولاراً / لتر). وتشير تحليلات السيناريوهات المتوفرة حالياً إلى أنه إذا كان البحث والتطوير ودعم السوق على المدى القصير قوياً، فيمكن للتقدم التقني أن يسمح بتسويقها في حوالي عام ٢٠٢٠ (حسب أسعار النفط والكربون). وتشير بعض السيناريوهات أيضاً إلى أن هذا سيعني تحولاً كبيراً في نشر الكتلة الأحيائية للطاقة، حيث سيفصل الإنتاج التنافسي عملية نشر التقنية عن أهداف السياسة العامة (التفويضات) وسيبتعد الطلب على الكتلة الأحيائية عن المحاصيل الغذائية إلى مخلفات الكتلة الأحيائية، والكتلة الأحيائية الحرجية ونظم المحاصيل المعمرة. وحتى الآن لم تُدرس الآثار المترتبة على مثل هذا التحول (السرير) دراسة كافية.<sup>(٢)</sup>

Neij, L. (2008). Cost development of future technologies for power generation – A study based on experience curves (١) and complementary bottom-up assessments Energy Policy, 36(6), pp. 2200-2211.

(٢) السابق.

وما زالت عمليات التطوير والتجربة المتصلة بالإيثانول الليجنوسيليلوزي مستمرة في العديد من البلدان. وتعتبر المعالجة المسبقة خطوة رئيسية في مجال التطوير في ذلك هي للتغلب على مقاومة جدار الخلية في المخلفات الخشبية والعشبية أو الزراعية لجعل البيوليمرات الكربوهيدراتية قابلة للانحلال المائي (مثلاً، عن طريق الإنزيمات) وتخمير السكريات إلى إيثانول (أو بيوتانول) واللجنين لحرارة أو كهرباء العمليات. وبدلاً من ذلك، يمكن الجمع بين خطوات متعددة وإشراكها في عملية بيولوجية مع كائنات حية متعددة في وقت واحد. ويوحى استعراض التقدم المحرز في مجال الأنزيمات بإمكانية توقع انخفاض بنسبة ٤٠٪ من التكلفة بحلول عام ٢٠٣٠ بفضل تحسين العمليات، التي من شأنها خفض التكلفة المقدرة للإنتاج من ١٨ إلى ٢٢ دولاراً إلى ١٢ إلى ١٥ دولاراً، وهو نطاق تنافسي.

كما تتطور مسارات الانحلال الحراري للكتلة الأحيائية والمفاهيم الحرارية المائية بالارتباط مع صناعة النفط وقد أظهرت من الناحية الفنية أن تطوير الزيوت إلى أخلاط من الجازولين أو الديزل وحتى المنتجات الجيدة من وقود الطائرات أمر ممكن.



شكل (٣٣): التكلفة الإجمالية المقومة النموذجية الحديثة العهد لخدمات الطاقة من أنظمة الطاقة الحيوية المتوفرة تجارياً بنسبة خصم ٧٪، محسوبة على مدى سنة من تكاليف المواد الخام، والتي تختلف بين التقنيات. ولا تشمل هذه التكاليف القوائد والضرائب والإهلاك واستهلاك الدين.

Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 54.

كما أن الكائنات الجُرثومية ضوئية التمثيل مثل الطحالب تنتج بيولوجيا (باستخدام ثاني أكسيد الكربون والمياه وضوء الشمس) مجموعة متنوعة من المواد الكربوهيدراتية والشحوم التي يمكن استخدامها مباشرة أو للوقود الأحيائي. وهذه التطورات يتوقع أن تفيد على المدى البعيد وذلك لأن نجاعة التمثيل الضوئي للطحالب أكبر بكثير من كفاءة المحاصيل الزيتية. غير أن نواتج الطاقة الحيوية المحتملة من النباتات يشوبها قدر كبير من الشكوك، ولكن نظرا إلى أن تطورها يمكن أن يستخدم الماء الأخصم والتربة كثيرة الملوحة، فيعتبر استخدامها إحدى استراتيجيات تخفيض آثار تغير استخدام الأراضي.

وتعتبر البيانات محدودة فيما يتصل بإنتاج المواد الحيوية، بينما تعتبر التقديرات بشأن تكلفة إنتاج الكيماويات من الكتلة الأحيائية نادرة في ميدان البحث العلمي، وتزداد تلك الندرة في التوقعات المستقبلية ومعدلات التعلم. وترتبط تلك الحالة جزئياً بدخول المنتجات القائمة على أسس حيوية السوق بنجاح إما بوصفها مكونات جزئية من المنتجات القائمة على أسس أحفورية، أو بوصفها مركبات اصطناعية جديدة مثل البوليلاكيتيدات القائمة على الحامض اللبني المشتق من عملية تخمير السكر. وبالإضافة إلى إنتاج المواد الحيوية لتحل محل الوقود الأحفوري، تشير التحليلات إلى أن الاستخدام المكثف للمواد الحيوية وما يليه من استخدامات لمخلفات إنتاج الطاقة يمكن أن يكون أكثر فاعلية وأوسع أثرا في تخفيف آثار تغير المناخ في كل هكتار أو طن من الكتلة الأحيائية المستخدمة.





## المبحث الثاني: الطاقة المتجددة.. تطور التقنيات والتطبيقات

### مقارنة بين الطاقة التقليدية والطاقة المتجددة

للإجابة على سؤال: (لماذا هذا السعي العالمي الحثيث نحو الطاقة المتجددة؟) يجدر بنا أن نحدد الفوارق بين الطاقة التقليدية والطاقة المتجددة، تلك الفوارق التي تدفع الكثير من دول العالم، والعالم المتقدم خصوصاً، نحو تبني استراتيجيات وتغييرات هيكلية في منظومة الطاقة من أجل التحول نحو مصادر الطاقة المتجددة.

**التجدد:** وتبدأ إيجابيات (الطاقة المتجددة) من المصطلح نفسه الذي يدل على الدوام والتجدد والاستمرار، فهي طاقة يتم استخراجها من مصادر بيئية متجددة، كالشمس التي تشرق كل يوم على أغلب سكان كوكب الأرض، والرياح التي تنتشر على سطح الأرض، والمحيطات التي تحيط باليابسة من كل جانب، والكتلة الحيوية التي تأتي بصورة دورية منتظمة من مخرجات الكائنات الحية.

أما الطاقة غير المتجددة، كالطاقة الأحفورية، فهي طاقة محدودة ناضبة، ويعدّ غير المستخرج منها احتياطياً قابلاً للانتهاء بعد نفاذ الكمية المخزونة باستخراجها واستخدامها.

لذا فإن التوجه إلى الطاقة المتجددة ضرورة استراتيجية، وذلك لعدم استغناء الإنسان عن الطاقة في أي مرحلة من مراحل حياته، ولا تنمية اقتصادية أو اجتماعية إلا بالاعتماد على الطاقة، فلزم أن يكون مصدر الطاقة متوفراً غير ناضب ولا منته.

**الأثر البيئي للطاقة:** ويكثر إطلاق مصطلح (الطاقة النظيفة) أو (الطاقة الصديقة للبيئة) على الطاقة المتجددة، وذلك لعدم اشتغالها على مخاطر كبيرة تلوث البيئة وتهدد الحياة البرية أو المائية فيها. وما تم رصده قليل وتجري معالجته، مثل تهديد حياة بعض الطيور بطواحين الهواء المولدة للكهرباء من طاقة الرياح.

أما بالنسبة للطاقة الأحفورية التقليدية، فلنسنا بحاجة إلى ذكر الكوارث البيئية التي تسببت - ولا زالت - فيها، ومن الكوارث البيئية الشهيرة ما حدث في يناير عام ١٩٩١ عندما قام الجيش العراقي بإبان الاحتلال العراقي للكويت بسكب النفط الكويتي في مياه الخليج العربي بمعدل يومي يقدر بـ ٦٠٠٠ برميل. مما شكل بقعة نفطية غطت معظم سواحل الكويت والمملكة العربية السعودية والبحرين وقطر.<sup>(١)</sup> وكذلك التسرب النفطي في خليج المكسيك في أبريل عام ٢٠١٠ في ما يعرف بحادثة Deep Water Horizon، والتي أدت إلى تسرب أكثر من ٤٥٠٠ برميل.

وتطائر غبار الفحم وبعض الأتربة والرمال قد تسبب كثيراً من الأضرار للمناطق المحيطة بمكان التصنيع، وقد تستخدم بعض المتفجرات التي تشتعل بلهب قصير في تكسير هذه الرواسب في داخل المنجم أو تستخدم أنابيب من الغاز المضغوط لنفس هذا الغرض أو في الحالات الأخرى يستخدم ضغط الماء لتكسير

(١) انظر: تكواشت عماد، واقع وأفاق الطاقة المتجددة ودورها في التنمية المستدامة في الجزائر، ٢٠١٢ (١٣٣، ١٣٤).

هذه الرواسب. وفي كل هذه الحالات تنشأ عدة مخاطر، فهناك خطر اشتعال غاز الميثان الناتج من تفتيت الفحم، وهو ما يعرف باسم fire damp، ويكون خليطاً متفجراً عند اختلاطه بالهواء، وقد يشتعل غبار الفحم عند اختلاطه بالهواء و يكون مثل غاز الميثان، ويزداد هذا الغبار بصفة خاصة عند سطح الحفر في منطقة التشغيل.

ويؤثر كل من غاز الميثان وغبار الفحم المتطاير تأثيراً كبيراً على سلامة ونظافة البيئة المحيطة بموقع المنجم، وقد يؤدي اشتعال خليط الغاز أو الغبار مع الهواء إلى انهيار المنجم وإلحاق الضرر بالمنطقة المحيطة به. كذلك فإن الماء المستخدم في تفتيت رواسب الفحم يحمل معه كثيراً من غبار الفحم وبعض الشوائب الأخرى، وعند إلقاء هذا الماء في المجاري المائية الطبيعية يؤدي إلى تلوثها والقضاء على ما بها من كائنات حية، وعند إلقاء هذا الماء على الأرض المحيطة بالمنجم قد تسبب تلوث التربة بما يحمله من محتويات، بالإضافة إلى أن هذا الماء قد يساعد على تفتيت الصخور في جدران المنجم وسقفه، مما يؤدي أيضاً إلى انهيار المنجم، وهذا ما يسبب العديد من الأضرار للبيئة والفرد ما لم تتخذ الوسائل الكفيلة للحد من ذلك.<sup>(١)</sup>

وهناك مظاهر كثيرة للتلوث البيئي بالمشتقات النفطية، وأشهرها تلوث الهواء بالانبعاثات الغازية، وأهمها غازات الدفيئة التي تؤدي إلى زيادة احتراق كوكب الأرض، ونشوء ما يُعرف بظاهرة (الاحتباس الحراري)، بل إن أكثر الجهود الأممية في مجال البيئة والتنمية المستدامة تتركز في محاربة تلك المظاهر السلبية الناجمة عن الوقود الأحفوري. وتعد الطاقة النووية أحد أهم المهددات للبيئة عبر التسرب الإشعاعي الذي يضر بكل الكائنات الحية، ويؤدي إلى مشكلات صحية خطيرة.

وهناك أشكال أخرى من التلوث البيئي، كالذي يحدث أثناء النقل مثل حوادث الناقلات أو انفجار أنابيب الغاز، والتلوث الناتج عن حرق الوقود في الهواء، وانبعاثات غازات ضارة بالبيئة نتيجة الاستخدام غير السليم للطاقة في مصانع حرق الوقود الأحفوري.<sup>(٢)</sup>

**التوطين:** ويغلب على مصادر الطاقة المتجددة الطابع المحلي، فهي وليدة البيئة، وتستخرج من موارد أساسية موجودة بالبيئة، ولا تتعرض للصراعات والنزاعات التي تهدد ممرات الطاقة البرية والبحرية عبر العالم. بل إن ما نراه اليوم من توترات في الخليج العربي، واحتشاد القوى الغربية أمام التهديدات الإيرانية، يعد أحد أهم أسبابه هو تلك التهديدات التي تعوق انتقال النفط والغاز عبر تلك الممرات الدولية.

والتحول نحو الطاقة المتجددة يمثل فرصة جيدة للتنمية المستدامة؛ إذ يهتم بتوطين الطاقة بديلاً عن استيرادها، ومن ثم توفير فرص عمل، ورفع الوعي بأهمية استخدامها، وتوطين التقنيات المختلفة للطاقة المتجددة في البيئة المحلية. كل هذه القيم المضافة للاقتصاد لا يمكن الحصول عليها من خلال تدوير عجلة الإنتاج من خلال الوقود التقليدي المستورد.

(١) انظر: أحمد مدحت إسلام، الطاقة وتلوث البيئة، بيروت، دار الفكر العربي، ١٩٩٩ (١٣، ١٤).

(٢) انظر: السابق (١٩ - ٢٥).

**التطور:** وإذا كانت هناك صناعات تحويلية وكيميائية تقوم على موارد الطاقة التقليدية، وأكثرها له أضرار بيئية عديدة، فعلى الجانب الآخر، شهد عالم الطاقة المتجددة تطورات كبيرة، مما أسهم في كثرة التطبيقات والتقنيات وتنوعها، وأعطاهما قدرة تنافسية كبيرة جعلها تسهم اليوم في توليد ربع الكهرباء التي يحتاجها العالم (مع تفاوت بين الدول المتقدمة والدول النامية في نسبة هذا التوليد).

ولقد كانت هناك سلبيات عديدة شهدتها مصادر الطاقة المتجددة في بدايات استخدامها كمشكلات التخزين، والنقل، والتقطع والموسمية وعدم الاستمرارية والتكلفة العالية المتمثلة في تحويلها إلى كهرباء أو أشكال أخرى للطاقة قابلة للاستخدام، أو المتمثلة في احتياجها إلى تغيرات هيكلية على أنظمة الطاقة التقليدية. إلا أن تطور التقنيات والتطبيقات لأنواع الطاقة المتجددة قد أحدث نقلات نوعية، وما أكثر ما نراه اليوم من بطاريات الطاقة الشمسية ذات الاستخدام والتخزين طويل المدى، والسيارات الكهربائية أو الهجينة التي تعتمد - كلياً أو جزئياً - على الطاقة الكهربائية المتولدة من مصادر الطاقة المتجددة.

وجهة المقارنة	الطاقة المتجددة (البديلة)	الطاقة التقليدية (غير متجددة)
-مصادر الطاقة	الشمس، الرياح، المائية(النوية بديلة)، الكتلة الحية	الفحم، البترول، الغاز الطبيعي
نوع المصدر	طبيعي مرتبط بالبيئة وانسياب مستمر	مخزون مركز تحت الأرض
المدة المتاحة من الطاقة	لانهاية	محدودة
تكلفة تجهيز المصدر	مجانية	أكثر من 1 دولار/ك وات وفي هي في تزايد
تكلفة المعدات	عالية	متوسطة
تكلفة بعد التجهيز	مجانية (استعمال مجاني)	استعمال غير مجاني في ارتفاع مستمر
موقع الاستخدام	مرتبطة بظروف المناخ والنضاريس	يمكن نقلها من مكان لآخر
حجم الوحدة للأزمة لاستخدام	الوحدات الصغيرة اقتصادية	استخدام الوحدات الكبيرة يحسن السعر
المهارات للأزمة	مهارات بسيطة ومتوسطة	مهارات عالية (كهربائية وميكانيكية)
تلوث البيئة	منخفض جدا	عامل ملوث أساسي للبيئة

#### مقارنة الطاقة المتجددة بالطاقات التقليدية

المصدر: علي أحمد عتيقة، دور الطاقة في التعاون بين الشمال والجنوب، مجلة النفط والتعاون العربي، الكويت ١٩٨٣ (٦٦).

**المردود الاقتصادي:** ويعتبر توليد الكهرباء أهم وظائف الطاقة بكل أنواعها، ويمكننا أن نحسب التكلفة الاقتصادية لتوليد الكهرباء سواء من المحطات التي تعمل بالوقود الأحفوري، أو التي تعمل بالطاقة المتجددة من خلال جملة من العوامل التي تتحكم في نموذج الطاقة الذي تعمل به تلك المحطات.

فتوفر المورد الطاقوي في البيئة المحلية دون حاجة إلى نقله يقلل من تكلفة إنتاج الكهرباء، لذا فإن البلاد المنتجة للنفط أو الغاز تقل فيها تكلفة محطات الكهرباء التي تعمل بتلك النوعية من الطاقة، بينما ترتفع التكلفة في البلاد المستوردة لها. وكذلك الأمر بالنسبة لموارد الطاقة المتجددة، حيث أن توفرها في البيئة المحلية يمثل أحد أوجه تخفيض الإنفاق وزيادة الجدوى الاقتصادية لمحطات الكهرباء التي تعمل بالطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية.

والتقنيات المتطورة للطاقة المتجددة والتي تعمل على علاج مشكلاتها (التقطيع والتخزين والنقل)، وتخفيض نفقاتها تسير بوتيرة متسارعة، مما يجعل مستقبل ذلك النوع من الطاقة واعداً وذا جدوى اقتصادية كبيرة في توليد الكهرباء.

ويعتبر التذبذب في أسعار الطاقة أحد الإشكالات التي توجه حساب التكلفة النهائية لتوليد الكهرباء. كما أن السياسات والتوجهات الحكومية نحو نموذج طاقي محدد - كالتوجه العالمي الحالي نحو الطاقة المتجددة - من شأنها أن تعزز الجدوى الاقتصادية لذلك النموذج، فقد تفرض بعض الدول ضرائب أو غرامات على تلويث البيئة ببعض أنواع الوقود الأحفوري، وقد تنفق بعض الدول أموالاً كبيرة على تطوير أبحاث علمية في مجال الطاقة المتجددة من أجل التحول نحوها في المستقبل.. كل ذلك يؤثر على حساب التكلفة المالية لتوليد الكهرباء.

مصادر الطاقة المتجددة				مصادر الطاقة غير المتجددة			
الطاقة المائية	طاقة الرياح	الطاقة الشمسية الضوئية	الطاقة الشمسية الحرارية	الفحم	الغاز الطبيعي	النفط	
من 0.03 إلى 0.13	من 0.05 إلى 0.2	من 0.15 إلى 0.3	من 0.14 إلى 0.17	تصل إلى 0.27	تصل إلى 0.12	تصل إلى 0.18	تكلفة الكيلوواط/ساعي بالدولار

مقارنة تكلفة إنتاج الكيلوواط/ساعي بالدولار للطاقة المتجددة وغير المتجددة.

المصدر: Bp statistical review of world energy, June 2017

ومن هذا الجدول يتضح أن الطاقة المائية هي أفضل الطاقات على الإطلاق في إنتاج الكهرباء، تليها طاقة الرياح ثم الغاز الطبيعي، ولا تزال تكلفة الطاقة الشمسية مرتفعة بالنظر إلى توفرها في أغلب البيئات وانتشار

تقنياتها بشكل واسع، أما التشغيل بواسطة النفط والفحم فهو الأعلى سعرا والأقل جدوى<sup>(١)</sup>. ويعد هذا الحساب صورة لذلك التحول الكبير نحو الطاقات المتجددة في إنتاج الكهرباء، وهو ما يدق أجراس الخطر للدول المنتجة للطاقات التقليدية.

### تقنيات وتطبيقات الطاقة المتجددة

تتضمن الطاقة المتجددة طائفة غير متجانسة من التقنيات تستطيع من خلالها توفير الكهرباء، والطاقة الحرارية والطاقة الميكانيكية، وكذلك إنتاج وقود قادر على الوفاء باحتياجات خدمات الطاقة المتعددة. ويمكن نشر بعض تقنيات الطاقة المتجددة عند نقطة الاستخدام (لامركزية) في البيئات الريفية والحضرية، بينما هناك نقاط أخرى منتشرة أساساً في إطار شبكات الطاقة الكبيرة (مركزية).

بالرغم من أن هناك عددا متناميا من تقنيات الطاقة المتجددة المكتملة فنياً وتُنشر بمعدل ملحوظ، هناك تقنيات في مراحل أولى من النضج التقني والانتشار التجاري، أو تشغل حيزاً متخصصاً في الأسواق.

وتشهد تقنيات وتطبيقات الطاقة المتجددة تطورات سريعة، ما زاد من قدراتها التسويقية والتنافسية. وبعد أن كنا نتعجب - منذ عقدين أو أكثر - من ظهور سيارات تعمل بالغاز الطبيعي كطاقة بديلة للنفط، وأفضل منه على المستوى البيئي والاقتصادي أحيانا، إذا بنا اليوم نرى تحولا كبيرا، حيث ظهرت منذ سنوات السيارات التي تعمل بالكهرباء بصورة مباشرة دون حاجة إلى وساطة الوقود الأحفوري.

وتشهد أسواق الطاقة المتجددة تطورا كبيرا في التقنيات والتطبيقات، والتي جعلتها متاحة لشتى الاستخدامات في الحياة اليومية. فلم يعد الأمر يتوقف عند توليد الكهرباء من الطاقة المائية، أو من ألواح الطاقة الشمسية، بل تطور الأمر تقنيا لنحصل على تطبيقات للطاقة الشمسية في إنتاج الكهرباء المنزلية، وفي توليدها من خلال مولدات صغيرة الحجم تعتمد على الطاقة الحركية. كل ذلك أحدث نقلة كبيرة على مستوى الوعي الإنساني بأهمية الطاقة المتجددة وإتاحتها وسهولة استخدامها، وكذلك أمكن تخفيض تكاليف الإنتاج والقدرة على المنافسة. وأمکن أيضا تطوير تقنيات التخزين وعلاج مشكلات التقطع وعدم الاستمرارية والنقل للطاقة المتجددة، فبعد أن كانت إمكانيات استغلال موارد الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء مرتبطا بالظهور الموسمي لتلك الموارد، أصبحنا اليوم نرى إمكانيات كبيرة لتخزين الطاقة الشمسية، وقدرات عالية للتنبؤ بالرياح، والقدرة على تخزين الكهرباء للأوقات التي لا تنشط فيها الرياح.

وهكذا يشهد عالم الطاقة المتجددة كل يوم جديدا، ما يؤكد على الاستراتيجية الداعمة والمحفزة لتنمية هذا القطاع الهام لدى دول العالم المتقدم من أجل الاستقلال بموارد الطاقة المحلية، دون الحاجة إلى الاستيراد المكلف اقتصاديا، والمهدد أمنيا، وغير المستدام من وجهة النظر البيئية والاجتماعية والاقتصادية أيضا.

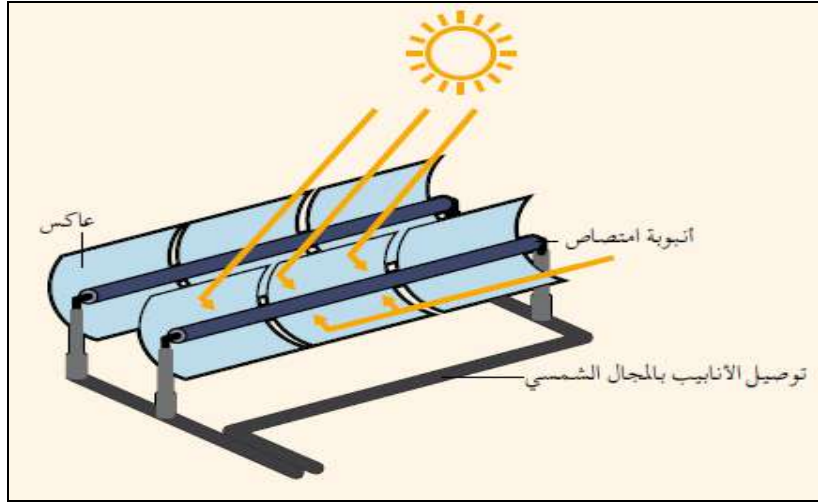
(١) انظر: هواري عبد القادر، الكفاءة الاستخدامية لاستغلال الطاقات المتجددة في الاقتصاديات العربية (١٩٥، ١٩٦).

### أولاً: تقنيات وتطبيقات الطاقة الشمسية

ويمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية وطاقة كهربائية من خلال آليتي التحويل الحراري والتحويل الكهروضوئي للطاقة الشمسية.

#### (١) آلية التحويل الحراري

يُعتبر المُجمَع الشمسي هو العنصر الرئيسي في الأنظمة الحرارية الشمسية الفاعلة، ويتكون المجمع الشمسي اللوحي المسطح من لوح أسود بقنوات ملحقة، ومن خلاله يمر سائل كي يتم تسخينه. ويمكن تصنيف مجمعات الألواح المسطحة إلى: مجمعات غير مُطَيِّئَة، وهي التي تناسب إنتاج حرارة بدرجات أعلى قليلاً من درجات الحرارة المحيطة؛ ومجمعات مطلية، وهي التي لها صفحة من زجاج أو مادة شفافة أخرى توضع موازية للوح وتكون فوقه على بعد سنتيمترات معدودة، بحيث تجعل من المناسب إنتاج حرارة بدرجات تتراوح بين ٣٠ و ٦٠ درجة مئوية؛ أو مفرغة، وهي التي تشبه المطلية غير أن المساحة بين اللوح والزجاج يتم تفريغها ليكون بإمكان هذا النوع من المجمعات أن ينتج حرارة بدرجات تتراوح بين ٥٠ و ١٢٠ درجة. ولكي يقاوم ذلك النوع من المجمعات الفراغ عادة ما توضع ألواح المجمع المفرغ داخل أنابيب زجاجية، وهي الأنابيب التي تشكل كلاً من الطبقة المطلية للمجمع وحاويته.<sup>(١)</sup>



وعاء مجمَع لتقنية تركيز الطاقة الشمسية

Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 62.

وفي النوع المفرغ يوضع دهان أسود خاص يسمى (سطح انتقائي) على اللوح ليساعد على منع إعادة انبعاث الحرارة الممتصة؛ ومثل هذه الدهانات غالباً ما تستخدم على النوع المطلي غير المفرغ كذلك. وتتراوح الكفاءات النموذجية للمجمعات الشمسية المستخدمة في نطاق حرارتها الملائم بين ٤٠٪ و ٧٠٪ في حالة الشمس التامة.

(١). Bloomberg (2010). Bloomberg New Energy Finance - Renewable Energy Data. Available at: bnef.com/.

وتستخدم المجمعات ذات الألواح المسطحة بشكل شائع لتسخين الماء للأغراض المنزلية والتجارية، لكنها يمكن أن تستخدم كذلك في التدفئة الشمسية الفاعلة لتوفير التدفئة لرفاهية المباني. ويمكن الحصول على التبريد الشمسي باستخدام مجمعات شمسية لتوفير حرارة لتشغيل دائرة تبريد امتصاصية.

ومن التطبيقات الأخرى للحرارة المستمدة من الشمس العمليات الحرارية الصناعية، والتطبيقات الزراعية مثل تجفيف المحاصيل، والطهي. وتعد خزانات المياه العنصر الأكثر شيوعاً في الاستخدام لتخزين الحرارة أثناء فترة النهار. وتوفر هذه الأنظمة التي تكملها مصادر طاقة أخرى، بشكل نموذجي من ٤٠٪ إلى ٨٠٪ من الحاجة إلى طاقة الحرارة للتطبيق المستهدف.

وبالنسبة للتدفئة الشمسية السلبية، فإن المبنى نفسه - خاصة نوافذه - يعمل كمجمع شمسي، وتستخدم الطرق الطبيعية لتوزيع الحرارة وتخزينها. والعناصر الأساسية للبناء الحراري السلي هي نوافذ مواجهة لخط الاستواء تكون عالية الفاعلية وكتلة حرارية داخلية ضخمة. كذلك يجب أن يكون المبنى معزولاً تماماً، وتدمج وسائل مثل أدوات الظل لمنعه من التدفئة الزائدة. وهناك سمة أخرى للتسخين الشمسي السلي وهي (ضوء النهار)، الذي يدمج استراتيجيات خاصة لتعظيم استخدام الضوء (الشمسي) الطبيعي في المباني. أظهرت الدراسات أنه بفضل التكنولوجيا الحالية، وباستخدام هذه الاستراتيجيات في المباني الجديدة في شمال أوروبا أو أمريكا الشمالية، يمكن تقليل احتياجات المبنى من الحرارة بنسبة تبلغ ٤٠٪. وبالنسبة للمباني القائمة، وغير المباني الجديدة، التي يتم إدخال مفاهيم التدفئة السلبية إليها يصل تقليل الاحتياجات إلى ٢٠٪<sup>(١)</sup>.

ويمكن لمباني المستقبل أن تزود بألواح الطاقة الشمسية، إذا أدمجت في مراحل التخطيط المبكرة - بما في ذلك الألواح الكهروضوئية، والمجمّع الحراري، و(هجين) الجمع الألواح الكهروضوئية والحرارية - ما سيشكل تقريباً جميع مكونات السقف والواجهات. على سبيل المثال، تقوم رؤية (برنامج تقنية الطاقة الشمسية الحرارية الأوروبية) على بناء (المبنى الشمسي النشط) كمعيار للمباني الجديدة بحلول عام ٢٠٣٠، حيث يغطي المبنى الشمسي النشط، في المتوسط، كل طلبه على الطاقة لتسخين المياه وتكييف المساحات.

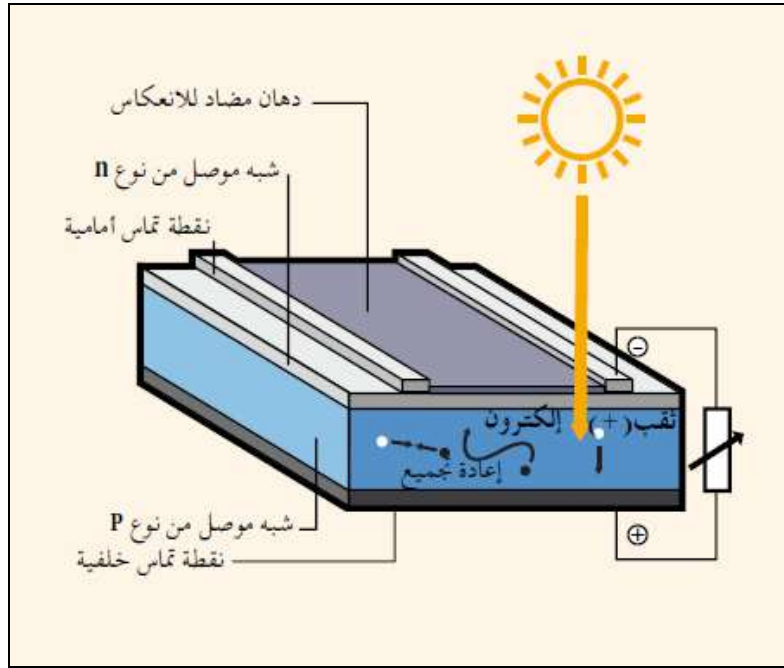
ولتسليط الضوء على التقدم الحاصل في مجال الطاقة الشمسية السالبة، يمكن التمييز بين مناخين: الذي يسيطر عليها الطلب لأغراض التدفئة، والذي يسيطر عليها الطلب لأغراض التبريد. فبالنسبة للأول، يُتوقع أن يتم الاعتماد على نطاق أوسع على العناصر التالية: التزجيج المخلخل (في مقابل المُحكّم)، والعزل الديناميكي الخارجي أثناء الليل، وأنظمة الزجاج الشفاف التي يمكن أن تغير تلقائياً نفاذية الشمس/الرؤية كما يمكنها أيضاً أن توفر قيم عزل مُحسّنة. أما بالنسبة للآخر، هناك توقعات بزيادة استخدام أسطح باردة (أي سقوف ذات ألوان فاتحة تعكس الطاقة الشمسية)؛ وتقنيات تبديد الحرارة مثل استخدام الأرض والمياه أحواضاً للتسخين؛ والأساليب التي من شأنها تحسين المناخ المحلي حول المباني؛ وأجهزة التحكم في الطاقة الشمسية التي تسمح بتغلغل مكون الإضاءة، وليس الحرارة، من الطاقة الشمسية. ولكلا المناخين، من المتوقع تحسين التخزين الحراري ليكون جزءاً من مواد البناء. ومن المتوقع أيضاً ظهور طرق محسنة لتوزيع الحرارة

(١) انظر: روبرت ل. إيفانز، شحن مستقبلنا بالطاقة. مدخل إلى الطاقة المستدامة، ترجمة: د. فيصل حردان (١٣٦).

الشمسية الممتصة حول المبنى و/أو إلى الهواء الخارجي، وذلك ربما باستخدام أساليب نشطة مثل المراوح. ومن المتوقع أن تقوم أدوات التصميم المحسنة بتسهيل هذه الأساليب المختلفة المحسنة.

## (٢) آلية التوليد الكهروضوئي

وتتم هذه الآلية - في أبسط تعريفاتها - بوضع لوح رفيع من مادة شبه موصلة مثل السيليكون مقابل الشمس. ويتكون هذا اللوح، المعروف بالخلية، من طبقتين متميزتين يتشكلان بواسطة شوائب مدخلة في السيليكون فتؤدي إلى وجود طبقة من نوع n وأخرى من نوع p تشكل نقطة اتصال على الواجهة. والفوتونات الشمسية التي تضرب الخلية تولد أزواجاً من ثغرات الكترونية يفصل بينها مكانياً مجال كهربائي داخلي عند نقطة الاتصال. وينتج عن هذا شحنات سالبة على جانب واحد من الواجهة وشحنات موجبة على الجانب الآخر. كما يحدث هذا الفصل الناتج بين الشحنات جهداً كهربياً. وعندما يوصل جانباً الخلية المنارة بشحنة، يتدفق التيار من جانب الجهاز عبر الشحنة إلى الجانب الآخر من الخلية مولداً بذلك الكهرباء.



مخطط جهاز أشباه الموصلات الضوئية للتحويل المباشر من الطاقة الشمسية إلى كهرباء

Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 61.

وقد بدأت تلك التقنية بتوليد الكهرباء للمناطق النائية، ثم ما لبثت ان تحولت اليوم إلى صفوف من خلايا التحويل الشمسية التي توفر القدرة للصناعة، كما وفرت إضافات رئيسية إلى تجهيزات الكهرباء وخاصة في المناطق المشمسة، وشهد سؤال (الكلفة في مقابل القدرة والكفاءة) إجابات مهمة أدت إلى تحسن كبير في الكفاءة وخفض كبير في التكلفة، وهو ما نراه في انتشار الخلايا الشمسية اليوم.<sup>(١)</sup>

(١) انظر: إدوارد. س كاسيدي، بيتر ز. غروسمان، مدخل إلى الطاقة. المصادر والتكنولوجيا والمجتمع، ترجمة: صباح صديق الديملوجي (٣٧٧).



وقد تطورت تقنيات فولتضوئية متنوعة بشكل متزامن. وتتضمن التقنيات الفولتضوئية المتاحة تجارياً كهرباء ضوئية سيليكونية بلورية قائمة على رقائق، وكذلك تقنيات الفيلم الرقيق لثنائي (سيلينيد/ثنائي سلفيد إنديوم/غالسيوم النحاس CIGS، وتيلوريد كادميوم CdTe) وسيليكون فيلم رقيق (سيليكون لابلوري وبلوري)، وخلايا شمسية صبغية. بالإضافة إلى ذلك، هناك مفاهيم فولتضوئية مركزة متاحة تجارياً، توضع فيها خلايا ذات فعالية عالية (مثل مواد قائمة على (أرسينيد جاليوم) في بؤرة مرايا التركيز أو المجمعات الأخرى مثل عدسات فرنزل. وتتمثل التقنيات السائدة في المجال الفولتضوئي من رقائق السيليكون البلورية الأحادية والمتعددة (بما في ذلك التقنيات الشريطية) في سوق الفولتضوئية، بنصيب من سوق عام ٢٠٠٩ بلغ حوالي ٨٠٪. وتتضمن ذروة الفعالية التي تحققها أنواع الخلايا المتنوعة أكثر من ٤٠٪ لخلايا المجمعات القائمة على أرسينيد جاليوم، وحوالي ٢٥٪ للبلورية الأحادية، و ٢٠٪ للبلورية المتعددة وثنائي (سيلينيد/ثنائي سلفيد إنديوم/غالسيوم النحاس CIGS، و ١٧٪ لتيلوريد كادميوم CdTe، وحوالي ١٠٪ للسيليكون اللابلوري. وتنظّم مجموعات الخلايا جنباً إلى جنب بصورة نموذجية تحت ورقة شفافة (في العادة من زجاج) وموصلة على شكل متتالي لتشكيل (وحدة) بأبعاد تصل إلى ١×١م جهة الفعالية. ومن المهم أن نميز بين فعالية الخلية وفعالية الوحدة؛ إذ تمثل الأخيرة عادة ٥٠٪ مقارنة بـ ٨٠٪ للأولى<sup>(١)</sup>.

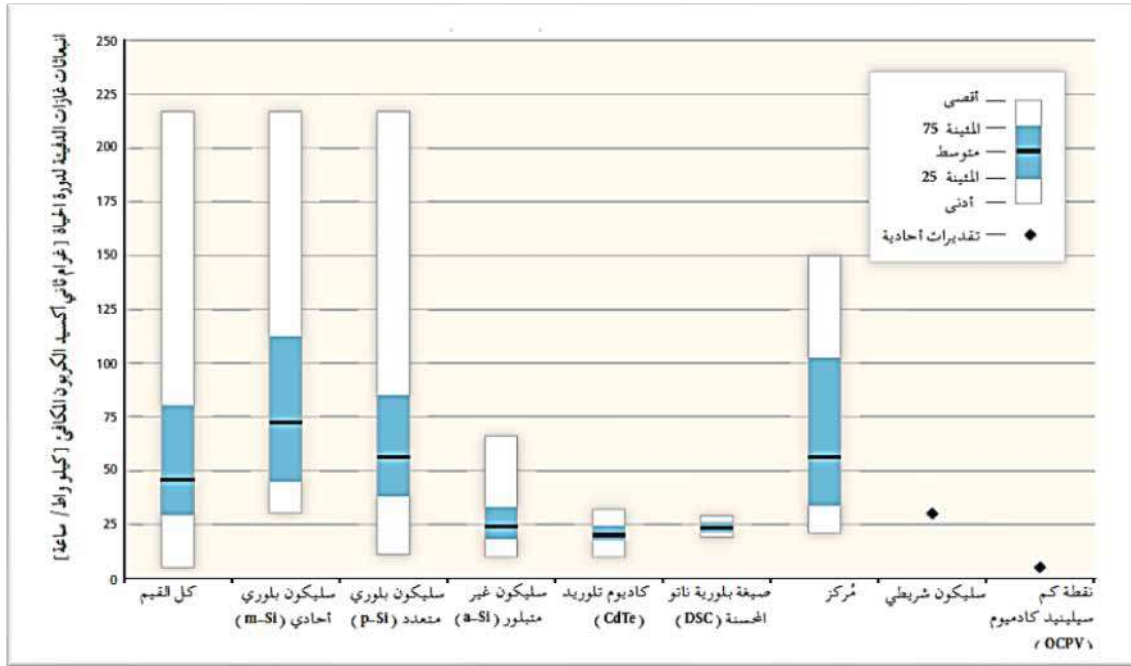
ويستمر المصنّعون في تحسين الأداء وتقليل التكاليف بفضل الأتمتة وتطور التقنيات، والمعالجة السريعة للخلايا، وتصنيع منخفض الكلفة وعالي الإنتاجية. وعادة ما يضمن المصنّعون أداء الوحدات لمدة 20 إلى 30 سنة.

ويشمل تطبيق أشباه الموصلات الضوئية للطاقة المفيدة أكثر من مجرد خلايا ووحدات؛ فنظام أشباه الموصلات الضوئية، على سبيل المثال، سوف يتضمن في كثير من الأحيان عاكساً لتحويل التيار المستمر من الخلايا إلى تيار متردد ليتوافق مع الشبكات والأجهزة المشتركة. أما بالنسبة للتطبيقات غير المتصلة بالشبكة، فقد يشمل النظامُ أجهزة تخزين، مثل البطاريات. والعمل جارٍ لكي تصبح هذه الأجهزة أكثر جدارة بأن يعول عليها أكثر، ولتخفيض تكلفتها، ويطول عمر استخدامها ليوازي عمر استخدام الوحدات.

وتنقسم نظم طاقة أشباه الموصلات الضوئية إلى نوعين رئيسيين: غير متصل بالشبكة، ومتصل بالشبكة. كما تنقسم النظم المتصلة بالشبكة نفسها إلى نوعين: موزعة ومركزة. ويتكون النظام الموزع من عدد كبير من محطات توليد الكهرباء المحلية الصغيرة، وبعضها يمد الكهرباء أساساً إلى الزبائن في مواقعهم، وتقوم الكهرباء المتبقية بتغذية الشبكة من ناحية أخرى. ويعمل النظام المركزي بصفته محطة كهرباء كبيرة. وعادة ما تخصص النظم غير المتصلة بالشبكة لمجموعة واحدة أو مجموعة صغيرة من الزبائن، كما تتطلب عموماً عنصر تخزين الطاقة الكهربائية أو الطاقة الكهربائية الاحتياطية. وتنطوي هذه الأنظمة على إمكانات كبيرة في المناطق غير المزودة بالكهرباء.

(١) NREL (2011a). Solar PV Manufacturing Cost Model Group: Installed Solar PV System Prices. Presentation to SEGIS\_ADEPT Power Electronic in Photovoltaic Systems Workshop, Arlington, VA, USA, 8 February 2011. NREL/PR-6A20-50955.

وعلى الرغم من أن تقنيات (الكهروضوئية) تعتبر الآن تقنية ناضجة نسبياً، لا يزال التوليد للكهروضوئية يشهد تحسينات سريعة في الأداء والتكلفة، ومن المتوقع استمرار هذا التقدم المطرد. وتبذل الجهود اللازمة حتى في إطار من التعاون الحكومي الدولي، مع استكمال خرائط الطريق. وبالنسبة للتقنيات الفولتضوئية المختلفة، تم التعرف على أربع فئات تقنية واسعة - تتطلب كل منها مناهج بحث وتطوير محددة - على النحو التالي: كفاءة الخلية واستقرارها وعمرها؛ وإنتاجية الوحدة وتصنيعها؛ والاستدامة البيئية؛ والقابلية للتطبيق. وكلها تشمل توحيداً للمعايير والتنسيق. وبالتطلع إلى المستقبل، يمكن تصنيف التقنيات الفولتضوئية في ثلاث فئات رئيسية هي: الحالية؛ والناشئة، التي تمثل مخاطر متوسطة مع خط منتصف المدة الزمنية (من ١٠ إلى ٢٠ عاماً)؛ وتقنيات عالية المخاطر في عام ٢٠٣٠ وما بعدها، التي لها إمكانيات غير عادية، لكنها تتطلب اختراقات فنية. والأمثلة على الخلايا الناشئة تشمل الأفلام الرقيقة متعددة الوصلات وبلورية كريسستالات السليكون في نطاق سمك فرعي ١٠٠ ميكرون. وأمثلة على الخلايا عالية المخاطر تشمل الخلايا الشمسية العضوية، وأجهزة البيوميمتيك وتصاميم الكم النقطية التي لديها القدرة على زيادة الحد الأقصى من الكفاءة زيادة كبيرة. وهناك عمل مهم ينبغي القيام به على توازن النظم، الذي يضم العواكس، والتخزين، ووحدات التحكم في الشحن، وهياكل النظام وشبكة الطاقة.



انبعاثات غازات الدفيئة من دورات الحياة للوحدات الفولتضوئية

Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 67.

### (٣) توليد الكهرباء من تركيز الطاقة الشمسية

تنتج تقنيات مركّزات الطاقة الشمسية الكهرباء عن طريق تركيز أشعة الشمس لتسخين وسيط يُستخدم بعد ذلك (سواء كان ذلك بشكل مباشر أو غير مباشر) في تشغيل المحرك الحراري (مثلاً، التوربين البخاري) لتحريك مولد كهربائي. وتستخدم مركّزات الطاقة الشمسية فقط مكون الشعاع من أشعة الشمس،

وهكذا تقتصر الاستفادة في أقصى صورها على نطاق جغرافي محدود. ويُجمَعُ المكثفُ أشعةَ الشمس في نقطة (نقطة التركيز) عند استخدامها في أنظمة المُستقبِل المركزي أو الأطباق و مُجمع كذلك في خط (خط التركيز) عند استخدامها في أنظمة الحوض أو أنظمة فريزنل الخطية. ويمكن استخدام هذه النظم نفسها أيضاً لحفز العمليات الكيميائية الحرارية لإنتاج الوقود. وفي المُركّزات الحوضية، تقوم صفوف طويلة من العاكسات القطعية المكافئة التي تتبع حركة الشمس بتركيز الإشعاع الشمسي تقريباً من ٧٠ إلى ١٠٠ مرة على عنصر جمع الحرارة المثبت على طول خط العاكسات.

وتستعمل أنظمة (المجمعات الشمسية التركيزية) مرآة واحدة، أو أكثر من المرايا العاكسة لتركيز حزمة من أشعة الطاقة الشمسية على نقطة محرقية لكي توفر مصدراً من الطاقة الحرارية ذا درجة حرارة عالية، والتي يمكن أن تستخدم بعد ذلك في أغراض تسخين الماء أو أي سائل آخر لتشغيل محرك الهواء الحار، أو تأمين بخار يتم استخدامه في منشأة توليد بخارية.<sup>(١)</sup>

ويضم عنصر جمع الحرارة أنبوباً داخلياً مُسوداً (مع سطح انتقائي) وأنبوباً خارجياً زجاجياً، مع وجود مساحة خالية بين الاثنين. وفي التصاميم التجارية الحالية، يجري زيت نقل الحرارة عبر أنابيب الصلب حيث يُسخن (حتى نحو ٤٠٠ درجة مئوية)، لكن بدأت تظهر حالياً أنظمة أخرى تستخدم مواد نقل حرارة مختلفة مثل جريان الملح المنصهر أو البخار المباشر.

والنوع الثاني من نظام خط التركيز، وهو نظام فريزنل الخطي، حيث يستخدم شرائط من المرايا المتوازية الطولية كمرکز، مرة أخرى مع مُستقبِل خطي ثابت. ويستخدم أحد نظامي نقطة التركيز، وهو المُستقبِل المركزي - ويُسمى أيضاً (برج الطاقة) - مصفوفة من المرايا على الأرض، كل منها يتتبع الشمس على محورين وذلك لتركيز أشعة الشمس في نقطة على قمة برج طويل. وتوجّه نقطة التركيز إلى مُستقبِل يضم تجويفَ تحويل مثبت و/أو أنابيب يجري فيها سائل نقل الحرارة. ويمكن أن تصل إلى درجات حرارة (حتى ١٠٠٠ درجة مئوية) أعلى من أنواع خط التركيز، ما يسمح للمحرك الحراري (على الأقل نظرياً) بتحويل مزيد من الحرارة التي تم جمعها إلى طاقة كهربائية. وفي النوع الثاني من نظام نقطة التركيز، يُستخدم طبق التركيز، وهو عاكس قِطعي مكافئ وحيد (في مقابل مصفوفة من العاكسات) يتتبع الشمس على محورين، في عملية التركيز. ويركز الطبقة الأشعة الشمسية على مُستقبِل غير ثابت، لكن يتحرك مع الطبق، حيث يبعد بمقدار قطر طبق واحد فقط. ويمكن أن تصل درجات الحرارة في محرك المُستقبِل حتى ٩٠٠ درجة مئوية. وفي أحد مظاهر الانجاز الشعبية لهذا المفهوم، يتم تركيب محرك (ستيرلينج) الذي يشغل مولداً كهربائياً على المركز. ووحدات طبق (ستيرلينج) صغيرة نسبياً، وتنتج عادة ما بين ١٠ إلى ٢٥ كيلو واط، لكن يمكن تجميعها في حقل تهيئة لتحقيق ناتج كهربائي أكبر فيما يشبه محطة مركزية.

وتتسم الأنواع الأربعة المختلفة من مركّزات الطاقة الشمسية بمزايا وعيوب نسبية. فقد بُنيتُ وجربت الأنواع الأربعة جميعاً. ويتمثل أحد مزايا تقنيات مركّزات الطاقة الشمسية (باستثناء الأطباق) هو قدرتها على تخزين الطاقة الحرارية بعد جمعها في المُستقبِل وقبل إرسالها إلى محرك الحرارة. وتشمل وسائط التخزين

(١) انظر: روبرت ل. إيفانز، شحن مستقبلنا بالطاقة. مدخل إلى الطاقة المستدامة، ترجمة: د. فيصل حردان (١٣٧).

المعتبرة الملح المصهور، والهواء المضغوط أو مراكمات البخار (للتخزين على المدى القصير فقط)، وجسيمات السيراميك الصلبة، ودرجة الحرارة المرتفعة، ومواد التغيير المرهلي، والجرافيت، والخرسانة ذات درجة الحرارة العالية. وتُبنى محطات لمركزات الطاقة الشمسية تجارياً بقدرات تخزين حرارية تصل إلى ١٥ ساعة، بما يسمح لمركزات الطاقة الشمسية بتوفير طاقة كهربائية قابلة للتوزيع.

وهناك تقنية أحدث قيد التجريب في الولايات المتحدة وهي فكرة الجرن الطويل المقوس التي تستخدم مصفوفة من مرايا قطع مكافئ تقوم بتركيز أشعة الشمس على أنبوب مستقبل يمتد على طول كل مرآة عند النقطة المحرقة. لا تتطلب هذه الفكرة برجاً نظراً إلى أن الطاقة الحرارية تُجمَع باستمرار بواسطة السائل الزيتي الحار الناقل للحرارة الذي يدفع في الأنابيب الممتدة على طول مصفوفة المرايا الخطية. ويستخدم مبادل حراري لنقل الطاقة الحرارية من الزيت الحار إلى الماء لدرجة الغليان، حيث إن البخار الناتج يستخدم ثانية لتوليد الكهرباء باستخدام دورة رينكين التقليدية. يتم صف جميع مرايا القطع المكافئ على طول محور شمال - جنوب، ويتم ميلانها أوتوماتيكياً لتتبع الشمس التي تجتاز السماء من الشرق إلى الغرب. وبذلك يتم تركيز المرايا على الشمس من أجل زمن الذروة المحتمل لرفع كمية الطاقة الشمسية الملتقطة إلى حدها الأعلى.<sup>(١)</sup>

وعلى الرغم من أن مركزات الطاقة الشمسية قد أثبتت جدواها بصفقتها تقنية نافعة، ماتزال تشهد تقدماً في التقنيات. وحيث تُبنى المصانع، يؤدي الإنتاج الكمي ووفورات الحجم إلى خفض التكاليف. وهناك مجال لاستمرار التحسن في كفاءة تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء، وذلك بشكل جزئي من خلال مجتمعات درجات الحرارة المرتفعة. ولزيادة درجة الحرارة والكفاءة، يتم تطوير بدائل لاستخدام النفط وسوائل نقل حرارة - مثل المياه (التي تغلي في المستقبل) أو الأملاح المنصهرة - ما يسمح بارتفاع درجة حرارة التشغيل. أما بالنسبة لأنظمة الاستقبال المركزية، يمكن أن تكون الكفاءة الشاملة أعلى بسبب أن درجات حرارة التشغيل مرتفعة، ويُتوقع المزيد من التحسينات لتحقيق الكفاءة القصوى (من تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء) بمقدار مرتين تقريباً أكبر من تلك النظم القائمة، ما يصل إلى ٣٥٪. وسوف تستفيد تقنية الحوض من التطور المستمر في سطوح الطاقة الشمسية الانتقائية. وكما ستستفيد المستقبلات المركزية والأطباق من تحسن تصاميم الاستقبال/الامتصاص التي توفر مستويات عالية من الإشعاع الشمسي على التركيز.<sup>(٢)</sup>

#### (٤) إنتاج وقود شمسي

تحول تقنيات الوقود الشمسي الطاقة الشمسية إلى وقود كيميائي مثل غاز الهيدروجين، والغازات والسوائل الاصطناعية مثل الميثانول والديزل. والمسارات الثلاثة الأساسية لوقود الطاقة الشمسية، التي يمكن أن تعمل وحدها أو مجتمعة، هي: المسار الكهروكيميائي، والمسار الكيميائي الضوئي/البيولوجي الضوئي، والمسار الحراري الكيميائي. في المسار الأول، يُنتج الهيدروجين بواسطة عملية التحليل الكهربائي مُحفَظاً بطاقة كهربائية مستمدة من الطاقة الشمسية التي يولدها نظام كهروضوئي أو نظام مركزات الطاقة الشمسية. والتحليل الكهربائي للماء هو عبارة عن تقنية قديمة ومفهومة جيداً، وتحقق كفاءة تحويل من الكهرباء إلى

(١) السابق (١٤٠).

(٢) IEA (2010b). Technology Roadmap, Concentrating Solar Power. International Energy Agency, Paris, France, 48 pp.



الهيدروجين تصل عادة إلى ٧٠٪. وفي المسار الثاني، تُستخدم الفوتونات الشمسية لحفز التفاعلات الكيميائية الضوئية أو البيولوجية الضوئية، والمنتجات التي تنتج عنها هي وقود: أي أنها تحاكي ما تفعله النباتات والكانات الحية. وبالمثل، يمكن استخدام مواد كهروضوئية، مثل أنود امتصاص الضوء الشمسي في خلايا كيميائية كهروضوئية، التي تولد الهيدروجين أيضاً عن طريق تحلل المياه. وفي المسار الثالث، تستخدم الحرارة المستمدة من الطاقة الشمسية المأخوذة من درجة الحرارة العالية (مثل تلك يتم الحصول عليها في مُستقبل محطة استقبال مركبات الطاقة الشمسية) لحفز تفاعل كيميائي ماص للحرارة، وهو الذي يُنتج الوقود. هنا، يمكن أن تشمل المتفاعلات تركيبات من الماء، وثنائي أكسيد الكربون، والفحم، والكتلة الأحيائية والغاز الطبيعي. ويمكن للمنتجات، التي تشكل وقود الطاقة الشمسية، أن تكون أياً مما يلي: الهيدروجين، والغازات المركبة، والميثانول، ثنائي ميثيل الأثير والزيت الاصطناعي. وعندما يُستخدم الوقود الأحفوري كمتفاعل، ستفوق القيم الحرارية الإجمالية للمنتجات الخاصة بالمواد المتفاعلة، بحيث يحتاج إلى حرق أقل من الوقود الأحفوري لإطلاق الطاقة نفسها. كما يمكن أيضاً اصطناع الطاقة الشمسية من الهيدروجين الشمسي ومن ثاني أكسيد الكربون لإنتاج هيدروكربونات متوافقة مع البنية الأساسية الحالية للطاقة.

والتحليل الكهربائي للطاقة الشمسية باستخدام التوليد الفولتضوئي أو مركبات الطاقة الشمسية متوفر لتطبيقات متخصصة، لكنه لا يزال مكلفاً. ويجري تنفيذ العديد من الطرق لتطوير تقنية تقلل من تكلفة الوقود الشمسي. وتشمل هذه خلايا التحليل الكهربائي للأكسيد الصلب، والخلية الكيميائية الكهربائية الضوئية (التي تجمع بين كافة الخطوات في التحليل الكهربائي للطاقة الشمسية في وحدة واحدة)، والعمليات الحرارية والكيميائية المتقدمة، وعمليات التحليل الكيميائي الضوئي والبيولوجي الضوئي - أحياناً - في مجموعات يتكامل فيها الاصطناعي الضوئي مع نظم بيوميميتيك إنسانية وإنتاج الهيدروجين البيولوجي الضوئي.

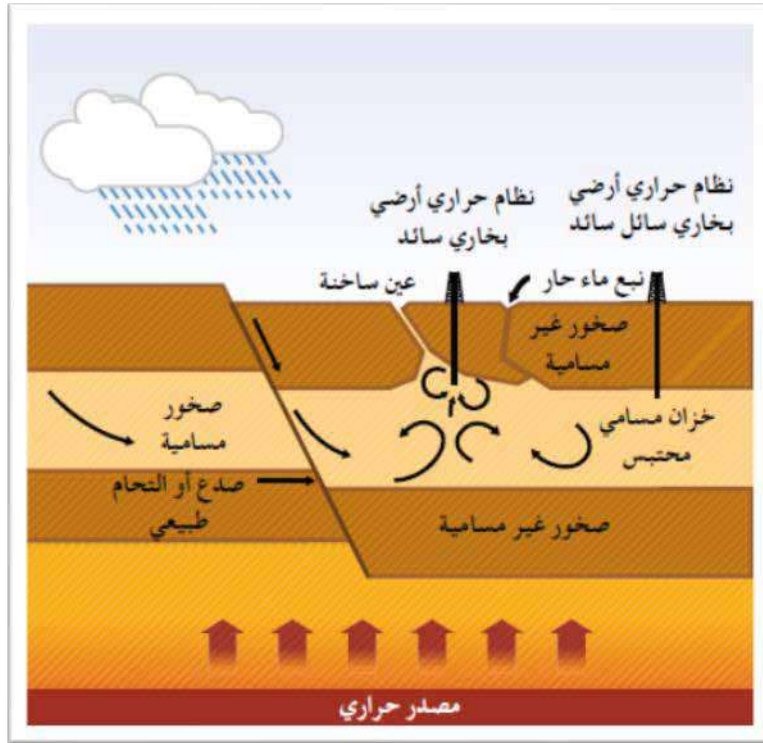
وهناك وسائل أخرى قيد الدراسة لإنتاج الكهرباء باستخدام تقنيات الطاقة الشمسية الحرارية من دون وسيط وتشمل الوسائل الكهربائية الحرارية، والأيونية الحرارية، والهيدروديناميكية المغناطيسية وطرق المعادن القلوية. كما اقترحت كذلك الطاقة الشمسية الفضائية، التي تبث فيها الطاقة الشمسية في الفضاء ويتم جمعها عن طريق الموجات الصغرى إلى هوائيات الاستقبال على الأرض.

### ثانياً: تقنيات وتطبيقات الطاقة الحرارية الأرضية

يجرى استخراج الطاقة الحرارية الأرضية حالياً باستخدام آبار ووسائل أخرى تنتج سوائل ساخنة من: (أ) خزانات حرارية مائية لها نفاذية عالية بصورة طبيعية، أو (ب) النظم الحرارية الأرضية المعززة أو المصممة هندسياً بمسارات اصطناعية للسوائل. والتقنيات المستخدمة في توليد الكهرباء من الخزانات الحرارية المائية ناضجة ويُعتمد عليها، وهي مستخدمة منذ نحو ١٠٠ سنة. كذلك فإن التقنيات المستخدمة للتسخين المباشر باستخدام مضخات الحرارة الأرضية لتدفئة المدن وغير ذلك من التطبيقات، ناضجة هي الأخرى. والتقنيات المستخدمة في النظم الحرارية الأرضية المصممة هندسياً في مرحلة الإثبات لجدواها.

والطاقة الكهربائية المستخرجة من الطاقة الحرارية الأرضية ملائمة بصفة خاصة للإمداد بطاقة حمل الأساس، ولكن يمكن أيضاً نقلها واستخدامها للوفاء بالطلب في أوقات الذروة. ومن ثم، فإن الطاقة الكهربائية المستمدة من الحرارة الأرضية يمكن أن تكمل التوليد المتباين للكهرباء.

وحيث إن الموارد الحرارية الأرضية موجودة تحت الأرض، فقد تطورت أساليب استكشافها (بما في ذلك المسوحات الجيولوجية، والكيميائية الأرضية والجيوفيزيائية) لتحديد مواقعها وتقييمها. وتتمثل أهداف استكشاف الحرارة الأرضية في تحديد خزانات الحرارة الأرضية المتوقعة وتحديد مرتبتها قبل الحفر. وحالياً، يتم حفر الآبار الحرارية الأرضية لطائفة من الأعماق تصل إلى ٥ كم باستخدام أساليب الحفر الدوّار التقليدية المماثلة لتلك التي تستخدم للوصول لخزانات النفط والغاز. وتتيح تقنيات الحفر المتقدمة التشغيل في ظل درجات الحرارة العالية وتوفر قدرة على تحديد الاتجاهات.



مخططات تبين موارد (حرارية مائية) حملية

المصدر: التقرير الخاص بشأن مصادر الطاقة المتجددة التخفيف من آثار تغير المناخ، إصدار الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ التابعة للأمم المتحدة، ٢٠١١ (٧٤).

والأنواع الأساسية لمحطات الطاقة الحرارية الأرضية المستخدمة حالياً هي التوربينات التي تكثف البخار ووحدات الدورة الثنائية. ويمكن أن تكون محطات التكثيف من نوع البخار الوميضي أو الجاف (والأخير لا يتطلب فصل الماء المالح، وتنتج عليه بالتالي محطات أكثر بساطة وأقل تكلفة) وهي أكثر شيوعاً من الوحدات الثنائية. ويتم تركيبها في الموارد متوسطة وعالية درجات الحرارة (تفوق أو تساوي ١٥٠ درجة مئوية) بقدرات تتراوح عادة بين ٢٠ و ١١٠ ميغا واط كهرباء. وفي محطات الدورة الثنائية، تمر السوائل الحرارية الأرضية من خلال مبادل حراري يقوم بتسخين سائل تشغيل آخر له نقطة غليان منخفضة، يتبخر ويحرك التوربين. وهي تسمح باستخدام الخزانات الحرارية المائية الأقل في درجة حرارتها وخزانات النظم الحرارية الأرضية المصممة

هندسياً (عادة من ٧٠ درجة مئوية إلى ١٧٠ درجة مئوية)، ويتم تشييدها عادة كوحدة معيارية مترابطة وتبلغ قدرتها عدداً قليلاً من الميجا واط. وتتضمن المحطات المشتركة أو الهجينة نوعين أو أكثر من الأنواع الأساسية السابقة لتحسين تعدد الاستعمالات، وزيادة الكفاءة الحرارية العامة، وتحسين إمكانية تتبع الحمل، وتغطية بكفاءة نطاقاً واسعاً من درجات حرارة الموارد. وبشكل عام، فإن محطات التوليد المشترك، أو محطات توليد الحرارة والطاقة المشترك، تنتج الكهرباء والمياه الساخنة للاستخدام المباشر على حد سواء.<sup>(١)</sup>

وتتطلب خزانات النظم الحرارية الأرضية المصممة هندسياً محاكاة المناطق تحت السطحية حيث تكون درجات الحرارة مرتفعة بما يكفي لاستخدامها الفعال. ويتم إنشاء خزان يتكون من شبكة صدوع، أو تعزيره لتوفير مسارات للسوائل مترابطة جيداً بين آبار الحقن والإنتاج. ويتم استخراج الحرارة بتدوير المياه خلال الخزان في حلقة مغلقة ويمكن استخدامها لتوليد الطاقة وللتسخين الصناعي والسكني.

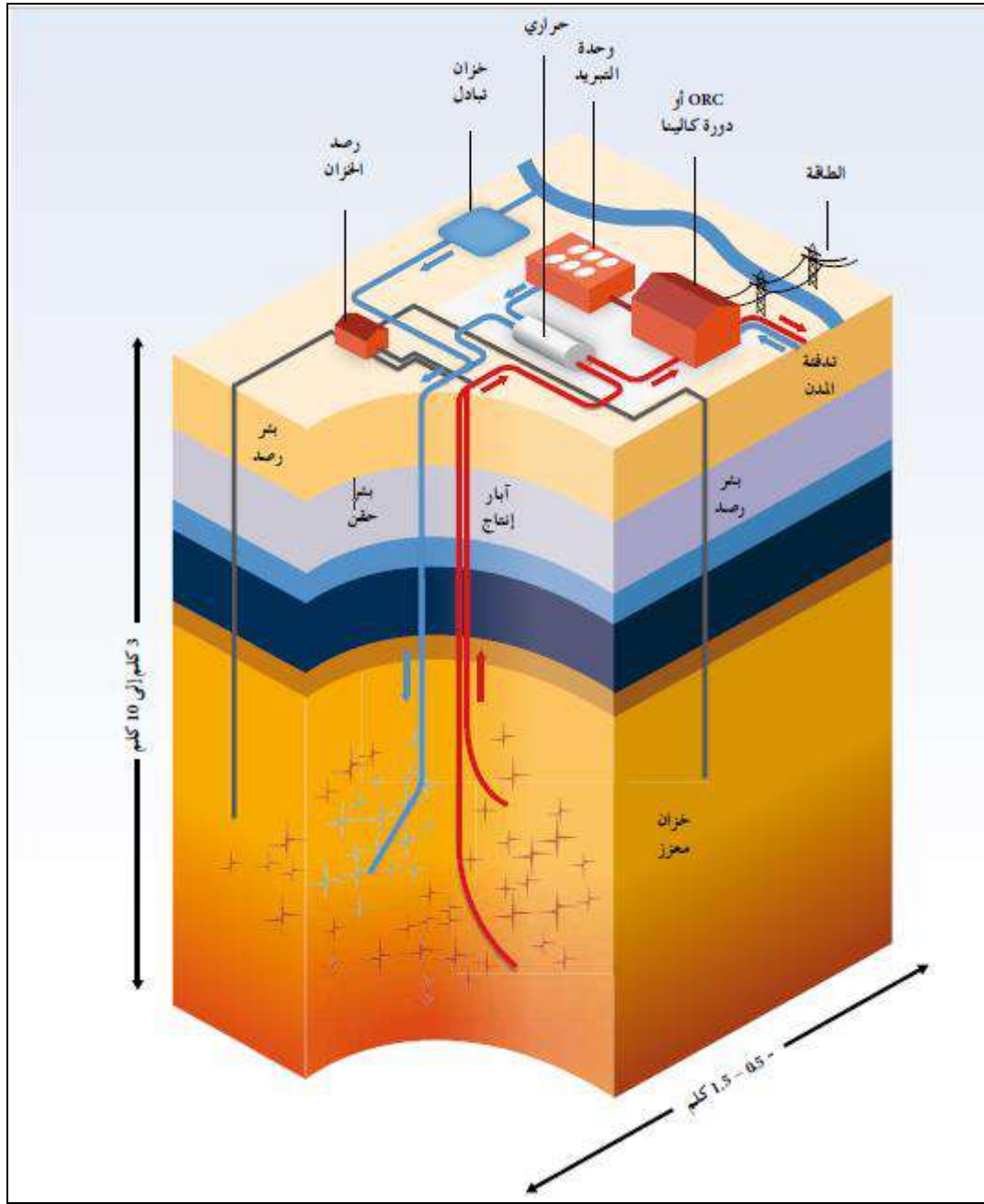
ويوفر الاستخدام المباشر تدفئة وتبريد المباني بما في ذلك تدفئة المدن، وبرك الأسماك، والدفئيات والحمامات، وأماكن العلاج الصحي، وحمامات السباحة، وتطهير المياه/وتحليتها، والحرارة الصناعية والحرارة اللازمة لتجهيز المنتجات الزراعية والتجفيف المعدني. ورغم أنه يمكن المجادلة بشأن ما إذا كان تطبيق المضخات الحرارية الأرضية تطبيقاً (حقيقياً) للطاقة الحرارية الأرضية أم لا، فإنه يمكن استخدامه في أي مكان في العالم تقريباً للتدفئة والتبريد، والاستفادة من حرارة الأرض أو المياه الجوفية الدائمة نسبياً في نطاق يمتد من ٤ درجات مئوية إلى ٣٠ درجة مئوية.<sup>(٢)</sup>

ويمكن تحقيق تكامل الموارد الحرارية الأرضية في كل أنواع أنظمة الإمداد بالطاقة الكهربائية. من الشبكات الكبيرة المترابطة للنقل على المستوى القاري إلى الاستخدام في الموقع في القرى الصغيرة، المنعزلة أو المباني المستقلة. ونظراً لأن الطاقة الحرارية الأرضية توفر بصورة نموذجية توليد الكهرباء في نطاق الحمل الأساسي، فإن تحقيق تكامل محطات الطاقة الجديدة في أنظمة الطاقة القائمة لا يمثل تحدياً كبيراً. فبالنسبة للاستخدام المباشر للحرارة الأرضية، لم تلاحظ أي مشاكل متعلقة بتحقيق التكامل، وبالنسبة للتبريد والتدفئة، فإن الطاقة الحرارية الأرضية (بما في ذلك المضخات الحرارية الأرضية) منتشرة بالفعل على الأصعدة المحلية والمجتمعية والخاصة بالمدن.

وهناك آفاق عدة لتحسين التقنية والابتكار يمكن أن تقلل تكلفة إنتاج الطاقة الحرارية الأرضية وتؤدي إلى استرداد أعلى للطاقة، وإطالة أجل الحقول والمحطات، وتحسين إمكانية الاعتماد عليها. وستساعد المسوحات الجيوفيزيائية المتقدمة، وإضفاء طابع مثالي على الحقن، وكبح جماح تكوّن القشور/والثحات، ونمذجة محاكاة الخزانات على نحو أفضل، في تقليل مخاطر الموارد عن طريق تحقيق التناسق الأفضل بين القدرة المركبة وقدرة التوليد المستدامة.

(١) انظر: روبرت ل. إيفانز. شحن مستقبلنا بالطاقة. مدخل إلى الطاقة المستدامة (١٧٥ - ١٧٩).

(٢) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 74.



مخططات تبين موارد (النظم الحرارية الأرضية الموجهة) موصلة.

Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 75.

وفي مجال الاستكشاف، فإن أعمال البحوث والتطوير مطلوبة لتحديد أماكن النظم الحرارية الأرضية المخبأة (أي تلك التي ليس لها مظاهر سطحية)، وأفاق النظم الحرارية الأرضية المصممة هندسياً. ويمكن أن يجعل الصقل والاستخدام الواسع لأدوات الاستشعار السريع للحرارة الأرضية، مثل أجهزة الاستشعار المستندة



إلى التصوير الفضائي والمحمولة جواً، التي تعمل بما فوق الطيف، والحرارة تحت الحمراء، والحساسية لكل الألوان عالية التحديد والعاملة بالرادار، جهود الاستكشاف أكثر فاعلية.<sup>(١)</sup>

ويتطلب الأمر إجراء بحوث خاصة في تقنيات الحفر وتشديد الآبار لتحسين معدل التغلغل عند الحفر في صخور صلبة ولتطوير تقنيات الفتحة النحيلة المتقدمة، لتحقيق الأهداف العامة الخاصة بتقليل التكلفة وزيادة عمر الاستفادة من مرافق إنتاج الحرارة الأرضية.

ولا يزال في الإمكان تحسين نجاعة مختلف مكونات نظم محطات الطاقة الحرارية الأرضية والاستخدامات المباشرة للحرارة الأرضية، ومن المهم تطوير نظم للتحويل تستخدم الطاقة بفعالية أكبر في السوائل الحرارية الأرضية التي يتم إنتاجها.

وهناك إمكانية أخرى هي استخدام آبار النفط والغاز المناسبة والتي يحتمل أن تكون قادرة على الإمداد بالطاقة الحرارية الأرضية اللازمة لتوليد الطاقة.

ومشروعات الأنظمة الحرارية الأرضية هي قيد إثبات جدواها وفي مرحلة التجريب حالياً. وتتطلب الأنظمة الحرارية الأرضية المصممة هندسياً أساليب مبتكرة لمحاكاة قدرة الخزان على الربط والتوصيل بين آبار الحقن والإنتاج لبلوغ معدلات إنتاج تجاري مستدامة مع تقليل مخاطر الزلزال، وتحسين أجهزة المحاكاة العددية وأساليب التقييم للمتكمين من وضع تنبؤات يعول عليها للتفاعل الكيميائي بين السوائل الأرضية وصخور الخزانات الحرارية الأرضية.

كذلك يمكن تحقيق تكامل الموارد الحرارية الأرضية في كل أنواع أنظمة الإمداد بالطاقة فإن إمكانية استخدام ثاني أكسيد الكربون كسائل للتشغيل في الخزانات الحرارية الأرضية، خاصة في الأنظمة الحرارية الأرضية المصممة هندسياً، قيد الدراسة والتحقيق حيث إنه يمكن أن يوفر وسائل لتعزيز نشر الطاقة الحرارية الأرضية، وتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون فيما يجاوز مجرد توليد الكهرباء بمورد متجدد خال من الكربون.

ولا توجد حالياً أي تقنيات مستخدمة لاستخلاص الموارد الحرارية الأرضية الموجودة تحت البحر، لكن من الناحية النظرية، يمكن إنتاج الطاقة الكهربائية مباشرة من منفذ حراري مائي.

### ثالثاً: تقنيات وتطبيقات الطاقة المائية

تصمم الطاقة المائية عادة لتلائم احتياجات معينة وظروف موقع محددة، وتصنف وفقاً لنوع المشروع، أو الرأس (أي الارتفاع الرأسي لمنسوب الماء فوق التوربينات) أو الغرض (وحيدة الغرض أو متعددة الأغراض). وتستند فئات الحجم (القدرات المركبة) إلى تعريفات وطنية وتختلف في شتى أنحاء العالم نتيجة لتنوع السياسات. وليس ثمة صلة تلقائية مباشرة بين القدرات المركبة كمعيار للتصنيف والخصائص العامة

(١) انظر: جون ر. فانشي. الطاقة: التقنية والتوجهات للمستقبل، ترجمة: د. عبد الباسط علي كرمان (١٨٥ - ١٨٨).

الشائعة في كافة محطات توليد الطاقة المائية الأعلى من حد الميجاواط أو الأدنى منه. وخلاصة القول، فإن التصنيف وفقاً للحجم، وإن كان شائعاً وبسيطاً من الناحية الإدارية، يعتبر اعتبارياً إلى حد ما؛ إذ لا تمثل المفاهيم العامة مثل طاقة كهرومائية (صغيرة) أو (كبيرة) مؤشرات دقيقة فنياً أو علمياً عن الآثار أو الاقتصاديات أو الخصائص.

وقد يكون أجدى أن يقيم مشروع الطاقة المائية استناداً إلى استدامته أو أداؤه الاقتصادي، ومن ثم توضع مؤشرات أكثر واقعية. وما زالت مجمل الآثار البيئية والاجتماعية النسبية للعمليات الكبيرة لتنمية الطاقة المائية في مقابل العمليات الصغيرة، غير واضحة المعالم وتعتمد على السياق.

وتندرج محطات الطاقة المائية ضمن ثلاثة أنواع رئيسية للمشروعات: توليد الطاقة من جريان الأنهار، والتخزين، والتخزين بالضح. ولدى محطات توليد الطاقة المائية من جريان الأنهار أحواض امتصاص صغيرة بدون سعة تخزينية. ومن ثم فإن إنتاج الطاقة يتبع دورة الطاقة المائية لمستجمع المياه. وبالنسبة لمحطات توليد الطاقة المائية من جريان الأنهار، يتباين توليد الطاقة وفقاً للتغيرات في توافر المياه، ولذا يمكن تشغيلها باعتبارها متغيرة في الجداول الصغيرة للأنهار أو لمحطات لتوليد الحمل الأساسي للطاقة في الأنهار الكبيرة. وقد يكون لدى المحطات كبيرة الحجم لتوليد الطاقة المائية من جريان الأنهار قدرة محدودة على تنظيم تدفق المياه وإذا جرى تشغيلها في شلالات بصورة توافقيه مع تخزين الطاقة المائية في الأراضي الممتدة في منبع النهر، فقد تسهم في التنظيم العام وفي القدرة على تحقيق التوازن بين عدد كبير من محطات توليد الطاقة المائية. وتتمثل الفئة الرابعة في تقنية توليد الطاقة من مجرى النهر (حركية النهر)، وهي أقل نضجاً وتعمل على غرار توليد الطاقة من جريان الأنهار دون أي تنظيم.

وتوفر مشروعات توليد الطاقة المائية بخزانات (طاقة مائية بالتخزين) مجموعة واسعة النطاق من خدمات الطاقة مثل إتاحة الحمل الأساسي وحمل الذروة وتخزين الطاقة، وتعمل كمنظم لمصادر الطاقة الأخرى. وفضلاً عن ذلك، فإنها تتيح غالباً خدمات تتجاوز قطاع الطاقة، تشمل التحكم في الفيضانات، والإمداد بالمياه، والملاحة، والسياحة، والري. وتقوم محطات الضخ للتخزين بتجميع المياه كمصدر لتوليد الكهرباء. ويعكس اتجاه تدفق المياه لإنتاج الطاقة المائية حسب الطلب، بزمن استجابة سريع جداً. ويعد التخزين بالضح الشكل الأكبر سعة المتاح حالياً لتخزين الطاقة بالشبكة.<sup>(١)</sup>

وينبغي فهم مشكلتي نقل الرواسب والترسب في خزانات التجميع لما لهما من الآثار السلبية على أداء محطات توليد الطاقة المائية: مثل تآكل القدرة التخزينية للخزانات بمرور الوقت؛ وزيادة اضمحلال التيار الهابط؛ وزيادة خطر الفيضان في منبع الخزانات؛ وحدوث أضرار بتوليد الطاقة من جراء انخفاض كفاءة التوربينات؛ وزيادة تواتر عمليات الإصلاح والصيانة؛ وانخفاض عمر (صلاحية) التوربينات وعدم الانتظام في توليد الطاقة.

(١) انظر: د. سعود يوسف عياش. تكنولوجيا الطاقة البديلة (٥٤ - ٥٨).

ويمكن التحكم في مشكلة الترسب من خلال سياسات استخدام الأراضي وحماية الغطاء النباتي. وتتمتع الطاقة المائية بأفضل كفاءة للتحويل بين كافة المصادر المعروفة للطاقة (زهاء ٩٠٪ من الكفاءة، من الماء للكهرباء) ومعدل مرتفع جداً بالنسبة لعائد الطاقة.

ويتراوح عمر محطة التوليد المائية عادة بين ٤٠ و ٨٠ عاماً؛ إذ تبلى المكونات الكهربائية والميكانيكية ومعدات التحكم مبكراً مقارنة بالمنشآت المدنية، وعادة ما تحتاج إلى التجديد في غضون ٣٠ إلى ٤٠ عاماً. والارتقاء بمستوى محطات توليد الطاقة المائية يتطلب اتباع أسلوب منهجي، فثمة عدد من العوامل (الهيدروليكية والميكانيكية والالكترونية والاقتصادية) تضطلع بدور مهم في تحديد أسلوب العمل. ومن منظور تقني - اقتصادي، ينبغي إمعان النظر في عملية الارتقاء بالمستوى جنباً إلى جنب مع تدابير التجديد والتحديث. ويمكن إعادة تجهيز معدات توليد الطاقة المائية ذات الأداء المحسّن، لتلائم طلبات السوق بمزيد من وسائل التشغيل المرنة لتوليد الأحمال القصوى. وسيحتاج معظم معدات الطاقة المائية بقدرة ٩٢٦ جيغا واط العاملة عام ٢٠١٠ إلى تحديثها بحلول الفترة ٢٠٣٠ إلى ٢٠٤٠. وتؤدي عملية إعادة تجهيز محطات الطاقة المائية الحالية غالباً إلى تحسين قدرات توليد الطاقة المائية، سواء حينما يجري تجديد مستوى قدرة التوربينات أو الارتقاء بها أو حينما تعاد هيكلية المنشآت المدنية القائمة (القناطر و الهدارات والسدود والقنوات والترع وغير ذلك) لإضافة مرافق جديدة لتوليد للطاقة المائية.<sup>(١)</sup>

ورغم أن الطاقة المائية تمثل تقنية ثابتة الجدوى ومتطورة جداً، فمزال هناك مجال لمزيد من التحسينات، مثلاً بالإدارة المثلى للعمليات، وتخفيف الآثار البيئية أو الحد منها، والتكيف مع المتطلبات الاجتماعية والبيئية الجديدة، وتنفيذ حلول تقنية أكثر قوة ومردودية للتكاليف. وقد اقتربت التوربينات الكبيرة للطاقة المائية حالياً من الحد النظري للكفاءة، بنسبة تناهز ٩٦٪ من الكفاءة لدى التشغيل عند المستوى الأفضل للكفاءة، بيد أن هذا ليس ممكناً دوماً، ومازالت هناك حاجة إلى مواصلة البحوث لتيسير إجراء مزيد من عمليات التشغيل الكفء على نطاق أوسع للتدفقات.

وثمة الكثير من العمليات الجارية للابتكار التقني وبحوث المواد تهدف إلى توسيع نطاق التشغيل فيما يتعلق بتعلية منسوب المياه ومستوى تصريفها، وكذلك إلى تحسين الأداء البيئي والمصدقية والحد من التكاليف.

وتتمثل بعض التقنيات الواعدة قيد التطوير في: التقنية متغيرة السرعة، وتقنية المصفوفات، والتوربينات المدارة بحركية المياه، والتوربينات المقاومة للتآكل، والتقنية الجديدة للحفر وبناء السدود.

وقد تفتح التقنيات الجديدة الرامية إلى استغلال منسوب المياه المنخفض (< ١٥ متراً) أو شديد الانخفاض (< ٥ أمتار)، كثير من المواقع أمام الطاقة المائية لم تكن في المنال باستخدام التقنية التقليدية. ونظراً لأن معظم البيانات المتاحة عن الإمكانيات المحتملة للطاقة المائية تستند إلى أعمال ميدانية جرت منذ عدة عقود، حينما لم تكن الطاقة المائية المولدة من منسوب مياه منخفض تمثل أولوية عليا، فإن البيانات

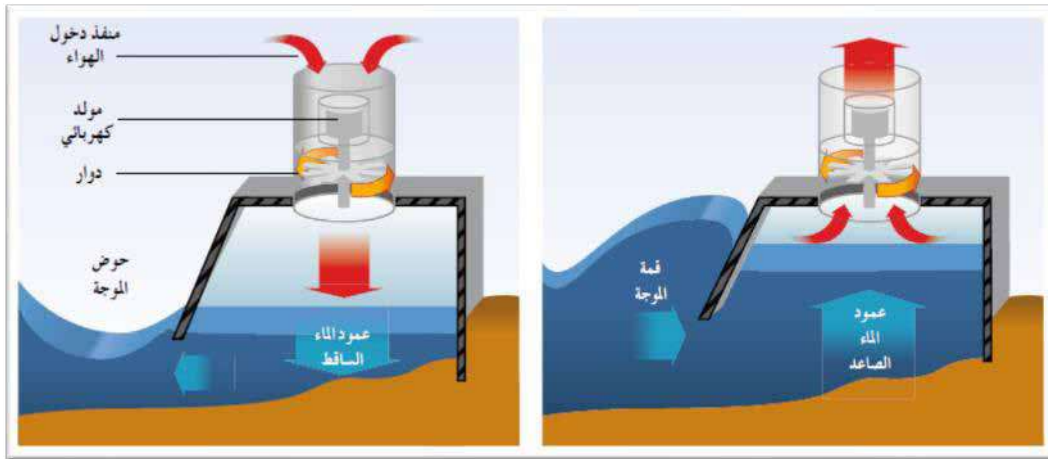
(١) IEA (2010d). *Renewable Energy Essentials: Hydropower*. International Energy Agency, Paris, France. 4 pp.

المتاحة بشأن إمكانيات الطاقة المائية المولدة من منسوب مياه منخفض ربما لم تكن كاملة. وأخيراً، ثمة إمكانية كبيرة لتحسين عمليات تشغيل محطات الطاقة المائية باستخدام أساليب جديدة للارتقاء بتشغيل المحطات صوب الأداء الأمثل لها.<sup>(١)</sup>

#### رابعاً: تقنيات وتطبيقات الطاقة البحرية

يتراوح الوضع الحالي لتطوير تقنيات الطاقة البحرية بين مراحل تحديد المفاهيم والبحث والتطوير البحتة، ومراحل تطوير النماذج الأولية والتجربة، في حين تعتبر تقنيات نطاق المد والجزر لوحدها تقنية ناضجة. وفي الوقت الحاضر هناك الكثير من الخيارات التقنية لكل مصدر من مصادر الطاقة البحرية، باستثناء مجموعة قناطر نطاق المد والجزر، كما لم يتحقق التقارب بين تلك التقنيات بعد. وعلى مدى العقود الماضية، أحرزت الصناعات البحرية الأخرى (تحديداً عمليات النفط والغاز في أعالي البحار) تقدماً كبيراً في مجالات المواد، والتشييد، والتآكل، والكابلات البحرية والاتصالات. ومن المتوقع أن تستفيد الطاقة البحرية استفادة مباشرة من التقدم في هذه المجالات.

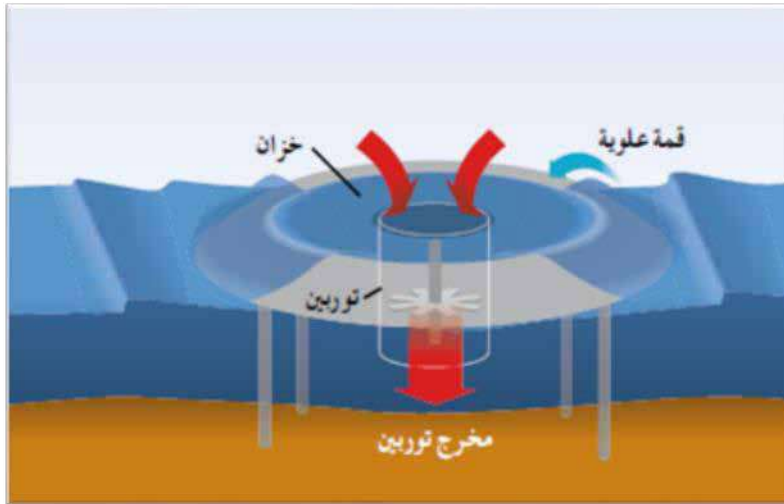
وقد جرى تصميم العديد من تقنيات طاقة الأمواج ممثلة في مجموعة من المبادئ التشغيلية، كما جرى تجربتها في العديد من الحالات لتحويل الطاقة من الأمواج إلى شكل من أشكال الطاقة القابل للاستخدام. وتشمل المتغيرات الرئيسية طريقة تفاعل الأمواج مع الحركات الخاصة بها (الرفع، والدفق، والانحدار)، وكذلك عمق المياه (العميقة، والمتوسطة، والضحلة) والمسافة الفاصلة عن الشاطئ (خط الشاطئ، وقريبة من الشاطئ، وبعيدة عن الشاطئ). ويمكن تصنيف تقنيات طاقة الأمواج إلى ثلاث مجموعات: أعمدة المياه المتذبذبة (أعمدة المياه المتذبذبة: ذات القاعدة الساحلية، العائمة)، والأجسام المتذبذبة (الطافية على السطح، والمغمورة)، والنبائط العلوية (ذات القاعدة الساحلية، العائمة).



فئة من محولات طاقة الأمواج وطريقة عملها: نبائط عمود الماء المتذبذب

المصدر: التقرير الخاص بشأن مصادر الطاقة المتجددة التخفيف من آثار تغير المناخ، إصدار الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ التابعة للأمم المتحدة، ٢٠١١ (٧٥).

(١) السابق.



#### فئة من محولات طاقة الأمواج وطريقة عملها: النببطة العلوية

المصدر: التقرير الخاص بشأن مصادر الطاقة المتجددة التخفيف من آثار تغير المناخ، إصدار الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ التابعة للأمم المتحدة، ٢٠١١ (٧٥).

ويمكن تسخير طاقة نطاق المد والجزر عن طريق تكييف مجموعة السدود النهرية الكهرومائية لاستحداث أوضاع تشبه مصبات الأنهار، حيث تطوق القنطرة مصب النهر. وبالتالي يمكن للقنطرة توليد الكهرباء أثناء الجزر والمد الفيضي وقد يكون لبعض القناطر مستقبلاً أحواض متعددة لضمان توليد الكهرباء بشكل يكاد يكون مستمرا. وأحدث المفاهيم الفنية (بحيرات المد والجزر) المستقلة والبعيدة عن الشاطئ.

وتوجد التقنيات اللازمة لتسخير الطاقة من تيارات المد والجزر والتيارات البحر أيضاً قيد التطوير، غير أن التقدم الأكبر قد أحرز في توربينات طاقة المد والجزر. وتشبه بعض تقنيات الطاقة من تيارات المد والجزر/ والبحار من حيث نضجها مولدات العاملة بالتوربينات الخاصة بالرياح، غير أنه ينبغي أن تراعي التوربينات الغاطسة عكس الدفع، والتجوييف على حواف النصل والظروف البحرية القاسية تحت الماء.

وتميل تيارات المد والجزر إلى أن تكون ثنائية الاتجاه، وتتفاوت وفقاً لدورة المد والجزر، وسريعة الجريان نسبياً، مقارنة بتيارات البحار، التي عادة ما تكون أحادية الاتجاه وبطيئة الحركة لكنها متواصلة. وتصنف المحولات من حيث طريقة عملها إلى توربينات دفع محوري، وتوربينات دفع متقاطع ونبائط ترددية.

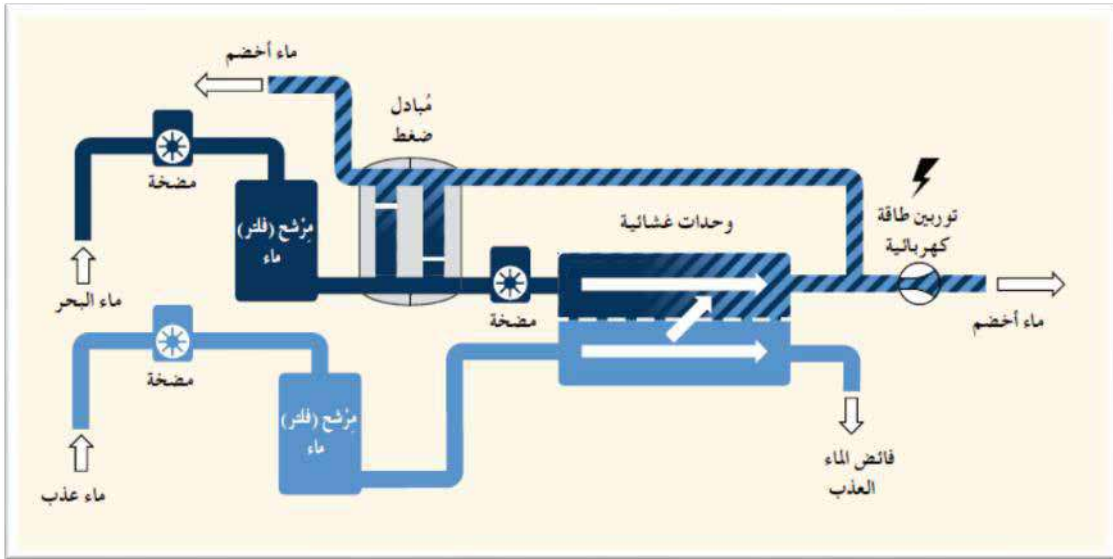
وتستخدم محطات تحويل الطاقة الحرارية البحرية التباينات في درجات الحرارة بين مياه البحر الدافئة من سطح البحر ومياه أعماق البحر الباردة (وغالباً ما يستخدم عمق ١٠٠٠ م كمستوى مرجعي) لإنتاج الكهرباء.

وتستخدم أنظمة تحويل الطاقة الحرارية البحرية ذات الدورة المفتوحة مياه البحر مباشرة كسائل دوار، في حين تستخدم الأنظمة مغلقة الدورة المبادلات الحرارية والسوائل الثانوية العاملة (الأومنيا أكثر شيوعاً) لتشغيل التوربينات. وتستخدم النظم الهجينة كلاً من العملية ذات الدورة المفتوحة والمغلقة. وبالرغم من

التجارب المتصلة بتقنيات تحويل الطاقة الحرارية البحرية، طرحت مشاكل تتعلق بقضايا صيانة الفراغات، والسخام الأحيائي للمبادل الحراري والتآكل. وتركز البحوث الحالية على التغلب على هذه المشاكل.

ويمكن استخدام الملوحة المتدرجة بين المياه العذبة من الأنهار ومياه البحر كمصدر للطاقة بمفهومين على الأقل قيد التطوير. فعملية الديليزة (الميز الغشائي) الكهربائية العكسية هي مفهوم يكون فيه الفرق في الإمكانية الكيميائية بين المحلولين هو القوة الدافعة.

ويستخدم تناضح الضغط المثبَّط، أو عملية الطاقة التناضحية، مفهوم التناضح الذي يحدث طبيعياً، وهي إمكانية الضغط الهيدروليكي، الذي يسببه ميل المياه العذبة للاختلاط بمياه البحر نظراً إلى التباين في تركيز الملوحة.<sup>(١)</sup>



عملية تناضح ضغط مثبَّط

المصدر: التقرير الخاص بشأن مصادر الطاقة المتجددة التخفيف من آثار تغير المناخ، إصدار الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ التابعة للأمم المتحدة، ٢٠١١ (٧٥).

ولدى أجهزة الطاقة البحرية القدرة على التقدم التقني الكبير على اعتبار أنها تقنيات ناشئة. ولا يقف الأمر على أهمية النشر والبحوث والتطوير الخاصة بالأجهزة في تحقيق هذا التقدم، لكن لتحسينات التقنية والابتكار في مجال محاولات الطاقة البحرية من المرجح أيضاً أن تتأثر بالتطورات في المجالات ذات الصلة.

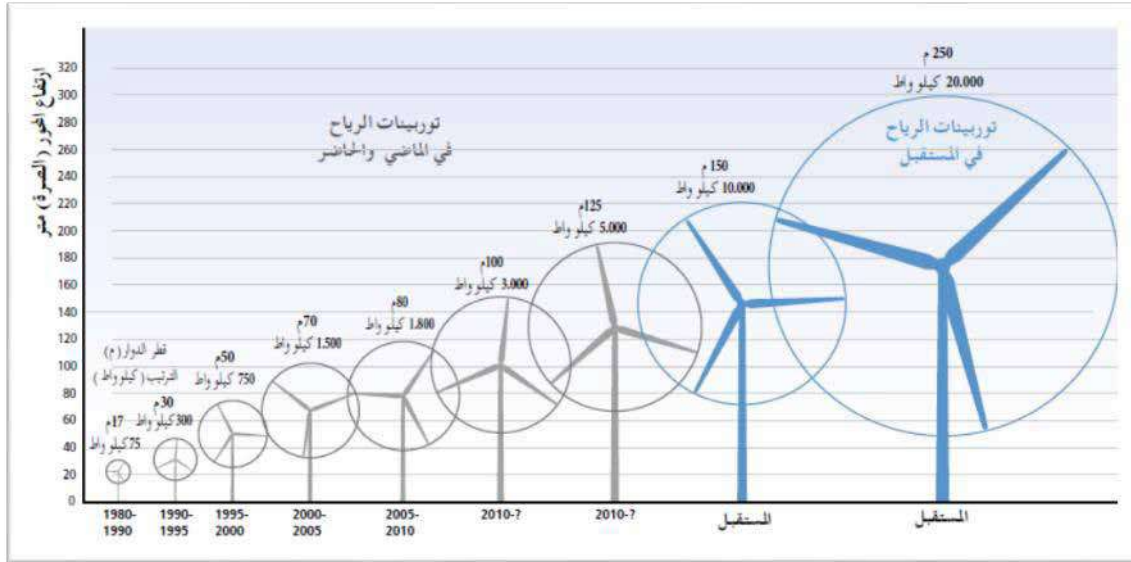
وسيكون تكامل الطاقة البحرية في شبكات أوسع بحاجة إلى الاعتراف بخصائص التوليد المتفاوتة على نطاق واسع والناشئة عن الموارد المختلفة. على سبيل المثال، يُظهر توليد الكهرباء من مصادر تيار المد والجزر تبايناً شديداً للغاية على مدى ساعة إلى أربع ساعات، وإن كانت ذات تفاوت محدود للغاية على مدى الأفاق الزمنية الشهرية أو الأطول من ذلك.

ETSAP (2010b). *Marine Energy Technology Brief E13 - November, 2010*. Energy Technology Systems Analysis (١) Programme, International Energy Agency, Paris, France. Available at: [www.etsap.org/E-techDS/PDF/E08-Ocean%20Energy\\_GSgct\\_Ana\\_LCPL\\_rev30Nov2010.pdf](http://www.etsap.org/E-techDS/PDF/E08-Ocean%20Energy_GSgct_Ana_LCPL_rev30Nov2010.pdf).

### خامساً: تقنيات وتطبيقات طاقة الرياح

تطورت توربينات الرياح الحديثة التجارية المرتبطة بالشبكة من آلات صغيرة بسيطة إلى معدات ضخمة متقنة بصورة بالغة. وقد دعمت الخبرة المتخصصة والتقدم في مجال العلم والهندسة، وكذلك تحسين الأدوات الحاسوبية، ومعايير التصميم، وأساليب التصنيع وإجراءات التشغيل والصيانة، جميعها تطورات هذه التقنيات.

ويتطلب توليد الكهرباء من الرياح تحويل الطاقة الحركية الناتجة عن تحرك الهواء إلى طاقة كهربائية، ويتمثل التحدي الهندسي الذي يواجه صناعة طاقة الرياح في تصميم توربينات رياح فعالة التكاليف ومحطات للطاقة كفؤة لإجراء هذا التحويل. ورغم أنه تم بحث ودراسة تشكيلة من هيئات التوربينات وأشكالها، فإن التوربينات المتاحة على نطاق تجاري هي في المحل الأول آلات أفقية المحور لها ثلاث أرياش موضوعة على برج في الاتجاه الذي تأتي منه الرياح. وبغية تقليل التكلفة الإجمالية المقومة لطاقة الرياح، زادت أحجام توربينات الرياح النموذجية بصورة كبيرة، مع معدل لقدرة القسم الأكبر من توربينات الرياح المركبة عالمياً في عام ٢٠٠٩ على البر يتراوح بين ١,٥ و ٢,٥ ميغا واط. وفي عام ٢٠١٠، كانت توربينات الرياح المقامة على البرّ تعلقو على نحو نموذجي أبراجاً ترتفع من ٥٠ إلى ١٠٠ متر، مع دورات يبلغ قطرها عادة من ٥٠ إلى ١٠٠ متر؛ ويتم تشغيل آلات تجارية بأقطار للدورات وارتفاعات للأبراج يتجاوز ١٢٥ متراً، بل إن آلات أكبر توجد قيد التطوير. إن تقنية طاقة الرياح على البرّ يتم بالفعل تصنيعها تجارياً ويجرى نشرها على نطاق واسع.<sup>(١)</sup>



### النمو في حجم توربينات الرياح التجارية النموذجية

المصدر: التقرير الخاص بشأن مصادر الطاقة المتجددة التخفيف من آثار تغير المناخ، إصدار الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ التابعة للأمم المتحدة، ٢٠١١ (٧٥).

Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 75.

وتقنيات طاقة الرياح في البحر أقل نضجاً منها على البر، وتقتضى تكاليف استثمارية أكبر. كذلك كان التوافر الأقل لمحطات الطاقة وارتفاع تكاليف التشغيل والصيانة شائعين كلاهما بسبب الحالة الأقل نضجاً نسبياً للتقنيات وبسبب التحديات اللوجستية المتأصلة في صيانة وخدمة التوربينات في البحر. ومع ذلك، هناك اهتمام كبير بطاقة الرياح في البحر في الاتحاد الأوروبي، وعلى نحو متزايد في مناطق أخرى. والدافع الأول لتطوير طاقة الرياح في البحر هو توفير فرصة الحصول على موارد رياح إضافية في مناطق تواجه فيها تنمية طاقة الرياح على البر قيوداً من جراء الإمكانيات الفنية المحدودة أو التنافس مع استخدامات أخرى للأرض عند التخطيط وتحديد المواقع. وتشمل الدوافع الأخرى النوعية الأعلى لموارد الرياح الواقعة في البحر؛ والقدرة على استخدام توربينات رياح أكبر وبذلك تتوافر إمكانية الحصول على وفورات الحجم الإضافية، والقدرة على بناء محطات طاقة أكبر منها على البر، واكتساب وفورات الحجم على مستوى المحطات، واحتمال تقليل الحاجة إلى بنية أساسية جديدة للنقل تمتد مسافات طويلة وتقوم على البر للوصول إلى طاقة الرياح البعيدة على البر. وحتى الآن، كانت تقنية توربينات الرياح على البحر مماثلة تماماً لتصميم نظيرتها على البر مع بعض التعديلات وبعض الأساسات الخاصة. ومع اكتساب الخبرة، يتوقع أن تزيد أعماق المياه، وأن تستخدم مواقع مكشوفة بدرجة أكبر ورياحها شديدة. إن تقنية طاقة الرياح المصممة خصيصاً لتلائم التطبيقات في البحر ستصبح أكثر انتشاراً مع توسع نطاق سوق طاقة الرياح من البحر، ومن المتوقع أن تسيطر توربينات أكبر في نطاق يمتد من ٥ إلى ١٠ ميغاواط على هذا المجال<sup>(١)</sup>.

وإلى جانب التطور في تصميم توربينات الرياح، تم توحيد أساليب التصميم والاختبار المحسنة في معايير اللجنة الدولية للتقنيات الكهربائية. وتعتمد وكالات إصدار الشهادات على هيئات معتمدة للتصميم والاختبار لتقديم وثائق يمكن تتبعها تبين مدى الالتزام بالمعايير بغية إصدار شهادات بأن التوربينات ومكونات محطات الرياح أو المحطات بأسرها تفي بالمبادئ التوجيهية المتعلقة بالسلامة، والموثوقية، والأداء والاختبار.

ومن منظور الموثوقية بالشبكة الكهربائية، فإن جزءاً مهماً من توربين الرياح هو نظام للتحويل الكهربائي. وبالنسبة للتوربينات الحديثة، فإن آلات متباينة السرعات تسيطر على السوق حالياً، مما يتيح توفير طاقة تفاعلية حقيقية وكذلك توفير بعض القدرة على التراكب للتخلص من الأعطال، لكن بدون أي رد فعل جوهري للقصور الذاتي (أي أن التوربينات لا تزيد المنتج من الطاقة أو تقلله في تزامن مع اختلال توازن طاقة الشبكة)، وقد اعترف صناع التوربينات بهذا العيب الأخير ويطبقون تشكيلة من الحلول.

وفي العقود الماضية، أدى الابتكار في مجال تصميم توربينات الرياح إلى تخفيضات كبيرة في التكلفة. ولعبت برامج البحوث والتطوير العامة والخاصة دوراً رئيسياً في هذا التقدم الفني، مما أفضى إلى إحراز تحسن على مستوى النظم والمكونات، وفي تقييم الموارد، والمعايير الفنية، وتكامل الشبكات الكهربائية، والتنبؤ بطاقة الرياح وفي مجالات أخرى. ومن ١٩٧٤ إلى ٢٠٠٦، بلغ إجمالي ميزانيات البحوث والتطوير الحكومية المكرسة لطاقة الرياح في البلدان المنتمة لوكالة الطاقة الدولية ٣,٨ مليار دولار، تمثل ١٪ من إجمالي الإنفاق على

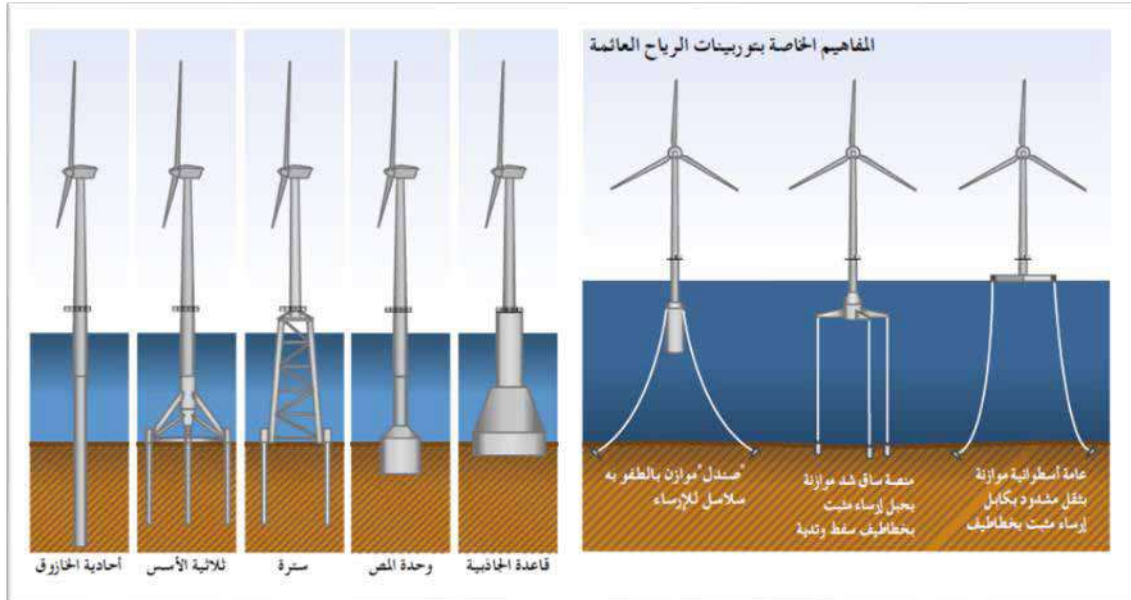
(١) السابق - نفس الصفحة.



بحوث وتطوير الطاقة. وفي ٢٠٠٨، بلغ إجمالي تمويل منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي للبحوث المكرسة لطاقة الرياح ١٨٠ مليون دولار.<sup>(١)</sup>

وعلى الرغم من أن تقنيات طاقة الرياح على البر يجرى تصنيعها تجارياً بالفعل ويتم نشرها على نطاق واسع، فإنه من المتوقع أن يثمر التقدم التدريجي المستمر إجراءات محسنة لتصميم التوربينات، واستخداماً أكثر فعالية للمواد، وموثوقية أكبر وإمكانيات أوسع لاحتجا الطاقة، وتقليل تكاليف التشغيل والصيانة وعمراً أطول للمكونات. وعلاوة على ذلك، ونظراً لأن طاقة الرياح على البحر بدأت تكتسب اهتماماً متزايداً، فإن تحديات تقنية جديدة بدأت تطرح، وتصبح الابتكارات التقنية الأكثر جذرية أمراً ممكناً. وتعتبر محطات وتوربينات طاقة الرياح نظماً معقدة تقتضي أساليب تصميم متكاملة للاستفادة القصوى من التكاليف والأداء. وعلى مستوى المحطة، تشمل الاعتبارات اختيار توربين الرياح وفقاً لنظام مورد الرياح؛ وتحديد موقع توربين الرياح، وإجراءات المباحة والتركيب، وأساليب الصيانة والتشغيل، وتكامل شبكة الكهرباء. وقد حددت الدراسات عدداً من المجالات التي يمكن للتقدم التقني فيها أن يسفر عن تغييرات في تكلفة الاستثمار، والإنتاج السنوي من الطاقة، والموثوقية، وتكلفة التشغيل والصيانة وتكامل الشبكة الكهربائية لطاقة الرياح.

وعلى مستوى المكون، تتوافر طائفة من الفرص تشمل: مفاهيم متقدمة عن الأبراج تقلل من الحاجة إلى روافع كبيرة وتقلل لأدنى حد المتطلبات من المواد؛ ودورات وأرياش متقدمة يتم إنتاجها من خلال التصميم الأفضل، مقترنة بمواد أفضل وأساليب تصنيع متقدمة، وتقليل الخسارة من الطاقة، وتحسين توافرها من خلال تحكم متقدم في التوربينات وتحسين رصد أحوالها، وتروس تدوير مسننة ومولدات وإلكترونيات متقدمة للطاقة؛ وتحسين التعلم في مجال التصنيع.



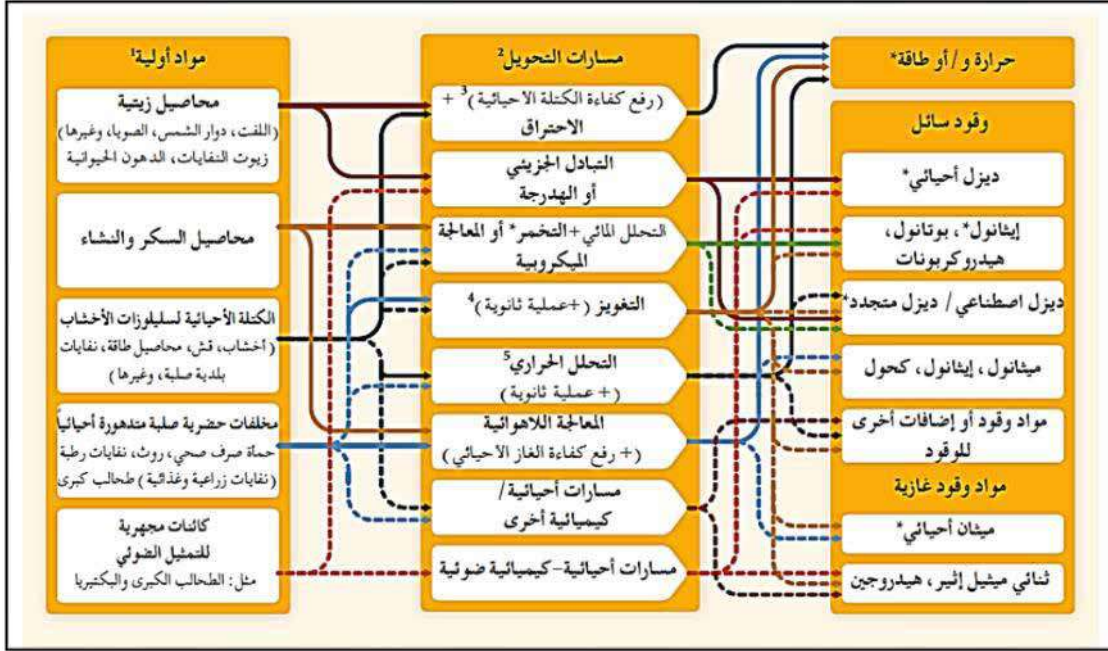
تصميمات أسس توربينات الرياح البحرية مفاهيم قريبة الأجل مفاهيم التوربينات البحرية العائمة

المصدر: التقرير الخاص بشأن مصادر الطاقة المتجددة التخفيف من آثار تغير المناخ، إصدار الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ التابعة للأمم المتحدة، ٢٠١١ (٧٥).

(١) السابق (٧٦).

### سادسا: تقنيات وتطبيقات طاقة الكتلة الأحيائية

تشمل تطبيقات وتقنيات طاقة الكتلة الأحيائية التجارية توليد الحرارة بمستويات تتراوح ما بين الطهي المنزلي والنظم الضخمة لتدفئة المدن؛ وتوليد الطاقة من الكتلة الأحيائية من خلال الاحتراق، وتوليد الحرارة والطاقة المشترك، أو الحرق المشترك للكتلة الأحيائية والوقود الأحفوري؛ والوقود الأحيائي السائل من الجيل الأول من المحاصيل الزيتية (الديزل الأحيائي) ومحاصيل السكر والنشاء (الإيثانول).



مخطط يوضح تنوع مسارات الطاقة الأحيائية التجارية (الخطوط المتصلة) والمتنامية (الخطوط المتقطعة) بدءاً من المواد الخام الأولية للكتلة الأحيائية إلى مسارات تحويلها الكيميائية الحرارية، والكيميائية، والكيميائية الأحيائية، والأحيائية، إلى حرارة، وطاقة، وتوليد الحرارة والطاقة المشترك، ووقود سائل أو غازي. وجرى تمييز المنتجات التجارية بنجمة صغيرة.

المصدر: التقرير الخاص بشأن مصادر الطاقة المتجددة التخفيف من آثار تغير المناخ، إصدار الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ التابعة للأمم المتحدة، ٢٠١١ (٧٥).

وتستخدم تقنيات التحويل التي تعيد تشكيل الكتلة الأحيائية إلى ناقلات طاقة ثانوية ملائمة، عمليات معالجة كيميائية حرارية أو كيميائية أو كيميائية - أحيائية.

إن المزيد من التحسينات في إنتاج المواد الأولية للكتلة الأحيائية وتقنيات التحويل أمر ممكن جداً وضروري لكي تساهم الطاقة الحيوية في إمدادات الطاقة العالمية، فزيادة إنتاجية الأرض، سواء لأغراض الطاقة أو المواد الغذائية، هو شرط حاسم لتحقيق نشر واسع النطاق في المستقبل للحصول على الطاقة الكتلة الأحيائية، لأنها ستتيح المزيد من الأراضي لنمو الكتلة الأحيائية والحد من الطلب المرتبط بها على الأراضي. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن لنظم استخدام الأراضي والمياه متعددة الوظائف أن تتطور بإدماج الطاقة الحيوية والمصافي البيولوجية مع النظم الزراعية، لتساهم بذلك في الحفاظ على التنوع الأحيائي والمساعدة على استعادة وصيانة إنتاجية التربة والنظم البيئية السليمة.

وتبشر المواد الأولية من الليجنوسيليلوز بخير كبير لأنها لا تتنافس مباشرة مع إنتاج الأغذية، ويمكن أن تنتج على وجه التحديد لأغراض إنتاج الطاقة، متيحة بذلك إنتاجية أكبر لكل وحدة من وحدات الأرض ومستحدثة سوقاً شاسعاً لمنتجات الطاقة. كما يمكن أيضاً حصادها كمخلفات من الإنتاج المحصولي وغيرها من النظم التي تزيد من فعالية استخدام الأراضي. وتسمح تلك المواد بتكامل عمليات إدارة النفايات مع مجموعة متنوعة من الصناعات الأخرى مما يوفر آفاقاً للاندماج الصناعي على المستوى المحلي.

وتشير أدبيات واتجاهات الاستثمار في تقنيات التحويل إلى أن هذه الصناعة تستعد لزيادة تنوع المنتجات، كما حدث في صناعة النفط، مع تزايد الاهتمام بوقود الطاقة ذي الكثافة العالية في النقل الجوي، وهو التطبيق الذي لم تحدد له أنواع أخرى من الوقود غير الكربوني.

ويمكن لجيل جديد من المواد الأولية المائية التي تنتج الدهون الطحلبية لوقود الديزل ووقود الطائرات النفاثة، أو منتجات ذات قيمة أعلى من ثاني أكسيد الكربون والماء مع ضوء الشمس توفير استراتيجيات لخفض آثار استخدام الأراضي، حيث يمكن أن تنمو الطحالب في الماء الراكد والأراضي غير الملائمة للزراعة، ومياه النفايات الصناعية. ويمكن للكائنات الطحلبية العمل في الظلام واستقلاب السكريات للوقود والمواد الكيميائية<sup>(١)</sup>.

كما يمكن أن تصبح كثير من الميكروبات مصانع مجهرية لإنتاج منتجات محددة والوقود والمواد التي تقلل من اعتماد المجتمع على مصادر الطاقة الأحفورية.

وبالرغم مما أحرز من تقدم في كبير، فإن المزيد من المعالجة الأكثر تعقيداً الذي تتطلبه الكتلة الأحيائية لليجنوسيليلوزية الصلبة وكذلك دمج عدد من الخطوات الجديدة يستغرق وقتاً ودعماً لتحقيق التطوير في محطات التجارب، والتسويق في مراحله الأولى. وتعتبر التكاليف المتوقعة للوقود الأحيائي من طائفة واسعة من المصادر ومتغيرات المعالجة مسألة ترتبط بشكل حساس للغاية بتكلفة المواد الأولية وتتراوح ما بين ١٠ إلى ٣٠ دولار أمريكي عام ٢٠٠٥ للجيجا غل. وتتوقع الأكاديميات القومية الأمريكية تخفيضاً مقداره ٤٠٪ في تكاليف التشغيل لمسارات الكيمياء الحيوية بحلول عام ٢٠٣٥ ليتراوح بين ١٢ و ١٥ دولار أمريكي للجيجا غل.<sup>(٢)</sup>

ويوفر تغويز الكتلة الأحيائية حالياً (تحويلها إلى غاز أول أكسيد الكربون والهيدروجين وغيرهما) حوالي ١,٤ جيجا واط حراري في التطبيقات الصناعية، والتطبيقات الحرارية والاحتراق المشترك (co-firing). ومع مرور الوقت ما فتئت تتحسن من حيث النجاعة والنظم صغيرة الحجم التي تتراوح بين مواقد الطبخ ونظم المعالجة اللاهوائية والمغوّزات الصغيرة. وكان لدى العديد من أصحاب المصالح اهتمام خاص بمحطات توليد الطاقة بنظام الدورة المركبة المتكاملة للتغويز التي تستخدم الطاقة الحيوية كمادة أولية. ومن المتوقع أن تكون هذه المحطات أكثر نجاعة من نظم التوربينات البخارية التقليدية لكنها لم تصل بعد إلى الاستغلال التجاري

(١) انظر: د. سعود يوسف عياش. تكنولوجيا الطاقة البديلة (١٢١-١٢٥).

(٢) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 48.

الكامل. ومع ذلك، فإن لديها القدرة أيضاً على أن تكون متكاملة مع نظم امتصاص ثاني أكسيد الكربون وتخزينه على نحو أكثر فعالية. وبالإضافة إلى توفير الغاز المركب من مصانع التغويز للطاقة، يمكن استخدامه لإنتاج مجموعة كبيرة من أنواع الوقود (الميثانول والإيثانول والبيوتانول والديزل المركب) أو يمكن استخدامه في نظام طاقة ووقود مشترك. وقد حالت التحديات الفنية والهندسية حتى الآن دون تسريع وتيرة نشر هذا الخيار التقني، فتحويل الكتلة الأحيائية إلى سوائل يستخدم تقنية تجارية تم تطويرها للوقود الأحفوري.

وتتيح الكثير من مسارات الطاقة الحيوية امتصاص ثاني أكسيد الكربون وتخزينه مع فرص كبيرة لخفض الانبعاثات وعزلها. وهناك مزيد من التطوير لتقنيات امتصاص الكربون وتخزينه والتحقق منها، فإن إقران التخمير بتيارات ثاني أكسيد الكربون المركزة أو الدورة المركبة المتكاملة للتغويز يوفر فرصاً لتحقيق وقود متعادل من حيث الكربون، وفي بعض الحالات انبعاثات سلبية صافية. ويسهل تحقيق هذا الهدف من خلال أنظمة جيدة التصميم تشمل اختيار الكتلة الأحيائية، ونظام الإمداد بالمواد الأولية، والتحول إلى ناقل الطاقة الثانوية وإدماج هذا الناقل في نظم الطاقة القائمة والمستقبلية.

وتعتبر تكاليف إنتاج المنتجات الغازية (الهيدروجين والميثان والغاز الطبيعي الاصطناعي) منخفضة وهي في مرحلة مبكرة من مراحل التسويق التجاري.

وتعتبر زيوت الانحلال الحراري والزيوت المائية الحرارية زيوتاً منخفضة التكاليف وقابلة للنقل، وتستخدم في تطبيقات الحرارة أو توليد الحرارة والطاقة المشترك، ويمكن أن تصبح مادة أولية لتحسين المرافق القائمة بذاتها أو المرفقة بمصفاة للبتروكيماويات.

وما فتئ إنتاج الغاز الحيوي من مجموعة متنوعة من مجاري النفايات وترقيته إلى الميثان الحيوي يخترق أسواقاً صغيرة لتطبيقات متعددة، بما في ذلك النقل في شبكات صغيرة في السويد، والحرارة والطاقة في بلدان شمال أوروبا والبلدان الأوروبية. ويتجلى العامل الأساسي في مزج مجاري النفايات، بما في ذلك مخلفات الزراعة. ومن الضروري أيضاً الترقية المحسنة وخفض التكاليف.





# التحول الخليجي نحو الطاقة المتجددة الواقع والتحديات

## محتويات الفصل

### المبحث الأول: الواقع الخليجي للطاقة المتجددة

- السياسات والأهداف الاستراتيجية
- المشروعات والاستثمارات
- إمكانات الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون

### المبحث الثاني: تحديات التحول نحو الطاقة المتجددة

- أولاً: التحديات الاقتصادية
- ثانياً: التحديات التوعوية والتقنية
- ثالثاً: التحديات المؤسسية والتشريعية





## المبحث الأول: الواقع الخليجي للطاقة المتجددة

### السياسات والأهداف الاستراتيجية

لم يعد استغلال الطاقة المتجددة على المستوى العالمي يعتمد على بضع دول. ففي عام ٢٠١٨، كان نشر الطاقات المتجددة يجرى بخطى ثابتة على المستوى العالمي مع زيادة انتشار الطاقات المتجددة في الاتحاد الأوروبي زيادة طفيفة في حين انخفضت التركيبات والاستثمارات في الصين مقارنة بالعام الذي سبق عام ٢٠١٨. وهو ما يوضح أن الطاقة المتجددة من المصادر القوية والمحركة على المستوى العالمي.

ومن البديهي أن نعرف أن هذا الانتشار لتطبيقات وتقنيات الطاقة المتجددة عبر قارات العالم ودوله المختلفة لم يكن سوى وليد سياسات وخطط وأهداف، دفعت إليها الحاجة الملحة إلى الطاقة - بوجه عام -، واتخاذ تدابير أكثر صرامة مع مشكلات البيئة، وهو ما دفع نحو البحث عن موارد نظيفة للطاقة بما يحقق أهداف الاستدامة (الطاقة المستدامة هي الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة كما ذكرنا من قبل).

ودول مجلس التعاون الخليجي لم تتأخر عن تبني كثير من تلك السياسات والتشريعات، بل وصناعة نموذج طاقي خليجي خاص يهدف إلى الحفاظ على الثروات والموارد البيئية، وتحقيق أهداف التنمية المستدامة عبر صيانة البيئة من مشكلات الوقود الأحفوري.

ولا بد أن نعلم أن صياغة سياسات جريئة في دول مجلس التعاون بخصوص الطاقة المتجددة هي مسألة تكتنفها تحديات شتى، لا سيما في منطقة يمثل الوقود الأحفوري مصدر دخلها الأساس، والمصدر الأكبر للإنتاج العالمي منه أيضا.

### أولاً: نظرة على الوضع العالمي

وفقاً لتقرير الوضع العالمي لمصادر الطاقة المتجددة لعام ٢٠١٩ والصادر عن شبكة سياسة الطاقة المتجددة للقرن الواحد والعشرين (REN21)، فإن دور الطاقات المتجددة في إمداد العالم بالطاقة يزداد، ولكن السياسات غير المتناسقة والعشوائية تعيق القطاع من إمكانية اسهامه في الحد من الانبعاثات الكربونية وبلوغ الأهداف المتعلقة بالمناخ والتنمية.

ويؤكد التقرير أنه للسنة الرابعة على التوالي نشهد زيادة في قدرات الطاقة المتجددة المركبة بما يفوق طاقة الوقود الأحفوري والطاقة النووية؛ حيث تم إضافة ١٠٠ جيجاوات من طاقة الخلايا الفولتضوئية (الكهروضوئية) وحدها في ٢٠١٨ وهو ما يكفي للوفاء بأكثر ٢٥٪ من الطلب على الكهرباء في فرنسا.

وعلى الرغم من ذلك فإن غياب السياسات الطموحة والمستدامة لدفع التحول نحو إزالة الكربون عبر قطاعات التدفئة، والتبريد والنقل يعوق الدول دون تحقق أقصى قدر من الاستفادة من هذا التحول الذي يتضمن هواء أنظف وأمن الطاقة - لصالح شعوبها.<sup>(١)</sup>

وتمثل السياسات الطموحة والأطر التنظيمية أهمية كبيرة في خلق ظروف مواتية وتنافسية مما يسمح للطاقات المتجددة أن تنمو وتحل محل أنواع الوقود الأكثر كلفة والمنتجة للكربون. وقد اتخذت أربعون دولة بعض الإصلاحات الخاصة بنظام دعم الوقود الأحفوري منذ عام ٢٠١٥، بينما استمرت نظم الدعم في ١١٢ دولة في ٢٠١٧، مع قيام ٧٣ دولة على الأقل بتقديم دعم وصل إلى ١٠٠ مليون دولار من جانب كل دولة. ويقدر مجموع الدعم المقدم على الصعيد العالمي لاستهلاك الوقود الأحفوري حوالي ٣٠٠ مليار دولار في عام ٢٠١٧ بزيادة قدرها ١١٪ عن عام ٢٠١٦.<sup>(٢)</sup>

ويؤكد تقرير المؤشرات التنظيمية للطاقة المستدامة ٢٠١٨ الأرقام التي توضح أن السياسة العامة هي مؤشر رئيسي على انتقال العالم إلى الطاقة المستدامة. لكن التقرير يحتوي أيضا على تحذير: بدون اعتماد سياسات رشيدة بوتيرة سريعة وإنفاذها بقوة، فإن أهداف العالم المناخية والهدف ٧ من أهداف التنمية المستدامة معرضة للخطر.

وتمثل أهم النقاط المستخلصة من تقرير المؤشرات التنظيمية للطاقة المستدامة ٢٠١٨ فيما يلي:

- من عام ٢٠١٠ إلى عام ٢٠١٧، ارتفع عدد البلدان التي لديها أطر سياسات قوية من أجل الطاقة المستدامة أكثر من ثلاثة أضعاف - من ١٧ بلدا إلى ٥٩ بلدا -.
- قام العديد من أكبر بلدان العالم استهلاكاً للطاقة بإدخال تحسينات كبيرة على لوائح الطاقة المتجددة لديها مع اعتماد أهداف واضحة لكل من الطاقة المتجددة وكفاءة استخدام الطاقة في الفترة التي سبقت اتفاق باريس لعام ٢٠١٥.
- لم يعد التقدم مقتصرًا على البلدان المتقدمة: فهناك بلدان تؤدي أداءً قويًا في كل منطقة من مناطق العالم النامي.<sup>(٣)</sup>

كما أظهرت البلدان التي زادت من معدلات الحصول على الكهرباء إلى أكبر حد منذ عام ٢٠١٠ تحسناً متزامناً في سياسات الحصول على الكهرباء. وفي البلدان التي تعاني من عجز في الحصول على الكهرباء، يوجه صناع السياسات اهتمامهم على نحو متزايد إلى الحلول خارج الشبكة الموحدة لسد تلك الفجوة. ويتضح ذلك في النسبة المتزايدة من البلدان التي ينخفض فيها معدل الحصول على الكهرباء والتي تعتمد تدابير لدعم الشبكات الصغيرة وأنظمة الطاقة الشمسية المنزلية من نحو ١٥٪ في عام ٢٠١٠ إلى ٧٠٪ في عام ٢٠١٧.

(١) Renewables 2019 Global Status Report, Paris, REN21 (13).

(٢) السابق.

(٣) ملخص التقرير منشور على الموقع الإلكتروني للبنك الدولي عبر هذا الرابط:

<https://www.albankaldawli.org/ar/topic/energy/publication/rise-2018>

وفي عام ٢٠١٧، وضع ٥٠ بلدًا - أي نحو الضعف مقارنة بالعدد في عام ٢٠١٠ - أطرًا مهمة للسياسات لإتاحة استخدام الطاقة المتجددة. واعتمد نحو ٩٣٪ من البلدان التي شملتها المؤشرات التنظيمية للطاقة المستدامة هدفًا رسميًا للطاقة المتجددة، مقارنة بنسبة ٣٧٪ فقط في عام ٢٠١٠، وكان لدى ٨٤٪ من البلدان لوائح لنشر استخدام الطاقة المتجددة، في حين سمح ٩٥٪ من البلدان للقطاع الخاص بتملك مشروعات الطاقة المتجددة وتشغيلها.

وعلى الرغم من هذا، لا تزال سياسات الطاقة النظيفة تركز على الكهرباء، في حين يستمر تجاهل التدفئة والنقل - اللذين يمثلان ٨٠٪ من استخدام الطاقة على مستوى العالم.

وزادت نسبة البلدان التي لديها أطر سياسات متقدمة من أجل كفاءة استخدام الطاقة بأكثر من عشرة أضعاف من ٢٪ في عام ٢٠١٠ إلى ٢٥٪ في عام ٢٠١٧. ومن المشجع إلى أبعد حد أن هذه البلدان تمثل ٦٦٪ من استهلاك الطاقة في العالم. إلا أن المتوسط العالمي لكفاءة استخدام الطاقة لا يزال منخفضًا، مما يشير إلى وجود مجال كبير للتحسين.

إن العالم في منتصف الطريق تقريبًا نحو اعتماد أطر سياسات متقدمة من أجل الطاقة المستدامة. ويجعل هذا الأمر تحقيق الهدف السابع (طاقة الاستدامة) من أهداف التنمية المستدامة بحلول عام ٢٠٣٠ عرضة للخطر، ويعرقل التقدم نحو تحقيق هدف الحفاظ على ارتفاع درجات الحرارة العالمية إلى أقل من درجتين.

وفي حين تُعد أطر السياسات القوية أمرًا حاسمًا، يجب أن تكون مدعومة بمؤسسات وعملية تنفيذ تتسمان بالفعالية. وقد أدرجت المؤشرات التنظيمية للطاقة المستدامة مؤشرات بديلة للمساعدة في فهم مدى قوة تركيز البلدان على سياسات التنفيذ. ففي البلدان التي حققت تقدمًا في السياسات المستدامة، يعرّض الوضع المالي المتدهور للمرافق الوطنية التقدم للخطر. ومن بين البلدان ذات القدرة المنخفضة على الحصول على الطاقة، انخفض عدد المرافق التي تستوفي معايير الجدارة الائتمانية الأساسية من ٦٣٪ في عام ٢٠١٢ إلى ٣٧٪ في عام ٢٠١٦.<sup>(١)</sup>

وهناك فرص هائلة أمام الدول للدفع بعجلة العمل من خلال زيادة التوسع في الانتقال إلى قطاعات التدفئة، والتبريد، والنقل. فالطاقات المتجددة تمد حوالي ٢٦٪ من الكهرباء على مستوى العالم، ومع ذلك فهي توفر ١٠٪ فقط من الطاقة المستخدمة في التدفئة والتبريد، و٣٪ من الطاقة المستخدمة في قطاع النقل. ويعزى هذا الخلل بدرجة كبيرة إلى عدم كفاية الدعم السياسي وعدم استقراره. وبالفعل انخفض عدد الدول التي تتبنى سياسات بشأن استخدام الطاقة المتجددة في عمليات التدفئة.

وبالرغم من عدم كفاية الدعم، يتم تنفيذ بعض المبادرات في قطاعات النقل، والتدفئة والتبريد. ويؤدي استخدام الوقود الحيوي المستدام، والمركبات الكهربائية، واتباع سياسات الاقتصاد في استهلاك الطاقة إلى التقليل من الاعتماد على الوقود الأحفوري في قطاع النقل. وتظهر بعض السياسات الطموحة، مثل تشريع

(١) السابق.

البرازيل الخاص بمزج ٢٧٪ من الإيثانول بكل لتر بنزين، وبرنامج كاليفورنيا الخاص بمعايير الوقود ذات المحتوى الكربوني المنخفض، التي توضح مدى اسهامات الطاقة المتجددة في قطاعات النقل. وتتضمن السياسات الخاصة بالتدفئة والتبريد استخدام أكواد كفاءة الطاقة في المباني، والتشريعات والحوافز الخاصة بالتسخين باستخدام الطاقة المتجددة، والنهج غير المباشرة مثل تسعير الكربون. ويظل تسعير الكربون فعلياً غير مستغل. وبنهاية ٢٠١٨، لم تنفذ سياسات تسعير الكربون سوى حكومة ٤٤ دولة، ٢١ ولاية/مقاطعة، و٧ مدن حيث يغطي ذلك ١٣٪ فقط من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على المستوى العالمي.<sup>(١)</sup>

### ثانياً: الوضع الخليجي

يمكننا أن نلخص مكونات الوضع الخليجي فيما يتعلق بالتحول نحو الطاقة المتجددة في ثنائية (الموارد - القرار السياسي)، وهي الثنائية التي تتوفر لدى المجلس كمنظمة سياسية جامعة لدول مجلس التعاون، ولدى كل دول على حدة من خلال توجهات الحكومات نحو طاقة الاستدامة من خلال المبادرات والقرارات الخاصة بكل دولة من دول المجلس.

ويكفي أن نذكر دليلاً واحداً على إمكانات الطاقة المتجددة الكبيرة لدول المجلس، وهو ذلك الموقع الجغرافي المتميز لدول مجلس التعاون بين ٣٥ درجة شمالاً و٣٥ درجة جنوباً، وهي المنطقة الجغرافية التي تتميز بالإشعاع الشمسي العالي. وبالتالي، لديها إمكانات الطاقة الشمسية الهائلة. وقد كشفت دراسة أجريت في العام ٢٠٠٥م، من قبل مركز الطيران والفضاء الألماني (DLR)، عن أن إجمالي إمكانات الطاقة الشمسية الاقتصادية لكل من الطاقة الكهروضوئية (PV) والطاقة الشمسية المركزة (CSP) يفوق بأضعاف كثيرة الطلب على الطاقة في جميع دول المجلس. وكشف العلماء عن الإمكانية العالية للطاقة الشمسية الساحلية المركزة، وخاصة في السعودية. وقد أعتبرت هذه الإمكانيات الخاصة مفيدة، وبشكل خاص في تحلية مياه البحر. كما أكدت نفس الدراسة أيضاً إمكانية استخدام الرياح البحرية العالية في المنطقة.<sup>(٢)</sup>

وتوصلت دراسات أخرى إلى أن منطقة مجلس التعاون لديها إمكانات متوسطة لتوليد طاقة الرياح. وتمتلك عُمان والسعودية فقط طاقة الرياح ذات الإمكانيات الاقتصادية القابلة للتطبيق، إذ بلغت حوالي ١٤٠٠ ساعة من ساعات الحمولة الكاملة سنوياً لكل دولة. وقد وصلت طاقة الرياح إلى أعلى مستويات ساعات الحمولة الكاملة سنوياً في سلطنة عُمان بمعدل ٢٤٦٣ ساعة، وحوالي ١٧٨٩ ساعة في المملكة العربية السعودية.<sup>(٣)</sup>

هناك - إذن - إمكانات كبيرة للطاقة المتجددة غير مستغلة لدى دول المجلس، ويمكن - عبر توجيه الجهود لتحسين كفاءة الطاقة وتوفير الكهرباء - أن يحدث تغير كبير في خريطة الطاقة الخليجية والعالمية على السواء، نظراً لكون المنطقة أهم منتج للطاقة التقليدية الأحفورية.

(١) Renewables 2019 Global Status Report, Paris, REN21 (15).

(٢) DLR, Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region (2005).

(٣) W.E. Alnaser, N.W. Alnaser, "Solar and Wind Energy Potential in GCC Countries and Some Related Projects, Journal of Renewable and Sustainable Energy 1, no. 2 (2009): 1-28



## السياق التاريخي

كانت أهداف وسياسات الطاقة المتجددة لدول مجلس التعاون الخليجي متفقة مع التوجه العالمي نحو طاقة الاستدامة بأبعادها الاقتصادية والبيئية والاجتماعية، وطموحة بالقدر الذي يشكّل تغييراً هيكلياً في خطط الطاقة الخليجية منذ مطلع الألفية الميلادية. وعلى الرغم من اعتماد الاقتصاد الخليجي على الطاقة الأحفورية، حيث تأتي في مقدمة دول العالم إنتاجاً واستهلاكاً للطاقة الأحفورية، إلا أن جهود التحول نحو طاقة الاستدامة النظيفة والمتجددة يتم بوتيرة متسارعة.

ولقد تمت المناقشات التي حول دور الطاقة المتجددة ضمن أنواع الطاقة المستقبلية، تمت بالتوازي مع خطط الطاقة النووية السلمية لدول مجلس التعاون. وقد شرعت كل من البحرين والكويت والسعودية والإمارات في دراسة الخيار النووي. ونظراً لعوامل سياسية واجتماعية، تخلت البحرين والكويت عن الخطط الخاصة بالطاقة النووية، ولكن لا تزال السعودية تتابع خططها من خلال مدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والطاقة المتجددة (KA-CARE)، وكذلك الإمارات التي أسست الهيئة الاتحادية للرقابة النووية (FNAR) عام ٢٠٠٩م.<sup>(١)</sup>

ومن المثير للاهتمام أن بعض دول المجلس وفي مقدمتها السعودية والكويت قد خصصت الأموال اللازمة في منتصف سبعينات القرن العشرين لاستخدام الطاقة المتجددة وتطبيقاتها؛ ولكن البرامج البحثية الأولية التي أجريت آنذاك لم تحفزها على المضي قدماً.

واقترنت برامج الطاقة المتجددة في سبعينات وثمانينيات القرن الماضي على البحث العلمي، مع عدم مشاركة القطاع الصناعي في هذه الجهود. وكانت أولويات استدامة الطاقة والتنوع الاقتصادي هي الباعث وراء المبادرات في المنطقة في العقد الماضي. وقد ضمت هذه المبادرات عدداً من الجهات الفاعلة، والشراكات بين المنظمات الحكومية والخاصة والعلمية والصناعية والمحلية والدولية.<sup>(٢)</sup>

وقد أنشأت حكومات دول المجلس خلال العقد الماضي مجموعة من المؤسسات المتخصصة لتعزيز دمج مصادر ووسائل الطاقة المتجددة لتكون جزءاً من مصادر الطاقة القومية في بلدانها. ولكن للأسف لم يتم حتى الآن استكمال ذلك من خلال اعتماد نهج منظم للسياسات الوطنية للطاقة المتجددة، ولا يزال السياق الحالي يتضمن بعض التحديات المؤسسية والتقنية التي يجب التغلب عليها إذا ما أرادت الحكومات تحقيق أقصى قدر من الانتشار، وتحقيق أهدافها المعلنة، وجني الفوائد المرتبطة بذلك.

وبشكل محدد فإنه للانتقال من السعة الحالية التي تصل إلى ١٩٠ ميغا واط إلى السعة المتوقعة المقدر بـ ٨٠٠ جيغا واط بحلول العام ٢٠٣٠، فإنه يتعين، من الناحية النظرية، تنفيذ نهج يختلف تماماً عن السياق

(١) Four nuclear plants with a total capacity of 5.6GW are expected to be completed between 2017 and 2020 in Abu Dhabi. See Federal Authority for Nuclear Regulations, UAE Government (White Paper on Nuclear Energy), 2008.

(٢) Imen Jeridi Bachellerie, Framework for a Renewable Energy Transition in the GCC: Finding the Right Paradigms, The Gulf Monitor 3, no. 3 (March 2010).

الحالي للطاقة في المنطقة. وعلى وجه الخصوص، يجب توظيف جهود توزيع الطاقة على النحو الذي يعزز الروابط بين القطاعات العامة والخاصة، وكذلك القطاعات الأكاديمية، وذلك في سبيل إعلاء دمج التقنية النظيفة للطاقة المتجددة ضمن تطبيقات ومستويات متعددة.<sup>(١)</sup>

لقد أدى النمو السكاني السريع، والتوسع الحضري المتزايد، والحاجة الماسة لتكييف الهواء وتحلية المياه، وكذلك الصناعات شديدة الاستهلاك للطاقة، إلى قيام دول مجلس التعاون الخليجي باستهلاك كميات متزايدة من إنتاجها من المواد الهيدروكربونية<sup>(٢)</sup>، أو الاعتماد على استيراد الغاز الطبيعي من أجل الحفاظ على تطورها الاقتصادي السريع.

ويتزايد الطلب كثيرًا على خدمات الكهرباء والمياه، التي تدعمها الحكومات. فقد ارتفع استهلاك الكهرباء بنسبة ٨٨ % في الفترة بين عامي ٢٠٠٤ و٢٠١٣، إذ بلغ حجم الاستهلاك حوالي ٤٩٦,٦٢ تيرا وات ساعة في العام ٢٠١٣، ومن المتوقع أن يصل إلى ٦٦٢ تيرا وات ساعة في العام ٢٠٢٠.

وتشير التقديرات إلى زيادة كميات المياه التي يتم تحليتها في دول مجلس التعاون الخليجي، والتي بلغت ٣٢ مليون متر مكعب/يومياً في العام ٢٠١٤م، و٣٦ مليون متر مكعب/يومياً نهاية ٢٠١٦م، وحوالي ٤٣ مليون متر مكعب/يومياً عام ٢٠٢٠، مقارنة بحوالي ٢٥.٥ مليون متر مكعب/يومياً عام ٢٠٠٨.<sup>(٣)</sup>

#### الأطر التنظيمية

ونظراً لما تملكه دول المجلس من موارد كبيرة للطاقة المتجددة، كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية، فإن سياسات صناع القرار قد توجهت نحو بناء أطر تنظيمية وقواعد مؤسسية للطاقة المتجددة يمكنها أن تنجز من خلالها تحولاً حقيقياً نحو الطاقة المتجددة، وابتعاداً تدريجياً عن الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية.

وقد كانت مبادرات الطاقة المتجددة التي طُرحت مؤخراً في دول مجلس التعاون مصحوبة بجهود حكومية لتأسيس هيئات إشرافية وتنظيمية تتولى ملف الطاقة المستدامة في هذه الدول. وتفاوت نهج هذه الهيئات الداعم لمصادر الطاقة المتجددة تبعاً لمستوى تبعيتها للوزارات أو الهيئات الحالية، أو وفقاً لأهداف محددة تسعى إلى تحقيقها. وتشمل تلك الأهداف ما يلي:

(١) سياسات دول مجلس التعاون في مجال الطاقة المتجددة: التحديات والآفاق، إيمان الشاذلي الجريدي. مجلة آراء حول الخليج الالكترونية عبر هذا الرابط:

[http://araa.sa/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4666&catid=4182&Itemid=172](http://araa.sa/index.php?option=com_content&view=article&id=4666&catid=4182&Itemid=172)

(٢) بلغ إجمالي استهلاك الطاقة المحلية في المنطقة حوالي ٣٧٥ مليون طن من المكافئ النفطي في العام ٢٠١٣؛ بزيادة قدرها ٢٧ في المائة مقارنة بعام ٢٠٠٨. ومن المتوقع أن يرتفع إجمالي استهلاك الطاقة بنحو ٤٠ % بحلول العام ٢٠٢٠. وقد بلغ الاستهلاك المحلي نحو ٢٨ % من إنتاج الطاقة في المنطقة في عام ٢٠١٤، مقارنة بنحو ١٧ % في عام ٢٠٠٠.

Source: International Energy Agency, Key World Energy Statistics for 2015 and 2010

IEA, Key World Energy Statistics and the Economist Intelligence, The GCC in 2020. (٣)

- **وضع السياسات:** ويقوم على ذلك وزارات متخصصة كوزارات الطاقة في دول مجلس التعاون، أو هيئات وإدارات حكومية مستقلة عن الوزارات أو تابعة لها مثل إدارة شؤون الطاقة وتغير المناخ (DECC) في وزارة الخارجية بالإمارات، وشركة أبو ظبي لطاقة المستقبل (ADFE) (مصدر) بأبي ظبي.
  - **وضع خطط التنمية لمصادر الطاقة المتجددة أو الاستراتيجيات الوطنية:** مثل لجنة الطاقة المتجددة في البحرين، ومدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمتجددة في السعودية (KA-CARE)، وهيئة تنظيم الكهرباء في أبي ظبي، وهيئة تنظيم الكهرباء في عُمان، والمجلس الأعلى للطاقة في دبي (DSCE).
  - **الإشراف على شراء الطاقة المتجددة:** مثل شركة توريد للطاقة المستدامة في السعودية (SEPC)، والمجلس الأعلى للطاقة في دبي (DSCE)، ووزارة الكهرباء والماء في الكويت؛ وهيئة تنظيم الكهرباء في عُمان.
  - **تنظيم توزيعات الطاقة المتجددة أو تحديد اتفاقيات شراء الطاقة:** مثل وزارة الكهرباء والماء في الكويت، وهيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج في السعودية (ECRA)، ومجلس التخطيط العمراني في أبي ظبي (UPC)، ومكتب التنظيم والرقابة في أبو ظبي، والمجلس الأعلى للطاقة في دبي، والمؤسسة العامة القطرية للكهرباء والماء (KAHRAMAA).
  - **تطوير محطات توليد مصادر الطاقة المتجددة:** مثل شركة أرامكو بالسعودية، وشركة نفط البحرين (BAPCO)، وشركة أبي ظبي لطاقة المستقبل (مصدر)، والمؤسسة العامة القطرية للكهرباء والماء، وأكو باور السعودية.
  - **تحديد فرص الاستثمارات في مجال الطاقة المتجددة إقليميًا ودوليًا:** مثل مدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمتجددة في المملكة العربية السعودية، وصندوق مصدر بمدينة مصدر بأبي ظبي.
  - **تعزيز التعاون بين المساهمين في مجال الطاقة، وخدمات الطاقة، ومؤسسات البحث والتطوير، وبيئة العمل:** مثل لجنة الطاقة المتجددة في البحرين.
- وبصفة عامة، يعكس التقدم الذي حققته دول المجلس على المستوى المؤسسي تطور قدرة هذه الدول على المضي قدمًا في قيادة أجندة الطاقة المتجددة في المنطقة. إلا أنه للأسف لم يتم حتى الآن استكمال ذلك من خلال اعتماد نهج منظم للسياسات الوطنية في مجال الطاقة المتجددة، أو استخدام الأطر المالية والتنظيمية التي تصل بالانتشار الفعلي للطاقة المتجددة إلى أعلى مستوياته.
- وبخصوص الأهداف، فقد أعلنت جميع دول مجلس التعاون عن وضع أهداف متوسطة المدى وبعيدة المدى لمشاريع الطاقة المتجددة المستقبلية المتوقعة. وفي الحقيقة، تتراوح تلك الأهداف من ٥ إلى ٢٥٪ من السعة المستقبلية لتوليد الطاقة بحلول عام ٢٠٢٠، أو عام ٢٠٣٠ على التوالي. وفي حال استكمال تلك الأهداف فإنها سوف تمثل قفزة هائلة في انتشار مشاريع الطاقة المتجددة في دول المجلس.
- وحتى الآن، تتبع حكومات دول المجلس في مجال تنمية الطاقة المتجددة النمط القائم على المشروع - أحيانًا يكون في هيئة مرافق عامة أنشأتها شركات من القطاع العام - أو من خلال شراكة القطاع العام مع القطاع الخاص (PPP)، حيث يتم تنفيذ مخططات إنتاج الطاقة المستقلة من خلال عقد اتفاقيات شراء الطاقة مع المؤسسات أو المرافق الوطنية.

ولقد تم تطوير الإجراءات المحددة في البداية من أجل وضع الأطر المالية لمحطة شمس ١ لتوليد الطاقة الشمسية، والتي تبلغ إنتاجيتها ١٠٠ ميغا واط، والمرحلة الأولى من مجمع محمد بن راشد آل مكتوم للطاقة الشمسية (MBRAM)، والذي تبلغ إنتاجيته ١٢ ميغا واط. واستنادًا إلى تلك الخبرة المؤسسية، تم تدشين المرحلة الثانية من مجمع محمد بن راشد آل مكتوم للطاقة الشمسية، والتي تبلغ إنتاجيتها ١٠٠ ميغا واط، كما أنها استطاعت الاستفادة من آليات العطاء العكسي، وعطاء أكوا باور ومقرها الرياض لخفض تعريفه طاقة الألواح الضوئية، إذ بلغت أقل من ٦ سنت/كيلو وات ساعة. ويُعتبر هذا السعر، تنافسيًا مع أسعار الكهرباء التي يتم إنتاجها اعتمادًا على النفط والغاز الطبيعي. وقد أدت تلك العطاءات، وفقًا لوكالة الدولية للطاقة المتجددة، إلى حدوث تطور في بعض مشاريع الطاقة المتجددة في دول المجلس (الكويت، الإمارات، وعمان).<sup>(١)</sup>

وفي المملكة العربية السعودية تم اطلاق البرنامج الوطني للطاقة المتجددة والذي يعتبر مبادرة استراتيجية تنضوي تحت مظلة رؤية ٢٠٣٠ وبرنامج التحول الوطني، ويهدف البرنامج إلى الزيادة المستدامة لحصة الطاقة المتجددة من إجمالي مصادر الطاقة في المملكة للوصول إلى ٣,٤٥ جيجا واط في عام ٢٠٢٠ أي ما يعادل ٤% من إجمالي إنتاج المملكة للطاقة و ٩,٥ جيجا واط بحلول العام ٢٠٢٣، أي ما يعادل ١٠% من إجمالي إنتاج المملكة من الطاقة. ومن المتوقع أن يبلغ حجم الاستثمارات في مشاريع البرنامج حوالي ٥٩ مليار ريال سعودي.<sup>(٢)</sup>

وفي إطار سعي الهيئة العامة للكهرباء والمياه للنهوض بقطاع الطاقة المتجددة في سلطنة عمان، والاستفادة من الخبرات العالمية في مجال الطاقة المتجددة ورفع كفاءة الطاقة، انضمت السلطنة (ممثلة بالهيئة العامة للكهرباء والمياه) إلى الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (ايرينا) رسميًا في يونيو ٢٠٠٩ والذي مكّنها من المشاركة في اجتماعات اللجنة المختصة بسياسات الطاقة المتجددة كعضو مراقب، وكان من ثمار هذه المشاركات أن فتح المجال للتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة المتجددة والدول الأخرى ممثلة بحكوماتها. فقد تمكنت الهيئة من إعداد دراسة (جاهزية السلطنة للطاقة المتجددة) بالتعاون مع الوكالة واستشاري محلي من جامعة السلطان قابوس، حيث قامت الوكالة بتعيين استشاري محلي لدراسة الوضع الحالي للسلطنة وتحليل البيانات المتوفرة عن مصادر الطاقة المتجددة كإحدى الخطوات التي تمهد لوضع سياسة عامة ومستدامة للطاقة المتجددة في السلطنة، انتهت الدراسة في أكتوبر ٢٠١٤ بجملته من التوصيات والمقترحات كان من أهمها تقييم موارد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

وقامت الهيئة العامة للكهرباء والمياه في عام ٢٠١٣ بوضع إطار استشاري لخطة مستدامة للطاقة المتجددة في السلطنة والتي تشتمل على محورين رئيسيين: خطة قصيرة - متوسطة المدى تركز على دراسة جدوى استغلال تقنية الخلايا الضوئية على أسطح المباني وخطة بعيدة المدى تعتمد بشكل رئيسي على وضع استراتيجية وطنية شاملة للطاقة تتضمن على الطاقة المتجددة كأحد المصادر الرئيسية في خليط الطاقة الوطني على المدى البعيد وذلك للمساعدة في تغطية الطلب المتنامي على الكهرباء والذي يتراوح بين ٨% إلى ١٠%

(١) سياسات دول مجلس التعاون في مجال الطاقة المتجددة: التحديات والآفاق، إيمان الشاذلي الجريدي، مجلة آراء حول الخليج الإلكترونية عبر هذا الرابط:

[http://araa.sa/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4666&catid=4182&Itemid=172](http://araa.sa/index.php?option=com_content&view=article&id=4666&catid=4182&Itemid=172)

(٢) مؤشرات للطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية ٢٠١٦، الهيئة العامة للإحصاء بالسعودية (٥).



سنويا نتيجة التوسع السكاني والعمراني والصناعي الذي تشهده السلطنة خاصة في ظل التنمية الشاملة وخطط تنويع مصادر الدخل.

كما اهتمت السلطنة بدراسة جدوى إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية، وشملت الدراسة التي قام بها الاستشاري العالمي المعين من قبل الهيئة العامة للكهرباء والمياه تحديد أفضل المواقع لإنشاء محطات الطاقة الشمسية بالسلطنة من مجموع ٢٣ موقعا، وأكدت الدراسة بأن السلطنة تتوفر لديها موارد كبيرة للطاقة الشمسية والتي يمكن استغلالها والاستفادة منها بإنشاء محطات لتوليد الطاقة الكهربائية بسعات عالية. وكذلك الحال بالنسبة لطاقة الرياح وطرق استغلالها.

ومن أجل استيعاب مشروعات الطاقة المتجددة والبديلة، وتهيئة هياكل مؤسسية تنهض بتلك المشروعات، فقد صدر القرار رقم ١٩ لسنة ٢٠٠٩ بإنشاء (المجلس الأعلى للطاقة) بدولة الإمارات، مقره في دبي، ويهدف إلى تحقيق الأغراض الآتية:

- تنويع مصادر الطاقة بما فيها مصادر الطاقة النووية.
- إيجاد مصادر مستمرة من الطاقة المستدامة تلي متطلبات التنمية المستقبلية.
- تحقيق ضمان إمداد الطاقة من خلال توفير مصادر الطاقة الأساسية بتكلفة معقولة وتقليل الآثار البيئية السلبية الناتجة عنها.
- رفع معايير الجودة والتأكد من أن مقدمي خدمات الطاقة يطبقون تلك المعايير بصورة دقيقة.
- تقديم الإرشادات والتوجيهات لمقدمي خدمات الطاقة بشأن أولويات سياسات قطاع الطاقة وأنشطتها المختلفة.
- التخطيط الفعال لقطاع الطاقة ووضع الخطط المناسبة لتلبية الاحتياجات المستقبلية من الطاقة من خلال استراتيجية خاصة تتضمن خطة خمسية لقطاع الطاقة.
- تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتطبيقات الطاقة المستدامة في شتى مجالات واستخدامات الطاقة المتجددة.<sup>(١)</sup>

وفي يونيو ٢٠١٨ أصدرت وزارة الطاقة والصناعة الإماراتية تقريراً مشتركاً مع جمعية الإمارات للحياة الفطرية، يسلط الضوء على السياسات والحوافز والتقنيات المبتكرة التي يمكن أن تسرع من تقدم دولة الإمارات العربية المتحدة نحو هدفها من الطاقة المتجددة بنسبة ٤٤٪ بحلول عام ٢٠٥٠.

وجاء التقرير تحت عنوان (تمكين انتقال الطاقة في دولة الإمارات العربية المتحدة: أهم عشر مجالات ذات الأولوية لصانعي سياسات الطاقة المتجددة)، حيث يقدم التقرير لصانعي القرار في جميع أنحاء الإمارات العربية المتحدة توصيات تستند إلى العلوم وتوجهات أصحاب المصلحة لتحقيق أهداف خطة الطاقة الوطنية لدولة الإمارات العربية المتحدة ٢٠٥٠. وبناءً على الجهود الحالية لوزارة الطاقة والصناعة، يسلط التقرير الضوء على أنه من الأساسي أن تواصل دولة الإمارات العربية المتحدة تطوير إطار فعال لسياسة الطاقة

(١) ، د. عبد الجبار عبود الحلفي، تطورات الطاقة المتجددة في دولة الإمارات العربية المتحدة مع إشارة خاصة للطاقة الشمسية، مجلة الخليج العربي، عدد ٤٠، عدد (٣، ٤)، سنة ٢٠١٢ (٥١).

المتجددة، مع هدف تكميلي واستراتيجي للحد من انبعاثات الكربون في البلد. سيسهم تنفيذ خطة الطاقة المسترشدة بتوصيات التقرير في تحقيق أمن الطاقة وتخفيض الانبعاثات والنمو الاقتصادي وإيجاد فرص العمل.

وتقيم الإمارات ما يعرف بـ(المدينة المستدامة)، من قبل شركة دايموند للتطوير، صوت القطاع الخاص في هذا التقرير. وتعمل منشآتها الشمسية الكهروضوئية على الأسطح كدراسة حالة لتطوير الطاقة المتعادلة في المنطقة. والمدينة المستدامة هي مجتمع سكني ذو انبعاثات كربونية قليلة ومتعدد الاستخدامات في دبي، حيث تهدف إلى أن تصبح أول مشروع متعادل الطاقة في المنطقة، وهو تحدٍ فريدٍ في ظل ظروف المناخ القاسي لدولة الإمارات العربية المتحدة.

وتخطو مملكة البحرين خطوات كبيرة على مستوى السياسات والأهداف الاستراتيجية الخاصة بالطاقة المتجددة، ففي عام ٢٠١٢ لم يكن هناك صندوق لتمويل مشروعات الطاقة المتجددة، ولم تكن توجد سياسة لتزويد مستثمري القطاع الخاص بالضمانات المالية لكي تكفل المدفوعات بموجب اتفاقيات شراء الطاقة، ولم تكن توجد امتيازات ضريبية داخلية لمشروعات الطاقة المتجددة في عام ٢٠١٢.<sup>(١)</sup> إلا أن الوضع قد تغير بحلول عام ٢٠١٦، فقد صادقت الحكومة في شهر أكتوبر ٢٠١٦ على الخطة الوطنية لكفاءة الطاقة والخطة الوطنية للطاقة المتجددة في البحرين، والتي تتضمن المبادرات التفصيلية ومسؤولية الجهات المعنية في كل خطة من خطط العمل. وتستهدف الحكومة البحرينية زيادة كفاءة استهلاك الطاقة الكهربائية بنسبة ٦٪ بحلول عام ٢٠٢٥ ومساهمة مصادر الطاقة المتجددة بنسبة ٥٪ بحلول عام ٢٠٢٥ وزيادتها إلى ١٠٪ بحلول ٢٠٣٥.

وضمن رؤية (كويت جديدة ٢٠٣٥) تخطو الكويت خطوات واسعة نحو نموذج طاقة مستدام، والتمكين لقطاع الطاقة المتجددة، حيث تتضمن الاستراتيجية الكويتية تنوع إنتاج الطاقة الكهربائية باستخدام مصادر متجددة بما نسبته ١٥٪ من إجمالي الطاقة الكهربائية في البلاد بحلول عام ٢٠٣٠.

وفي سبيل ذلك، تم تشكيل لجنة من مجلس الوزراء برئاسة وزير الكهرباء والماء وعضوية جامعة الكويت ومعهد الكويت للأبحاث العلمية ومؤسسة الكويت للتقدم العلمي ووزارة الأشغال العامة ووزارة النفط وجهات معنية أخرى. وتهدف اللجنة إلى تضمين المشاريع المستقبلية سواء ما يخص وزارة الأشغال أو الجهات الأخرى ذات الصلة بندا يلزم المقاول أن يكون ما لا يقل عن ١٠٪ من إجمالي استهلاك المبنى من الطاقة المتجددة.

كما تبنت وزارة الكهرباء والماء سياسات تهدف إلى دعم وتشجيع المواطنين من خلال الحوافز التي ترغبهم في تركيب الألواح الشمسية لإنتاج الطاقة. وعمليا تم إدخال الطاقة المتجددة في إنتاج الطاقة الكهربائية من الشمس والرياح مع ربط مشروع مجمع (الشقايا) للطاقة المتجددة بالشبكة الوطنية للكهرباء.<sup>(٢)</sup> إلا أن النتائج

(١) نبذة عن الطاقة المتجددة في البحرين ٢٠١٢، المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، البحرين، ٢٠١٣.

(٢) الطاقة المتجددة في الكويت.. حلم استشرافي يتحقق ويحاكي لغة العالم، صحيفة الأنباء الكويتية، ٢٠١٨/١٢/١٨.

ما زالت دون المأمول، فما زال إسهام الطاقة المتجددة في توليد الكهرباء لا يتجاوز ١٪، وهو دون المعدل العالمي الذي يصل إلى حوالي ٢٥٪.<sup>(١)</sup>

وفي رؤية قطر (٢٠٣٠) تهدف دولة قطر إلى تحقيق استراتيجية داعمة لقطاع التنمية المستدامة من خلال التمكين لنموذج طاقة الاستدامة عبر إتاحة فرص أكبر لقطاع الطاقة المتجددة رغم الاحتياطات الكبيرة للنفط والغاز. وقد بادرت الدولة بتبني مصادر الطاقة البديلة، ومثال ذلك : مشاريع أم الحول، وتأسيس شركة سراج للطاقة، وإنشاء عدد من الشركات الصناعية ذات العلاقة بالطاقة الشمسية، منها شركة قطر لتقنيات الطاقة الشمسية. كما عملت الدولة على تعزيز كفاءة استخدام الطاقة والغاز من خلال تكوين لجنة وطنية للطاقة المتجددة في وزارة الطاقة والصناعة، والتي تعمل على إعداد السياسة الوطنية لتطوير قطاع الطاقة الجديدة والمتجددة. وفي إطار تعزيز كفاءة إنتاج وتوزيع واستهلاك الطاقة.<sup>(٢)</sup>

Country/State	RE production target plan (%)	Year of production	Expected RE production	RE production by 2015
UAE/(Abu Dhabi)	7	2020	1500 MW	2000 MW
UAE/(Dubai)	5	2030	1000 MW	
Saudi Arabia	10	2032	54 GW	4000 MW
Qatar	10	2030	1 GW	3500 MW
Kuwait	10	2020	1150 MW	1500 MW
Oman	10	2020	600 MW	1000 MW
Bahrain	5	2020	1000 MW	1000 MW

جدول (١١): مستهدفات الطاقة المتجددة (RE) المستقبلية في دول مجلس التعاون من خلال عرض الإنتاج الواقعي والمستهدف الوصول إليه.

Source: M. Jamil a, Farzana Ahmad b, Y.J.Jeon, Renewable energy technologies adopted by the UAE: Prospects and challenges – A comprehensive overview

إننا نستطيع أن نقول أن السياسات والأهداف الاستراتيجية للطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون تمثل وعياً كبيراً باتجاهات الطاقة العالمية، وموقع مصادر الطاقة المتجددة منها، بصورة تجعلها سياسات ناضجة تقود تحولاً مأمولاً نحو الطاقة المتجددة. كما أن تلك السياسات والرؤى تعكس الحرص الكبير لدى صانعي القرار في دول المجلس على قضايا التنمية المستدامة من الحفاظ على البيئة وتوفير فرص العمل من خلال دعم نموذج طاقة الاستدامة النظيفة والمتجدد، على الرغم من الاحتياطات الكبيرة للطاقة التقليدية المتوفرة في تلك المنطقة.

## المشروعات والاستثمارات

من الطبيعي أن تتحول السياسات والخطط الموضوعية لتنمية قطاع الطاقة المتجددة الخليجي إلى واقع، وان تترجم الأهداف المصاغة والاستراتيجيات إلى مشروعات كبيرة تعطي المردود المأمول من أجل التنمية المستدامة، والتي تقع الطاقة في قلب منظومتها وأهدافها.

(١) آفاق الطاقة في دولة الكويت ٢٠١٩، تقرير مركز أبحاث الطاقة والبناء ومركز الكويت للأبحاث العلمية، ٢٠١٩ (٧٦).

(٢) الاستعراض الوطني الطوعي الثاني بشأن تنفيذ أجندة التنمية المستدامة ٢٠٣٠، الدوحة، ٢٠١٨ (١٢).

وقد أشارت إحدى الدراسات الحديثة إلى أن دول مجلس التعاون الخليجي أمامها فرصة واعدة هائلة لاستخدام الطاقة المتجددة. وتشير الدراسة إلى استمرار الطاقة المتجددة في جذب حصة متزايدة من الاستثمار العالمي، والمتوقع أن ترتفع الاستثمارات السنوية بـ ١٣٠ مليار دولار لتبلغ حوالي ٣٧٠ مليار دولار في العام بحلول ٢٠٢٠. وتم تقدير الإجمالي التراكمي للاستثمارات عالمياً بين ٢٠١٦ و ٢٠٢٠ بحوالي ١٥٠٠ مليار دولار أمريكي. إلا أن دول مجلس التعاون الخليجي لم تسهم حتى الآن إلا بحصة صغيرة في هذا الاستثمار - أقل من مليار دولار في ٢٠١٦ - مما يجعلها عرضة لخطر التأخر عن الدول الأخرى في حالة عدم تبني إطار مؤسسي داعم ومتسق لتيسير الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة.<sup>(١)</sup>

وتشير مؤسسة (فروست أند سوليفان) إلى أن قدرات توليد الكهرباء في دول مجلس التعاون الخليجي ستتمتع بمعدل سنوي مركب يبلغ نحو ٣,٧٤٪ بين عامي ٢٠١٥ و ٢٠٢٥، باستثمارات تقدر بـ ١١٦ مليار دولار، منها ٨٥ ملياراً في عمليات التوليد و ٣١ ملياراً في عمليات النقل والتوزيع.<sup>(٢)</sup>

وتقع دول مجلس التعاون الخليجي ضمن نطاق الحزام الشمسي العالمي، وتتمتع بمصادر وفيرة للطاقة الشمسية، وتعتبر وفرة هذه الموارد والتوجه العالمي الذي يشير بإمكانية انخفاض تكاليف التقنيات المتعلقة بها من أهم العوامل الجاذبة للاستثمار في مجال الطاقة الشمسية في المنطقة. وفي سبيل تحقيق الغاية المنشودة لتنوع مصادر توليد الكهرباء بعيداً عن الوقود التقليدي، ينبغي استغلال الطاقة الشمسية كواحدة من المصادر الأساسية لتوليد الكهرباء.

وقد تبوأَت مشروعات الطاقة المتجددة صدارة أجندة سياسات دول مجلس التعاون الخليجي، كجزء لا يتجزأ من خطط التنمية المستدامة المستقبلية في المنطقة، والتي ستشهد أكبر نمو في هذا المجال عالمياً، حيث سجلت تطبيقات الطاقة الشمسية حيا كبيرا من هذا الاهتمام. وأكبر مثال حي على ذلك هو مدينة (مصدر) في دولة الإمارات العربية المتحدة، حيث تعتبر مصدر مشروعا رياديا في عالم الطاقة الشمسية من حيث السعة، والتقنية والطاقة الإنتاجية. وتعد بذلك منارا لتطبيق نهج التنمية المستدامة عبر قنوات عدة مثل: التعليم، والاستثمار في مشروعات البحث والتطوير، وأيضا في تسويق مثل هذه المبادرات الرامية إلى تطوير تقنيات هذا القطاع الحيوي.

وتجعل الظروف الجغرافية السائدة في المنطقة الطاقة الشمسية أقوى الموارد المتجددة وأكثرها فعالية. ووفقا للوكالة الدولية للطاقة المتجددة IRENA فإن ما يقرب من ٦٠٪ من المساحة السطحية في دول مجلس التعاون الخليجي تتمتع بملاءمة ممتازة لنشر محطات الطاقة الشمسية الفولتضوئية. ومن شأن تطوير ١٪ فقط من هذه المنطقة أن يولد ما يقرب من ٤٧٠ جيجا واط من الطاقة الإضافية المتولدة ما يجعل الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة ضرورة للتنمية المستدامة، وللإقتصاد الخليجي بوجه عام.

(١) استثمارات دول الخليج في الطاقة المتجددة ستصل إلى ١٦ مليار دولار سنوياً بحلول ٢٠٢٠، صحيفة مال الاقتصادية السعودية، ٢٠١٨/٦/٦.

(٢) استثمار الخليج في الطاقة المتجددة ١١٦ بليون دولار خلال ١٠ سنوات، صحيفة الحياة اللندنية، ٢٠١٧/١/٦.

## المملكة العربية السعودية

في عام ٢٠١٠ ، تم إنشاء مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة بغية توسيع قدرة المملكة على توليد الطاقة وذلك عبر اللجوء إلى طاقة الرياح والطاقة المحولة من النفايات والطاقات الشمسية والحرارية الأرضية والنووية. تقضي خطة مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة بأن يتم بحلول العام ٢٠٤٠ إنتاج حوالي ٥٠٪ من إجمالي الكهرباء في المملكة من غير مصادر الوقود الأحفوري، و ١٧,٦ جيجا واط من الطاقة النووية، و ٤١ جيجا واط من طاقة الرياح (مع ١٦ جيجا واط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية و ٢٥ جيجا واط من الطاقة الشمسية المركزة). ولكن، لم يتم إجراء إلا القليل حيال وضع هذه الخطة موضع التنفيذ.<sup>(١)</sup>



شكل (٤٦): إمكانيات الطاقة البديلة والمتجددة في المملكة العربية السعودية

المصدر: اقتصاديات الطاقة البديلة والمتجددة في المملكة العربية السعودية .. التحديات وآفاق المستقبل، منتدى الرياض الاقتصادي، الدورة السابعة (٥٤).

وفي يوليو ٢٠١٧ كُلفت وزارة الطاقة السعودية بوضع (استراتيجية توطين سلسلة التوريد) تحت إدارة مكتب تطوير مشاريع الطاقة المتجددة. وكان الهدف وضع خريطة طريق تتضمن عناصر السوق كافة. وركزت الاستراتيجية على ثلاثة محاور رئيسية هي: تقييم وترتيب أولويات فرص التوطين والتي حددت فيها سلسلة القيمة للطاقة المتجددة، وتحديد قدرات وفجوات سوق الموردين المحليين، والسياسة المقترحة لبرنامج الحوافز بعد استخلاص أفضل الممارسات العالمية التي تتوافق وأهداف البرنامج الوطني للطاقة المتجددة.<sup>(٢)</sup>

وتتكون سعة المزيج الذي يستهدفه البرنامج من (٥٨٪ من الطاقة الشمسية الكهروضوئية، و ٢٥٪ من طاقة الرياح، و ١٣٪ من الطاقة الشمسية المركزة، و ٤٪ من الطاقة المحولة من النفايات). كما ركز تقييم

(١) الطاقة الشمسية في المملكة العربية السعودية: الخطط مقابل الإمكانيات، موجز تنفيذي، معهد السياسات بالجامعة الأميركية في بيروت (٢).

(٢) سارة محسن العتيبي، تطور السياسات الحكومية في دعم قطاع الطاقة المتجددة السعودي، مركز الملك فيصل للبحوث والدراسات الإسلامية، الرياض، ١٤٤٠هـ (١٨، ١٩).

سلسلة القيمة على تقنيات هذه المصادر الأربعة، وأجري التحليل على ثلاثة مستويات بحسب كل تقنية توزعت بين: (١) التصنيع والخدمات، (٢) المكونات الأساسية، وتتضمن ميزان المحطة/مُجمع الطاقة التصميم والتطوير والإنشاء والصيانة والتشغيل، (٣) المكونات الخاصة بالتقنية. وخلص التقييم إلى ٧٠ مكوناً تفصيلياً لتقنيات المصادر الأربعة.

وخضعت المكونات للتقييم بناء على عشرة معايير تحدد أهميتها التجارية وأهمية توطيئها، وتعكس الأهمية التجارية وجهة نظر المستثمر وتشمل:

- الربحية على المستوى العالمي
- كثافة رأس المال
- التركيز الصناعي
- تعقيد المنتج
- إمكانية النمو

وبالنسبة لأهمية التوطين فتعكس وجهة نظر الحكومة وتشمل

- إجمالي الإنفاق
- استبدال الواردات
- إمكانية توليد الوظائف
- إمكانية توليد وظائف العمالة الماهرة
- اتجاه التوطين

وتتمثل الفرص المختارة بعد استخلاص نتائج المعايير في:

- الزجاج الشمسي: (الخلية - الوحدة - الهليوستات - المجمع)
- المكونات الكهروميكانيكية: (محول التيار - توربينات أبراج الرياح - مجموعة الأذرع - مجموعة حاوية الأجزاء)
- العناصر الفولاذية: (الإنشاءات الفولاذية - برج المحطة الشمسية - برج محطة الرياح)
- الخدمات: (الهندسة - المشتريات - والإنشاء التركيب).<sup>(١)</sup>

وطبقاً للهدف الذي يضعه (البرنامج الوطني ٢٠٢٠م) تُقدر نسبة مساهمة المحتوى المحلي لقطاع الطاقة المتجددة ب ٣٥٪، وفي مرحلة تالية تهدف إلى تحقيق ٦٠٪. وحتى الآن، لم يتم إنجاز الكثير في ملف الطاقة المتجددة، حيث أنّ القدرة الإجمالية المركبة لا تزيد عن ١٧ ميجا واط، مع ١٢٥ ميجاواط أخرى مخطط لها في السنوات القادمة.

وتطغى توربينات الغاز الطبيعي على قطاع توليد الكهرباء في المملكة، حيث تمثل ٦٠٪ من مجمل التوليد. وعلى الرغم من أنها أقل فعالية (١٥ - ٣٠٪ فعالية) من الدورة المركبة أو توربينات البخار، فإن توربينات الغاز

(١) السابق (١٩، ٢٠).

الطبيعي توفر بديلاً لمواجهة الطلب المتزايد على الطاقة بتكلفة زهيدة. وتمتاز بإمكانية تشغيلها باستخدام أنواع مختلفة من الوقود (الوقود الزيتي أو الغاز المصاحب)، كما أنه يمكنها العمل دون إضافة ماء للتبريد، مما يعد ميزة كبيرة.

وتبنت الحكومة السعودية مؤخراً خطة (رؤية السعودية ٢٠٣٠). وتسعى هذه الخطة إلى توفير فرص للقطاع الخاص، لاسيما قطاع الطاقة، وإعادة هيكلة نظام الدعم المالي، مع هدف أولي بتوليد ٩,٥ جيغا واط من الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المتجددة.

وتمتلك المملكة المقومات التي قد تكفل لها النجاح في قطاع الطاقة المتجددة، يبدأ بالمدخلات مثل السيليكا والبتروكيماويات، وانتهاء بما تمتلكه الشركات السعودية من خبرة قوية في إنتاج أشكال الطاقة المختلفة، وهذا مما جعل المملكة تطلق برنامج الملك سلمان للطاقة المتجددة، والذي أعلن عنه من خلال منتدى الاستثمار في الطاقة المتجددة الذي عقد في أبريل عام ٢٠١٧م، ويتضمن البرنامج ٣٠ مشروعاً لإنتاج ١٠ جيغا واط من الطاقة المتجددة حتى عام ٢٠٢٣؛ إذ تعتمد المملكة على تأسيس المركز الوطني لبيانات الطاقة المتجددة في مدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمتجددة. فيما أظهرت مؤشرات (إرنست ويونغ) حول الدول الأكثر جاذبية في قطاع الطاقة المتجددة، أن كلا من السعودية ومصر والمغرب، تقود مساعي تطوير قطاع الطاقة المتجددة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، وذلك بفضل احتلالها مرتبة عالية من حيث إمكانات طاقة الرياح والطاقة الشمسية.<sup>(١)</sup>

وتأسس مكتب تطوير مشاريع الطاقة المتجددة في عام ٢٠١٦ ويتبع وزارة الطاقة والصناعة والثروة المعدنية السعودية، وذلك من أجل تقديم خطط مشروعات الطاقة المتجددة داخل المملكة طبقاً لجدول زمني ومراحل محددة.

ودشنت السعودية حجر الأساس لمشروع (سكاكا للطاقة الشمسية)، وهو الأول ضمن خطة السعودية للتحول للطاقات المتجددة. وسيبدأ المشروع إنتاجه التجاري قبل نهاية عام ٢٠١٩ لإنتاج ٣٠٠ ميغا واط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية، التي ستوفر الكهرباء لـ ٤٥ ألف منزل في المملكة، وتسهم في خفض ٤٣٠ ألف طن من الانبعاثات الكربونية سنوياً. وسيخلق المشروع أيضاً فرص عمل جديدة في مجالات متنوعة تشمل البناء والتشغيل والصيانة، بالإضافة إلى تعزيز الخبرات السعودية في قطاعات جديدة.

وتنفذ المشروع شركة أكوا باور السعودية، وقد أمنت الإغلاق المالي للمشروع بقيمة ١,٢ مليار ريال، مستثمرة من قبل القطاع الخاص. ومن المتوقع تقديم الكهرباء بأسعار قياسية (٢,٣٤ سنتا/كيلوواط)، وهو السعر الذي تم على أساسه توقيع اتفاقية شراء الطاقة من المشروع لمدة ٢٥ عاماً.<sup>(٢)</sup>

Project Finance EMEA: Saudi Arabia's Renewable Energy Plans: Strong Rationale, Untested Framework, Moody's (١) Investors Service, April 2017

(٢) خطوة جديدة نحو اكتمال مشروع سكاكا للطاقة الشمسية، العربية نت، ٢٠١٨/١١/٢٢.

وأعلن الائتلاف الذي يضم (إي دي إف رينوبلز) وشركة أبوظبي لطاقة المستقبل (مصدر)، عن اكتمال تمويل مشروع (محطة دومة الجندل لطاقة الرياح) على مستوى المرافق في السعودية، وذلك بدعم من عدد من المصارف السعودية والعالمية. وقد قدم الائتلاف عروض أسعار أكثر تنافسية بلغت ٢١,٣ دولار لكل ميغا واط ساعي لتطوير المحطة التي تبلغ تكلفتها ٥٠٠ مليون دولار. تعتبر المحطة الأولى من نوعها في السعودية والأكبر على مستوى منطقة الشرق الأوسط، وتبلغ طاقتها الإنتاجية ٤٠٠ ميغا واط. ومن المتوقع أن يبدأ التشغيل التجاري اعتباراً من الربع الأول لعام ٢٠٢٢.<sup>(١)</sup>

وقد أعلن مكتب تطوير مشاريع الطاقة المتجددة في مارس ٢٠١٩ إصدار طلبات تأهيل العروض لمشاريع الجولة الثانية من البرنامج الوطني للطاقة المتجددة، والتي تشمل ٧ مشاريع للطاقة الشمسية الكهروضوئية بقدرة توليد ١,٥٢ جيجا واط وبحجم استثمارات مباشرة تقدر بـ ١,٥١ مليار دولار. وقد جاء هذا الإعلان على ضوء النجاح الذي حققته طلبات إبداء الرغبة في الاستثمار، حيث لاقت الطلبات استجابة سريعة من قبل ٢٥٦ شركة، منها ١٠٠ شركة محلية تأسست في المملكة، مقارنة باستجابة ٧٥ شركة لمشروع مدينة سكاكا للطاقة الشمسية الكهروضوئية (٣٠ ميغا واط) و٣٨ شركة لمشروع محافظة دومة الجندل لطاقة الرياح (٤٠٠ ميغا واط) في عام ٢٠١٨.

وتعكس معدلات الاستجابة المرتفعة من قبل الشركات، مدى جاذبية قطاع الطاقة المتجددة في المملكة محلياً ودولياً، والرغبة في المساهمة بتحقيق الرؤية الطموحة للمملكة الرامية إلى توليد أكثر من ٢٠٠ جيجا واط من الطاقة المتجددة الممتدة عبر سلسلة القيمة بأكملها بدءاً من التصنيع المحلي وصولاً إلى تطوير المشاريع.

وتكفي قدرة التوليد للمشاريع السبعة تكفي ٢٢٦٥٠٠ أسرة، وستسهم في خلق أكثر من ٤٥٠٠ وظيفة خلال أعمال الإنشاءات والتشغيل والصيانة. وتشمل المشاريع كل من القرينات (٢٠٠ ميغا واط) والمدينة المنورة (٥٠٠ ميغا واط) ورفحاء (٤٥ ميغا واط) والفيصلية (٦٠٠ ميغا واط) ورابع (٣٠٠ ميغا واط) وجدة (٣٠٠ ميغا واط) ومهد الذهب (٢٠٠ ميغا واط).<sup>(٢)</sup>

وستقوم هذه المشاريع بدور هام في مساعدة المملكة على تحقيق أهدافها في مجال الطاقة المتجددة، التي تسعى إلى توليد أكثر من ٢٥ جيجا واط من طاقة الرياح والطاقة الشمسية خلال السنوات الخمس المقبلة، وحوالي ٦٠ جيجا واط بحلول عام ٢٠٣٠.

### الإمارات العربية المتحدة

هناك عدد من العناصر التي تمتلكها دولة الامارات وتسهم في نجاح مشروعات الطاقة المتجددة أهمها الإرادة السياسية التي تتمثل في تصريحات كثير من المسؤولين بضرورة نشر الطاقة المتجددة من أجل التنمية المستدامة، والموقع الجغرافي المتميز الذي تنتشر فيه موارد الطاقة المتجددة لا سيما الطاقة الشمسية

(١) اكتمال تمويل "محطة دومة الجندل" لطاقة الرياح بالسعودية، العربية نت، ٢٣/٧/٢٠١٩.

(٢) موقع مكتب تطوير مشاريع الطاقة المتجددة على شبكة الانترنت: [www.powersaudi Arabia.com.sa](http://www.powersaudi Arabia.com.sa)





بإشعاعها المنتشر وتطبيقاتها المختلفة، وطاقة الرياح، والسواحل الممتدة على طول حدودها بما يتيح إمكانات كبيرة للطاقة البحرية، وكذلك الطاقة الحرارية الجوفية (الأرضية).

وقد قطعت دولة الإمارات شوطاً بعيداً في استثمارات الطاقة المتجددة، وبخاصة في مجال الطاقة الشمسية، نظراً لتوفر كثافة الإسقاط للإشعاع الشمسي طوال أيام السنة، وتبني المجلس الأعلى للطاقة خطاً لاستثمار هذه الطاقة الحيوية لمختلف الأغراض، ونجحت الإمارات في أن تكون مقراً للمنظمة العالمية للطاقة المتجددة (إيرينا).

مدينة (مصدر)

وقد أبدت دولة الإمارات اهتماماً فعلياً بمجال الطاقة المتجددة. وأدركت أهمية تنوع مصادر الدخل، وأهمية الطاقة المتجددة في ذلك التنوع، فضلاً عن كونها الحل الفعلي والأمثل للحد من ظاهرة تغير المناخ. وتأسس على ذلك، فقد قامت دولة الإمارات بإنشاء شركة (مصدر) في عام ٢٠٠٦ وهي شركة متخصصة بتطوير ونشر تقنيات وحلول الطاقة المتجددة، وقد قامت هذه الشركة بإنشاء مدينة (مصدر) وهي أول مدينة خالية من الكربون والنفايات في العالم، كما أنها أول مدينة كاملة تعمل بالطاقة الشمسية؛ لذا فهي من أكثر مدن العالم استدامةً.

وتبلغ مساحة مدينة (مصدر) ٦ كم<sup>٢</sup> تقريباً، وتقع على بعد ١٧ كلم من وسط مدينة أبو ظبي، وتشكل منصة لاستعراض طاقة المستقبل المتجددة والتقنيات النظيفة، وإجراء البحوث عليها وتطويرها واختبارها وتطبيقها وتسويقها. ومدينة (مصدر) مملوكة بالكامل لشركة (مبادلة للتنمية) التابعة لحكومة أبو ظبي، والتي تهدف إلى حفز وتفعيل عمليات التنوع في اقتصاد الإمارة.<sup>(١)</sup>

وتعد المدينة مجتمعاً تتم فيه باستمرار أحدث وأخر مشروعات البحوث والتطوير في مجالات الطاقة المتجددة والتقنيات النظيفة، وتجري فيه المشاريع التجريبية، واختبارات التقنية، وبناء بعض أحدث المباني وأكثرها استدامة على مستوى العالم. وبذلك توفر مدينة (مصدر) بيئة خصبة تلهم المؤسسات العاملة في هذا القطاع الاستراتيجي والحيوي، وتحثها على الابتكار والنمو.

ويلعب المخطط الرئيس دوراً هاماً في نجاح مدينة مصدر بتحقيق هدف الاستدامة، وتشمل أهم عناصر المخطط:

- محاذاة الاتجاه: أي توجيه مباني المدينة بحيث تقلل اكتساب جدرانها وشوارعها للحرارة.
- التكامل: تمتاز المدينة بتقارب أماكن العمل والترفيه والتسليّة والسكن؛ مما يسهل التنقل ويجعل الحاجة إلى وسائل النقل بحددها الأدنى.

(١) عدنان فرحان، ويحيى محمد حسن، الطاقة المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة في دولة الإمارات العربية المتحدة، مركز دراسات الخليج العربي قسم الدراسات الاقتصادية (٥)، وانظر: صقر محمد ياسين، دور سياسات الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة دراسة حالة: مدينة مصدر بإمارة أبوظبي - بالإمارات العربية المتحدة، رسالة ماجستير.

- الأبنية منخفضة الارتفاع وذات كثافة عالية.
- المناطق الحضرية الحيوية، التي تشجع الناس على الخروج في الهواء النقي .
- مدينة صديقة للمشاة.
- مستوى حياة عالي الجودة.

وتعد مدينة (مصدر) واحدة من خمس وحدات متكاملة تعمل من خلالها شركة (مصدر) أما الوحدات الأربعة الباقية فهي: مصدر للطاقة، مصدر لإدارة الكربون، ومصدر للاستثمار، ومعهد مصدر للعلوم.

وقد بلغت الاستثمارات المبدئية لهذه المدينة حوالي ٢٢ مليار دولار. ومنذ عام ٢٠٠٨ عقدت (مصدر) اتفاقيات عدة مع شركات عالمية لتنفيذ طائفة واسعة من المشاريع في مجال الطاقة المتجددة بينها مشروع لبناء منشأة تنتج ألواحاً شمسية في إطار برنامج رُصد له مليار دولار، و اتفاقية مشاركة قيمتها ١,٢ مليار دولار لبناء محطة توليد تعمل بالخلايا الشمسية أو الفولتضوئية، إضافة إلى عدد من المشاريع الأخرى. ومنها مشروع لخفض الانبعاثات الغازية التي تسبب الاحتباس الحراري وكذا مشروع لاستخدام طاقة الرياح.

و من هنا تُعد مدينة (مصدر) مركزاً عالمياً ناشئاً للطاقة المتجددة والتقنيات النظيفة التي تضع الشركات القائمة في أبي ظبي في قلب هذه الصناعة العالمية و يصف الخبراء مدينة مصدر في أبوظبي بدولة الامارات العربية بأنها مدينة المستقبل، مدينة خالية من ثاني أكسيد الكربون وخالية من النفايات و خالية من السيارات التي تعمل بالنفط أو الغاز. والمدينة تتسع لنحو ٥٠٠٠ نسمة و ستغطي معظم حاجاتها من الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة حيث ستبنى فيها محطة مركزية لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية مع خزانات تحتفظ بالطاقة عند غروب الشمس كما يوجد فيها محطة لتحلية مياه البحر. وهي تعد بذلك نموذجاً للتنمية العمرانية المستدامة، إقليمياً و عالمياً، و تسعى لأن تكون مشروعاً مجدياً قابلاً للحياة من الناحية التجارية، يوفر أفضل بيئة للحياة و العمل بأقل ضرر بيئي ممكن. و تُعد المدينة مجتمعاً تجري فيه باستمرار أحدث و آخر مشاريع البحوث والتطوير في مجالات التقنيات النظيفة، وتجرى فيه المشاريع التجريبية، و اختبارات التقنية، وبناء بعض أحدث المباني و أكثرها استدامة على مستوى العالم. و بذلك توفر مدينة (مصدر) بيئة خصبة تلهم المؤسسات العاملة في هذا القطاع الاستراتيجي و الديناميكي و تحثها على الإبداع والنمو، من المتوقع أن تكون مدينة (مصدر) موقعاً قيادياً ومركزاً عالمياً لأبحاث وتطوير تقنيات الطاقة المتجددة.

ومن مشروعات مدينة (مصدر) المحلية في مجال الطاقة: تطوير محطتي (شمس ١) و (نور) للطاقة الشمسية في أبو ظبي، ومزرعة توليد الرياح، ومحطة كهروضوئية على جزيرة صير بني ياس في أبوظبي. ومن مشاريعها داخل مجلس التعاون مشروع (محطة دومة الجندل لطاقة الرياح) بالسعودية، بالشراكة مع شركة (إي دي إف رينوبلز) العالمية.

ومن المشروعات الدولية مزرعة (مصروفة لندن) لتوليد الطاقة من الرياح الساحلية بقدرة ١٠٠٠ ميغا واط ، ومزرعة لتوليد الطاقة من الرياح في مصب نهر التايمز، كمشروع مشترك مع شركتي (دونج إينبرجي) و(إي. أون)، التي ستكون لدى انتهائها من بين كبرى مزارع توليد الكهرباء من الرياح الساحلية. وفي شهر أكتوبر ٢٠١١، تم افتتاح محطة (خيما سولار) للطاقة الشمسية المركزة في إسبانيا، وهي تعد أول محطة للطاقة



الشمسية في العالم، قادرة على إمداد الشبكة بالكهرباء على مدار ٢٤ ساعة دون انقطاع في مدينة إشبيلية الإسبانية (فالي ١) و(فالي ٢) أيضا في إسبانيا، ومزرعة لتوليد الطاقة من الرياح في جزر السيشيل.

ويعد (معهد مصدر للعلوم والتكنولوجيا) جامعة مستقلة للدراسات العليا تُعنى بالأبحاث، وهي الجامعة الوحيدة على مستوى المنطقة المختصة ببرامج الدراسات العليا والأبحاث العلمية في مجالات الطاقة المتجددة والتقنيات النظيفة والتنمية المستدامة، ويعمل المعهد على إعداد الطلاب؛ ليصبحوا مبتكرين وعلماء مبدعين وباحثين ومفكرين في مجالات تطوير التقنيات ودمج الأنظمة وسياساتها.

### تطبيقات الطاقة الشمسية

نجحت الإمارات في استغلال تطبيقات الطاقة الشمسية في مشاريع تتعلق بأنظمة المرور، ومواقف السيارات، وأجهزة ضبط السرعة. كذلك نجحت في استغلال الطاقة الشمسية في مشروعات تحلية المياه مثل (محطة أم النار) بأبو ظبي، ومشروع مركز حماية الحياة البرية في العين. وهناك عدد من المشروعات البحثية الجاري تنفيذها مثل مشروع قياس معطيات الإشعاع الشمسي في جامعة الإمارات، ومشروع تغذية عدد من محطات الاتصال في المناطق النائية. وهناك دراسات جدوى لتطبيق المنظومات الكهروضوئية لأغراض ضخ المياه في الآبار الزراعية للمناطق النائية في أبو ظبي.<sup>(١)</sup>

وتعد دبي من المدن الرائدة على مستوى العالم في ابتكار طرق وأساليب حديثة لتعزيز كفاءة قطاع الطاقة وترشيد استهلاك الموارد الطبيعية وإيجاد حلول بديلة عن الطاقة التقليدية بما يدعم تحقيق التنمية المستدامة في الإمارة. وتهدف استراتيجية دبي للطاقة النظيفة ٢٠٥٠ إلى تنوع مصادر الطاقة في الإمارة وتوفير ٧٪ من الطاقة في دبي من مصادر الطاقة النظيفة بحلول عام ٢٠٢٠، و٢٥٪ بحلول عام ٢٠٣٠، و٧٥٪ بحلول عام ٢٠٥٠. تتكون الاستراتيجية من ٥ مسارات رئيسية هي: البنية التحتية، والبنية التشريعية، والتمويل، وبناء القدرات والكفاءات، وتوظيف مزيج الطاقة الصديق للبيئة.

وفي عام ٢٠١١ أعلنت بلدية دبي عن عزمها تطبيق مشروع تقنية (السخانات الشمسية) لتوفير المياه الساخنة في كثير من المباني، كما أصدرت تعميماً خاصاً باستخدام نظام السخانات الشمسية. وتوقعت بلدية دبي أنه في حال تطبيق نظام السخانات الشمسية على ٥٠٪ من مباني الإمارة؛ فإنه سيتم توفير نحو ٩٥ مليون درهم، وتوفير ١,٤ ٪ من استهلاك الكهرباء، بالإضافة للعائد البيئي المتمثل بخفض انبعاث الغازات الضارة بالبيئة الناتجة عن محطات توليد الكهرباء.

وتمتاز السخانات الشمسية عن السخانات الكهربائية بأنها أكثر أمناً، فضلاً عن أن تركيبها يلغي الحوادث التي تنتج عن انفجار السخانات الكهربائية داخل المنازل، كما أن العمر الافتراضي لها يعادل ثلاثة أضعاف العمر الافتراضي للسخان الكهربائي؛ مما يقلص من الآثار البيئية المترتبة على تصنيعها، ويقلل من نسبة النفايات الناتجة عن استخدامها، والتخلص منها.

(١) د. عبد الجبار عبود الحلبي، تطورات الطاقة المتجددة في دولة الإمارات العربية المتحدة مع إشارة خاصة للطاقة الشمسية، مجلة الخليج العربي، عدد ٤٠، عدد (٣، ٤)، سنة ٢٠١٢ (٥٤).

وفي عام ٢٠١٢ تم اطلاق مشروع (مجمع محمد بن راشد آل مكتوم للطاقة الشمسية)، بتكلفة استثمارية تصل إلى ١٢ مليار درهم، وستصل قدرته الإنتاجية إلى ١٠٠٠ ميغا واط بحلول عام ٢٠٢٠ و ٥٠٠٠ ميغا واط بحلول ٢٠٣٠، باستثمارات تصل إلى ٥٠ مليار درهم. وقد خصصت حكومة دبي موقعاً في منطقة (سيح الدحل) لإقامة المجمع على مساحة تبلغ ٤٨ كم<sup>٢</sup>.

وأعلنت هيئة كهرباء ومياه دبي (ديوا) عام ٢٠١٦، عن إطلاق تقنية جديدة لإنتاج الطاقة الكهربائية بنظام الطاقة الشمسية المركزة، التي تستطيع إنتاج الكهرباء حتى بعد غروب الشمس، وهو أكبر مشروع للطاقة الشمسية في العالم، على أن يبدأ على مراحل، تكون فيه المرحلة الأولى بطاقة إنتاجية ٢٠٠ ميغاواط في أبريل ٢٠٢١. وتعد دبي أول مدينة في منطق الشرق الأوسط تطبق هذه التقنية التي تخفض مع المشروعات الصديقة للبيئة، نحو ٦,٥ ملايين طن من انبعاثات الكربون سنوياً.

ويستغرق توليد الكهرباء بالتقنية الجديدة من ثماني إلى ١٢ ساعة يومياً، وفي بعض الأيام، سيكون التوليد على مدار اليوم كاملاً، الأمر الذي يسهم في رفع كفاءة وفعالية الإنتاج بصورة تتناسب مع احتياجات شبكة الكهرباء، وتوفر إمدادات مستدامة من الطاقة، وهو أمر يخدم مسيرة التنمية في الإمارة، ويحقق سعادة المجتمع، كما يساعد إمارة دبي على أن تكون الأقل في البصمة الكربونية عالمياً بحلول عام ٢٠٥٠.

وتخطو الهيئة بثقة نحو تنوع مصادر الطاقة في الإمارة، لتشمل ٦١٪ من الغاز، و ٢٥٪ من الطاقة الشمسية، و ٧٪ من الفحم النظيف، و ٧٪ من الطاقة النووية بحلول عام ٢٠٣٠، على أن تتم الزيادة التدريجية في توظيف مصادر الطاقة النظيفة، ضمن الميزج، لتصل إلى ٧٥٪، بحلول عام ٢٠٥٠.<sup>(١)</sup>

وحققت (محطة شمس ١) أول محطة للطاقة الشمسية المركزة في منطقة الشرق الأوسط، إنجازاً كبيراً خلال عام ٢٠١٦، حيث ارتفع إنتاجها بنسبة ٢٪ إلى ٢١٣ ميغا واط، مقارنة بالإنتاج المستهدف لعام ٢٠١٥، البالغ ٢١٠ ميغاواط، وتزود هذه الطاقة نحو ٢٠ ألف منزل في أبوظبي من احتياجاتها من الكهرباء.

وفي مارس ٢٠١٨، وضع الشيخ محمد بن راشد آل مكتوم حجر الأساس للمرحلة الرابعة من مجمع محمد بن راشد آل مكتوم للطاقة الشمسية بقدرة ٧٠٠ ميغا واط، والتي تعد أكبر مشروع استثماري للطاقة الشمسية المركزة في العالم، بما يعزز دور دولة الإمارات في مجال استخدام الطاقة النظيفة والمتجددة على خارطة العالم.

وتبلغ تكلفة تلك المرحلة ١٤ مليار درهم لتوفير طاقة نظيفة لأكثر من ٢٧٠ ألف مسكن في دبي. في مجمع شمسي هو الأكبر عالمياً على مساحة ٤٣ كم مربع باستثمارات ٥٠ مليار درهم وصولاً لإنتاج ٥٠٠٠ ميغا واط طاقة نظيفة.<sup>(٢)</sup>

(١) عبد الهي محمد، ١٠ ٪ حصة الطاقة المتجددة بالإمارات في ٢٠١٧، صحيفة البيان الإماراتية، ٢٦/١٢/٢٠١٦.

(٢) دبي تدشن أكبر مشروع للطاقة الشمسية المركزة في العالم، العربية نت، ٢٠/٣/٢٠١٨.



## دولة الكويت

يرجع تاريخ الطاقة المتجددة في الكويت إلى ثمانينيات القرن الماضي قبل أن يتم إدراج مشاريع في هذا القطاع ضمن الخطة التنموية للبلاد في عام ٢٠١٠ والتي تتضمن تأمين ١٥٪ من الطلب المحلي على الكهرباء باستخدام الطاقة المتجددة بحلول العام ٢٠٣٠ ما من شأنه توفير ٢,٥ مليار دولار سنوياً على أساس سعر برميل نفط قدره ٤٥ دولاراً.

ومن أوائل المشاريع في مجال الطاقة المتجددة في الكويت مشروع (سدره ٥٠٠) في منطقة (أم قدير) غرب البلاد الذي نفذته شركته نفط الكويت وبدأ عمله بالفعل في أكتوبر الماضي ويعمل على توليد ١٠ ميغا واط من الكهرباء من الطاقة الشمسية يدخل نصفها في شبكة الكهرباء العامة فيما يستخدم النصف الآخر في الرفع الصناعي من آبار النفط داخل (أم قدير).

وعلى الرغم من الموارد الهائلة التي حُبيت بها الكويت من الطاقة الشمسية والرياح، لم يبدأ البلد إلا مؤخراً في استغلال إمكانياته من الطاقة المتجددة، حيث أنشئت أول محطات لتوليد الكهرباء من الطاقة المتجددة (الرياح والطاقة الشمسية) في (مجمع الشقيا). واليوم لا تتجاوز سعة توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة ١٪ من إجمالي السعة التوليدية في الكويت. وعلى الرغم مما يُتوقع من ازدياد سعة توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة إلى ٥ جيغا واط على مدى فترة التوقعات، إلا أن هذه السعة ستظل غير كافية لتلبية الهدف المعلن وهو ١٥٪ من الطلب على الطاقة من الطاقة المتجددة بحلول عام ٢٠٣٠.<sup>(١)</sup>

وقد افتُتحت المرحلة الأولى من مشروع (مجمع الشقيا) للطاقة المتجددة في فبراير ٢٠١٩ بقدرته إنتاجية ٧٠ ميغا واط تم ربطها مع الشبكة الوطنية للكهرباء. ويتوقع أن يكون التشغيل الكامل لمجمع (الشقيا) للطاقة المتجددة من خلال ثلاث محطات، هي محطة الطاقة الشمسية الحرارية، ومحطة طاقة الرياح، والمحطة الكهروضوئية. وقد تم تصميم المجمع ليكون بمثابة محطة فريدة من نوعها على مستوى العالم، حيث يضم مزيجاً من تقنيات الطاقة المتجددة وخزانات الطاقة الحرارية الضخمة بهدف الحصول على أقصى كفاءة ممكنة في إنتاج الكهرباء لكل متر مربع بالصحراء الكويتية.

ويتوقع الخبراء أنه يمكن لهذا المجمع تزويد ما يقارب ١٠٠٠ وحدة سكنية ذات استهلاك متوسط بالتيار الكهربائي على مدار العام، ويحقق عوائد اقتصادية كبيرة نتيجة توفير استهلاك أكثر من ٢٨٥ ألف برميل نفط مكافئ سنوياً. كما أن للمجمع مردوداً بيئياً يتمثل في الحد من انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون بمقدار ٥ ملايين طن سنوياً. وينتظر أن ينتج المجمع نحو ١٥٠٠ ميغاواط كهرباء عند تنفيذ المرحلة الثانية منه المتمثلة في مشروع (الدبدبة) بالتعاون مع القطاع النفطي. وتطمح الكويت إلى إنتاج ٤٥٠٠ ميغا واط بحلول عام ٢٠٣٠ لتحقيق الهدف المنشود في التمكين للطاقة المتجددة بنسبة تصل إلى ١٥٪ من إجمالي الطاقة.

وتخطط الكويت لزيادة كبيرة في سعة توليد الكهرباء على مدى العقدين المقبلين، بشكل رئيسي من المحطات العاملة بنظام الدورة المركبة. لكن زيادة سعة توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة وإعادة تجهيز

(١) آفاق الطاقة في دولة الكويت ٢٠١٩، معهد الكويت للأبحاث العلمية مع معهد أبحاث الطاقة والبناء، الكويت، ٢٠١٩ (٧٦).

الوحدات الحالية أو شراء وحدات مرنة سيكون مساراً أكثر استدامة للمضيّ قدماً. ومع أن اختيار الوقود لتوليد الكهرباء يمكن أن يُعزى إلى حد كبير إلى واقع الكويت باعتبارها بلداً غنياً بموارد الوقود الأحفوري، إلا أن الهيكل العام لقطاع توليد الطاقة الكهربائية نفسه في الكويت يفاقم البطء في تبني الطاقات المتجددة.

وترعى مؤسسة الكويت للتقدم العلمي مشاريع التوليد الموزع للطاقة الكهروضوئية، فيما أشرف معهد الكويت للأبحاث العلمية على تصميم وتنفيذ المرحلة الأولى في مجمع الشقيايا.

كما ساهمت قلة مشاركة القطاع الخاص في قطاع الكهرباء في الكويت أيضاً في بطء تبني الطاقات المتجددة. وتعتبر محطة كهرباء الزور الشمالية أول مشروع مستقل للماء والكهرباء في الكويت، حيث تفاوضت هيئة مشروعات الشراكة بين القطاعين العام والخاص بشأن هذه الشراكة بالنيابة عن الحكومة. كما تفاوضت الهيئة بشأن الشراكة بين القطاعين العام والخاص في مجمع الشقيايا بالنيابة عن الحكومة.

وتمكنت دراسات معهد الكويت للأبحاث العلمية وتطبيقات مؤسسة البترول الكويتية وجهود وزارة الكهرباء من تحويل الطاقة المتجددة بما تمثله من منافس للنفط (مصدر الدخل الأساسي للكويت) إلى فرصة للاستثمار ومشروع اقتصادي بعائد مادي وبيئي.

وقد نشرت الكويت ورقة عمل بيضاء بشأن الطاقة الوطنية المستدامة لسنة ٢٠١٧ ، والتي أوصت ضمن ما أوصت بإنشاء (مناصر وطني) لتنفيذ خطط العمل الوطنية الواردة فيه. وقد وافق مجلس الوزراء الكويتي على التوصية فأنشأ اللجنة العليا للطاقة في ٢٠١٨ ، حيث كلفت بتعزيز مشاركة الكويت في محافل صنع القرار الدولية، وتحسين التنسيق الأفقي بين الوزارات والجهات التنظيمية ومشغلي البنية التحتية ومقدمي الخدمات، وتعزيز التنسيق بين الجهات الحكومية المركزية والإقليمية والمحلية وأصحاب المصلحة. وسيطلب تنفيذ استراتيجية الطاقة بنجاح الفصل بين مؤسسات صنع القرار والمؤسسات التنظيمية، مقروناً بالترسيم الواضح لحدود صلاحياتها وإجراءات التنسيق. ويحتاج المناصرون الوطنيون إلى مساندة من وحدة أبحاث وطنية، كمعهد الكويت للأبحاث العلمية، الذي يملك الخبرة الفنية لرصد أسواق الطاقة الدولية وتقديم البيانات ومساندة تنفيذ الاستراتيجية الوطنية للطاقة.<sup>(١)</sup>

وقد تأسس معهد الكويت للأبحاث العلمية في عام ١٩٦٧ لإجراء أبحاث حول استخراج النفط الخام والزراعة الصحراوية وعلم الأحياء البحرية. ثم وُسعت اختصاصاته في أواخر السبعينيات وأوائل الثمانينيات لتشمل الأبحاث العلمية التطبيقية والتقنية في اعتماد الطاقة الشمسية وتطبيقاتها في الكويت. وفي الوقت نفسه، اعتُبرت إمكانية استخدام الطاقة الشمسية في تكييف الهواء في الكويت كبيرة نوعاً ما.

(١) السابق (٧٧).



## مملكة البحرين

رغم امتلاك البحرين لموارد كبيرة من الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية والرياح والطاقة البحرية والطاقة الحرارية الأرضية)، إلا أن التحول نحو نموذج طاقة الاستدامة (المتجددة والبديلة) ما زال متأخراً ودون المأمول، ولا يزال الاعتماد على الوقود الأحفوري (النفط والغاز) أساسياً.

وفي تقرير المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (RCREE) عام ٢٠١٣ ذكر أنه لا توجد جهة مسؤولة عن دعم ونشر الطاقة المتجددة في البحرين في ذلك الوقت. كما ذكر أن النشاطات المتعلقة بدعم الطاقة المتجددة تقع تحت إشراف هيئة الكهرباء والمياه والتي لديها هدف عام وهو تزويد الدولة بخدمات المياه والكهرباء. كما لم يتم نشر أطلس مفصل للرياح لتحفيز الاستثمار فيها، كما لم يتم بعد تخصيص أراضي لتطوير مشروعات الرياح الكبرى كي يقوم القطاع الخاص بتطويرها. كذلك لم يتم نشر أطلس مفصل للطاقة الشمسية، ولم يتم تخصيص أراضٍ لمشروعات الطاقة الشمسية الكبرى كي يقوم القطاع الخاص بتطويرها.<sup>(١)</sup>

وذكر التقرير مشروعاً صغيراً للطاقة المتجددة أنشئ عام ٢٠٠٨، وهو عبارة عن توربينتين للرياح في المركز التجاري العالمي البحريني بقدرة ٥٠٠ كيلو واط. كما ذكر التقرير مشروعاً تحت الإنشاء للأنظمة الهجينة (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح) بإجمالي قدرة ٥ ميغا واط بتمويل وزارة الكهرباء والماء، ومشروعاً آخر تحت الإنشاء للطاقة الشمسية ببلدة عوالي المنامة وقدرة ٥ ميغاواط تحت إشراف الهيئة الوطنية للنفط والغاز (NOGA) وشركة نفط البحرين (BAPCO).

وتخطو مملكة البحرين خطوات تميل إلى الواقعية من أجل زيادة إسهام الطاقة المتجددة في مشهد الطاقة البحريني. فقد حددت الحكومة البحرينية أهدافاً وطنية لبلوغ نسب محددة من إجمالي الطاقة المتجددة كنسبة ٥% من الاعتماد على الطاقة المتجددة، مقارنة مع الاستهلاك الكلي للكهرباء في البلاد بحلول عام ٢٠٢٥، وكذلك هدف لزيادة كفاءة استهلاك الطاقة بنسبة ٦% بحلول عام ٢٠٢٥.

وتتبنى المملكة مجموعة خطط طاقوية مثل الخطة الوطنية لكفاءة الطاقة (NEEAP) والخطة الوطنية للطاقة المتجددة (NREAP)، واللجنة الوطنية التي تم تشكيلها لتنفيذ مبادرات الخطة المذكورة برئاسة وزير شؤون الكهرباء والماء وعضوية كبار المسؤولين من جميع الوزارات والجهات الحكومية ذات العلاقة، وذلك من أجل دعم التحول نحو الطاقة المتجددة وتوطينها، وإحلالها جزئياً داخل شبكة الكهرباء البحرينية باستخداماتها المتعددة.

وقد طرحت البحرين مشروع محطة للطاقة الشمسية بقدرة ١٠٠ ميغا واط، وسعت للتسويق لها وإنشائها عبر الشراكة مع القطاع الخاص. وينفذ المشروع بالشراكة مع القطاع الخاص كأول الاستثمارات في هذا المجال، وسيوفر عند اكتماله ما نسبته ٢,٥% من إنتاج البحرين من الطاقة الكهربائية في مسعى لها للتقليل من الاعتماد على الطاقة الأحفورية. ومن المتوقع أن يتم الانتهاء من تشييد المحطة وتشغيلها مع نهاية

(١) تقرير المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (RCREE) عام ٢٠١٣، نبذة عن البحرين (٥).

عام ٢٠١٩، وتوفر الحكومة البحرينية أرض المشروع، وتتعهد بشراء إنتاج المحطة من الطاقة الكهربائية وفق تعرفه محددة.<sup>(١)</sup>

وتسعى المنامة لتوفير ٥٠٪ من احتياجاتها من الكهرباء من الطاقة الشمسية، أي ما يوازي ٢٥٠ ميغاواط بحلول العام ٢٠٢٥، ويصل إنتاج البلاد حالياً إلى نحو ٣٩٢٠ ميغاواط من الكهرباء يومياً من محطات تعمل بالغاز الطبيعي.

ويتوقع مسؤولون بحرينيون أن يكون الاستثمار في الطاقة المتجددة والطاقة النظيفة جذاباً للاستثمارات الخليجية، إذ انخفضت تكلفة الإنتاج بسبب التطور الكبير في تقنية الألواح الشمسية، إضافة إلى احتياجات الدول لدخول القطاع الخاص كشريك في تنفيذ وإدارة وصيانة مشاريع الطاقة الكهربائية.

#### سلطنة عمان

تشارك سلطنة عمان مع دول مجلس التعاون في وفرة موارد الطاقة المتجددة والخطط الطموحة لاستغلالها، وتشارك معها أيضاً في ضعف المردود الاقتصادي والتنموي في مقابل الإمكانيات الكبيرة، والاعتماد على الوقود الأحفوري بشكل رئيس في قطاعات النقل وتوليد الكهرباء.

في عام ٢٠٠٧ صرحت هيئة تنظيم الكهرباء بإجراء دراسة في مجال الطاقة المتجددة. وكان الهدف من هذه الدراسة تقديم لمحة عامة عن مصادر الطاقة في أنحاء سلطنة عمان، وإمكانية استخدام موارد الطاقة لإنتاج الكهرباء، واستعراض مجموعة واسعة من التقنيات التي يمكن تطبيقها في سلطنة عمان وتقييم إمكانيات كل منها. ولخصت الدراسة أهم موارد الطاقة المتجددة في السلطنة والتي حظيت بالأولوية وهي الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وذلك نظراً لكونها من أبرز الموارد وأكثرها وفرة في السلطنة. كما أوصت الدراسة بالقيام بالمشاريع التجريبية ودراسة الجدوى التحفيزية لمشروع إنتاج الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية بسعة ١٠٠ - ٢٠٠ ميغاواط.

وانضمت السلطنة ممثلة بالهيئة العامة للكهرباء والمياه إلى الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (ايرينا) رسمياً في يونيو ٢٠٠٩ والذي مكّنها من المشاركة في اجتماعات اللجنة المختصة بسياسات الطاقة المتجددة كعضو مراقب، وكان من ثمار هذه المشاركات أن فتح المجال للتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة المتجددة والدول الأخرى ممثلة بحكوماتها. فقد تمكنت الهيئة من إعداد دراسة (جاهزية السلطنة للطاقة المتجددة) بالتعاون مع الوكالة واستشاري محلي من جامعة السلطان قابوس، حيث قامت الوكالة بتعيين استشاري محلي لدراسة الوضع الحالي للسلطنة وتحليل البيانات المتوفرة عن مصادر الطاقة المتجددة كإحدى الخطوات التي تمهد لوضع سياسة عامة ومستدامة للطاقة المتجددة في السلطنة، انتهت الدراسة في أكتوبر ٢٠١٤ بجملته من التوصيات والمقترحات كان من أهمها تقييم موارد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

(١) البحرين تستعرض خططها للطاقة المتجددة مع وفد صندوق النقد، عبيد السهبي، صحيفة الشرق الأوسط، ٢٦/١/٢٠١٨.





وقامت دراسة للهيئة العامة للكهرباء والمياه في السلطنة في عام ٢٠١١ م بتحديد أفضل المواقع لإنشاء محطات الطاقة الشمسية بالسلطنة من مجموع ٢٣ موقعا، وأكدت الدراسة بان السلطنة تتوفر لديها موارد كبيرة للطاقة الشمسية والتي يمكن استغلالها والاستفادة منها بإنشاء محطات لتوليد الطاقة الكهربائية بسعات عالية. وقد شملت الدراسة تحديد أفضل ٤ مواقع لإنشاء محطات مستقبلية للطاقة الشمسية بالسلطنة قادرة لاستيعاب محطات بسعة ٢٠٠ ميغا واط لكل موقع ، وذلك في كل من أدم ومنح و عبري والخابورة . كما تم حجز مواقع أدم ومنح لهذا المشروع والحصول على الموافقة البيئية الأولية للموقعين، كما تم استخدام مواقع أدم ومنح لإنشاء محطتين للأرصاء الجوية لقياس بيانات الطاقة الشمسية والعوامل الأخرى التي تؤثر في تصميم المحطات.

وقامت الهيئة العامة للكهرباء والمياه في عام ٢٠١٣ م بوضع إطار استرشادي لخطة مستدامة للطاقة المتجددة في السلطنة والتي تشتمل على محورين رئيسيين: خطة قصيرة-متوسطة المدى تركز على دراسة جدوى استغلال تقنية الخلايا الضوئية على أسطح المباني، وخطة بعيدة المدى تعتمد بشكل رئيسي على وضع استراتيجية وطنية شاملة للطاقة تشتمل على الطاقة المتجددة كأحد المصادر الرئيسية في خليط الطاقة الوطني على المدى البعيد وذلك للمساعدة في تغطية الطلب المتنامي على الكهرباء والذي يتراوح بين ٨% إلى ١٠% سنويا نتيجة التوسع السكاني والعمراني والصناعي الذي تشهده السلطنة خاصة في ظل التنمية الشاملة وخطط تنويع مصادر الدخل.

وأثبتت الدراسات التي أجرتها الهيئة العامة للكهرباء والمياه جدوى القيام بهذه المشاريع، إذ أن معدل وفرة الطاقة الشمسية في السلطنة يعتبر من بين المعدلات الأعلى عالمياً. وهناك أربعة مشاريع مختلفة لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية بسعة إجمالية تصل إلى ١٦٠٠ ميغا واط، وهي: مشروع محطة الطاقة المستقلة في عبري بسعة ٥٠٠ ميغا واط وسيتم تشغيله في عام ٢٠٢١ ، ومشروع الطاقة الشمسية ٢٠٢٢ بسعة ٥٠٠ ميغاواط وسيتم تشغيله في عام ٢٠٢٢ ، ومشروع الطاقة الشمسية ٢٠٢٣ بسعة ٥٠٠ ميغاواط وسيتم تشغيله في عام ٢٠٢٣ ، بالإضافة إلى مشروع (أمين) للطاقة الشمسية بسعة ١٠٠ ميغاواط الذي سيتم تشغيله في عام ٢٠٢٠ . وتتوزع هذه المشاريع في كل من ولاية عبري بمحافظة الظاهرة، وولايي منح وأدم بمحافظة الداخلية، وأمين (منطقة امتياز شركة تنمية نفط عمان). وقد بدأ العمل في هذه المشاريع بشكل فعلي وفق الخطة التنفيذية لكل منها. وتجدر الإشارة إلى أن قيمة الاستثمارات لمشاريع هذه المبادرة ستبلغ حوالي ٦١٦ مليون ريال عماني (١.٦٤ مليار دولار).<sup>(١)</sup>

كما تتمتع أجزاء من ساحل عُمان بنسبة جيدة من الرياح ذات السرعة المرتفعة (بين ٥ و ٧,٥ متر في الثانية)، الأمر الذي يمكّن السلطنة من استغلال هذه الرياح على طول خطها الساحلي لتوليد الكهرباء. وكما هو الحال فيما يتعلق بمبادرة الطاقة الشمسية، فإن تكاليف التقنيات المتعلقة بطاقة الرياح مستمرة في الانخفاض مما يعزز جاذبية طاقة الرياح كأحد مصادر الطاقة المتجددة.

(١) مخرجات مختبر الطاقة. طموح متجدد وفكر متقد، تقرير صادر عن مختبر الطاقة التابع لوزارة النفط والغاز العمانية، أبريل ٢٠١٩ .(٣٥).

وتستعد السلطنة لإنشاء مشروع جديد لطاقة الرياح وهو مشروع (رياح ٢٠٢٣) بسعة ٢٠٠ ميغاواط في أحد المواقع المقترحة وهي ولاية صور، وولاية جعلان بني بو علي، وولاية الدقم، وولاية سدح، وولاية شليم وجزر الحلايبات، وولاية الجازر، وذلك بعد أن يتم التحقق من الجدوى الفنية والاقتصادية للموقع. ومن المتوقع أن يتم تشغيل المشروع في عام ٢٠٢٣. وتجدر الإشارة إلى وجود مشروع تحت الإنشاء حالياً في منطقة فتخيت بسعة إجمالية تقدر ب ٥٠ ميغاواط وهو المشروع الأول من نوعه في منطقة الخليج العربي.<sup>(١)</sup>

وتقوم السلطنة حالياً بإدارة كميات كبيرة من المخلفات من خلال استخدام مرادم خاصة نظراً إلى انخفاض تكلفة هذه الآلية. إلا أن هذه المرادم تمثل التزامات طويلة الأمد تلتزم بها السلطنة، إذ يتم تخصيص نحو ٣٠,٠٠٠ متر مكعب سنوياً لهذه المرادم في كل من مسقط وجنوب الباطنة. كما أن هذه المواقع بحاجة إلى ضخ تكاليف إضافية خاصة بالتشغيل والصيانة بشكل دوري، إذ تصل تكلفة التشغيل لكافة مرادم المخلفات الحالية الموجودة بالسلطنة نحو ١٣ مليون ريال عماني سنوياً. فضلاً عن وجود الآثار البيئية والصحية السلبية المرتبطة بزيادة هذه المرادم وتأثيراتها على المجتمعات السكانية القريبة. ومع توقع ازدياد كميات المخلفات إلى ٣,٦٧ مليون طن بحلول ٢٠٤٠ م وذلك نتيجة زيادة عدد السكان ومعدلات النمو الاقتصادي المتوقعة، تبرز فرص كبيرة لمضاعفة القيمة المضافة لمخلفات البلدية والمخلفات الحيوية.

وتهدف مبادرة مختبر الطاقة إلى استغلال المخلفات لتوليد الطاقة من خلال إقامة عدة مشاريع ستعمل على خفض التلوث البيئي وتلوث التربة. كما ستعمل على إنتاج طاقة كهربائية سنوية تصل إلى ١,٢٩ تيرا واط في الساعة سنوياً. ودفعا بتنفيذ مشاريع هذه المبادرة، قامت كل من شركة بيثة والشركة العمانية لشراء الطاقة والمياه بالتعاون معاً لتفعيل هذا النوع من المشاريع، حيث عمدت شركة بيثة إلى إعداد دراسة جدوى اقتصادية (٢٠١٥ - ٢٠١٦ م) حول المشاريع المقترحة. كما أصدرت الشركة العمانية لشراء الطاقة والمياه مناقصة لإعداد دراسة جدوى فنية واقتصادية لمشروع مخلفات البلدية وذلك خلال عام ٢٠١٨ م. ويتركز عمل هذه المبادرة حالياً على تنفيذ مشروعين أساسيين، أحدهما في مرحلة دراسة الجدوى وهو مشروع مرتبط بتدوير مخلفات البلدية بسعة ٩٠ ميغا واط ويقع في بركاء، والآخر يركز على استغلال المخلفات الحيوية في أكثر من موقع في السلطنة. ويتوقع أن تبلغ القيمة الاستثمارية لهذه المشاريع نحو ١٨٤ مليون ريال عماني.<sup>(٢)</sup>

## دولة قطر

شهدت قطر حالة من النشاط الكبير في مختلف مشروعات الطاقة المتجددة، وخاصة الطاقة الشمسية، حيث وضعت الدوحة خطة لتوليد ٢٠٠ ميغا واط من الطاقة الشمسية، تمثل ما نسبته ٢٪ من احتياجات البلاد من الكهرباء بحلول عام ٢٠٢٠، أي ما يكفي لتزويد ٦٦ ألف منزل بالطاقة.

وضمن أهداف التنمية المستدامة (الهدف السابع والذي ينص على ضمان حصول الجميع على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة بتكلفة ميسورة) تسعى دولة قطر لتوفير طاقة الاستدامة، وهو ما جعلها

(١) السابق (٣٦).

(٢) السابق (٣٧).



تخطو خطوات كبيرة نحو إعطاء الفرصة لموارد الطاقة المتجددة (وخاصة طاقتي الشمس والرياح) لتشارك في رسم مشهد الطاقة القطري في المستقبل القريب.

وقد بادرت الدولة بتبني مصادر الطاقة البديلة، ومثال ذلك: مشاريع أم الحول، وتأسيس شركة سراج للطاقة، وإنشاء عدد من الشركات الصناعية ذات العلاقة بالطاقة الشمسية، منها شركة قطر لتقنيات الطاقة الشمسية. كما عملت الدولة على تعزيز كفاءة استخدام الطاقة والغاز من خلال تكوين لجنة وطنية للطاقة المتجددة في وزارة الطاقة والصناعة، والتي تعمل على إعداد السياسة الوطنية لتطوير قطاع الطاقة الجديدة والمتجددة.<sup>(١)</sup>

وقامت كل من (قطر للبترول) و(شركة الكهرباء و الماء القطرية) بتأسيس شركة مشروع مشترك لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية عام ٢٠١٧، وقد أطلق عليها (سراج للطاقة) بهدف تنوع مصادر الطاقة والاعتماد على التقنيات الصديقة للبيئة وزيادة الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة. وتم تخصيص الأرض لمشروع الطاقة الشمسية في (الخرسعة) و هي مصممة لإنتاج من ٥٠٠ الى ١٠٠٠ ميغا واط من الطاقة الكهربائية من خلال تقنية الكهروضوئية الشمسية. وتقدر تكلفة المرحلة الأولى بحوالي ٥٠٠ الى ٦٠٠ مليون دولار أمريكي لإنتاج ٥٠٠ ميغا واط كهرباء. وتتطلع الشركة إلى تخفيض أسعار الكهرباء الناتجة عن المشروع لتصل إلى ما بين ٦ إلى ٧ سنتات أمريكية للكيلو واط.<sup>(٢)</sup>

وتعترم المؤسسة العامة القطرية للكهرباء والماء (كهرماء) من خلال قسم تقنيات الطاقة المتجددة، استخدام تقنيات الطاقة المتجددة في توليد الكهرباء وتحلية الماء تماشياً مع رؤية قطر الوطنية ٢٠٣٠، كما أن (كهرماء) بالتعاون مع لجنة المشاريع والإرث ستنفذ مشاريع للطاقة الشمسية لتوليد ١٠٠ ميغا واط لإمداد ملاعب كأس العالم لكرة القدم - المقامة في قطر - عام ٢٠٢٢ بالكهرباء.

وتتمثل المرحلة الأولى في مشروع إنشاء محطة (الدحيل) للطاقة الشمسية، والذي دخل دائرة التشغيل في ٢٠١٧، وينتج المشروع الذي تبلغ مساحته ١٠٠ ألف متر مربع، ١٠ ميغا واط من الطاقة.<sup>(٣)</sup>

وهناك مشروع قطري لإنتاج الطاقة من الرياح، وسينتج هذا المشروع حوالي ٧ ميغا واط من الكهرباء، وسيكون ارتفاع عمود الرياح به أكثر من ١٣٥ متراً.

ويمثل معهد قطر لبحوث البيئة والطاقة أحد الأركان الأساسية لقطاع البحوث والتطوير في قطر. ويهدف إلى دعم الجهود الرامية لتحقيق استقلالية دولة قطر في مجال الطاقة واستدامة مواردها المائية من خلال البحوث المتقدمة في مجالي البيئة والطاقة. ومن الإسهامات الهامة للبحث العلمي في ميدان الطاقة المتجددة في قطر تصنيع بطاريات التخزين للطاقة الشمسية، وهي بطاريات ذات حجم كبير، يتم ربطها بالشبكة الكهربائية الذكية، والتي لديها قدرة كبيرة على رصد وقياس التيار الكهربائي وأحماله المختلفة، ومن خلال ذلك يتم فصل

(١) الاستعراض الوطني الطوعي الثاني بشأن تنفيذ أجندة التنمية المستدامة ٢٠٣٠، الدوحة، ٢٠١٨ (١٢).

(٢) بكر بهجت، قطر. عملاق الطاقة الشمسية القادم، صحيفة الوطن القطرية، ٢٠١٧/١٠/٤.

(٣) السابق.

الكهرباء القادمة من شركة الكهرباء، وتوصيل الكهرباء الناتجة عن الطاقة الشمسية المحولة لطاقة كهربائية عبر الشبكة الذكية.<sup>(١)</sup>

وتتمثل أهداف المعهد في مجالات التحديات البحثية الكبرى، وذلك من خلال التقليل من المخاطر العلمية والتقنية لمواد وأنظمة إنتاج الخلايا الكهروضوئية، والتقليل من المخاطر المصاحبة لتخزين الطاقة، بالإضافة إلى التقليل من مخاطر استخدام وعدم استقرار الشبكة الناتج عن استخدام ١ جيجا واط من الطاقة المتجددة، وضمان تقليل الآثار البيئية والمخاطر على الصحة وتعزيز الاستدامة المجتمعية، وغير ذلك من المجالات الهامة.

### إمكانات الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون

تتجه أنظار العالم في العقود الأخيرة إلى مشروعات الطاقة المتجددة، نظراً لأهميتها في تقليل الانبعاثات الغازية الضارة بالبيئة، وتوفير مواردها في البيئة المحلية. وانطلاقاً من ذلك، تسعى دول مجلس التعاون الخليجي جاهدة في الاستثمار والتطوير في هذا المجال مدفوعة بإمكانات كبيرة، من الممكن - إذا أُحسن استغلالها - أن تجعل المنطقة أكبر وأهم سوق للطاقة المتجددة في العالم. ومن المؤكد أن هذا التوجه سوف يحد بشكل رئيسي من ارتفاع نسب الاستهلاك المحلي للطاقة الأحفورية، والناظر على حصص التصدير ومن ثم التأثير على الاقتصاد الخليجي من جهة، و لضمان الاستقرار الاقتصادي الذي سيدفع بعجلة التطور في قطاع الطاقة النظيفة ودعمها بالتقنية اللازمة و الأبحاث المبتكرة من جهة أخرى.

### أولاً: موارد الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون الخليجي

تمتد دول مجلس التعاون الخليجي بين دائرتي عرض ١٦ و ٣٢ شمالاً، وبين خطي طول ٣٥ و ٦٠ شرقاً، وهي منطقة تتميز بالإشعاع الشمسي المباشر العالي الكفاءة، فهي تقع ضمن ما يُعرف بالحزام الشمسي العالمي، وتتمتع بذلك بجزءٍ من أعلى مستويات الانكشاف الشمسي في العالم، حيث من المتوقع أن يتراوح عدد ساعات التشغيل بالطاقة الكاملة لمحطات الكهرباء الشمسية في المنطقة ما بين ١٧٥٠ و ١٩٣٠ ساعة سنوياً، مقابل ٩٤٠ ساعة في ألمانيا. فضلاً عن هذا، فإن المنطقة تطبق نموذج محطات الكهرباء المستقلة، وهو عبارة عن آلية ائتمانية تجعل التمويل الميسر طويل الأجل متاحاً وفي المتناول من خلال مستثمري القطاع الخاص والمستثمرين الأجانب.<sup>(٢)</sup>

ووفقاً للوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) فإن ما يقرب من ٦٠٪ من المساحة السطحية في دول مجلس التعاون الخليجي تتمتع بملاءمة ممتازة لنشر محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية. ومن شأن تطوير ١٪ فقط من هذه المنطقة أن يولد ما يقرب من ٤٧٠ جيجا واط من الطاقة الإضافية المتولدة ما يجعل هذا المجال أكثر تحفيزاً للاستثمار.

(١) مستقبل الطاقة المتجددة في قطر، أرابيان بيزنس، ٢٣/٨/٢٠١٥.

(٢) استثمارات دول الخليج في الطاقة المتجددة ستصل إلى ١٦ مليار دولار سنوياً بحلول ٢٠٢٠، صحيفة مال الاقتصادية، ٦/٦/٢٠١٨.

وعلى تعد المملكة العربية السعودية من أكثر الدول التي تمتلك أعلى إمكانيات من موارد الطاقة الشمسية على مستوى العالم. وتشير بيانات نظم المعلومات الجغرافية الشمسية (Solar GIS) إلى توفر إمكانيات موارد إشعاع أفقي (GHI) مقدارها ٢,٤٢٥ كيلو واط ساعة/م<sup>٢</sup> في المملكة بما يضعها في مقدمة الدول مقارنةً بدول الاتحاد الأوروبي والشرق الأوسط وشمال أفريقيا من حيث إمكانية الطاقة الشمسية الكهروضوئية. وبالمثل بالنسبة للطاقة الشمسية الحرارية المركزة (CSP)، يشير الاسقاط الشمسي المباشر (DNI) بمعدل ٢,٦٦١ كيلو واط ساعة/م<sup>٢</sup> إلى إمكانية عالية جدًا في المملكة العربية السعودية فيما يتعلق بهذه التقنية. وهنا يجدر الذكر أن ألمانيا، التي تُعد واحدة من أكبر الدول المستهلكة للطاقة الكهروضوئية في العالم، لديها متوسط إشعاع أفقي يبلغ ١,٠٦٦ كيلو واط ساعة/م<sup>٢</sup> وهو تقريبًا ما يمثل نصف معدلات الإشعاع الأفقي في المملكة العربية السعودية، مما يعزز من الإمكانية العالية المتاحة للمملكة لتطوير قطاع الطاقة الشمسية مقارنة بغيرها من الدول.

الإمكانيات الاقتصادية للطاقة الشمسية	الإمكانيات الساحلية	
الطاقة الشمسية المركزة + الكهروضوئية (تيرا وات ساعة لكل عام)	للطاقة الشمسية المركزة (تيرا وات ساعة لكل عام)	
٣٣	٢١	البحرين
٥٢٨.١	١٣٤	الكويت
٤٠٨.١٩	٤٩٧	عمان
٧٩٣	٣٢٤	قطر
٥٧٤.١٢٤	٥٥٠.٢	السعودية
٩٩١.١	٥٣٨	الإمارات
٣٢٧.١٤٨	٥٦٩.٣	مجلس التعاون

جدول (١٣): الإمكانيات الاقتصادية للطاقة الشمسية والإمكانات الساحلية في دول المجلس

Source: DLR (2005); Alnaser, Trieband Knies.

وبالإضافة إلى ذلك فإن المملكة العربية السعودية لديها أحد أكبر مؤشرات أداء كهرباء الرياح في منطقة دول مجلس التعاون الخليجي حيث تبلغ ساعات الحمل الكامل ما يعادل ١,٧٨٩ في العام، كما يتراوح متوسط سرعة الرياح في المملكة من ٤,١٠ - ٥,١٠ م/ثانية على حسب الموقع، ووفقًا لإحدى الدراسات فإن مدينة ينبع وجدة والدمام هي أكثر المواقع الواعدة حيث يصل مستوى سرعات الرياح بها إلى الفئة ٢ - ٣ مع توفر الرياح بمعدل يصل إلى أكثر من ٥٠٪. وهناك دراسة أخرى تؤكد جدوى مزرعة الرياح المرتبطة بالشبكة في الجعيمة

(بالمناطق الشرقية) بمعامل قدرة يبلغ ٣٣٪ مع القدرة على توليد حوالي ٦٠ جيغا واط بالساعة (٢٠ ميغا واط من القدرة المركبة) سنويًا بتكلفة ٢,٩ سنت أمريكي لكل كيلو واط ساعة. وأيضًا تقدر دراسة قام بإعدادها مركز الفضاء الألماني (DLR) إمكانية طاقة الرياح في المملكة العربية السعودية سنويًا بما يعادل ١٢ تيرا واط ساعة.<sup>(١)</sup>

وقد أعلنت مدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمتجددة عن خطط مستقبلية لإنتاج ٤ جيغا واط من الطاقة من خلال مصادر الكتلة الحيوية (٣ جيغا واط) والطاقة الحرارية الأرضية (١ جيغا واط) بحلول عام ٢٠٣٢، وتؤكد الأهداف المنخفضة نسبيًا حقيقة أن مصادر الكتلة الحيوية والطاقة الحرارية الأرضية هي قطعًا ليست الخيارات الأسهل والأبسط لخطة المملكة العربية السعودية الرئيسية للطاقة البديلة والمتجددة. وفيما يختص بالطاقة الحرارية الأرضية، فهي تتوافر في المملكة على شكل موارد رطبة وجرانيتية، إلا أنه يجب إجراء المزيد من الدراسات الفنية لتقدير جدوى هذه الموارد بشكل أفضل. أما بالنسبة لطاقة الكتلة الحيوية، فإن إمكانية المملكة محدودة في هذا المجال نتيجة لنقص المخلفات الزراعية ومخلفات الغابات والتي تعمل كمصدر للوقود في الكتلة الحيوية، وقد تم تقدير إمكانية موارد طاقة الكتلة الحيوية في المملكة بما يتراوح بين ١٦٦ ميغا واط - ٢ جيغا واط. ومن المعلوم أن الإمكانيات المائية للمملكة العربية السعودية ضئيلة للغاية، أما إمكانيات الطاقة البحرية فلم يتم تحديدها أو دراستها بعد في البلاد.

ويزيد من حوافز الاستثمار في هذا المجال تطور التقنيات وتعدد التطبيقات والاستخدامات وطرق التخزين للطاقة الشمسية، مما يجعلها منافسًا هامًا من حيث التكلفة وأكثر كفاءة من حيث الإنتاج، بفضل تواصل بحوث تطوير إنتاجية الخلايا الكهروضوئية.

والفارق الكبير بين الطاقة الشمسية والوقود الأحفوري هو أن أكبر عنصر في تكلفة الكهرباء المتولدة باستخدام الوقود الأحفوري يعود إلى تكلفة الوقود المتقلبة، ويتأرجح صعودًا وهبوطًا مع عدم استقرار أسعار الطاقة، ويتأثر تطوره بما يتأثر به الاقتصاد الخليجي المعتمد بشكل أساسي على الثروة النفطية، والغاز الطبيعي بصورة أقل.

وعلى الرغم من الاهتمام الكبير بتطوير القدرات الشمسية فإن منطقة دول مجلس التعاون الخليجي كانت بطيئة في تنفيذ خطط ملموسة، وربما يعود ذلك لضخامة الخطط الموضوعية. إلا أننا نلمح - في العقد الماضي على الأقل - نموا كبيرا وواعدا في سوق الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون الخليج، وخاصة في المملكة العربية السعودية ودولة الإمارات العربية المتحدة.

والطاقة الشمسية في دولة الامارات متوفرة جدا، حيث أن طاقة الاشعاع الشمسي تتراوح ما بين ٢١٠٠ الى ٢٤٠٠ كيلو واط ساعة لكل متر مربع سنويا. وهذا القدر من الطاقة هائل جدا لو تم استخدامه على الوجه الأمثل.

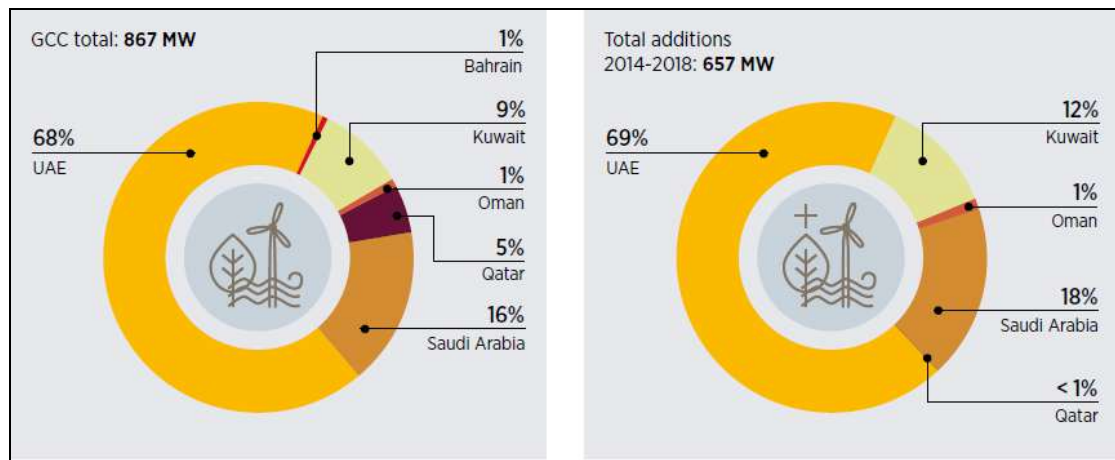
(١) اقتصاديات الطاقة البديلة والمتجددة في المملكة العربية السعودية. التحديات وآفاق المستقبل، دراسة صادرة عن منتدى الرياض الاقتصادي (الدورة السابعة)، الرياض، ٢٠١٥ (٧٦).

وكانت القدرة المركبة للطاقة في المنطقة قد بلغت نحو ١٤٦ جيغا واط أواخر عام ٢٠١٧، تمثل الطاقة المتجددة منها ٨٦٧ ميغا واط (أقل من ٠,٦٪ من إجمالي الطاقة المولدة) وتستأثر دولة الإمارات لوحدها بنسبة ٦٨٪ من هذه القدرة، ويشكّل ذلك زيادة بواقع أربعة أضعاف عن القدرة المسجلة في عام ٢٠١٤، وتأتي المملكة العربية السعودية في المرتبة الثانية بنسبة ١٦٪، تلتها الكويت بنسبة ٩٪ من القدرة الإقليمية.

وتهيمن الطاقة الشمسية الكهروضوئية على مشهد الطاقة المتجددة في المنطقة، حيث تمثل ثلاثة أرباع المشاريع الإقليمية المرتقبة، تلتها مشاريع الطاقة الشمسية المركزة وطاقة الرياح بنسبة ١٠٪ و ٩٪ على التوالي.

كما تشير الدراسات إلى أن معدل المتوسط السنوي لسرعة الرياح في معظم مناطق المملكة العربية السعودية بين ما يقارب ٦ إلى ٨ متر في الثانية، ولكنها لم تتضمن متوسط قوة الرياح المحتملة لفترات زمنية ممتدة. ولوحظ في المناطق الشمالية والوسطى، بالإضافة إلى المناطق الجبلية في النواحي الغربية، أن سرعة الرياح عند ٨ م/ث (أعلى من مستوى السرعة المثلى ٦ م/ث). وفي أكتوبر عام ٢٠١٣، تم تركيب برج طويل القامة في مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية و المتجددة لرصد وقياس طاقة الرياح حيث يصل ارتفاع البرج إلى ١٠٠ متر. وتشمل الخطط الحالية إقامة حقول ضخمة لرصد وقياس طاقة الرياح، والتي تتكون من حوالي ٤٠ برجاً بارتفاع ١٠٠ متر. وفي سلطنة عمان تبلغ سرعة الرياح في مناطق محددة +/- ٧ م/ث، وهو ما يعطي مؤشراً إيجابياً نحو استغلال تلك الطاقة في توليد كهرباء بأسعار تنافسية، وظهر أثر ذلك جلياً في تأسيس (محطة ظفار لطاقة الرياح) في عمان، و(محطة دومة الجندل لطاقة الرياح) في السعودية.

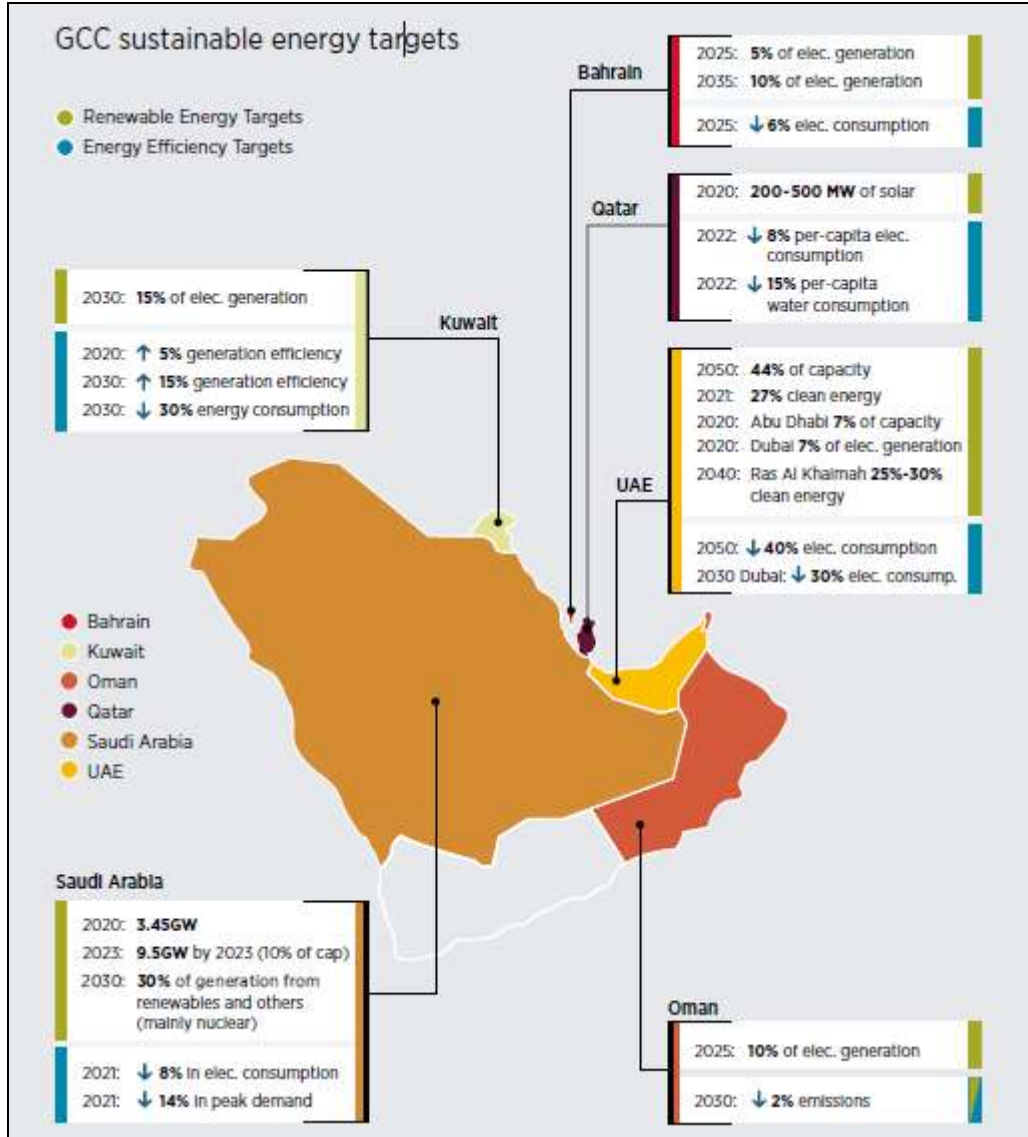
وما زالت هناك إمكانات كثيرة للطاقة المتجددة لم تُستغل. وما زالت منظومة الطاقة تعتمد بشكل أساسي على الوقود الأحفوري دون إشراك حقيقي فاعل لموارد الطاقة المتجددة. ففي عام ٢٠١٨ كان لدى دول مجلس التعاون مجمعة ١٤٦ جيغا واط من قدرات الطاقة الكهربائية، ولم تسهم الطاقة المتجددة فيها سوى بأقل من ١٪ (٨٦٧ ميغا واط)، كان نصيب الإمارات وحدها منها حوالي ٦٨٪، و ٣٢٪ لباقي دول المجلس. إن ذلك ليؤكد على أن الطريق ما زال طويلاً، ويحتاج إلى جهود كبيرة.



شكل (١٤٦): الطاقة الكهربائية المولدة من الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون من ٢٠١٤ إلى ٢٠١٨

Source: Renewable Energy Market Analysis, GCC 2019.

وقد وضعت كل بلدان المجلس خططا طموحة للسنوات المقبلة تحتاج إلى جهود كبيرة، وإرادة سياسية حازمة، وإيجاد حلول تمويلية وشراكات فاعلة لتحقيق تلك الخطط والأهداف.



شكل (٤٦ب): أهداف دول مجلس التعاون للطاقة المتجددة في السنوات المقبلة

Source: Renewable Energy Market Analysis, GCC 2019.



### ثانياً: كفاءة الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون الخليجي

وتتمثل كفاءة الطاقة المتجددة في الإدارة المثلى لمواردها، وذلك من خلال ما تضيفه من قيمة مضافة للبيئة وللإقتصاد مثل تخفيض انبعاثات الكربون، وتوفير فرص العمل، وتوليد الكهرباء بأسعار اقل وكفاءة أعلى من توليدها بالمكافئ التقليدي.

ويشير تقرير (تحليل سوق الطاقة المتجددة: دول مجلس التعاون الخليجي ٢٠١٩) - والذي نشرته الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (ايرينا) خلال أسبوع أبو ظبي للاستدامة في يناير ٢٠١٩ - إلى أن الطاقة المتجددة هي الشكل الأكثر تنافسية لتوليد الطاقة في منطقة دول مجلس التعاون الخليجي لافتاً إلى أن وفرة الموارد وأطر العمل الفعالة ساهمت في انخفاض أسعار الطاقة الشمسية الكهروضوئية إلى أقل من ٣ سنتات أمريكية لكل كيلوواط ساعة، في حين وصلت أسعار الطاقة الشمسية المركزة القابلة للتوزيع إلى ٧.٣ سنت لكل كيلوواط ساعة، وهذا أقل من تكلفة توليد الكهرباء بالغاز الطبيعي في بعض مرافق المنطقة.

ويشير التقرير إلى أن تحقيق الأهداف المحددة لعام ٢٠٣٠ من شأنه أن يعود بفوائد اقتصادية كبيرة على المنطقة بما في ذلك خلق أكثر من ٢٢٠ ألف فرصة عمل جديدة، وتوفير ما يزيد على ٣٥٤ مليون برميل من النفط المكافئ في قطاعات الطاقة الإقليمية. ويمكن لتحقيق هذه الأهداف أن يسهم بتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع الطاقة بواقع ١٣٦ مليون طن (انخفاض بنسبة ٢٢٪)، وخفض استهلاك المياه في هذا القطاع بواقع ١١,٥ تريليون لتر (انخفاض بنسبة ١٧٪) في عام ٢٠٢٠.

وتُقدر الوكالة الدولية للطاقة المتجددة أن منطقة مجلس التعاون لدول الخليج من المحتمل أن تشهد تخفيضات في الوقود الأحفوري بقطاعات الطاقة والمياه بمعدل ٢٥٪ بحلول عام ٢٠٣٠. وفي الإجمالي، يمكن توفير ٢,٥ مليار برميل من المكافئ النفطي من خلال خطط الطاقة المتجددة في المنطقة بين عام ٢٠١٥ و ٢٠٣٠.

وقد صرّح مدير عام الوكالة الدولية للطاقة المتجددة بأن منطقة دول مجلس التعاون الخليجي تُعد من أكثر المناطق جاذبيةً في العالم لتطوير مشاريع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على نطاق واسع، وذلك نتيجةً لوفرة الموارد والبيئة السياسية المواتية بالتوازي مع تسجيل انخفاض قياسي في أسعار الطاقة المتجددة. وبصفتها منطقة مصدرة للوقود الأحفوري، لذا فإن توجُّه دول مجلس التعاون الخليجي نحو الطاقة المتجددة يُعدّ مؤشراً للمستثمرين العالميين ولمجتمع الطاقة بأننا نشهد تغيراً جذرياً في ديناميات الطاقة العالمية وتحولاً حقيقياً في قطاع الطاقة.

وبصرف النظر عن الفوائد الصحية، يوفر نمو الطاقة المتجددة أيضاً فوائد اقتصادية، حيث توفر الطاقة المتجددة فرص عمل على نطاق واسع، فضلاً عن إتاحة الفرصة لإعادة التوازن في اقتصادات مجلس التعاون لدول الخليج، وتهيئة بيئات أكثر نظافة للعيش فيه.

وفقاً لمركز أبحاث الطاقة بالمملكة المتحدة، تخلق مشروعات الطاقة الكهروضوئية الشمسية على الأقل ضعف عدد الوظائف في كل وحدة لتوليد الكهرباء مقارنة بتوليد الطاقة من الفحم أو الغاز الطبيعي. وبحلول

عام ٢٠٣٠، يحتمل أن تكون مشروعات الطاقة المتجددة مسؤولة عن ٢٠٧٠٠٠ وظيفة بمجلس التعاون لدول الخليج - يكون نصيب المملكة العربية السعودية منها ٧٧٠٠٠ وظيفة.

ونظرًا لأن التقنية وراء توليد الطاقة المتجددة أصبحت أكثر كفاءةً، سوف تقلل من التكلفة التي يتحملها المستهلك. وبشكل عام، أصبح إنتاج الطاقة من المصادر المتجددة الآن أكثر كفاءةً من إنتاج الطاقة التقليدية. بمجرد أن يتم تمرير التكلفة الأولية للتركيب، يصبح إنتاج الطاقة أرخص بكثير - مما يعني انخفاض فواتير الخدمات للمستهلكين.

ومن المهم أن نعلم أن توظيف الطاقة الشمسية في المنطقة - بإمكاناتها الكبيرة في هذا المجال - لا يخلو من التحديات. فالموقع الجغرافي لدول مجلس التعاون الخليجي يجعلها مرشحاً طبيعياً للطاقة الشمسية، إلا أن وجودها في بيئة جافة ومرتبة يعني أن الألواح الشمسية ستكون أكثر عرضة للتدهور أسرع مما هي عليه في مناطق أخرى من العالم، فضلاً عن انخفاض الكفاءة الناجم عن الغبار المتراكم على أسطحها، وهو ما يثير تساؤلات حول كيفية الحفاظ على اللوحات نظيفة دون فرض مزيد من الضغوط على إمدادات المياه في المنطقة. والمعول في ذلك على تطوير التقنيات لعزل تلك الألواح عن البيئة المحيطة بطرق معينة، وابتكار وسائل ترفع من مقاومتها للغبار والجفاف.<sup>(١)</sup>

وبحسب القدرات الكبيرة والإمكانات الهائلة للطاقة المتجددة في منطقة مجلس التعاون الخليجي، نجد أن الخطط الواقعية تعكس ضعف الكفاءة في مجال الطاقة المتجددة على أساس إجمالي، وبحساب المشروعات القائمة وإنتاج الكهرباء في مقابل الموارد المتاحة، الأمر الذي يستدعي بذل الجهود نحو تنفيذ الخطط الطموحة في العقود القادمة.

وتبرز إشكالية تمويل مشروعات الطاقة المتجددة كاستراتيجية لا بديل عنها عالمياً وخليجياً، وخاصة في ظل التكلفة العالية لبعض التقنيات والتطبيقات، بما يتسبب في إحجام القطاع الخاص عن المشاركة لضعف المردود الاقتصادي. وذلك الأمر يمثل ضغطاً كبيراً على اقتصاديات دول مجلس التعاون في ظل تراجع عوائد النفط. إلا أن تقنيات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وتطورها يمثل فرصة كبيرة لانخفاض التكلفة الاقتصادية وتعظيم العوائد التجارية، الأمر الذي يمثل تحفيزاً كبيراً لشركات القطاع الخاص لتخوض تلك التجربة ودعم مشروعاتها.

(١) د. هيثم باحيدرة، دول الخليج .. واقتصاديات الطاقة المتجددة، صحيفة الاقتصادية السعودية، ٢٠١٧/٥/٨.



المتوقعة بناء على الأهداف الوطنية		القائمة		
٢٠٣٠	٢٠٢٢/٢٠٢٠	٢٠١٤	٢٠١١	
٧٠٠	٢٢٥	١	١	البحرين
١٠٩٠٠	١٠٥٠	٠	٠	الكويت
٢٤٠٠	٧٠٠	١	٠	عمان
١٨٠٠	١٨٠	٢٨	٢٥	قطر
٢٩٣٠٠	٩٥٠٠	٢٥	٠	السعودية
٣٣٣٠٠	٢٨٧٠	١٣٥	٢٠	الإمارات
٧٨٤٠٠	١٤٥٢٥	١٩٠	٤٦	مجلس التعاون

جدول (١٤): السعة الكبريائية للطاقة المتجددة (ميغاواط) القائمة والمُتوقعة في دول المجلس لعامي ٢٠٢٠ و ٢٠٣٠

Source: IRENA (2016), Renewable Energy Market Analysis: The GCC Region. IRENA, Abu Dhabi

## المبحث الثاني: تحديات التحول نحو الطاقة المتجددة

هناك جملة من التحديات التي تسببت في تأخر البدء في مشروعات الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون الخليجي بالمقارنة مع الدول التي تقدمت فيها تلك التقنيات، وبالتالي تسببت في ضعف مشاركتها في خريطة استهلاك الطاقة في دول المجلس. وكذلك تسببت تلك التحديات في إعاقة انتشار تقنيات الطاقة المتجددة إلى مستوى يمكن الاعتماد عليها بصورة اساسية في مواجهة مصادر الطاقة التقليدية.

وتتنوع تلك التحديات نظرا لما لدول مجلس التعاون من خصوصية، فهناك تحديات اقتصادية تنموية تتمثل في البنى الهيكلية للاقتصاد الخليجي، فدول الخليج العربية تعتمد على الطاقة الأحفورية في اقتصاداتها إنتاجا واستهلاكاً. ورغم تراجع دعم النفط في الآونة الأخيرة، إلا أنه ما زال الوقود الأساسي، والأسهل في التعامل معه على مستوى الأفراد كوقود السيارات والناقلات، أو على مستوى الدول كوقود محطات الكهرباء وناقلات النفط وغير ذلك. كما أن كثيرا من مصادر الطاقة المتجددة - باستثناء تطبيقات كثيرة للطاقة الشمسية - ما زالت أسعارها مرتفعة، وعوائدها ضعيفة على المدى القريب، لذا فالنتيجة كانت إجماعا من المشاركة الفاعلة للقطاع الخاص في نشر الطاقة المتجددة والاعتماد عليها.

إذن تمثل الوفرة النفطية تحديا كبيرا وعائقا أساسيا أمام اكتساب الثقة في الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة، وإحلالها محل مصادر الطاقة التقليدية (النفط والغاز)، ولم يكن أمام صانع القرار في دول مجلس التعاون إلا أن يخوض غمار المعركة بنفسه، ويدعم مشروعات الطاقة المتجددة بتمويل واستثمار حكومي، رغم ما تعانيه الموازنات الخليجية من انخفاض أسعار النفط مما يمثل ضغطا كبيرا على الاقتصادات الخليجية.

وما زال وعي الجمهور وإدراكه يقف حائلا أمام انتشار الطاقة المتجددة، فالذي يملك سيارة تعمل بالبنفط، أو يستعمل الكهرباء ذات المصادر التقليدية، ليس مستعدا لتغيير ذلك النظام الثابت لصالح سيارة تعمل بالكهرباء، أو منزل يُضاء ويستوفي احتياجاته الطاقوية من ألواح الطاقة الشمسية. ويتبع تحدي (الوعي) تحديات أخرى تتمثل في التدريب والتأهيل على التعامل مع مصادر الطاقة المتجددة وأهميتها. وتكمن المشكلة الأكبر في التعود على جلب التقنيات لا توطئتها، وتولد حالة من عدم الرغبة في تغيير ذلك النموذج إلى نموذج آخر منتج فاعل.

وهناك تحديات تشريعية وقانونية، وغياب لمشاركة القطاع الخاص، سواء على مستوى التمويل والاستثمار، أو على مستوى صنع السياسات والأطر التنظيمية الخاصة بمجال الطاقة المتجددة. وأصحاب رؤوس الأموال لا يخوضون المجالات الجديدة إلا في جو من التشجيع والتحفيز والأمان، وهي أمور ما زالت تفتقر إليها البيئة الخليجية في مجال الاستثمار في الطاقة المتجددة. وفيما يلي نذكر أهم تلك التحديات:



## أولاً: التحديات الاقتصادية

### ارتفاع التكلفة ودعم الوقود الأحفوري

روجت السياسات لزيادة حصص الطاقة المتجددة من خلال المساعدة على التغلب على مختلف العقبات التي تعوق تطوير التقنية ونشر الطاقة المتجددة. وقد تؤدي العقبات النوعية التي تواجه صنع سياسات الطاقة المتجددة وتنفيذها وتمويلها (مثل حالات إخفاق الأسواق) أيضاً إلى إعاقة نشر الطاقة الجديدة.

ويعد إنتاج الطاقات المتجددة تاريخياً أكثر تكلفة لعدة أسباب منها:

- غالباً ما تقع الموارد المتجددة في المناطق البعيدة التي تتطلب خطوط كهرباء طويلة ومكلفة بغية إيصالها للسوق.
  - بعض مصادر الطاقات المتجددة غير متوفرة باستمرار بسبب تأثيرات الطقس هذا ما يؤدي لطول فترة الإنتاج وبالتالي ارتفاع التكاليف.
  - إن التقنية المبتكرة لإنتاج الطاقات المتجددة حالياً ليست عالية التركيز مما يتطلب استعمال العديد من الأجهزة ذات المساحات والأحجام الكبيرة، هذا ما يؤدي إلى ارتفاع التكلفة الأولية لأجهزة استغلال الطاقات المتجددة، يشكل هذا السبب أحد عوائق انتشارها السريع<sup>(١)</sup>.
- وتشمل العقبات أمام التمويل نقص الوعي بين الممولين والافتقار إلى المعلومات حسنة التوقيت والملائمة، والقضايا ذات الصلة بالهيكل المالي وحجم المشروعات، والمسائل المتصلة ببيانات التتبع المحدودة، وضعف المؤسسات في بعض البلدان بما في ذلك عدم نضج أسواق رأس المال، وعدم كفاية الحصول على التمويل بتكلفة مقبولة، وكلها عوامل تؤدي إلى زيادة المخاطر المتصورة ومن ثم زيادة التكاليف، وتزيد من صعوبة الحصول على التمويل لمشروعات الطاقة المتجددة. والأهم من ذلك أن الكثير من تقنيات الطاقة المتجددة لا يتمتع بالقدرة التنافسية الاقتصادية مقارنة بأسعار السوق للطاقة الحالية مما يزيد من عدم ربحيتها من الناحية المالية بالنسبة للمستثمرين في عدم توافر الأشكال المختلفة من دعم السياسات ومن ثم تقييد رأس المال الاستثماري<sup>(٢)</sup>.

ومما ينبغي لفت النظر إليه أن الحديث عن ارتفاع تكلفة الطاقة المتجددة لا يعني التكلفة المجردة للكهرباء الناتجة عنها، فحتى لو تم تسجيل انخفاض في أسعار الكهرباء المنتجة بواسطة الطاقة الشمسية مثلاً، فإن من المفترض حساب التكلفة الإجمالية والتراكمية الخاصة بإنشاء المحطات وتشغيلها ومقارنتها بإجمالي الطاقة المولدة من المحطة. من الهام الإشارة إلى أن هذه الطريقة تمثل تجريد الحقائق بهدف إمكان

(١) Katy Hogg and Ronan O'Regan, Renewable energy support mechanisms: an overview report of Price water house (١) Coopers LLP, p 04. وانظر: هاجر بريطل، دور الشراكة الجزائرية الأجنبية في تمويل وتطوير الطاقة المتجددة، دراسة حالة الشراكة الجزائرية الإسبانية، أطروحة دكتوراة، ٢٠١٦ (١٦٢، ١٦٣).

(٢) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 150.

المقارنة بين أنواع المحطات ذات الأجيال المختلفة . وهي لا تصلح لتحديد فاعلية التكلفة لمحطة طاقة محددة، لذا فإن حساب المويل يجب أن يأخذ في الاعتبار العائد والمنصرف وفقاً لنماذج التدفق النقدي.

وفي محطات توليد الكهرباء التي تعمل بالوقود الأحفوري (الديزل أو النفط) كان متوسط سعر الكهرباء - وفقاً لدراسة ألمانية - يختلف وفقاً لمواصفات المحطة وأسعار الوقود، ونظراً لانخفاض أسعار النفط، وبقاء بعض الدعم في بعض الدول الخليجية، فإن كلفة إنتاج الكهرباء من تلك المحطات التقليدية كان مقارباً بصورة كبيرة لكلفة إنتاجها من محطات الطاقة الشمسية. بخلاف دول مثل ألمانيا، التي تستورد النفط، وتقدمه للمستهلكين بلا دعم. هنا فقط يمكن أن تنافس الطاقة المتجددة الوقود الأحفوري في توليد الكهرباء.<sup>(١)</sup>

وجانب آخر من جوانب ارتفاع تكلفة مصادر الطاقة المتجددة، وهي تكلفة تسويق تلك المصادر والترويج لها، وهي تكلفة ينبغي أن توضع في الاعتبار وتضاف إلى التكلفة الإجمالية للطاقة المتجددة، حيث أن سوق الطاقة المتجددة ما زال يحتاج كثيراً من الجهود لرفع الوعي لدى المواطن الخليجي والعربي عموماً، ولدعم حملات تسويقية وأنشطة تحفيزية وتشجيعية لهذه المنتجات.

وتتميز بعض تقنيات الطاقة المتجددة بقدرة تنافسية عريضة مع الأسعار الحالية في سوق الطاقة. ويمكن للعديد من تقنيات الطاقات المتجددة الأخرى، في بعض الحالات، تقديم خدمات تنافسية في مجال الطاقة، كما هو الحال في المناطق التي تتمتع بظروف ملائمة فيما يتعلق بالموارد، على سبيل المثال، أو لديها نقص في البنية الأساسية المرتبطة بإمدادات الطاقة منخفضة التكاليف. لكن، في أغلب مناطق العالم، لاتزال الحاجة ماسة إلى الإجراءات السياسية العامة لتأمين نشر سريع لعدة مصادر للطاقة المتجددة.

وتشمل تكلفة الطاقة المقومة جميع التكاليف (على سبيل المثال، تكاليف الاستثمار، والتشغيل والصيانة، والوقود، وتكاليف وقف التشغيل) لمنشآت تحويل الطاقة وعزو هذه التكاليف لمخرجات الطاقة خلال مدة عمرها، بالرغم من عدم الأخذ في الحسبان الدعم أو السياسات التحفيزية. ونظراً لأن بعض تقنيات الطاقات المتجددة (كالموصلات الضوئية والطاقة الشمسية المركزة والطاقة المستمدة من الرياح) تتميز بحصص عالية في تكاليف الاستثمار المتصلة بالتكاليف المتقلبة، فإن سعر الخصم المطبق يؤثر بشكل بارز في تكلفة الطاقة المقومة لهذه التقنيات. وتعتمد تكلفة الطاقة المقومة على استعراض الدارسات كما تمثل أغلب البيانات المتاحة بشأن التكاليف. والنطاقات الخاصة تبدو واسعة طالما أنه يمكن للتكلفة المقومة لتقنيات مماثلة أن تتباين في جميع أنحاء المعمورة بحسب الموارد الأساسية للطاقة المتجددة والتكاليف المحلية للاستثمار والتمويل والتشغيل والصيانة. ولا ينبغي أن تستند المقارنة بين مختلف التقنيات فقط إلى بيانات التكاليف المجردة للإنتاج دون الشاملة، بل ينبغي الأخذ بعين الاعتبار الظروف الخاصة بالموقع والمشروع والاستثمار.

(١) انظر: كلفة إنتاج الكهرباء للطاقة المتجددة، دراسة معهد فراهوفر لأنظمة الطاقة الشمسية، ألمانيا (٣٨).

كما ينبغي ان تشمل نطاقات التكلفة تكاليف الإدماج بين مصادر الطاقة المختلفة، وتكاليف السياسات. وفي حال وجود ظروف ملائمة، تشير النهايات المنخفضة للنطاقات إلى أنه يمكن بالفعل لبعض تقنيات الطاقة المتجددة منافسة الأنواع التقليدية لأسعار السوق الحالية في مجال الطاقة في عدد كبير من مناطق العالم.

وهناك ظروف خاصة بكل مصدر من مصادر الطاقة المتجددة، فالطاقة الشمسية يخضع توليدها للكهرباء لحسابات الإشعاع الشمسي المباشر، وأماكن تركيزه، وأوقات ذروته، وهي معلومات مهمة تؤثر على كمية الطاقة المنتجة، ومن ثم على التكلفة الإجمالية.

وطاقة الرياح لا تنتشر في كل الأماكن، وتحتاج إلى تقنيات خاصة للتنبؤ بأماكن انتشارها حتى يمكن استغلالها بطريقة مثالية في توليد الكهرباء. وهذا ايضا ينبغي أن يضاف إلى التكلفة الإجمالية.

وفي دراسة عن حالة الطاقة المتجددة في الدول الخليجية وجد أن تكلفة إنتاج ٢٠ ميغاواط من الكهرباء من الطاقة الحرارية الشمسية قد بلغ ٧٢ مليون دولار عام ٢٠١١ بمعدل ١٢ سنتا/ كيلو واط ساعة (على افتراض فترة حياة ٤٠ سنة، ومعدل خصم ٤٪)، بينما تراوحت التكلفة للطاقة الكهروضوئية الشمسية من ٢٧ إلى ٣٥ سنتا/ كيلو واط ساعة. بينما تراوح إنتاج الطاقة الكهربية من طاقة الرياح من ١٠ سنتات/ كيلو واط ساعة (توربينات كبيرة بطاقة ٢ ميغا واط وارتفاع ٨٠ مترا بسرعة رياح كبيرة) إلى ١٥ سنتا/ كيلو واط ساعة (توربينات كبيرة بطاقة ٢ ميغا واط وارتفاع ٨٠ مترا بسرعة رياح متوسطة) بتكلفة إجمالية ٣٨,٦ مليون دولار لبناء محطة رياح بقدرة ٢٠ ميغا واط. كل هذه التكلفة عند مقارنتها بدعم الوقود الذي كان موجودا عام ٢٠١١، والذي كانت فيه تكلفة الكهرباء في الدول الخليجية - نتيجة الدعم - تقل عن سنت واحد، وفي دول مثل قطر كانت مدعومة بشكل كامل.<sup>(١)</sup>

بالطبع تغير الحال الآن، لكن الدعم ما زال موجود لكل منتجات الوقود الأحفوري بنسبة معتبرة، وهو ما يجعل التحدي صعبا أمام الاستثمار في الطاقة المتجددة.

إن الخطط الوطنية الخليجية - في ظل تدني أسعار النفط وارتفاع استهلاك الطاقة - لا يمكنها أن تتحول بنويها الآن من نمط الطاقة الأحفورية التقليدية، التي يُبنى عليها الاقتصاد العالمي منذ ما يقارب المائة عام، إلى نموذج طاقة متجددة يحتاج إلى تغييرات هيكلية مكلفة جدا على مستوى محطات توليد الكهرباء وأنواع السيارات والناقلات ووسائل الإضاءة. لا يمكن أن يحدث هذا التحول الآن دون وجود أساس اقتصادي تفضيلي للطاقة المتجددة، وليس بيئيا فقط. وخاصة في ظل قلق حول مدى الوفاء بالتزامات اتفاقية التغير المناخي (بروتوكول كيوتو) وملحقاتها، وانسحاب الولايات المتحدة منها، وهي من أكبر الدول المسببة للاحتباس الحراري المؤدي لكثير من المشكلات البيئية.

W.E. Alnasera, N.W. Alnaser, The status of renewable energy in the GCC countries, Renewable and Sustainable Energy (١)

Reviews 15 (2011) 3074– 3098.

## تراجع أسعار النفط

كان لتراجع أسعار النفط منذ منتصف ٢٠١٤ وحتى اليوم أثر كبير على قطاع الطاقة المتجددة، سواء على مستوى قدرتها على التنافس مع الوقود الأحفوري الذي بانخفاض أسعاره تنخفض تكلفة كل مخرجاته، وخاصة الكهرباء المولدة من المحطات النفطية، وبالتالي تقل تنافسية كهرباء الطاقة المتجددة القائمة على أفضلية التكلفة، أو على مستوى مؤشرات الاقتصاد الكلية، حيث بانخفاض أسعار النفط يقل الدخل القومي، ويتوجه أغلب الخطط الاقتصادية لتغطية عجز النفقات الأساسية، ويصبح الاهتمام بالمشروعات التنموية الجديدة (كمشروعات الطاقة المتجددة) ضعيفا أو منعدما.

ولقد اصطلح كثير من الدراسات على تسمية تلك الحقبة بالأزمة النفطية، لما تطور عنها من أزمات اقتصادية في الدول الخليجية، وترتب عنها تقليص كثير من النفقات، وتباطؤ نمو كثير من المشروعات، الأمر الذي أصاب قطاع الطاقة المتجددة بالتباطؤ أيضا، شأنها شأن كل القطاعات الاقتصادية والتنموية الأخرى.

ولقد شكّل التراجع الحاد والمتواصل في أسعار النفط العالمية، منذ منتصف عام ٢٠١٤، لحظة فارقة بالنسبة لدول مجلس التعاون الخليجي، فقد ترتب على هذه التطورات الدراماتيكية، تحول واضح في لغة الخطاب الرسمي لدول الخليج، والذي علّث في مضمونه ومفرداته بشكل واضح، الإشارةً إلى البُعد الاقتصادي والمالي كمرتكزات ذات أولوية متقدمة في استراتيجية الأمن الوطني لدول الخليج العربية.

وفي سياق حديثنا عن تراجع أسعار النفط وتداعياته، لا بد أن نعترف بحقيقة أن دول مجلس التعاون لا تزال تعتمد على النفط على نحوٍ كبير. فعام ٢٠١٤ شكّل النفط ما نسبته ٨٩% من مجموع صادراتها، و ٨٤% من مداخيل ميزانياتها، و ٣٣% من ناتجها المحلي الإجمالي. صحيح أنّ نسبة القطاع غير النفطي في الناتج المحلي الإجمالي لدول مجلس التعاون سجّلت ارتفاعاً في السنوات القليلة الماضية، إلا أن نموّ هذا القطاع وتوسعه لا يزال مرتبطاً بطرائق مباشرة، أو غير مباشرة، بالقطاع النفطي ودورة أسعار النفط، من خلال آلية الإنفاق الحكومي، إضافة إلى نسب التركيز التي لا تزال عالية في الصادرات، وفي مداخيل الدول من النفط<sup>(١)</sup>.

أخذت أسعار النفط العالمية في التراجع الحاد بشكل غير مسبوق منذ النصف الثاني من العام ٢٠١٤، وبلغ هبوط أسعار منتجات الطاقة مداه يناير ٢٠١٥؛ حيث بلغ متوسط سعر برميل النفط ٣٤ دولارًا، مقارنة ب ١١٥ دولارًا للبرميل الواحد في نهاية يونيو ٢٠١٤، ويراوح اليوم مكانه حول الـ ٦٠ دولارًا، وسط توقعات باستمرار الأزمة لسنوات أخرى. ويدلّ ذلك على أن أسعار النفط فقدت ما يزيد عن ٥٠% من قيمتها، في أسوأ أزمة تشهدها أسواق (الذهب الأسود) عالميا منذ أكثر من ٢٠ عامًا.

إن الانخفاض غير المسبوق لأسعار النفط، يترتب عليه العديد من التداعيات الاقتصادية السلبية على دول الخليج العربية، التي تشكّل الإيرادات النفطية النصيب الأكبر من إجمالي إيراداتها العامة، ولعلّ أهم تلك التداعيات حدوث خسائر مرتفعة جدًا في إيراداتها النفطية، وهو ما انعكس في صورة عجوزات ما زالت تعانها

(١) خالد بن راشد الخاطر. تحديات انهيار أسعار النفط والتنوع الاقتصادي في دول مجلس التعاون (١٢).



الميزانيات العامة للدول الخليجية لاسيما خلال عامي ٢٠١٥ و ٢٠١٦ ، فقد حققت السعودية عجزاً في موازنتها للعام ٢٠١٦ ، وهو الأكبر في تاريخها حيث بلغ ٨٧ مليار دولار، كما أعلنت كل من قطر والكويت عن عجز في ميزانيتهما للعام الحالي أيضاً، وذلك للمرة الأولى منذ ١٥ عاماً، وفيما لم تحقق الميزانية الاتحادية لدولة الإمارات العربية المتحدة عجزاً في العام ٢٠١٦ إلا أنها جاءت أقل قليلاً من تلك التي تم اعتمادها في العام ٢٠١٥ في محاولة لترشيد الإنفاق العام.

وأشار تقرير للبنك الدولي، إلى أن دول مجلس التعاون الخليجي شهدت عجزاً في ميزانياتها بلغ متوسطه ٩,٤ ٪ من إجمالي الناتج المحلي في ٢٠١٥ ؛ حيث بلغ في السعودية (١٩,٥ ٪)، وفي سلطنة عُمان (١٢,٩ ٪)، وفي البحرين (٩,٩ ٪)، أمّا في كلٍّ من الإمارات وقطر فكانت ميزانيتها أقل عجزاً، فيما بقيت الكويت الأفضل حالاً محققة فائضاً معقولاً في ميزانيتها في عام ٢٠١٥.

وترتبط الدورة الاقتصادية في دول مجلس التعاون بذات الدورة الاقتصادية في الولايات المتحدة كإحدى نتائج ارتباط عملاتها بالدولار، إلا أن الأزمة الأخيرة تحمل مخاطر عالية لاحتمال التفارق بينهما؛ إذ احتمال تباطؤ إنجاز خطط ومشاريع التنمية في دول الخليج العربية خلال السنوات القادمة في حال شهدت أسعار النفط مزيداً من الانخفاض أو استمر انخفاضها لفترة أطول؛ ما سيؤدي إلى ارتفاع الكلفة الاجتماعية وربما السياسية. وفي ذات الوقت، فإن الاقتصاد الأمريكي سيشهد رواجاً بسبب توفير مبالغ كبيرة كان من المفترض أن تكون ثمناً للنفط المستورد، إذا بقى الوضع كما كان عليه قبل يونيو ٢٠١٤ م.

وتوقع صندوق النقد الدولي تحول فائض المالية العامة في دول مجلس التعاون الخليجي (٤,٦ ٪) من إجمالي الناتج المحلي في ٢٠١٤ إلى عجز قدره ٦,٣ ٪ من إجمالي الناتج المحلي في ٢٠١٥ ؛ بانخفاض قدره ١١ نقطة مئوية من إجمالي الناتج المحلي<sup>(١١)</sup>.

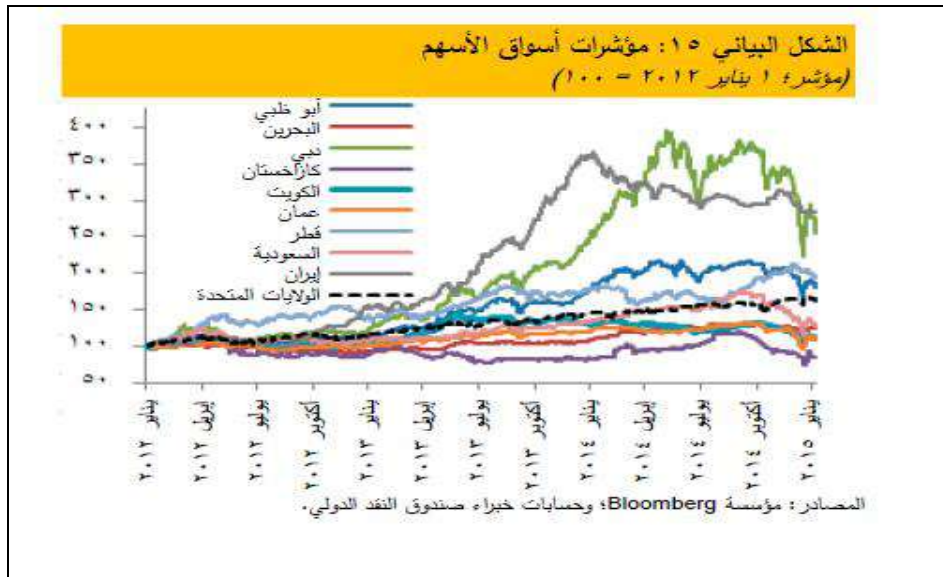
وتراجعت البورصات الخليجية على نحو كبير؛ حيث هبطت إلى مستويات قياسية متدنية مطلع العام ٢٠١٤ ، متأثرة بتراجع أسعار النفط، ما عاد بها إلى زمن الأزمة المالية التي ضربت الأسواق العالمية في عام ٢٠٠٨ . فبحسب بعض التقديرات، سجلت أسواق المال الخليجية منذ بداية ٢٠١٤ خسارة تُقدَّر ب ١٥٠ مليار دولار أميركي من أصل إجمالي رأسمالها المقدَّر بنحو ٨٠٠ مليار دولار أميركي.

وتوقع صندوق النقد الدولي أن تصل خسائر صادرات النفط في عام ٢٠١٥ إلى قرابة ٣٠٠ مليار دولار أو ٢١ نقطة مئوية من إجمالي الناتج المحلي في دول مجلس التعاون الخليجي، وحوالي ٩٠ مليار دولار أو ١٠ نقاط مئوية من إجمالي الناتج المحلي في البلدان خارج مجلس التعاون الخليجي، وحوالي ٣٥ مليار دولار أو ٨ نقاط مئوية من إجمالي الناتج المحلي في البلدان المصدرة للنفط في منطقة القوقاز وآسيا الوسطى. وسوف تكون أكثر البلدان تأثراً هي الكويت وقطر والعا رق وعمان وليبيا والمملكة العربية السعودية. ونتيجة لذلك، توقع

(١) التعايش مع انخفاض أسعار النفط في سياق تراجع الطلب، تقرير صادر عن صندوق النقد الدولي، يناير ٢٠١٥ (١١).

الصندوق أيضا انخفاض الحسابات الجارية عام ٢٠١٥ إلى ١,٦ ٪ من إجمالي الناتج المحلي في دول مجلس التعاون الخليجي، أما البلدان المصدرة للنفط خارج مجلس التعاون الخليجي.<sup>(١)</sup>

كما شهدت أسواق الأسهم في دول مجلس التعاون هبوطا حادا في أواخر عام ٢٠١٤ نتيجة تزايد المخاوف من مدى تأثير اقتصاداتها بانخفاض أسعار النفط، وخاصة احتمال قيام الحكومات، التي كانت من أهم محركات زيادة إيرادات الشركات، بخفض نفقاتها استجابة لانخفاض أسعار النفط. وقد يؤدي انخفاض أسعار الأسهم إلى زيادة الأعباء على الاستهلاك، رغم سهولة التعامل مع آثارها.



شكل (٤٧): مؤشرات سوق الأسهم، المصدر: تقرير صندوق النقد الدولي الصادر في يناير ٢٠١٥.

لذا يتحاشى المستثمرون العالميون سندات منطقة الخليج في الأشهر الأخيرة بسبب القلق من تباطؤ النمو الاقتصادي وعجز كبير بالميزانيات. وكان لهذا تداعياته على البنوك من الدوحة إلى مسقط حيث جعل تراجع أسعار الأسهم وتذبذبات سوق السندات التي تلت ذلك من المستحيل عليها جمع رؤوس أموال جديدة منذ بداية العام وهو وضع من المستبعد أن يتحسن في المستقبل القريب حيث سيتعين عليها مزاحمة الحكومات التي تحتاج لاقتراض مليارات الدولارات لسداد التزاماتها.<sup>(٢)</sup> ولعل هذا الاتجاه أظهر ما يكون في قطر، حيث أعلن نصف بنوكها التجارية خططا تتعلق برأس المال بما فيها أكبر البنوك التقليدية والاسلامية (بنك قطر الوطني ومصرف قطر الإسلامي).

ويبرز الخطر الأكبر في أن أصحاب الثروات والبنوك يبيعون سندات ولن يشترروا مجددا، وعلى إثر ذلك منيت أسواق الأسهم بخسائر كبيرة، حيث هبطت بورصة دبي بين منتصف يوليو ٢٠١٥ ومنتصف يناير ٢٠١٦ نحو ٣٩ ٪، في حين فقد المؤشر السعودي ١٠,١ ٪ خلال عام ٢٠١٥... كل هذا كان يعني أن مستثمري الأسهم لن يقبلوا على ضخ الأموال في إصدارات الحقوق.

(١) السابق - نفس الصفحة.

(٢) أزمة النفط تنتقل للبنوك، الاقتصادية ٢٠١٦/٣/٥

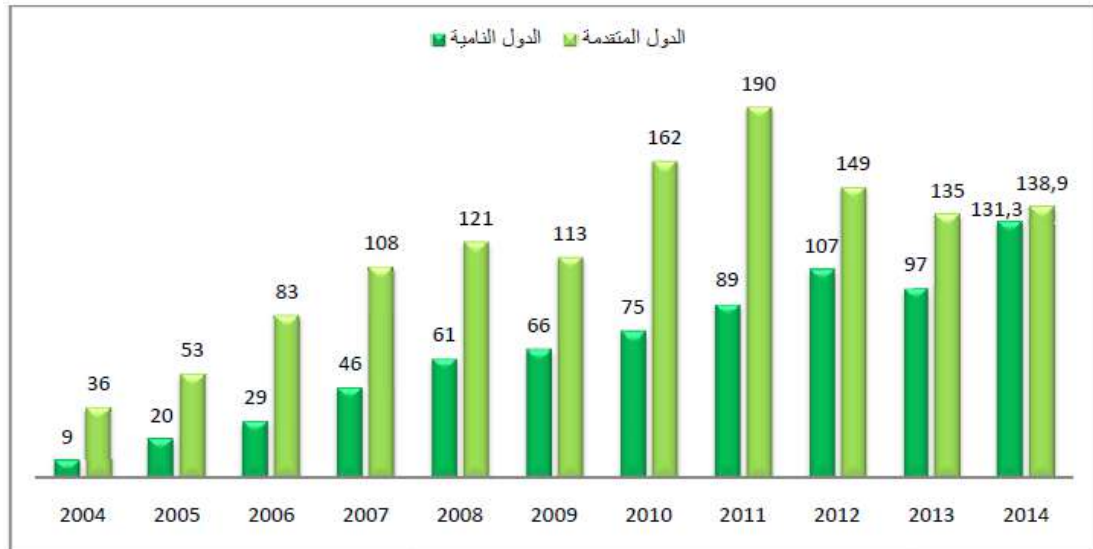
وطلب مصرف الإمارات المركزي من البنوك الحصول على موافقة قبل الإفصاح عن توزيعات الأرباح لعام ٢٠١٥، بينما حذرت الجهات التنظيمية في سلطنة عمان من أنها قد تتدخل بشأن التوزيعات لدعم معدلات رأس المال.<sup>(١)</sup>

في ظل هذه الأوضاع التي فرضها سوق النفط، لم يكن من الممكن أن ينجو قطاع الطاقة المتجددة من الأزمة؛ إذ لن تكون الاستثمارات في مجال الطاقة المتجددة مقدّمة على النفقات الضرورية التي جرى ترشيدها وتقليصها في أحيان كثيرة، مثل رفع الدعم، وفرض ضريبة القيمة المضافة، ما أدى إلى ارتفاع أسعار بعض السلع والأجهزة.

لكن ما ينبغي الإشادة به هو استمرار مشروعات الطاقة المتجددة واستثماراتها عند حدود معقولة، بل إن كثيرا من المشروعات التي يجري تنفيذها اليوم في السعودية وقطر والإمارات والبحرين وعمان والكويت جرى البدء فيها في السنوات التي تلت الأزمة النفطية، مما يدلّ على ارتفاع حالة الوعي لدى صانع القرار الخليجي على ضرورة هذا التحول نحو اسواق الطاقة المتجددة واقتصاداتها.

#### معوقات التمويل ومخاطر سوق الطاقة المتجددة

ارتفع حجم الاستثمارات الموجهة للطاقات المتجددة ارتفاعا ملحوظا على الساحة الدولية في السنوات الأخيرة، وبالتحديد منذ سنة ٢٠١١، وكانت البلدان النامية في طليعة هذا التقدم، حيث ارتفع التمويل العالمي للطاقات المتجددة في العالم إلى ٨٩ مليار دولار بحلول عام ٢٠١١، وبلغ عام ٢٠١٨ حوالي ٢٧٢ مليار دولار. وعلى الرغم من هذه الصورة المشجعة إلا أن القطاع لم يصل بعد إلى كامل إمكاناته، فتمويل الطاقات المتجددة يواجه العديد من التحديات في العديد من الدول سواء كانت متقدمة أو نامية.



شكل (٤٨): حجم الاستثمارات في الدول النامية والمتقدمة في الطاقات المتجددة ٢٠٠٤ - ٢٠١٤

Source : Global Trends In Renewable Energy Investment 2015 report, Frankfurt School of Finance & Management, Germany, 2015, p16.

(١) السابق.

وتعاني الطاقات المتجددة عموماً إشكالية في توفير التمويل المناسب لكل الفرص الاستثمارية على مستوى دول العالم. ومن أجل معالجة هذه الفجوة التمويلية أجمع العديد من الباحثين على ضرورة حث القطاع الخاص للاستثمار في الطاقات المتجددة. إلا أن أغلب مؤسسات القطاع الخاص العاملة في مجال الطاقة لم تظهر اهتماماً كبيراً بهذه السوق الناشئة.

والسبب في إجماع القطاع الخاص عن خوض غمار هذه السوق هو ما يتعلق بتمويل أي مشروع، فكل متخذ قرار بتمويل مشروع والاستثمار فيه يراعي أمرين:

- تكاليف الحصول على الأموال حسب كل مصدر.
- المخاطر المحتملة المتعلقة بكل مصدر للأموال.<sup>(١)</sup>

ومن الطبيعي أن تتردد المؤسسات المالية في الاستثمار أو الإقراض في ميدان الأسواق الناشئة والبنى الأساسية كسوق الطاقة المتجددة. إن المصادر التقليدية لتمويل مشاريع البنية التحتية، بما في ذلك الطاقات المتجددة، أصبحت أكثر تقييداً في قدرتها على توفير رأس المال على المدى الطويل، فعلى سبيل المثال أصبح من الصعب الحصول على قروض مصرفية مع تواريخ استحقاق طويلة الأجل تتماشى مع متطلبات التمويل لمشاريع الطاقات المتجددة بسبب القيود على رأس المال والسيولة المفروضة على البنوك التجارية. في الواقع قد انسحبت بعض البنوك الأكثر نشاطاً في قطاع تمويل البنية التحتية إلى حد كبير من السوق على أعقاب الأزمة المالية ٢٠٠٨، وذلك أساساً بسبب مشاكل السيولة، وحقيقة أن هذه القروض تستهلك الكثير من رأس المال ولكنها منخفضة نسبياً في الأرباح.<sup>(٢)</sup>

وتتعدد المخاطر في أسواق الطاقة المتجددة وتتداخل فيما بينها، فهناك مخاطر سياسية تتمثل في عدم توفر بيئة قانونية كافية، واحتمالية تراجع الحكومات عن اتفاقيات شراء الطاقة من مشاريع الطاقات المتجددة، والتغيرات في المواقف السياسية فيما يتعلق بالحوافز الضريبية المتعلقة بتقنيات الطاقات النظيفة (مثلاً عدم التأكد من تمديد فترة العمل بالتخفيضات الضريبية)، وعدم التأكد من تحقيق عوائد من إنتاج الطاقات المتجددة، وطول فترة استرداد التكاليف.

وهناك مخاطر تقنية تتمثل في عدم توفر معطيات سابقة حول الأداء المتميز لتقنيات الطاقة المتجددة وندرة مشغلي الطاقة الذين أثبتوا جدارتهم في ذلك، والافتقار إلى خدمات هندسية متخصصة وأيدي عاملة ماهرة وقطع الغيار من أجل التشغيل والصيانة. وما زالت هناك إشكاليات تخزين الطاقات المتجددة، فالطاقات المتجددة غير متاحة باستمرار إذ لا بد من تطوير نظام لتخزينها.

وهناك مخاطر متعلقة بتوفر الموارد الطبيعية، وتتمثل في عدم التأكد من المعطيات حول الموارد الطبيعية المتجددة المتوفرة مثل سرعة الرياح ومدّة الإشعاع الشمسي، وعدم توفر بعض الموارد الطبيعية

(١) عبد المجيد تيموي، المتغيرات المالية المحددة لفاعلية قرار استخدام الديون كمصدر مالي في المؤسسة، مجلة الواحات للبحوث والدراسات، جامعة غرداية، الجزائر، عدد ١٣، سنة ٢٠١١ (٦٤).

(٢) هاجر بربط، دور الشراكة الجزائرية الأجنبية في تمويل وتطوير الطاقة المتجددة، دراسة حالة الشراكة الجزائرية الإسبانية (١٦٤).

المتجددة باستمرار كالتقطع في الإشعاع الشمسي وهبوب الرياح، هذا ما ينجم عنه التقطع في الإمدادات بالطاقة. ولقد خطت التقنيات خطوات واسعة نحو تطوير تطبيقات التخزين وتحديد أماكن التركيز الإشعاعي الشمسي، والتنبؤ الجيد بطاقة الرياح، إلا أن انتشار هذه التقنيات وتخفيض تكلفتها ما زال يلزمه الكثير من الجهود.

وهناك مخاطر تتعلق بالبنية التحتية، حيث تعد مشاكل توصيل الطاقات المتجددة إلى شبكات النقل والتوزيع من بين أهم المخاطر التي تعيق انتشار العديد من أنواع الطاقات المتجددة مثل استغلال طاقة الرياح في البحر، والاستغلال الأمثل لطاقة الكتلة الأحيائية.

ولقد كان العامل الأساسي المتحكم في سوق الطاقة عموماً هو العامل الاقتصادي بشقيه البارزين في منطقة الخليج (أسعار الطاقة ووفرته)، فأسعار الوقود الأحفوري قد تراجعت بشكل كبير، ومنطقة الخليج تمتلك أكبر إنتاج عالمي للنفط، وأكبر احتياطي عالمي للنفط أيضاً. وتمتلك المنطقة أيضاً مخزوناً جيداً من الغاز الطبيعي - وخاصة قطر - سواء المصاحب لأماكن استخراج النفط، أو المستقل عنها.

وإذا أضفنا إلى ذلك تراجع البعد البيئي كثيراً في صنع سياسات الطاقة ونمو أسواقها في العالم، يمكننا أن نتوقع مشهد أسواق الطاقة المتجددة في منطقة الخليج، حيث تصبح الدوافع الملزمة لإحلال كثيف لأنواع الطاقة المتجددة غير متوفرة، ومن ثم تسير سياسات ومشروعات الطاقة المتجددة على وتيرة بطيئة.

#### ثانياً: التحديات التوعوية والتقنية

لا تزال بعض تقنيات الطاقة المتجددة غير ناضجة وتحتاج مزيداً من الجهود لتطويرها. والواقع الخليجي - والعربي عموماً - ليس الآن في موقع صانع التقنية ومنتجها، وكل دول مجلس التعاون تجلب التقنيات المتطورة للطاقة المتجددة من الدول المتقدمة في هذا المجال، وهذا ليس عيباً - في حد ذاته -، وإنما العيب يكمن في استمرارية هذا الاعتماد على نقل التقنية دون توطئتها، والاكتفاء باستيرادها جاهزة عن اختراعها وإنتاجها.

والتحديات التقنية لا تقف عند حد تصميم التقنيات، بل تتعداها إلى طرق التعامل معها، ووسائل تدريب وتأهيل العاملين في هذا المجال.

كما تحول قضية ضعف الوعي بأهمية الطاقة المتجددة، والجهل بتقنياتها وفوائدها إلى عدم الاهتمام بها والعناية بتطبيقاتها وتكثيف استخدامها وتوفير التمويل لها. والوعي لا يتوقف عند حد الفرد المستهلك الذي يفترق إلى معرفة تلك التطبيقات وجدواها وكيفية التعامل معها، بل يتعداه إلى المؤسسات والدول التي يغيب عنها الوعي بأهمية التحول نحو نموذج الطاقة المستدامة وضرورته في ظل إرهابات بقرب نهاية عصر الوقود التقليدي، وسيطرة وسائل الطاقة المتجددة على أسواق الطاقة.

## تحديات الوعي

نظرا لتأخر تبني سياسات وتشريعات جادة بخصوص الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون، كان مستوى الوعي بأهمية الطاقة المتجددة وضرورتها أولا، ثم الوعي بتقنياتها وتطبيقاتها وطرق استخدامها ثانيا، متراجعا إلى حد كبير، وبينما تسهم الطاقة المتجددة بنسبة تصل إلى ٥٠٪ في توليد الكهرباء في بعض الدول الأوروبية، نجد أنها لا تتعدى مساهمتها ١٪ في توليد الكهرباء بدول مجلس التعاون.

وفي دراسة قسطلبي وأرماندرينز (٢٠١٣) أرجع الباحثان السبب الرئيسي لتأخر نمو قطاع الطاقة المتجددة وانتشارها هو ضعف الوعي الكافي لتبني سياسات شجاعة في مجال الطاقة المتجددة لدى صانع القرار والمؤسسات وعموم الناس على السواء. وما زال التخوف من التحول من نموذج طاقة تقليدي آمن ومتوفر إلى نموذج طاقة متقطع وغير محدد سائدا، وينعكس ذلك بالطبع على الانتقال من سياسات الأوراق وكرحلة النوايا المحفزة إلى العمل والتنفيذ.<sup>(١)</sup>

وتتجلى قلة الوعي بالضرورة الاستراتيجية لنمو قطاع الطاقة المتجددة في النتائج المترتبة على ذلك، فهناك خلل كبير يتمثل في الافتقار إلى أطر تنظيمية وسياسات واضحة عملية لتبني نمو وانتشار الطاقة المتجددة، والتوسع في استغلال مصادرها في البيئة الخليجية الغنية بها. وهناك ضعف شديد في تبني سياسات وإجراءات واضحة في تحفيز القطاع الخاص والمؤسسات المعنية بصناعة الطاقة المتجددة، بل إن أغلب التمويل والدعم الموجه لمشروعات الطاقة المتجددة هو دعم حكومي، ولا دور تقريبا للقطاع الخاص الذي يتولى تمويل مشروعات الطاقة المتجددة في أغلب دول العالم.

وهناك نقص شديد في خبرات الطاقة المتجددة في الدول الخليجية، وأغلب المشاريع التي قامت مؤخرا تقوم على الخبرات المستوردة، مما يزيد من تفاقم مسألة الوعي بأهمية الطاقة المتجددة، والانخراط في مجالها بإسهامات وطنية فاعلة.

والمعلومات الخاصة بتقنيات الطاقة المتجددة وتطبيقاتها التي تنمو وتتعدد بطريقة متسارعة هي معلومات غير كافية لنشر الوعي بالطاقة المتجددة بصورة مناسبة لتبنيها كمشروع قومي وضرورة استراتيجية لسياسات الطاقة المستقبلية. نعم هناك جهد واضح في الفترة الأخيرة نحو نشر أبحاث الطاقة المتجددة، وتسليط الضوء عليها إعلاميا، واستضافة مقرات أممية للطاقة المتجددة ( كمقر الوكالة الدولية للطاقة المتجددة في أبو ظبي).. كل ذلك يهدف رفع الوعي لدى الجمهور ودعم الثقافة العامة بأهمية الطاقة المتجددة، وضرورة مواكبة التطورات العالمية في هذا المجال من أجل تحقيق التنمية المستدامة.

إلا أن تلك الجهود ما زالت متركزة في مجال الطاقة الشمسية، والتي يشهد عالم الطاقة المتجددة تقدما كبيرا فيها سواء على مستوى التقنيات والتطبيقات، أو على مستوى الاستخدام. ولم تنطلق تلك الجهود الخليجية إلى إدراك ضرورة التنوع في مصادر الطاقة المتجددة، ونشر الوعي نحو الاهتمام بها ودعمها.

(١) Adel Gastli and Javier San Miguel Armendáriz, Challenges Facing Grid Integration of Renewable Energy in the GCC Region, Gulf Research Center, Abu Dhabi, UAE, Dec. 2013, (7).



ومع ارتباط تلوث الهواء بمصادر الطاقة الأحفورية وأيضاً بالإنتاج والتصنيع، سلكت الكثير من الدول خطوات ناجحة في مجالات التقنين والترشيد الخاص بالإنتاج والاستهلاك للطاقة وذلك بإدخال أساليب وتقنيات نظيفة للإنتاج، واستخدام الأدوات الاقتصادية الحافزة لترشيد الاستهلاك والحد من التلوث، فاتخذت العديد من الدول عدداً من الإجراءات منها الاقتصادية (التدخل في الأسعار)، والترشيدية (ترشيد الاستخدام)، والتقنية (استخدام الوقود الأنظف)، والقانونية (تطبيق معايير وقوانين البيئة)، وبما أن الطاقات البديلة لن توفر ما يستلزمه العالم من النفط المستخدم حالياً، حيث يصعب تعويض الكميات المستهلكة من النفط حالياً على الأقل في المستقبل القريب، فإنه من المحتمل أن أغلب الدول ستراجع لاستخدام مزيج طاقي تقليدي ومتجدد.<sup>(١)</sup>

إن الوعي بضرورة التحول نحو الطاقة المتجددة من أجل الحفاظ على البيئة ولتحقيق تنمية مستدامة، قاد كثيراً من الدول إلى تغيير هيكلها في سياساتها ومؤسستها لمواكبة ذلك التحول، وإزالة كل العوائق الحائلة دون تحقيقه. وهو الأمر الذي ما زال يشكل عقبة كبيرة في منطقة الخليج، وفي عالمنا العربي بوجه عام، ويحول دون تعظيم الجهود والمضي قدماً في طريق إحلال تدريجي لمصادر الطاقة المتجددة.

إن بلداً كالألمانيا يفرض على كل البنايات الجديدة تركيب ألواح للطاقة الشمسية لتوفير كل الاحتياجات المنزلية، وتخزين ما تبقى لإعادة استخدامه في أوقات أخرى. وتوفر الدولة والقطاع الخاص كل التطبيقات الخاصة بذلك بأسعار مناسبة. هذه الصورة المثالية لتبني تقنيات وتطبيقات الطاقة المتجددة في قطاع المباني وقطاعات أخرى كانت نتيجة سياسات محفزة لهذا القطاع لعل من أهمها العامل الاقتصادي الذي يوفر مصادر الطاقة المتجددة للاستخدام بأسعار مناسبة للجمهور، والعامل الثقافي والتوعوي المتمثل في إدراك ضرورة استخدام الطاقة النظيفة من أجل الحفاظ على بيئة صحية وأمنة.

كما أن الدول المتقدمة لا تقدم دعماً للطاقة ولا للكهرباء لمواطنيها، ومن ثم فإن إدماج تقنيات الطاقة المتجددة، وإحلالها محل الطاقات التقليدية من أجل توليد الكهرباء والاستخدامات الأخرى سيجد أرضية مناسبة، وستنافس مصادر الطاقة المتجددة غيرها لعدم وجود تفضيل أو دعم لأي من تلك المصادر على الآخر.<sup>(٢)</sup> وعلى العكس من ذلك، فإن دعم مصادر الطاقة الأحفورية، ودعم الكهرباء لا يزال قائماً في الدول الخليجية - وإن تم تقليصه جزئياً في الفترة الأخيرة -، وهذا يتسبب في مشكلتين أساسيتين:

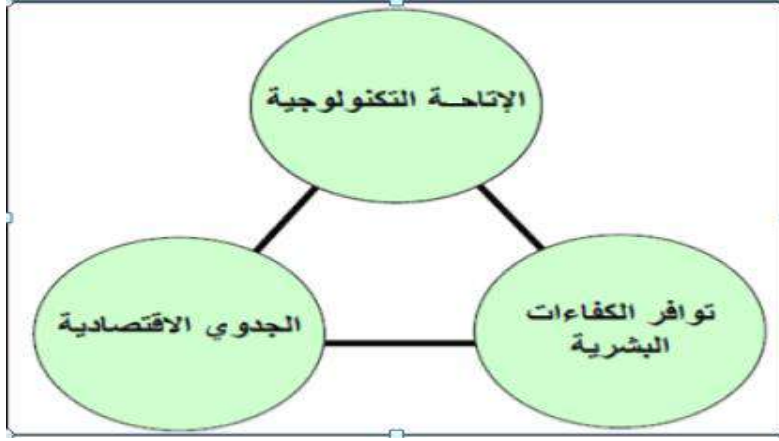
١. ارتفاع استهلاك الطاقة في الدول الخليجية بالمقارنة بباقي دول العالم، وعدم فعالية حملات ترشيد الاستهلاك.
٢. صعوبة التحول نحو مصادر بديلة للطاقة وتوليد الكهرباء؛ إذ أن الدافع الاقتصادي للتحول نحو الطاقة البديلة غير مجد اقتصادياً، وربما يكون أكثر تكلفة، وهو ما يجعل مسألة الحفاظ على البيئة مسألة ثانوية يمكن التخلي بالنظر إلى الكلفة الاقتصادية.

(١) الخياط، محمد مصطفى، الطاقة البديلة وتأمين مصادر الطاقة، بحث منشور في مؤتمر البترول والطاقة. هموم عالم واهتمامات أمة، جامعة المنصورة بمصر، كلية الحقوق، ٢-٣/٤/٢٠٠٨ (١٣).

(٢) A.H. Al-Badi, A. Malik, A. Gastli, Assessment of renewable energy resources potential in Oman and identification of barrier to their significant utilization, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (2009) 2734-2739.

إن رفع الوعي بأهمية الطاقة المتجددة ونشر استخداماتها وتطبيقاتها يجب ان يتواكب معه إصلاح اقتصادي شامل لمنظومة الطاقة الخليجية حتى يكون لجهود التحول نحو الطاقة المتجددة جدوى توعوية واقتصادية.

وعلى الرغم من تكرار الكثير من النداءات نحو تعظيم الاعتماد على المصادر البديلة للطاقة، إلا أن البدائل التي يمكن إضافتها إلى حزمة الطاقة لبلد ما تظل مرهونة بتوافر شروط ثلاثة، أولها: الإتاحة التقنية أو تحقيق نسبة مشاركة محلية مقبولة، وثانها: توافر الكفاءات البشرية، وأخيرا: الجدوى الاقتصادية.



شكل (٤٩): شروط الاعتماد على بدائل الطاقة التقليدية

المصدر: محمد مصطفى الخياط، الطاقة البديلة وتأمين مصادر الطاقة (١٤).

ولا بد أن يكون التوجه نحو الطاقات المتجددة حقيقيا، ومنغرسا في بؤرة الشعور عند صانع القرار العربي، وأن تكون الجهود المبذولة في استخراج الطاقة التقليدية متوجهة نحو تقليل انبعاثاتها وأضرارها البيئية، وأن تنصرف الجهود التقنية نحو الطاقات المتجددة بدلا من قطاعات الطاقة التقليدية. هذا من شأنه أن يمثل نقلة نوعية على مستوى الوعي المنشود في هذا الميدان.

إن التوقعات الحالية لكل من النفط والغاز تعتمد على التقنيات المتاحة حاليا، بمعنى أن التطور المستقبلي في تقنيات التنقيب والاستخراج والتكرير سوف تترجم إلى مزيد من الاحتياطيات، وهو ما يعني مزيدا من الاعتماد على المصادر الأحفورية. إلا أن أهمية الطاقة المتجددة لأجل التنمية المستدامة تتجلى في النقاط التالية:

١. يرتبط التأثير المباشر للطاقة المتجددة في إيجاد مصدر متجدد يستطيع توفير الطاقة وقت الطلب، بغض النظر عن أي مؤثرات خارجية (الظواهر الطبيعية)، وهو ما يتوافر في كل من الكتلة الحيوية، والوقود الحيوي، وتقنيات خلايا الوقود المعتمدة على الهيدروجين.
٢. إن التحول من تقنية إلى أخرى يستغرق فترة زمنية قد تمتد من أربعين إلى ستين عاما، وهي الفترة اللازمة لتصل فيها التقنيات البديلة للوقود الأحفوري إلى مستوى من النضج تصبح معه بديلا له نفس كفاءة الأداء بالإضافة إلى توافره محليا وبعديا اقتصاديا.



٣. تتواجد مصادر الطاقة المتجددة وتستخدم محليا (الشمس والرياح) وبعضها يمكن نقله مثل الكتلة الحيوية وبالتالي لا يخشى عليها من عمليات النقل لأنه حيث يوجد المستهلك يتواجد مصدر الإنتاج.<sup>(١)</sup>

### التحديات التقنية

من أهم التحديات الكبيرة التي تواجهها منطقتنا هو تحدي توطين التقنية وإنتاجها. لقد صار ذلك علامة على قوة الأمم وثراء عقول أبنائها، وقد اهتمت منظمة الأمم المتحدة بهذا الأمر ضمن تقارير التنمية البشرية التي تصدر منذ عام ١٩٩٠، وتعنى بمؤشرات رئيسية ثلاث: متوسط الدخل، والصحة، والتعليم. ويتفرع عن تلك المؤشرات مؤشرات أخرى كثيرة ترصد كل جوانب التنمية في حياة الإنسان.

ويقع تحت مؤشر التعليم مؤشرات فرعية للابتكار، وعدد براءات الاختراع المسجلة، والإنفاق على الأبحاث والتطوير، وأعداد العاملين في مجالات البحث العلمي والتطوير.<sup>(٢)</sup> وهي مؤشرات يقل فيها التمثيل الخليجي - والعربي عموما - بشكل كبير.

وإذا أسقطنا تلك المؤشرات على ميدان الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون، فلسوف نضيف لإشكاليات التقنية ذاتها إشكالية أخرى وهي الحدائة النسبية لتقنيات الطاقة المتجددة في البيئة الخليجية، والتي تجعل الحديث عن تسجيل براءات اختراع، أو البحث عن أعداد العاملين في البحث العلمي والتطوير في مجالات الطاقة المتجددة أمرا غير واقعي. إذن ترتبط التحديات التقنية للطاقة المتجددة خليجيا بالضعف التقني العربي العام والمرتبط باستسهال نقل التقنية واستيرادها لا توطينها وإنتاجها، وترتبط أيضا بخصوصية حدائة تلك التقنيات، وحدائة استقدامها في البيئة الخليجية.

وتظهر التحديات التقنية للطاقة المتجددة بوجه عام في عدد من المجالات وهي:

- **البحوث والتطوير:** لا تزال بعض أنواع تقنيات الطاقة في مرحلة التطوير والدراسة، ولم تصل إلى الجودة الكاملة، وتاليا، طرحها في الأسواق.
  - **الخبرات والكفاءات:** كالاقتدار إلى الخبرات الفنية والتصنيع المحلي في الدول النامية.
  - **الخطط الاستراتيجية والتنفيذ:** حيث إن هناك ضعفا في التوازن بين الفاعلية المتعلقة بتقنيات الطاقة المتجددة على المستوى المحلي مع استراتيجيات التفعيل.
  - **ارتفاع أسعار التقنيات مع انخفاض كفاءتها.**
  - **التمويل والدعم المالي:** يظهر في عدم توافر الحوافز المالية، كتقديم التمويل والخصومات الضريبية الجمركية وإشراك القطاع الخاص من خلالها.<sup>(٣)</sup>
- ويزيد الوضع الخليجي إشكالا غياب الدراسات التفصيلية الخاصة بمناطق توفر مصادر الطاقة المتجددة، وغياب بحوث تطوير تقنيات الطاقة المتجددة، والتي قد تكون غير متلائمة مع الغبار وارتفاع درجات

(١) الخياط، محمد مصطفى، الطاقة البديلة وتأمين مصادر الطاقة، بحث منشور في مؤتمر البترول والطاقة . هموم عالم واهتمامات أمة، جامعة المنصورة بمصر، كلية الحقوق، ٢-٣/٤/٢٠٠٨ (١٥).

(٢) انظر: تقرير التنمية البشرية ٢٠٠٦، الصادر عن الأمم المتحدة، النسخة العربية (٣٢٨ - ٣٣٠).

(٣) د. فريدة كافي. الطاقات المتجددة بين تحديات الواقع ومأمول المستقبل: التجربة الألمانية نموذجا (١٤٤).

الحرارة التي تتميز بها البيئة الخليجية.<sup>(١)</sup> لذا فإن كثيراً من التقنيات المستوردة - كألواح الطاقة الشمسية - قد تكون عرضة للتلف بصورة أسرع من عمرها الافتراضي، وبالتالي ارتفاع التكلفة، والتي يمكن أن تضاف لتكلفة الطاقة المتجددة الإجمالية في معرض المقارنة بينها وبين الوقود الأحفوري.

إن الهدف الأكبر من تطوير تقنيات الطاقة المتجددة في البيئة المحلية ليس استغلال هذه الموارد، والتحول نحو نموذج الطاقة المتجددة فحسب، بل يتجاوز ذلك إلى إمكانية دعم سوق الطاقة المتجددة بالتقنيات والابتكارات لتنتج تطبيقات ذات قدرات تنافسية عالية تكون ركيزة للاقتصاد الخليجي، من خلال إعداد تلك المنتجات للتصدير لتحل محل الطاقة الأحفورية التي تهددها مخاطر شتى ما بين نضوبها تارة، وتهديد طرق الوصول إليها تارة أخرى، وتحول كثير من الدول الكبرى نحو الطاقة المتجددة، الأمر الذي سيؤدي إلى وفرة في المعروض من الطاقة الأحفورية، وبالتالي انخفاض أسعارها.

ومن التحديات التقنية في دول مجلس التعاون ندرة الفنيين والباحثين في مجال الطاقة المتجددة، الأمر الذي يجعل نقل التقنيات محاطاً بإشكالات كثيرة، فالأمر لا يتوقف عند نقل الآلات والمعدات والألواح الخاصة باستغلال وتخزين الطاقة الشمسية، بل يتعدى ذلك إلى ضرورة نقل الخبرات والفنيين المهرة والباحثين والمخترعين أيضاً. وهي إشكالية ترفع تكاليف الإنتاج، فضلاً عن أنها تؤخر توطين التقنيات وتطويرها.

قد يُتفهم ذلك الأمر في المراحل الأولى لتنمية قطاعات الطاقة المتجددة، وشريطة أن يكون دور تلك الخبرات والكفاءات ليس نقل التقنيات وتشغيلها فقط، بل يضاف إليها تدريب وتأهيل كفاءات محلية يمكنها العمل باستقلالية بعد التدريب والتأهيل.

ومن التحديات التقنية قيام أغلب محطات توليد الكهرباء على التغذية بالنفط، ويليه الغاز. ولأجل إجراء تغييرات هيكلية تقنية لبناء محطات لتوليد الكهرباء بالطاقة المتجددة، فإن الأمر يستلزم تكاليف ضخمة للبناء والتشييد، فضلاً عن توفير عمالة مدربة وفنيين مهرة من أجل التعامل مع التقنيات الجديدة. يحتاج ذلك إلى إرادة سياسية للتحول نحو الطاقة المتجددة، تنبثق في صورة قرارات وخطط تمويل، مع ضرورة اعتماد نهج إصلاحي متدرج لذلك التحول حتى لا تحدث هزات اقتصادية واجتماعية.

وقد شهدت تكلفة معظم تقنيات الطاقة المتجددة انخفاضاً، وسوف يسفر مزيد من أوجه التقدم التقني المتوقعة عن مزيد من خفض التكاليف. وقد اتضحت أوجه التقدم الملحوظ في تقنيات الطاقة المتجددة وما صاحبها من تخفيضات في التكلفة بعيدة المدى خلال العقود الأخيرة، بالرغم من ظهور بعض فترات ارتفاع الأسعار (من جراء، على سبيل المثال، زيادة الطلب على الطاقة المتجددة فضلاً عن المعروض منها). وإسهام الدوافع المختلفة (مثل، البحوث والتطوير، ووفورات الحجم، والتعلم الموجه نحو النشر، والمنافسة السوقية المتزايدة بين موردي الطاقة المتجددة) ليس دائماً مفهوماً بالتفصيل.

(١) Zeineb Abdmouleh n, RashidA.M.Alamari,AdelGastli, Recommendations on renewable energy policies for the GCC countries, RenewableandSustainableEnergyReviews50(2015)1181–1191.



ويُتوقع أن تُخفض التكلفة أكثر، مما سيسفر عن انتشار ممكن أكبر، وبالتالي التخفيف من حدة تغير المناخ. وتشمل أمثلة المجالات المهمة لجوانب التقدم التقني الممكن: نظم إمداد وإنتاج مواد أولية جديدة ومحسنة، والوقود الأحيائي المنتج من خلال عمليات جديدة (يطلق عليها أيضاً الجيل الجديد أو الوقود الأحيائي المتقدم، مثل الليجنوسيليلوز) والتكرير الحيوي المتقدم والتقنيات المتقدمة لأشباه الموصلات الضوئية (PV) ومركزات الطاقة الشمسية (CSP)، وعمليات التصنيع؛ ونظم الطاقة الحرارية الأرضية المعززة (EGS) والتقنيات الناشئة المتعددة للطاقة البحرية وإنشاء وتصميم محركات بحرية لطاقة الرياح البحرية.

ويتوقع أن تُخفض تكلفة الطاقة الكهرومائية لتكون أقل بشكل ملحوظ من تكلفة بعض تقنيات الطاقة المتجددة الأخرى، وتوجد فرص البحوث والتطوير لتحقيق الجدوى الفنية لمشاريع الطاقة الكهرومائية في نطاق أوسع من المواقع ولتحسين الأداء الفني للمشاريع القائمة والجديدة.

إلا ان انخفاض تكلفة التقنيات وحدها ليس هو المتحكم فعليا في التكلفة الإجمالية للطاقة المتجددة، فقد يضاف إليه تكلفة النقل او التخزين، ومعدل الخصم، والقدرة التنافسية وغير ذلك.

وربما هناك حاجة لتناول تشكيلة من التحديات الخاصة بالتقنية (بالإضافة للتكلفة) لتمكين الطاقة المتجددة من تطوير إسهامها تطويراً ملحوظاً لتخفيض انبعاثات غازات الدفيئة. وبسبب الاستخدام المتزايد والمتواصل للطاقة الحيوية، فإنه بوسع التصميم والتنفيذ الجيدين ومراقبة أطر الاستدامة تقليل الآثار السلبية وتعظيم المنافع فيما يخص القضايا الاجتماعية والاقتصادية والبيئية.

ولقد تقدمت المعارف والتقنيات الخاصة بالطاقة المتجددة بصورة كبيرة، يجب أن تسفر تلك المعارف العلمية والهندسية المعززة عن تحسينات في الأداء وتخفيضات في التكلفة في تقنيات الطاقة المتجددة. ولا تزال الحاجة ماسة لمعرفة إضافية متصلة بالطاقة المتجددة ودورها في تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة في عدد من المجالات الواسعة النطاق بما في ذلك ما يلي:

- التكلفة المستقبلية لنشر الطاقة المتجددة والتخطيط الزمني له؛
- إمكانية الفنية القابلة للتحقيق الخاصة بالطاقة المتجددة على كل المستويات الجغرافية؛
- التحديات الفنية والمؤسسية وتكاليف دمج التقنيات المتنوعة للطاقة المتجددة في نظم الطاقة وأسواقها؛
- التقييمات الشاملة للجوانب الاجتماعية والاقتصادية والبيئية للطاقة المتجددة ولتقنيات الطاقة الأخرى؛
- فرص الوفاء باحتياجات البلدان النامية من الخدمات المستدامة للطاقة المتجددة؛
- الآليات السياسية والمؤسسية والمالية لتيسير النشر الفعال من حيث التكلفة للطاقة المتجددة في تشكيلة واسعة النطاق من الظروف.<sup>(١)</sup>

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 26.

### ألمانيا: رائدة تقنيات الطاقة المتجددة

ويمكننا أن ندرك طبيعة هذا الدور التقني وأهميته لقطاع الطاقة المتجددة الخليجي بالنظر إلى تجربة رائدة في هذا المجال كالتجربة الألمانية، فقد حققت ألمانيا شوطا كبيرا في اعتماد الطاقات المتجددة في تغطية نسبة محترمة من احتياجاتها من الكهرباء. لكن وسائل النقل لا زالت تعتمد بشكل كبير على الوقود الأحفوري كالبنزين، غلا أنها من الممكن ان تسجل تحولا نحو الطاقة المتجددة في قطاع النقل في المستقبل القريب.

وخلال عام ٢٠١٢ غطت الطاقة المتجددة والمُنتجة من محطات توليد الطاقة الشمسية والطاقة المائية بالإضافة إلى طاقة الرياح والطاقة المستمدة من محطات الغاز الحيوي ما يعادل ٢٣٪ من احتياجات الطاقة في ألمانيا، أي زيادة قدرها ٣٪ مقارنة مع عام ٢٠١١. هذا الارتفاع في نسبة الإنتاج دعم سياسة الطاقة المتجددة التي يراهن عليها عدد من الشركات المنتجة للطاقة الكهربائية في ألمانيا.

وفيما لم تتعد حصة الطاقة المتجددة ١٠٪ في عام ٢٠٠٥، إذا بها ترتفع عام ٢٠٠٨ إلى ١٥٪. ويعود هذا النمو إلى التطور الذي شهده قطاع الطاقات المتجددة، التي بلغ إنتاجها الإجمالي ١٠ جيجا واط عام ٢٠٠٨.

وفي مجال طاقة الرياح قام مستثمرون عام ٢٠١٢ ببناء ١٠٠٨ توربينات رياح لتوليد الطاقة الكهربائية تبلغ قدرتها الإنتاجية ٢,٤ جيجا واط، بارتفاع قدره ٢٠٪ مقارنة مع ٢٠١١. وبهذا تتصدر طاقة الرياح قائمة الطاقات المتجددة بنسبة ٨٪ من إجمالي الإنتاج الذي بلغ العام الماضي ٣١,٣ جيجا واط.

أما جنوب ألمانيا فهو رائد في إنتاج الطاقة الشمسية، التي تغطي في ولاية بافاريا أكثر من ١٢٪ من حاجتها من الكهرباء. أما على الصعيد الألماني كله فإن المنازل الخاصة والمزارع هي الرائدة في مجال إنتاج الطاقة الشمسية، حيث بلغت القدرة الإنتاجية للكهرباء من هذه الطاقة عام ٢٠١١ حوالي ٣٢ جيجا واط، أي ما يعادل ٥٪ من إجمالي إنتاج الطاقة الكهربائية في ألمانيا.

وقد ساعد التقدم التقني وارتفاع نسبة الإنتاج العالمي واشتداد حدة المنافسة في مجال صناعة الخلايا الشمسية في السنوات الأخيرة في انخفاض أسعار الألواح الشمسية. وقد استفاد المستهلك من انخفاض الأسعار، لأن تكاليف إنتاج الكهرباء من محطات الطاقة الشمسية قد تراجعت بشكل كبير من ٣٠ سنتا للكيلو واط في الساعة في عام ٢٠٠٨ إلى أقل من ١٠ سنتات للكيلو واط في الساعة فقط في ٢٠١١ في الأماكن المشمسة في ألمانيا.

وتعد الكتلة الحيوية لإنتاج الطاقة والكهرباء دعامة أساسية في سياسة الطاقة المتجددة في ألمانيا. وعلى عكس منشآت طاقة الرياح ومحطات الطاقة الشمسية، فإن محطات الغاز الحيوي يمكن تسييرها وإنتاج الطاقة فيها عند الحاجة فقط. ويوجد في ألمانيا ٧٦٠٠ محطة تبلغ قدرتها الإنتاجية ٦ جيجا واط، وبالتالي تُنتج ٧٪ من إجمالي الاحتياج من الكهرباء في ألمانيا.

ويتم في المحطات الصغيرة لتوليد الطاقة إنتاج الكهرباء وكذلك إنتاج الحرارة للتدفئة. كما يُستخدم الخشب المتبقي من قطع الأشجار في الغابات ومن ورشات النجارة أيضا كمادة خام لمصانع الغاز الحيوي. وتوجد في ألمانيا ٢٥٠ محطة صغيرة للطاقة تستخدم هذه المواد الخام لإنتاج الكهرباء وحرارة التدفئة.

وبعد كارثة فوكوشيما النووية في مارس عام ٢٠١١ قامت الحكومة الألمانية بإغلاق ثمانى محطات لإنتاج الطاقة النووية من أصل ١٧ محطة. وعلى إثر هذه الإجراءات انخفض إنتاج الطاقة النووية بنسبة ٤٠٪، الأمر الذي دفع بالعديد إلى دق أجراس الخطر والقول إن ألمانيا ستضطر على المدى الطويل إلى استيراد الكهرباء من البلدان المجاورة. لكن ثبت أن ذلك ليس صحيحا، إذ أصبحت ألمانيا تصدر الكهرباء بنسبة أكبر مما كانت عليه قبل التخلي عن نصف المحطات المنتجة للطاقة النووية، وكان الفضل في ذلك يرجع إلى الاستغلال الأمثل للطاقة المتجددة، وتطوير تقنياتها بصورة تجعل أسعارها مناسبة، وانتشارها مقبولا عند الشعب الألماني.

ويستهلك الألمان حوالي ثلث الطاقة في التدفئة، ويحاولون منذ عام ٢٠٠٥ التقليل من تكاليف التدفئة وذلك من خلال استخدام أجهزة تدفئة حديثة وترميم البيوت لتكون عازلة للحرارة الداخلية وعدم تسربها إلى خارج البيت. وتُستخدم الطاقات المتجددة بنسبة ١١٪ في التدفئة.<sup>(١)</sup>

وتزداد نسبة مشاركة الطاقة المتجددة في الاحتياجات الألمانية بوتيرة متسارعة، ارتفعت حصة استهلاك الطاقة المتجددة في البلاد خلال الربع الثالث من العام ٢٠١٨ إلى ٣٨٪. فيما أنتجت محطات الطاقة الشمسية ١٠٤ مليار كيلواط خلال النصف الأول نفس العام.<sup>(٢)</sup>

وتطمح الحكومة الألمانية حتى حلول عام ٢٠٥٠ إلى أن يعتمد منتجو الكهرباء على مصادر الطاقة المتجددة، أملة في أن تغطي الطاقات المتجددة ٨٠٪ من حاجيات البلاد من الكهرباء.

يمكن لقطاع الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون أن يواجه تلك التحديات بتوطين تقنيات الطاقة المتجددة، وتطوير البحث العلمي والابتكار، حتى نشهد نموا مطردا لإسهام الطاقات المتجددة في مشهد الطاقة الخليجي. ومن الممكن أيضا استلهام التجربة الألمانية التي تطورت خلال ١٥ عاما (٢٠٠٤ – ٢٠١٩) من قطاع طاقي ضعيف التمثيل (٤٪) إلى قطاع مؤثر في احتياجات الطاقة (٤٣٪)، وطموحات بان يهيمن على المشهد الطاقي بكامله عام ٢٠٥٠ بتغطية حوالي ٨٠٪ من احتياجات الكهرباء.

### ثالثا: التحديات المؤسسية والتشريعية

تزايد قدرة الطاقة المتجددة زيادة سريعة في كافة أنحاء العالم إلا أن عدداً من العقبات مازال يكبح تحقيق المزيد من التقدم فيها. ولذا فإنه إذا أريد أن تساهم الطاقة المتجددة إسهاماً كبيراً في تحقيق التنمية المستدامة، وتحقيق أبعادها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، وأن تحقق ذلك بسرعة، فإن الأمر قد يحتاج

(١) ألمانيا: نجاح في اعتماد الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء، تقرير موقع دويتشه فيله (الإذاعة الألمانية) الرسمي على الانترنت، ٢٠١٣/٣/١.

(٢) ألمانيا تقرب من سد نصف احتياجات الطاقة من الشمس والرياح، تقرير موقع دويتشه فيله (الإذاعة الألمانية) الرسمي على الانترنت، ٢٠١٨/١١/٢.

إلى التغلب على التحديات المؤسسية بضرورة التكامل بين المؤسسات في إصدار السياسات والتشريعات الملزمة لدول مجلس التعاون، والتخلي عن المركزية في التنفيذ. كما يحتاج أيضا إلى أشكال مختلفة من سياسات الدعم الاقتصادي فضلا عن سياسات تهدف إلى تهيئة بيئة ممكنة.

### التحديات المؤسسية

نظرا لحدثة جهود التحول نحو الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون، تبرز جملة من التحديات والإشكالات المؤسسية التي تعوق الجهد الجماعي الخليجي في هذا المجال.

فحتى الآن لا يوجد كيان خليجي جامع أو مؤسسة خليجية تمثل القاطرة المؤسسية للطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون. والمبادرات لا تزال فردية، كل دولة تسير في تنمية قطاع الطاقة المتجددة فيها على حدة، رغم تشابه الجغرافيا والمناخ ومصادر الطاقة المتجددة في هذه البلدان.

ورغم الجهود الرائدة لدولة الإمارات والمملكة العربية السعودية في العمل المؤسسي في ميدان الطاقة المتجددة، فقد أسست الإمارات شركة أبو ظبي لطاقة المستقبل (مصدر) عام ٢٠٠٦ كشركة متخصصة في الطاقة المتجددة على النطاق التجاري، وأقامت السعودية مكتبا لتطوير مشاريع الطاقة المتجددة تابعة لوزارة الطاقة، وانبثقت عنه مشاريع كبيرة في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، إلا أن الجهد الجماعي ضمن مجلس التعاون الخليجي لم يسفر عن مؤسسة راعية لكل تلك الجهود، ومقيمة للتجارب، وراعية لتبادل الخبرات والتقنيات.

ولقد أسست بقية دول مجلس التعاون المؤسسات والهيئات المحلية المعنية بالطاقة المتجددة، إلا أن الجهود الفردية كثيرا ما يلحقها التعثر، ويغيب عنها التحفيز، وخاصة في المجالات الجديدة والمشروعات الناشئة.

ومن التحديات المؤسسية أيضا غياب إقامة شراكات فاعلة مع مؤسسات القطاع الخاص لدعم وتمويل قطاع الطاقة المتجددة، لذا فإن جهود التحول نحو الطاقة المتجددة مرتبطة بالتمويل الحكومي صعودا وهبوطا، ويتأثر بشدة بالمشكلات الاقتصادية المحيطة التي تعاني منها الدولة.

هذا الأمر يحول - على المدى المتوسط والطويل - دون استقلالية قطاع الطاقة المتجددة، وتراكمية الخبرات الفنية والتقنية اللازمة لدى مؤسسات القطاع الخاص التي ينبغي أن يعتمد عليها في تمويل كثير من المشروعات الاستراتيجية.

ولا زالت مؤسسات الطاقة المتجددة تتبع وزارات الطاقة والكهرباء دون استقلال حقيقي للقطاع، مما يترتب عنه تضارب في الأولويات، وتقليص في النفقات. فتمويل استخراج النفط والغاز مثلا، وتمويل الصناعات التحويلية الناتجة عنهما يُعد أولوية في البلدان المنتجة للنفط نظرا لكونه يشكل القسم الأكبر من الدخل القومي، والتخلي عن جزء من ذلك التمويل لصالح الطاقة المتجددة الناشئة، والمواد التمكين لها لدوافع بيئية آنية، أو اقتصادية على المدى الطويل لا يمكن أن يحدث، لأنه سيؤثر اقتصاديا على تلك الدول في الوقت



الحالي وعلى المدى القريب والمتوسط. وهذا ما يجعلنا نفهم تلك المعادلة الصعبة التي تعاني منها دول مجلس التعاون في قضية تمويل الطاقة المتجددة.

ومن التحديات المؤسسية الهامة مسألة التكامل والتنسيق بين مؤسسات الطاقة المتجددة من جهة، والمؤسسات الأخرى ذات الصلة، فالمؤسسات الحكومية المعنية بدعم الوقود التقليدي والكهرباء تقع عليها مسؤولية ضرورة تخفيض ذلك الدعم حتى تتمكن مصادر الطاقة المتجددة أن تدخل سوق الطاقة بقدرات تنافسية. ومؤسسات التمويل الحكومي والخاص تقع عليها مسؤولية تشجيع الاستثمار في الطاقات المتجددة، حتى لو كانت معدلات الربحية آجلة أو أقل من مجالات الطاقة الأخرى.

كما يحتاج قطاع الطاقة المتجددة إلى التكامل والتنسيق بين مؤسسات الطاقة المتجددة والمؤسسات ذات الصلة أيضاً تحت مظلة مجلس التعاون الخليجي حتى تحدث الصورة المثالية للتعاون والتكامل والتنسيق.

### التحديات التشريعية

اهتمت دول مجلس التعاون بوضع سياسات وتشريعات تهدف إلى التمكين الجزئي والتدريجي للطاقة المتجددة كما ذكرنا في المبحث السابق، وهي، وإن كانت متأخرة عن إسهامات دول كثيرة في هذا المجال، سياسات واعدة وواقعية إلى حد كبير. إلا أن التحدي الأكبر يكمن في تحويلها إلى مشروعات منتجة للطاقة المتجددة على أرض الواقع، واتخاذ التدابير اللازمة للتمكين لها والإسراع من وتيرة الإحلال التدريجي لها محل الطاقات التقليدية.

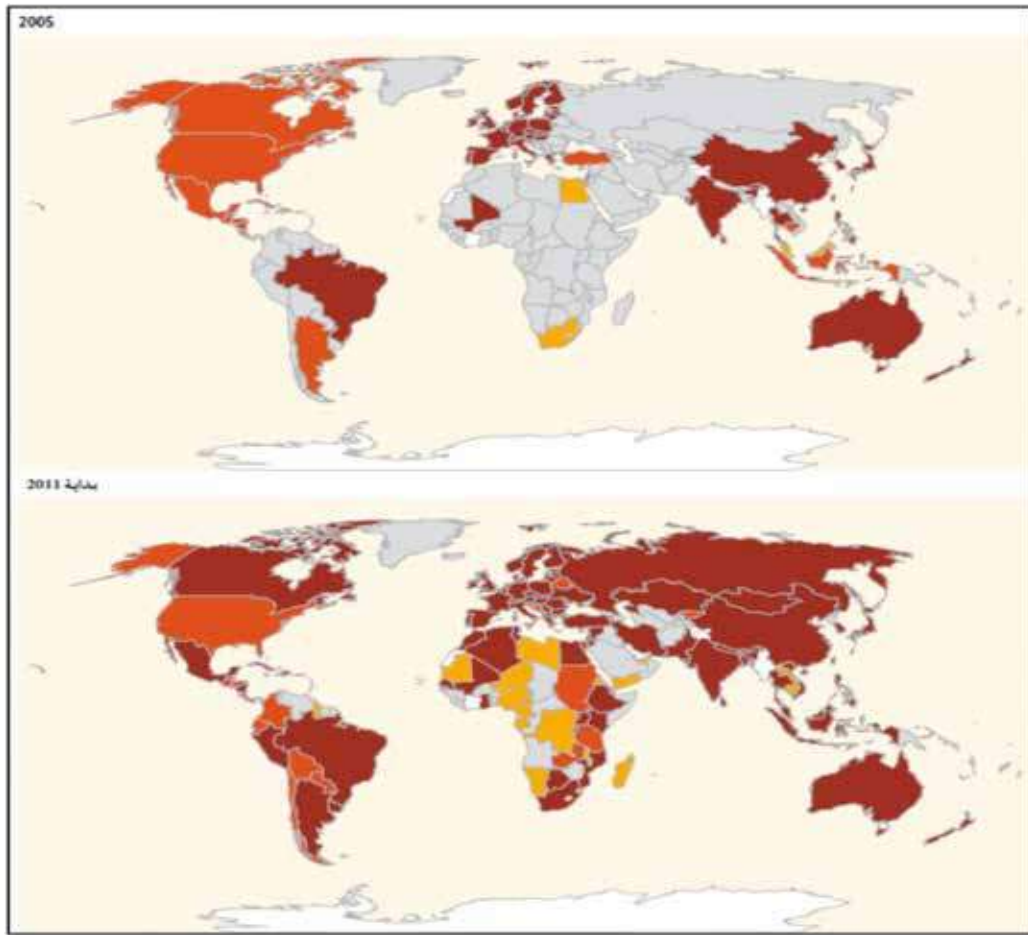
ويؤكد الوضع العالمي على أن زيادة عدد السياسات الخاصة بالطاقة المتجددة وتنوعها - التي حفزتها العديد من العوامل - أفضت إلى نمو مطرد لتقنيات الطاقة المتجددة في السنوات الأخيرة. وتلعب السياسات الحكومية دوراً حاسماً في التسريع بنشر تقنيات الطاقة المتجددة. وكان الحصول على الطاقة وتحقيق التنمية الاجتماعية والاقتصادية هي الدوافع الأساسية في البلدان النامية، بينما كان تأمين الإمداد بالطاقة والشواغل البيئية هي الأكثر أهمية في البلدان المتقدمة. وبدأ نطاق هذه السياسات يتسع لتتحول من التركيز أساساً على الكهرباء المستمدة من الطاقة المتجددة وتشمل التدفئة والتبريد والنقل.<sup>(١)</sup>

وإذا نظرنا إلى خصوصية الوضع الخليجي، حيث تتميز دول الخليج بوفرة في مصادر الطاقة الأحفورية، وتتمتع بوضع اقتصادي جيد بالنسبة للدول النامية. لكن التحدي يكمن في عدم القدرة على تبني تشريعات وسياسات تخلي مواقع كبيرة من حصة الوقود الأحفوري للطاقة المتجددة. ويرجع السبب في ذلك إلى التراجع الكبير في أسعار النفط، والذي أدى بدوره إلى عدم التخلي عن مصادر الطاقة التقليدية بمؤسساتها وبنيتها التحتية، نظراً للتكلفة الكبيرة اللازمة لإحداث تغيير هيكلية وإنشاء بنية تحتية للطاقة المتجددة.

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 24.

وتساعد السياسة الخاصة بالطاقة المتجددة للبحوث والتطوير والتجريب والنشر في التمهيد للطاقة المتجددة. وتتضمن السياسات وضع اللوائح من قبيل تعريفه الإمداد بالطاقة، والحصص، وألوية النفاذ إلى الشبكة، والولايات، ومتطلبات خلط الوقود الأحياي، ومعايير استدامة الطاقة الحيوية. وهناك فئات سياسة أخرى عبارة عن محفزات مثل سياسات الضرائب والمدفوعات الحكومية المباشرة مثل الحسومات والمنح؛ وآليات التمويل العامة مثل القروض والضمانات. وربما تدعم الطاقة المتجددة بفضل السياسات الأوسع نطاقا والرامية إلى تقليل انبعاثات غازات الدفيئة، مثل آليات تسعير الكربون.

ويمكن أن تكون السياسات خاصة بقطاع بعينه، وتنفذ على المستوى المحلي أو المستوى الوطني، وفي بعض الحالات على المستوى الإقليمي، كما يمكن استكمالها بالتعاون الثنائي والإقليمي والدولي.



شكل (٥٠): البلدان التي لديها هدف واحد على الأقل بشأن الطاقة المتجددة وسياسة محددة واحدة على الأقل بخصوص الطاقة المتجددة في منتصف ٢٠٠٥ وفي أوائل ٢٠١١. ولا يتضمن هذا الشكل سوى الأهداف والسياسات على المستوى الوطني وليس مستوى البلديات أو الولايات أو الأقاليم. وتظهر دول مجلس التعاون بعضها ليس لديه سياسات أو أهداف، أو لديها هدف واحد. والشكل يوضح الانتشار الكبير لسياسات الطاقة المتجددة في فترة وجيزة.



إن السياسات الخليجية تحتاج إلى مباشرة تفاصيل أكثر في ميدان الطاقة المتجددة، فلا يكفي أن تشير السياسة إلى ضرورة إدماج الطاقة المتجددة في أنظمة الطاقة وأهمية ذلك، وضرورة إحلال الطاقة المتجددة محل الطاقة التقليدية بنسبة مئوية كذا بعد عشر سنوات أو عشرين سنة. الدور الأكبر للسياسات هنا يكمن في ذلك التفصيل الضروري الذي ينبثق عنه تشريعات وإجراءات تسهم في تغيير فاعل في البنى الحالية لمنظومات الطاقة.

وعززت السياسات في الدول المتقدمة في مجال الطاقة المتجددة زيادة تركيبات قدرة الطاقة المتجددة بالمساعدة في التغلب على العوائق المتنوعة. وتشمل العوائق أمام انتشار الطاقة المتجددة ما يلي:

- العوائق السياسية والمؤسسية ذات الصلة بالصناعة القائمة، والبنية الأساسية وتقنين نظم الطاقة:
- وإخفاقات السوق، بما في ذلك التكاليف الصحية والبيئية غير المدمجة، عند الاقتضاء؛
- انعدام المعلومات العامة والبيانات ذات الصلة بنشر الطاقة المتجددة، وانعدام القدرة الفنية والمعرفية؛
- العوائق ذات الصلة بالقيم المجتمعية والشخصية والتي تؤثر على النظرة إلى تقنية الطاقة المتجددة وقبولها.<sup>(١)</sup>

وتكون الاستثمارات العامة في مجال البحوث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة أكثر فعالية عندما تكملها أدوات سياسية أخرى، ولاسيما سياسات النشر التي تعزز بشكل متزامن الطلب على التقنيات الجديدة سياسات البحوث والتطوير والنشر مشتركة تفضي إلى استحداث دورة إيجابية، وتحفز الاستثمارات من القطاع الخاص. وإذا سنت سياسات النشر مبكراً أثناء تطوير تقنية ما، يمكن أن يسرع ذلك من وتيرة التعلم من خلال تحفيز البحوث والتطوير من القطاع الخاص، الذي يقلل بدوره من التكاليف ويوفر محفزات إضافية لاستخدام التقنيات.

واتضح أن بعض السياسات تتسم بالفعالية والنجاعة في تسريع وتيرة نشر الطاقة المتجددة. ومع ذلك، ليس هناك قالب يليق بكل الظروف. وبينت التجربة أن سياسة ما أو مجموعة من السياسات المختلفة بوسعها أن تكون أكثر فعالية ونجاعة اعتماداً على عوامل من قبيل مستوى نضج التقنية، ورأس المال المتاح، وسهولة الدمج في النظم القائمة، وقاعدة مصادر الطاقة المتجددة المحلية والوطنية.

وقد خلصت العديد من الدراسات إلى أن بعض تعريفات الإمداد بالطاقة كانت فعالة وناجعة في النهوض بكهرباء الطاقة المتجددة، ويرجع ذلك أساساً إلى توليفة من الأسعار الثابتة على أمد طويل أو المدفوعات في شكل أقساط، وتوصيلات الشبكة، وضمان شراء كهرباء الطاقة المتجددة التي يتم توليدها. ويمكن لسياسات الحصص أن تكون فعالة وناجعة لو صممت لتقليل المخاطر؛ على سبيل المثال؛ بفضل العقود طويلة الأمد.

(١) السابق (٢٥).

ويتبنى عدد متزايد من الحكومات محفزات للتبريد والتدفئة بالطاقة المتجددة. ولاتزال عمليات الإلزام باستخدام الطاقة الحرارية الناتجة عن الطاقة المتجددة تسترعي الانتباه بسبب ما لها من إمكانيات على النمو من دون الحاجة إلى الدعم المالي العام.<sup>(١)</sup>

وتعتبر مرونة التكيف مع التقنيات والأسواق والعوامل الأخرى وهي تتطور أمراً مهماً. وكما تعتبر تفاصيل التصميم والتنفيذ أموراً حاسمة في تحديد فعالية ونجاعة السياسة. وبوسع أطر السياسة التي تتسم بالشفافية والاستدامة أن تقلل من المخاطر على الاستثمار وتسهل نشر الطاقة المتجددة وتطور التطبيقات منخفضة التكاليف.

وتدعم السياسات (التمكينية) تطوير الطاقة المتجددة ونشرها. ويمكن استحداث البيئة المواتية أو المشجعة للطاقة المتجددة بمراعاة التفاعلات المحتملة لسياسة ما مع سياسات الطاقة المتجددة الأخرى وكذلك السياسات المتعلقة بالطاقة أو تلك التي لا تتعلق بها (مثلاً، تلك التي تستهدف الزراعة، أو النقل، أو إدارة المياه والتخطيط العمراني)؛ من خلال مساعدة المقاولين المعنيين بتطوير الطاقة المتجددة على الحصول على التمويل واختيار موقع المشروع بنجاح؛ وبإزالة العقبات في الوصول إلى الشبكات والأسواق لمرافق الطاقة المتجددة ونواتجها؛ وبمزيد من التعليم وإذكاء الوعي من خلال مبادرات الحوار وحملات التواصل الخاصة بهذا الغرض؛ بنقل التقنية. ويمكن للبيئة (التمكينية) بدورها أن تزيد من فعالية ونجاعة السياسات للتشجيع على الطاقة المتجددة.

وتشير الدراسات إلى أن الأهداف طويلة الأمد للطاقة المتجددة ومرونة التعلم من التجربة ستكون من الأمور الحاسمة لتحقيق التكلفة الفعالة والتغلغل المرتفع للطاقة المتجددة. وسيطلب هذا تطوير منهجي لأطر السياسات التي تقلل من المخاطر وتضمن العوائد الجذابة التي توفر الاستقرار على مدى إطار زمني ذي صلة بالاستثمار. ومن الأمور الأكثر أهمية وجود مزيج مناسب ويمكن أن يعول عليه من أدوات السياسات، بما في ذلك سياسات نجاعة الطاقة، حيثما كانت البنية الأساسية للطاقة آخذة في التطور، وحيثما كان من المنتظر أن تكون هناك زيادة الطلب على الطاقة في المستقبل.

إن سياسة الدول المتقدمة في التمكين للطاقة المتجددة تكمن في عنصر (الإلزام)، كما في التجربة الألمانية التي تلزم قطاع المباني بتوفير نمط كهربائي يعتمد على الطاقة المتجددة، وتلزم المنشآت الصناعية بتقليل نسب انبعاثات الكربون الناتج عن الطاقة التقليدية - في الأساس - إلى نسب دنيا.

ويمثل عنصر (الإلزام) تحدياً كبيراً في السياسات الخليجية في مجال الطاقة المتجددة، ويستلزم ذلك جهوداً كبيرة لإصدار تشريعات خليجية (محلية وإقليمية) في مجال الطاقة المتجددة تكون ملزمة لكل الأطراف، ويترتب على مخالفتها إجراءات حازمة.

وتلتزم دول مجلس التعاون بالاتفاقيات الدولية في مجال المناخ وحماية البيئة وما ينتج عنها، وهو التزام لا بد أن يترتب عليه إطار عمل ملزم ينبثق منه إجراءات وتشريعات واجبة التطبيق في مجال الطاقة.

(١) السابق - نفس الصفحة.



وقد شاركت الأمانة العامة لمجلس التعاون الخليجي مؤخراً في المؤتمر الرابع والعشرين لاتفاقية الأمم المتحدة الاطارية لتغير المناخ (ديسمبر ٢٠١٨ م). وتم في هذا المؤتمر اعتماد (خارطة الطريق) لتنفيذ اتفاق باريس الخاص بتغير المناخ الذي تم في ٢٠١٥ على أساس أن يتم تطبيقها اعتباراً من عام ٢٠٢٠ م.

وفي ديسمبر عام ٢٠١٥، أقرت الأطراف اتفاق باريس الذي تنص بنوده على أن الدول ستقدم المساهمات المحددة وطنياً، وأن تتم مراجعة التقدم الكلي في التخفيف والتكيف وسُبل التنفيذ كل خمس سنوات من خلال عملية التقييم العالمي. دخل اتفاق باريس حيز التنفيذ في ٤ نوفمبر ٢٠١٦، واعتباراً من ٢٩ أبريل ٢٠١٨ بلغ عدد الدول الموقعة عليه ١٧٥ دولة.<sup>(١)</sup>

ولا شك أن تلك الاتفاقات يترتب عليها أعمال تنفيذية، ويكمن التحدي هنا في ربط السياسات الطاقوية المحلية والإقليمية بتلك السياسات الدولية، والتنسيق بينها، وإزالة العوائق من طريق تنفيذها.

وتشمل العقبات التي تعترض وضع وسن السياسات نقص المعلومات والوعي بشأن موارد الطاقة المتجددة وتقنياتها، وخيارات السياسات المتعلقة بها، والافتقار إلى فهم أفضل لتصميمات السياسات أو كيفية الاضطلاع بعمليات الانتقال في مجال الطاقة، والصعوبات المرتبطة بالتقديرات الكمية للتكاليف والمنافع الخارجية، والتقييد بالتقنيات والسياسات القائمة.

وتشمل العقبات المتصلة بتنفيذ السياسات التضارب مع القواعد السارية، ونقص العاملين المهرة ونقص القدرات المؤسسية لتنفيذ سياسات الطاقة المتجددة. وتشمل العقبات أمام التمويل نقص الوعي بين الممولين والافتقار إلى المعلومات حسنة التوقيت والملائمة، والقضايا ذات الصلة بالهيكل المالي وحجم المشروعات، والمسائل المتصلة ببيانات التتبع المحدودة، وضعف المؤسسات في بعض البلدان بما في ذلك عدم نضج أسواق رأس المال، وعدم كفاية الحصول على التمويل بتكلفة مقبولة، وكلها عوامل تؤدي إلى زيادة المخاطر المتصورة ومن ثم زيادة التكاليف وتزيد من صعوبة الحصول على التمويل لمشروعات الطاقة المتجددة. والأهم من ذلك أن الكثير من تقنيات الطاقة المتجددة لا يتمتع بالقدرة التنافسية الاقتصادية مقارنة بأسعار السوق للطاقة الحالية مما يزيد من عدم ربحيتها من الناحية المالية بالنسبة للمستثمرين في عدم توافر الأشكال المختلفة من دعم السياسات ومن ثم تقييد رأس المال الاستثماري.

(١) الأمانة العامة لمجلس التعاون تشارك في المؤتمر الرابع والعشرين لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ، موقع مجلس التعاون الخليجي، ٢٠١٨/١٢/٣.



# نحو نموذج طاقة خليجي مستدام

## محتويات الفصل

### المبحث الأول: السياسات والتمويل

- نموسياسات الطاقة المتجددة
- دعم السياسات والاتفاقات الدولية للطاقة المتجددة
- الاتجاهات الحالية للسياسات والتمويل
- عوائق السياسات والتمويل وحلولها
- السياسات المحلية الداعمة للطاقات المتجددة
- دعم سياسات نشر الطاقة المتجددة في القطاعات المتخصصة
- تكامل عناصر السياسات وأثارها على الاقتصاد والبيئة والمجتمع

### المبحث الثاني: تحقيق أهداف التنمية المستدامة

- دعم أوجه التفاعل بين التنمية المستدامة والطاقة المتجددة
- تأثير مسارات التنمية المستدامة على الطاقة المتجددة
- عوائق وفرص استخدام الطاقة المتجددة في سياق التنمية المستدامة
- مدى إسهام الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة
- أولاً: تحقيق أبعاد التنمية المستدامة (الاقتصاد - البيئة - المجتمع)
- ثانياً: تلافي الآثار البيئية والاجتماعية



## المبحث الأول: السياسات والتمويل

## نمو سياسات الطاقة المتجددة

تتزايد قدرة الطاقة المتجددة زيادة سريعة في كافة أنحاء العالم، ويرجع السبب الرئيس في تنامي الاتجاهات المحلية والدولية نحو استغلال أفضل للطاقة المتجددة إلى دور السياسات والتشريعات الدولية والمحلية التي تربط الاستخدام المتزايد للطاقة المتجددة بالأثر الإيجابي على البيئة والمجتمع والاقتصاد، والتنمية الإنسانية بشكل عام.

إلا أن عدداً من العقبات مازال يكبح تحقيق المزيد من التقدم في هذا المجال. ولذا فإنه إذا أريد أن تسهم الطاقة المتجددة إسهاماً كبيراً في تحقيق التنمية المستدامة، وأن تحقق ذلك بسرعة، فإن الأمر قد يحتاج إلى أشكال مختلفة من سياسات الدعم الاقتصادي فضلاً عن سياسات تهدف إلى تهيئة بيئة ممكنة.

وقد روجت سياسات الطاقة المتجددة لزيادة حصص الطاقة المتجددة من خلال المساعدة على التغلب على مختلف العقبات التي تعوق تقدم التقنية ونشر الطاقة المتجددة. وقد يتعين سن سياسات الطاقة المتجددة على جميع مستويات الحكومة من المستويات المحلية ومستوى الولايات والأقاليم إلى المستوى الوطني وإلى المستوى الدولي وتتراوح بين البحوث والتطوير الأساسية لتطوير التقنية و دعم نظم الطاقة المتجددة القائمة أو الكهرباء والتدفئة أو الوقود الذي تنتجه. وفي بعض البلدان، يمكن منح الوكالات المنظمة والمرافق العامة المسؤولية، أو بمبادرتها الخاصة، فيما يتعلق بتصميم وتنفيذ آليات الدعم الخاصة بالطاقة المتجددة. كذلك فإن للعناصر الفاعلة غير الحكومية مثل الوكالات الدولية ومصارف التنمية دوراً يتعين أن تضطلع به.

ويمكن قياس الطاقة المتجددة بواسطة عناصر دالة إضافية مثل وقت وموثوقية التسليم (التوافر) ومصروفات أخرى تتعلق بإدراج الطاقة المتجددة في الشبكات. كما أن هناك الكثير من العناصر الفاعلة لتهيئة بيئة تفضي الى نشر الطاقة المتجددة.

وقد أفضت زيادة عدد السياسات الخاصة بالطاقة المتجددة وتنوعها - التي حفزتها العديد من العوامل - إلى نمو مطرد لتقنيات الطاقة المتجددة في السنوات الأخيرة. وتلعب السياسات الحكومية دوراً حاسماً في التسريع بنشر تقنيات الطاقة المتجددة. وكان الحصول على الطاقة وتحقيق التنمية الاجتماعية والاقتصادية هي الدوافع الأساسية في البلدان النامية، بينما كان تأمين الإمداد بالطاقة والشواغل البيئية هي الأكثر أهمية في البلدان المتقدمة.

وبدأ نطاق هذه السياسات يتسع لتتحول من التركيز أساساً على الكهرباء المستمدة من الطاقة المتجددة، وتشمل التدفئة والتبريد والنقل.

وتساعد السياسة الخاصة بالطاقة المتجددة للبحوث والتطوير والتجريب والنشر في التمهيد للطاقة المتجددة. وتتضمن السياسات وضع اللوائح من قبيل تعريف الإمداد بالطاقة، والحصص، وألوية النفاذ إلى الشبكة، والولايات، ومتطلبات خلط الوقود الأحياي، ومعايير استدامة الطاقة الحيوية.

وهناك فئات سياسة أخرى عبارة عن محفزات مثل سياسات الضرائب والمدفوعات الحكومية المباشرة مثل الحسومات والمنح؛ وآليات التمويل العامة مثل القروض والضمانات. وربما تدعم الطاقة المتجددة بفضل السياسات الأوسع نطاقاً والرامية إلى تقليل انبعاثات غازات الدفيئة، مثل آليات تسعير الكربون.

ويمكن أن تكون السياسات خاصة بقطاع بعينه، وتنفذ على المستوى المحلي أو مستوى الولاية/المقاطعة، أو المستوى الوطني، وفي بعض الحالات على المستوى الإقليمي، كما يمكن استكمالها بالتعاون الثنائي والإقليمي والدولي.

وعززت السياسات زيادة تركيبات قدرة الطاقة المتجددة بالمساعدة في التغلب على العوائق المتنوعة. وتشمل العوائق أمام انتشار الطاقة المتجددة ما يلي:

- العوائق السياسية والمؤسسية ذات الصلة بالصناعة القائمة، والبنية الأساسية وتقنين نظم الطاقة؛
- وإخفاقات السوق، بما في ذلك التكاليف الصحية والبيئية غير المدمجة، عند الاقتضاء؛
- انعدام المعلومات العامة والبيانات ذات الصلة بنشر الطاقة المتجددة، وانعدام القدرة الفنية والمعرفية؛
- العوائق ذات الصلة بالقيم المجتمعية والشخصية والتي تؤثر على النظرة إلى تكنولوجيا الطاقة المتجددة وقبولها.

وتكون الاستثمارات العامة في مجال البحوث والتطوير في تقنيات الطاقة المتجددة أكثر فعالية عندما تكملها أدوات سياساتية أخرى، ولاسيما سياسات النشر التي تعزز بشكل متزامن الطلب على التقنيات الجديدة. سياسات البحوث والتطوير والنشر مشتركة تفضي إلى استحداث دورة إيجابية، وتحفز الاستثمارات من القطاع الخاص. وإذا سنت سياسات النشر مبكراً أثناء تطوير تقنيا ما، يمكن أن يسرع ذلك وتيرة التعلم من خلال تحفيز البحوث والتطوير من القطاع الخاص، الذي يقلل بدوره من التكاليف ويوفر محفزات إضافية لاستخدام التقنية.

واتضح أن بعض السياسات تنسم بالفعالية والنجاعة في تسريع وتيرة نشر الطاقة المتجددة. ومع ذلك، ليس هناك قالب يليق بكل الظروف. وبينت التجربة أن سياسة ما أو مجموعة من السياسات المختلفة بوسعها أن تكون أكثر فعالية ونجاعة اعتماداً على عوامل من قبيل مستوى نضج التقنية، ورأس المال المتاح، وسهولة الدمج في النظم القائمة، وقاعدة مصادر الطاقة المتجددة المحلية والوطنية.

وقد خلصت العديد من الدراسات إلى أن بعض تعريفات الإمداد بالطاقة كانت فعالة وناجعة في النهوض بكهرباء الطاقة المتجددة، ويرجع ذلك أساساً إلى توليفة من الأسعار الثابتة على أمد طويل أو المدفوعات في شكل أقساط، وتوصيلات الشبكة، وضمان شراء كهرباء الطاقة المتجددة التي يتم توليدها. ويمكن لسياسات الحصص أن تكون فعالة وناجعة لو صممت لتقليل المخاطر؛ على سبيل المثال؛ بفضل العقود طويلة الأمد.<sup>(١)</sup>

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 44.





ويتبنى عدد متزايد من الحكومات محفزات جبائية للتبريد والتدفئة بالطاقة المتجددة. ولا تزال عمليات الإلزام باستخدام الطاقة الحرارية الناتجة عن الطاقة المتجددة تسترعي الانتباه بسبب ما لها من إمكانيات على النمو من دون الحاجة إلى الدعم المالي العام.

وفي قطاع النقل، تعد استخدام الوقود من الطاقة المتجددة ومتطلبات الخلط دوافع رئيسية في تطوير معظم صناعات الوقود الأحفوري الحديث. وتتضمن السياسات الأخرى المدفوعات الحكومية المباشرة أو تخفيضات الضرائب. وقد أثرت السياسات في وضع تجارة دولية خاصة بالوقود الأحفوري.

وتعتبر مرونة التكيف مع التقنية والأسواق والعوامل الأخرى وهي تتطور أمراً مهماً. وكما تعتبر تفاصيل التصميم والتنفيذ أموراً حاسمة في تحديد فعالية ونجاعة السياسة. وبوسع أطر السياسة التي تتسم بالشفافية والاستدامة أن تقلل من المخاطر على الاستثمار وتسهل نشر الطاقة المتجددة وتطور التطبيقات منخفضة التكاليف.

وتدعم السياسات (التمكينية) تطوير الطاقة المتجددة ونشرها. ويمكن استحداث البيئة المواتية أو المشجعة للطاقة المتجددة بمراعاة التفاعلات المحتملة لسياسة ما مع سياسات الطاقة المتجددة الأخرى وكذلك السياسات المتعلقة بالطاقة أو تلك التي لا تتعلق بها (مثلاً، تلك التي تستهدف الزراعة، أو النقل، أو إدارة المياه والتخطيط العمراني)؛ من خلال مساعدة المقاولين المعنيين بتطوير الطاقة المتجددة على الحصول على التمويل واختيار موقع المشروع بنجاح؛ وبإزالة العقبات في الوصول إلى الشبكات والأسواق لمرافق الطاقة المتجددة ونواتجها؛ وبمزيد من التعليم وإذكاء الوعي من خلال مبادرات الحوار وحملات التواصل الخاصة بهذا الغرض؛ بنقل التقنية. ويمكن للبيئة (التمكينية) بدورها أن تزيد من فعالية ونجاعة السياسات للتشجيع على الطاقة المتجددة.

وتشير الدراسات إلى أن الأهداف طويلة الأمد للطاقة المتجددة ومرونة التعلم من التجربة ستكون من الأمور الحاسمة لتحقيق التكلفة الفعالة والتغلغل المرتفع للطاقة المتجددة. وسيطلب هذا تطوير منهجي لأطر السياسات التي تقلل من المخاطر وتضمن العوائد الجذابة التي توفر الاستقرار على مدى إطار زمني ذي صلة بالاستثمار. ومن الأمور الأكثر أهمية وجود مزيج مناسب ويمكن أن يعول عليه من أدوات السياسات، بما في ذلك سياسات نجاعة الطاقة، حيثما كانت البنية الأساسية للطاقة آخذة في التطور وحيثما كان من المنتظر أن تكون هناك زيادة الطلب على الطاقة في المستقبل.<sup>(١)</sup>

ولا بد أن تتبنى سياسات الطاقة المتجددة التي تسعى إلى تنمية ذلك القطاع إلى دعم الشراكة بين الحكومات المحلية والمؤسسات والتحالفات الدولية، فإذا كان دور الحكومات المحلية يتمثل في صناعة القرارات

(١) السابق - نفس الصفحة.

ورسم السياسات وتنفيذ الإجراءات، فإن دور الشريك الدولي يأتي في دعم التقنيات والتطبيقات، ورسم الصورة الكاملة لمشهد الطاقة المتجددة العالمي، وتبادل الخبرات والكفاءات.<sup>(١)</sup>

ويمكن للحكومات المحلية أيضاً أن تلعب دوراً رئيسياً كميسرين للتغيير، خاصة فيما يتعلق برفع الوعي لدى الجمهور، وتسهيل إجراءات المجتمع والأعمال لدى المهتمين بذلك القطاع من المستثمرين وأصحاب رؤوس الأموال. من المهم مشاركة العديد من أصحاب المصلحة المحليين والإقليميين من أجل تحقيق النتائج المخطط لها. على سبيل المثال، تم تصميم (مدن نموذجية) في الهند والبرازيل لإشراك الحرفيين المحليين والمعاهد العلمية والبحثية والعلماء والوكالات الإقليمية والوطنية.

ورغم هذه النمو في السياسات في العقد الأخير، ورغم أن مصادر الطاقة المتجددة يمكنها تلبية حصة أكبر من الطلب المحلي والعالمي على الطاقة، غالباً ما يتم التغاضي عن إمكانات الطاقة المتجددة أو التقليل منها أو تأجيلها دون داع.<sup>(٢)</sup>

#### دعم السياسات والاتفاقات الدولية للطاقة المتجددة

تمثل السياسات والاتفاقات الدولية أحد جوانب الدعم الأساسية لقطاع الطاقة المتجددة، ويشمل ذلك كل الاتفاقات الدولية التي تتعلق بحماية البيئة، والتغير المناخي، والتنمية المستدامة.

وتمثل خطة عام ٢٠٣٠ للتنمية المستدامة تحولاً نموذجياً للاستعاضة عن النموذج الاقتصادي الحالي القائم على النمو بنموذج جديد يهدف إلى تحقيق اقتصادات ومجتمعات مستدامة ومنصفة في جميع أنحاء العالم وضمان المزيد من المشاركة العامة في صنع القرار، بما يتماشى مع المبدأ ١٠ من إعلان ريو دي جانيرو بشأن البيئة والتنمية. وهي خطة تهدف إلى معالجة الأسباب الجذرية لأنماط الاستهلاك والإنتاج غير المستدامة وتحولها إلى أنماط حياة وسبل عيش مستدامة تعود بالنفع على الجميع. وتعتبر البيئة التي يعتنى بها جيداً أمراً حاسماً لتحقيق الاستدامة وبقاء الجنس البشري. وقد دخلت الخطة حيز التنفيذ عام ٢٠١٦. وجاء النص في الهدف السابع على: ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة. وهو ما يدفع التوجه نحو الطاقة المتجددة، ويحفز الدول الملتزمة بالاتفاقية نحو تشجيع الاستثمارات، ورسم سياسات نمو ذلك القطاع وتنشيطه.<sup>(٣)</sup>

وهناك الاتفاقات الخاصة بالمناخ، والتي تسعى إلى تقييد الانبعاثات الكربونية الناتجة عن الاحتراق لأنواع مختلفة من الوقود الأحفوري. وقد وقعت ١٥٤ دولة على اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ في قمة ريو دي جانيرو في عام ١٩٩٢. ومنذ ذلك الحين، صدقت ١٩٢ دولة على الاتفاقية بما فيها الولايات المتحدة. وتمثل أهداف الاتفاقية المتعلقة بالمناخ في فرض الاستقرار على كمية غازات الدفيئة في المجال

Global Status Report on Local Renewable Energy Policies, A Collaborative Report by: REN21Renewable Energy Policy (١)  
Network for the 21st Century Institute for Sustainable Energy Policies (ISEP) ICLEI—Local Governments for  
Sustainability, p.6.

(٢) السابق (٧).

(٣) تحويل ماننا: خطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠، الجمعية العامة للأمم المتحدة، ٢٠١٥/٩/٢٥.



الجوي على مستوى يقي من حدوث تغيرات خطيرة في المناخ تحدث بفعل الإنسان ، و تخضع اتفاقية تغيير المناخ لإشراف الأمانة العامة لتغير المناخ التابعة للأمم المتحدة. وتشمل مهام الأمانة متابعة التطورات التي تقع على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في كل دولة.

ويمثل بروتوكول كيوتو خطوة تنفيذية للاتفاقية السابقة، حيث نصت معاهدة كيوتو على التزامات قانونية للحد من انبعاث أربعة من الغازات الدفيئة وهي : ثاني أكسيد الكربون، والميثان، و أكسيد النيتروز، و سداسي فلوريد الكبريت، ومجموعتين من الغازات ( هيدروفلوروكربون، و الهيدروكربونات المشبعة بالفلور) - والتي تنتجها الدول الصناعية - بغية خفض انبعاثاتها الإجمالية ب ٥% على الأقل دون مستواها عام ١٩٩٠ في فترة الالتزام الممتدة من ٢٠٠٨ إلى ٢٠١٢، ونصت أيضا على التزامات عامة لجميع البلدان الأعضاء البالغ عددهم ١٨٣ طرف وقعوا على الاتفاقية التي اعتمد استخدامها في ١١ ديسمبر ١٩٩٧ في مدينة كيوتو باليابان، ودخلت حيز التنفيذ في ١٦ فبراير ٢٠٠٥ برغم امتناع الولايات المتحدة - أكبر الدول المسؤولة عن انبعاثات غازات الدفيئة - عن التوقيع عليها.

وتعد اتفاقية التنوع البيولوجي أول اتفاقية عالمية بشأن صيانة التنوع البيولوجي واستخدامه المستدام. وقد حظيت هذه الاتفاقية بقبول سريع وواسع النطاق، فقد وقعت عليها ١٧٥ بلدا، ولها ثلاثة أهداف رئيسية هي صيانة التنوع البيولوجي، والاستخدام المستدام لعناصر التنوع البيولوجي، وتقاسم المنافع الناشئة عن الاستخدام التجاري وغير ذلك من استخدامات الموارد الوراثية بطريقة عادلة ومتساوية. وتغطي الاتفاقية جميع النظم الايكولوجية والأنواع والموارد الوراثية.

بالإضافة إلى بروتوكولات تغير المناخ، واتفاقيات البيئة والتنمية المستدامة يمكن أن توفر الطاقات المتجددة طائفة من المنافع للمجتمع. فبعض تقنيات الطاقة المتجددة ينافس بصورة عامة أسعار السوق الحالية للطاقة. ويمكن أن يوفر الكثير من تقنيات الطاقة المتجددة الأخرى التي لا تتمتع بعد بالقدرة التنافسية بصورة عامة. غير أن التدابير السياسية مازالت مطلوبة في معظم أقاليم العالم لتيسير زيادة نشر الطاقة المتجددة.

وتقلل السياسات المناخية (ضرائب الكربون وسياسات تجارة الانبعاثات أو تنظيمها) من التكاليف النسبية للتقنيات المنخفضة الكربون بالمقارنة بالتقنيات كثيفة الكربون. غير أن من المشكوك فيه أن تكون السياسات المناخية (مثل تسعير الكربون) قادرة بمفردها على الترويج للطاقة المتجددة بمستويات تكفي لتحقيق الأهداف الإنمائية والاقتصادية والاجتماعية العريضة ذات الصلة بالطاقة المتجددة.

وثمة حالي إخفاق منفصلتين للسوق توفران الأساس المنطقي للدعم الإضافي المقدم لتقنيات الطاقة المتجددة المبتكرة التي تنطوي على قدرة عالية على الانتشار التقني حتى في حالة توافر سوق للانبعاثات (أو سياسات تسعير غازات الدفيئة بصفة عامة). ويشير أول إخفاق للسوق إلى التكاليف الخارجية لانبعاثات غازات الدفيئة. ويتمثل الإخفاق الثاني للسوق في مجال الابتكار، فإذا كانت المؤسسات تقلل من شأن المنافع المستقبلية للاستثمارات في تعلم تقنيات الطاقة المتجددة أو إذا كانت لا تستطيع تقدير هذه المنافع، فسوف تقلل من استثماراتها عن الحد الأمثل من منظور الاقتصاد الكلي. فعلاوة على سياسات تسعير غازات الدفيئة،

فإن السياسات النوعية الخاصة بالطاقة المتجددة قد تكون ملائمة من الناحية الاقتصادية إذا كانت الفرص ذات الصلة بالتطوير التقني سوف تعالج (أو إذا توبع تحقيق الأهداف التي تتجاوز التخفيف من تغير المناخ). وينبغي أن تؤخذ في الاعتبار النتائج المعاكسة المحتملة مثل تأثير الاحتجاز، وتسرب الكربون وآثار الارتداد لدى تصميم حافظة السياسات.<sup>(١)</sup>

ومن أجل دعم قطاع الطاقة المتجددة، وما به من أهداف ضرورية للتنمية المستدامة، فإن الهيئات والمنظمات الدولية بحاجة إلى سن جملة من التشريعات والسياسات الخاصة بالطاقة المتجددة. ومن أمثلة تلك السياسات:

- اتفاقات تعمل على الإلزام برفع إسهام الطاقة المتجددة في منظومة الطاقة في كل دولة.
- توفير الشراكات الإقليمية والدولية عبر اتفاقات وسياسات دولية تفضي إلى تبادل الخبرات، وحرية انتقال رؤوس الأموال من أجل دعم مشروعات الطاقة المتجددة.
- فرض عقوبات ملزمة، وقيود على التصدير من الدول التي تنتهك الاتفاقات المتعلقة بالطاقة المتجددة والبيئة وتغير المناخ.
- سياسات تشجيعية تشتمل على الدعم المادي واللوجستي للدول التي حققت مستهدفات السياسات الدولية للطاقة المتجددة.
- اتفاقات تعاونية بين الدول والأقاليم المتقدمة تقنيا وتمويلها وسياساتها في قطاع الطاقة المتجددة، وبين الدول الفقيرة في هذا المجال.
- اتفاقات خاصة بالدول النامية، والأقل حظا في مشروعات الطاقة المتجددة من أجل حفز النمو في هذا القطاع والاستثمار فيه.

ويجدر التنبيه على أن لتوقيت البحوث والتطوير وقوتها ومستوى التنسيق المتصل بها مقابل سياسات النشر انعكاسات على كفاءة وفعالية السياسات، وعلى التكاليف الإجمالية التي يتحملها المجتمع بثلاث طرق رئيسية:

- ما إذا كان البلد يروج للطاقة المتجددة على الفور أو ينتظر إلى أن تنخفض التكاليف عما هي عليه، و سيعين لذلك توظيف استثمارات أولية كبيرة في الطاقة المتجددة إلى أن تتحقق نقطة التعادل، بغية تحقيق القدرة التنافسية الكاملة أمام تقنيات الوقود الأحفوري،
- بمجرد أن يقرر البلد دعم الطاقة المتجددة، يقوم بتحديد التوقيت والقوة والتنسيق فيما يتعلق بالوقت الذي تفسح فيه سياسات البحوث والتطوير المجال أمام سياسات النشر،
- تكلفة ومنافع التعجيل بتنفيذ سياسة (طلب السوق) مقابل الإبطاء في تنفيذها.<sup>(٢)</sup>

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 148.

(٢) السابق (١٤٩).

ويتوقف توقيت تحقيق هذه الاستثمارات على الهدف. فإذا كان المجتمع الدولي يهدف إلى تحقيق تثبيت الارتفاع في درجات حرارة العالم عند درجتين مئويتين، لا بد أن تبدأ الاستثمارات في التقنيات المنخفضة الكربون على الفور تقريباً.

من الممكن أن تسهم السياسات والاتفاقات الدولية بدعم كبير للقطاع المحلي للطاقة المتجددة في دول العالم، من جهة التمويل والاستثمار، والتطبيق، والوعي، وإزالة الكثير من المعوقات.

ويجب أن يواكب تلك السياسات الدولية سياسات (تمكينية) محلية تدفع نحو إسهام أكبر لقطاع الطاقة المتجددة في البيئة المحلية. والفرصة مواتية أمام دول مجلس التعاون الخليجي لسن تشريعات وسياسات تدفع بهذا القطاع إلى الأمام من أجل نقلة نوعية في عالم الطاقة الخضراء، والصديقة للبيئة في منطقة الخليج.

### الاتجاهات الحالية للسياسات والتمويل

حقق عدد متزايد ومتنوع من سياسات الطاقة المتجددة نمواً كبيراً في تقنيات الطاقة المتجددة في غضون السنوات الأخيرة. فحتى أوائل تسعينات القرن الماضي، لم يسن السياسات الرامية إلى الترويج للطاقة المتجددة سوى عدد قليل من البلدان. ومنذ ذلك الوقت، وخاصة منذ أوائل إلى منتصف العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، بدأت تظهر سياسات في عدد متزايد من البلدان على مستوى البلديات والولايات والأقاليم والمستوى الوطني فضلاً عن المستوى الدولي.

وفي البداية كانت معظم السياسات المعتمدة تتم في البلدان المتقدمة إلا أن عدداً متزايداً من البلدان النامية سن أطر سياسات على مستويات مختلفة من الحكومة للترويج للطاقة المتجددة منذ أواخر تسعينات القرن الماضي وأوائل القرن الحادي والعشرين، وكان ما يقرب من نصف تلك البلدان التي اعتمدت سياسات الكهرباء المعتمدة على الطاقة المتجددة حتى أوائل ٢٠١٠ من البلدان النامية من كل إقليم في العالم.

وكان لدى معظم البلدان التي تنفذ سياسات خاصة بالطاقة المتجددة أكثر من نمط من الآليات، وجرى تدعيم الكثير من السياسات والأهداف القائمة بمرور الوقت. وإضافة إلى السياسات الوطنية، يتزايد عدد السياسات الدولية والشراكات. كما وضعت عدة مئات من المدن والحكومات المحلية في كافة أنحاء العالم أهدافاً أو سنّت سياسات للترويج للطاقة المتجددة وآليات أخرى للتحفيز على نشر الطاقة المتجددة محلياً.

ويتحول تركيز سياسات الطاقة المتجددة من التركيز بصورة تكاد تكون كاملة على الكهرباء إلى إدراج قطاعات التدفئة/التبريد والنقل. وتتوافق هذه الاتجاهات مع تزايد النجاح في تطوير طائفة من تقنيات الطاقة المتجددة وتصنيعها وتنفيذها، فضلاً عن الزيادة السريعة في الاستثمارات السنوية في الطاقة المتجددة وتنوع مؤسسات التمويل وخاصة منذ ٢٠٠٤ / ٢٠٠٥.

واستجابة لبيئة السياسات المعاونة بصورة متزايدة، شهد قطاع الطاقة المتجددة الشامل على المستوى العالمي ارتفاعاً كبيراً في مستوى الاستثمارات منذ ٢٠٠٤ / ٢٠٠٥ ، وحدث التمويل بشأن ما يعرف (بالمراحل المترابطة) أو مراحل تطوير التكنولوجيا. والقطاعات الخمسة المترابطة هي:

١. البحوث والتطوير،
  ٢. تطوير التقنيات وتداولها تجارياً،
  ٣. تصنيع المعدات ومبيعاتها،
  ٤. إقامة المشروعات،
  ٥. إعادة تمويل وبيع الشركات وخاصة من خلال الدمج والاقترناء.
- وتزايد التمويل بمرور الوقت في كل مرحلة من هذه المراحل مما يوفر مؤشرات على الوضع الحالي والمتوقع لقطاعات الطاقة المتجددة على النحو التالي:

إن الاتجاهات في تمويل البحوث والتطوير، والاستثمار في التقنيات تمثل مؤشرات على التوقعات في الأجلين الطويل والمتوسط للقطاع؛ فالاستثمارات التي توظف سوف تبدأ في تحقيق عائداتها خلال عدة سنوات بمجرد أن تتداول التقنيات تجارياً بصورة كاملة. كما أن الاتجاهات في الاستثمار في التصنيع والمبيعات مؤشر على التوقعات لهذا القطاع على المدى القريب، وخاصة أن نمو الطلب السوقي سوف يستمر. والاتجاهات في الاستثمار في البناء وإقامة المشروعات مؤشر على النشاط الحالي للقطاع بما في ذلك المدى الذي يمكن أن يسفر فيه إدراج التكاليف المرتبطة بغازات الدفيئة عن تدفقات مالية جديدة على مشروعات الطاقة المتجددة. والاتجاهات في دمج الصناعة والاقترناء يمكن أن يعكس النضج الشامل للقطاع، وزيادة نشاط إعادة التمويل بمرور الوقت يشير إلى أن كبار المستثمرين التقليديين يدخلون القطاع بشراء الاستثمارات المبكرة الناجحة من أول المستثمرين.

ومن ثمرات هذا الاتجاه الحالي في دعم سياسات وتمويل الطاقة المتجددة لدى بلدان كثيرة، توسعت الأسواق والصناعات المتعلقة بالطاقة المتجددة. ومع استمرار التقدم التقني وانخفاض الأسعار وظهور آليات تمويل مبتكرة مع سياسات مساندة للطاقة المتجددة، أصبحت الأسعار أكثر قبولاً لدى مجموعات واسعة من المستهلكين، وهو ما يفسر ذلك الإقبال الواسع لدى العديد من دول العالم على تقنيات الطاقة المتجددة من أجل تلبية احتياجاتها المتنامية من الطاقة.<sup>(١)</sup>

لدى قطاع الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون فرصة جيدة - في ظل انخفاض أسعار كثير من التقنيات الخاصة بالطاقة المتجددة، ونضج أغلبها، وتقدم جهود البحث والتطوير - في المضي قدماً نحو التمكين لذلك القطاع في البيئة الخليجية.

ويضيف النظر إلى المستقبل - الناضب من الوقود الأحفوري بعد عقود - تلك الرؤية وضوحاً، ويجعل من التحول نحو سياسات أكثر جرأة للتمكين للطاقة المتجددة أمراً ضرورياً، وذلك في ظل الزيادة الطبيعية لأعداد

(١) الطاقة المتجددة ٢٠١٤: تقرير الوضع العالمي، ترجمة: محمد مصطفى الخياط، شبكة سياسات الطاقة المتجددة للقرن الواحد والعشرين (REN21) (Y).



السكان، والطلب المتنامي على الطاقة، والرغبة الدولية - المصحوبة بقيود الاتفاقات العالمية - في عالم نظيف، وبيئة مستدامة.

### عوائق السياسات والتمويل وحلولها

#### أولاً: عوائق السياسات والتمويل

يمكن أن توفر الطاقة المتجددة طائفة من المنافع للمجتمع. فعلاوة على الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، سنّت الحكومات سياسات خاصة بالطاقة المتجددة لتحقيق عدد من الأهداف بما في ذلك تهيئة البيئة المحلية وتحقيق المنافع الصحية، وتيسير الحصول على الطاقة وخاصة للمناطق الريفية، وتحقيق التقدم لأهداف أمن الطاقة، وتنوع حافظة تقنيات وموارد الطاقة، وتحسين التنمية الاجتماعية والاقتصادية من خلال توفير فرص العمل المحتملة والنمو الاقتصادي.

وقد روجت سياسات الطاقة المتجددة لزيادة حصص الطاقة المتجددة من خلال المساعدة على التغلب على مختلف العقبات التي تعوق تطوير التقنيات ونشر الطاقة المتجددة. وقد تؤدي العقبات النوعية التي تواجه صنع سياسات الطاقة المتجددة وتنفيذها وتمويلها (مثل حالات إخفاق الأسواق) أيضاً إلى إعاقة نشر الطاقة الجديدة.

وتشمل العقبات التي تعترض وضع وسن السياسات نقص المعلومات والوعي بشأن موارد الطاقة المتجددة وتقنياتها وخيارات السياسات المتعلقة بها، والافتقار إلى فهم أفضل لتصميمات السياسات أو كيفية الاضطلاع بعمليات الانتقال في مجال الطاقة، والصعوبات المرتبطة بالتقديرات الكمية للتكاليف والمنافع الخارجية، والتقييد بالتقنيات والسياسات القائمة.

وتشمل العقبات المتصلة بتنفيذ السياسات التضارب مع القواعد السارية، ونقص العاملين المهرة ونقص القدرات المؤسسية لتنفيذ سياسات الطاقة المتجددة.

وتشمل العقبات أمام التمويل نقص الوعي بين الممولين والافتقار إلى المعلومات حسنة التوقيت والملائمة، والقضايا ذات الصلة بالهيكل المالي وحجم المشروعات، والمسائل المتصلة ببيانات التتبع المحدودة، وضعف المؤسسات في بعض البلدان بما في ذلك عدم نضج أسواق رأس المال، وعدم كفاية الحصول على التمويل بتكلفة مقبولة، وكلها عوامل تؤدي إلى زيادة المخاطر المتصورة ومن ثم زيادة التكاليف وتزيد من صعوبة الحصول على التمويل لمشروعات الطاقة المتجددة. والأهم من ذلك أن الكثير من تقنيات الطاقة المتجددة لا يتمتع بالقدرة التنافسية الاقتصادية مقارنة بأسعار السوق للطاقة التقليدية مما يزيد من عدم

ربحيتهما من الناحية المالية بالنسبة للمستثمرين في عدم توافر الأشكال المختلفة من دعم السياسات ومن ثم تقييد رأس المال الاستثماري.<sup>(١)</sup>

ويشكل انخفاض أسعار النفط، وتهديد ممراته في الخليج تحدياً كبيراً لقطاع الطاقة المتجددة؛ فأغلب التمويل لقطاع الطاقة المتجددة يأتي من الحكومات، والتي كان لديها فائض معقول من أموال النفط يتناسب مع رسم سياسات وتمويل مشروعات طموحة للطاقة المتجددة. لذا، فإن من الواجب على صانع القرار الخليجي رسم سياسات تمويلية تهدف إلى جذب القطاع الخاص لتمويل جزء كبير من قطاع الطاقة المتجددة، وربط ذلك بجملة من الحوافز المالية. ويدعم الاتجاه نحو القطاع الخاص توفر موارد الطاقة المتجددة وانخفاض أسعار تقنياتها بصورة ترفع من تنافسياتها لمصادر الطاقة الأخرى.

### ثانياً: حلول لعوائق السياسات والتمويل

ويتوافر الكثير من خيارات السياسات لدعم تقنيات الطاقة المتجددة بدءاً من مراحلها المبكرة إلى البيانات الإيضاحية والمراحل السابقة على التداول التجاري، ومروراً باكتمالها ونشرها على نطاق واسع. ويشمل ذلك السياسات الحكومية المتعلقة بالبحوث والتطوير R&D (الدفع من جانب العرض) لتطوير تقنيات الطاقة المتجددة وسياسات النشر (الجذب من جانب الطلب) التي تهدف إلى إنشاء سوق لتقنيات الطاقة المتجددة. ويمكن تصنيف السياسات بطرق مختلفة ولا تتوافر قائمة متفق عليها عالمياً لخيارات سياسات الطاقة المتجددة. ولأغراض التبسيط، نظمت سياسات البحوث والتطوير والنشر ضمن الفئات التالية:

- الحوافز الجبائية: حيث يُمنح الفاعلون (الأفراد والأسر والشركات) تخفيضا على مساهماتهم في الخزنة العامة عن طريق ضرائب الدخل وغيرها من الضرائب، أو يزودون بمدفوعات من الخزنة العامة في شكل تنزيل ضريبي أو منح.
- المالية العامة: الدعم العام الذي يتوقع أن يحقق عائداً مالياً (القروض والأوراق المالية) أو تحمل المسؤولية المالية (الضمانات).
- اللوائح: القواعد التي يسترشد بها أو التي تنظم سلوك أولئك الذين تسري عليهم. وإن كانت الأهداف مكوناً محورياً في السياسات، فإن السياسات السارية قد لا تحتاج إلى أهداف محددة لكي تحقق النجاح. وعلاوة على ذلك فإن من المستبعد الوفاء بالأهداف الخالية من السياسات التي تحققها. ويتحدد نجاح صكوك السياسات بحسب مدى قدرتها على تحقيق الأهداف أو المعايير المختلفة بما في ذلك:

- الفعالية: المدى الذي تتحقق فيه الأهداف المتوخاة؛
- النجاعة: نسبة النواتج إلى المدخلات أو أهداف الطاقة المتجددة التي تتحقق بالمقارنة بالموارد الاقتصادية التي تنفق؛
- الإنصاف: آثار ونتائج التوزيع المتصلة بإحدى السياسات؛

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 150





• الجدوى المؤسسية: المدى الذي قد ينظر عنده إلى أحد صكوك السياسات على أنه قانوني ويحظى بالقبول ويعتمد وينفذ بما في ذلك القدرة على تنفيذ إحدى السياسات بمجرد تصميمها وإقرارها.<sup>(١)</sup>

وتركز معظم الدراسات على فعالية وكفاءة السياسات. فالعناصر التي تتكون منها خيارات السياسات النوعية هي التي تجعلها أكثر أو أقل قدرة على تحقيق مختلف المعايير، كما أن كيفية تصميم هذه السياسات وتنفيذها يمكن أن تحدد مدى نجاحها في الوفاء بهذه المعايير. وسوف يعتمد اختيار هذه السياسات والتفاصيل المتعلقة بتصميمها في نهاية المطاف على أهداف وأولويات صانعي السياسات.

### دعم سياسات البحوث والتطوير

توفر البحوث والتطوير والابتكارات بشأن التقنيات الجديدة منخفضة الكربون منافع للمجتمع، وعلى ذلك فإن بوسع البحوث والتطوير أن تضطلع بدور هام في تطوير تقنيات الطاقة المتجددة. فليس بوسع جميع البلدان أن تتحمل أعباء دعم البحوث والتطوير من الأموال العامة إلا أن البحوث والتطوير بشأن الطاقة المتجددة تعزز، في معظم البلدان التي يتوافر فيها قدر من الدعم، من أداء التقنيات الوليدة حتى يمكنها الوفاء بطلبات جهات التطبيق الأولية. كذلك فإن البحوث والتطوير العامة تحسن من التقنيات القائمة العاملة بالفعل في البيئات التجارية.

وتشمل السياسات الحكومية في مجال البحوث والتطوير الحوافز الجبائية مثل التمويل الأكاديمي للبحوث والتطوير، والمنح والجوائز والائتمان الضريبي واستخدام مراكز البحوث العامة، فضلاً عن التمويل العام مثل القروض الميسرة أو القابلة للتحويل، والأوراق المالية العامة والأموال الرأسمالية للمشروعات العامة. وتشمل الاستثمارات الواقعة في مجال البحوث والتطوير المميّزة طائفة عريضة من النشاطات على امتداد فترة تطوير التقنية بدءاً من وضع خرائط موارد الطاقة المتجددة إلى التحسينات في التقنيات المتداولة تجارياً للطاقة المتجددة.

ويتوقف نجاح سياسات البحوث والتطوير على عدد من العوامل، يمكن تحديد بعضها بوضوح في حين يخضع البعض الآخر للنقاش في الدراسات. ولا تتعلق النتائج الناجحة لبرامج البحوث والتطوير فقط بمجموع مبالغ التمويل المخصصة لها بل تتعلق أيضاً باتساق التمويل من عام لآخر. فعمليات القطع والوصل في البحوث والتطوير تعوق التعلم الفني، في حين يعتمد التعلم الفني وخفض التكاليف على استمرارية الجهود والتزامها وتنظيمها، وعلى المسائل التي توجه إليها الأموال وطريقة ذلك مثلما تعتمد على حجم هذه الجهود. وتتوافر بعض المناقشات في الدراسات عن أنجح النهج إزاء سياسات البحوث والتطوير من حيث التوقيت: التقدم من خلال البحوث بغرض تحقيق تحسينات إضافية مقابل الاختراق (أي التقدم التقني الجذري) مع حجج تحبذ أياً من الخيارين أو توليفة بينهما.<sup>(٢)</sup>

(١) السابق - نفس الصفحة.

(٢) Afshin Izadian, Nathaniel Girrens And Pardis Khayyer. Renewable Energy Policies A Brief Review of the Latest U.S. and

E.U. Policies. IEEE industrial electronics magazine SEPTEMBER 2013. P21 - 34.

وقد أثبتت التجربة أن من المهم أن يتضمن تصميم الإعانات التي تقدم للبحوث والتطوير وغير ذلك (استراتيجية للخروج)، حيث يتم التخلص بالتدريج من الإعانات مع تداول التقنية تجارياً بما يترك قطاعاً عاملاً ومستداماً.

وتتمثل إحدى النتائج الأكثر متانة من زاوية الدراسات النظرية ودراسات الحالة التقنية في أن الاستثمارات في البحوث والتطوير تحقق أعلى درجات فعاليتها عندما تستكمل بصكوك سياسات أخرى، وعلى وجه الخصوص - ودون أن تقتصر عليها - السياسات التي تعزز في نفس الوقت من الطلب على التقنيات الجديدة للطاقة المتجددة. كذلك فإن سياسات النشر المبكر نسبياً في عملية تطوير التقنيات يزيد من وتيرة التعلم سواء التعلم من خلال البحوث والتطوير أو التعلم من خلال الاستخدام (نتيجة للتصنيع) وخفض التكاليف. وتوفر البحوث والتطوير وسياسات النشر معاً دورة إيجابية لارتداد المعلومات بما في ذلك استثمارات القطاع الخاص في البحوث والتطوير.<sup>(١)</sup>

### دعم سياسات نشر الطاقة المتجددة

إن آليات السياسات التي تسن بصورة محددة للترويج للطاقة الجديدة متنوعة، ويمكن أن تطبق على جميع قطاعات الطاقة. وتتضمن الحوافز المالية (المنح ومدفوعات إنتاج الطاقة، وتزليل الضرائب، والائتمانات الضريبية، والتخفيضات والإعفاء، والإهلاك المتغير أو المعجل)، والمالية العامة (الاستثمارات في الأوراق المالية، والضمانات، والقروض والمشتريات العامة) واللوائح (الحصص والمناقصات والعطاءات، وتعريفات إمدادات الطاقة والتوسيم الأخضر وشراء الطاقة الخضراء، والقياس الصافي والحصول ذي الأولوية أو المضمون، والإرسال ذي الأولوية). وفي حين أن اللوائح وأثارها تتباين تبايناً كبيراً من قطاع الاستخدام النهائي لآخر، فإن الحوافز الجبائية، والمالية العامة تطبق بصفة عامة على جميع القطاعات.<sup>(٢)</sup>

ويمكن للحوافز الجبائية أن تقلل من تكاليف ومخاطر الاستثمار في الطاقة المتجددة من خلال خفض تكاليف الاستثمار الأولى المرتبط بالتركيب، وخفض تكلفة الإنتاج أو زيادة المدفوعات المتلقاة مقابل توليد الطاقة المتجددة. كذلك فإن الحوافز الجبائية تعوض عن مختلف أشكال إخفاق السوق مما يترك الطاقة المتجددة في وضع غير موات من الناحية التنافسية بالمقارنة بالوقود الأحفوري والطاقة النووية، وتساعد على خفض الأعباء المالية للاستثمار في الطاقة المتجددة.

وتميل الحوافز المالية إلى أن تحقق أقصى فعاليتها عندما تقترن بأنماط أخرى من السياسات. فالحوافز التي تدعم الإنتاج تفضل عموماً عن إعانات الاستثمار لأنها تروج للنتيجة المنشودة وهي توليد الطاقة. غير أنه ينبغي وضع السياسات وفقاً للتقنيات المعنية ومراحل النضج، ويمكن أن تساعد إعانات الاستثمار عندما تكون إحدى التقنيات باهظة التكاليف نسبياً أو عندما تطبق التقنيات على نطاق صغير (مثل النظم الشمسية

L. Kitzing, C. Mitchell, and P. E. Morthorst. Renewable energy policies in Europe: Converging or diverging?" *Energy Policy*, vol. 51, pp. 192–201, 2012.

Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 152



الصغيرة على أسطح المنازل) وخاصة إذا كانت تقترن بمعايير وشهادات اعتماد التقنية لضمان الحد الأدنى من نوعية النظم وتركيباتها. وتشير التجارب مع سياسات طاقة الرياح إلى أن مدفوعات الإنتاج واسترداد الرسوم قد تكون مفضلة على الائتمان الضريبي بالنظر إلى أن منافع المدفوعات واسترداد الرسوم متساوية بالنسبة للناس من جميع مستويات الدخل ومن ثم الترويج للاستثمار والأوسع نطاقاً. كذلك فإنه نظراً لأنها تقدم بصفة عامة في أو بالقرب من وقت الشراء أو الإنتاج، فإنها تسفر عن مزيد من النمو بمرور الوقت (بدلاً من الاتجاه إلى الاستثمار بأقصى قدرة قرب نهاية الفترة الضريبية). وكانت الحوافز المعتمدة على الضرائب تميل عادة إلى أن تستخدم للترويج فقط لأكثر التقنيات المتاحة نضجاً وانخفاضاً في التكلفة.

وعموماً فإن الائتمان الضريبي يعمل على أفضل وجه في البلدان التي يوجد بها العديد من مؤسسات للقطاع الخاص المربحة والتي تسدد الضرائب والتي تكون قادرة على أن تستفيد منها.

ولآليات المالية العامة هدف ذو شقين: هو التعبئة المباشرة أو زيادة الاستثمارات التجارية في مشروعات الطاقة المتجددة، والعمل بصورة غير مباشرة على إنشاء الأسواق الموسعة والمستدامة تجارياً لهذه التقنيات. وعلاوة على سياسات المالية العامة الأكثر تقليدية مثل القروض الميسرة والضمانات، أخذ عدد من الآليات المبتكرة في الظهور عند مختلف مستويات الحكومات بما في ذلك مستوى البلديات ويشمل ذلك تمويل مشروعات الطاقة المتجددة من خلال القروض الطويلة الأجل التي تقدم لأصحاب الأملاك مما يتيح توافق السداد مع الاقتصاد في الطاقة (مثل الطاقة النظيفة المقيمة حسب الممتلكات في كاليفورنيا) و(إعادة تدوير) الأموال الحكومية في أغراض متعددة (مثل استخدام الأموال العامة التي يتم توفيرها من خلال التحسينات في نجاعة الطاقة في مشروعات الطاقة المتجددة).<sup>(١)</sup>

ويشار في كثير من الأحوال إلى المشتريات العامة لتقنيات الطاقة المتجددة وإمدادات الطاقة، إلا أنه لا يشار كثيراً إلى الآلية المستخدمة لتشجيع السوق على الطاقة المتجددة. ويمكن أن تدعم الحكومات تنمية الطاقة المتجددة أو تشجيع خيارات الطاقة النظيفة للمستهلكين. وإمكانات هذه الآلية هائلة في كثير من الدول. والحكومات هي أكبر مستهلك للطاقة، وتمثل مشترياتها من الطاقة أكبر مكون في المصروفات العامة.

وتشمل السياسات المنظمة السياسات المعتمدة على الكميات والأسعار مثل الحصص وتعريفات إمدادات الطاقة، وجوانب الجودة والحوافز وأدوات الوصول مثل القياس الصافي. وتحدد السياسات المعتمدة على الكميات التي سيجري تحقيقها، وتترك للسوق تحديد السعر في حين أن السياسات المعتمدة على الأسعار تحدد السعر وتترك للسوق تحديد الكمية.

ويمكن استخدام السياسات المعتمدة على الكميات في جميع قطاعات الاستخدام النهائي في شكل التزامات أو ولايات. وتتضمن حوافز الجودة مشتريات الطاقة الخضراء وبرامج التوسيم الأخضر (التي تكلفها الحكومات من أن لآخر دون أن يكون ذلك بصفة دائمة) مما يوفر معلومات للمستهلكين عن جودة نواتج الطاقة لتمكينهم من اتخاذ القرارات الطوعية. وزيادة الطلب على الطاقة المتجددة.

(١) السابق - نفس الصفحة.

## السياسات المحلية الداعمة للطاقات المتجددة

تمثل السياسات المحلية حجر الزاوية في دعم مشروعات الطاقة المتجددة وتنفيذها. وأكبر دليل على ذلك هو الافتراق الكبير بين السياسات والاتفاقات الدولية وبين السياسات المحلية، والذي يظهر في صورة قوة أو ضعف مشروعات الطاقة المتجددة على أرض الواقع، فتجد بلدانا في أوروبا قد اعتمدت سياسات محلية طموحة - مثل ألمانيا - ووصل اعتمادها على الطاقة المتجددة ما يقارب ٣٠٪، وتجد بلدانا أخرى لا يتجاوز إسهام الطاقة المتجددة ١٪.

ويمكن تصنيف السياسات والأنشطة المحلية لتعزيز الطاقة المتجددة في خمس فئات رئيسية. هذه الفئات الخمس هي:

١. تحديد الهدف: تحدد الحكومة المحلية هدفاً (أهدافاً) لبعض المستويات المستقبلية للطاقة المتجددة. ويمكن أن يكون الهدف هو الاستهلاك أو الاستثمار الحكومي فقط. هذا النشاط التطوعي الذي غالباً ما يكون نقطة الانطلاق لاعتماد السياسات والإجراءات. وهناك الكثير من الأنواع المختلفة من الأهداف التي يمكن للمدن والدول اعتمادها. وهناك أهداف أبرزها خفض الانبعاثات الكربونية في المستقبل، ويتم تحقيقه من خلال الاعتماد على مزيج من الطاقة، وكفاءة الطاقة، وزيادة الاستثمارات في قطاع الطاقة المتجددة.
٢. التنظيم القائم على المسؤوليات القانونية والاختصاص القضائي: هذه السياسات والأنشطة تنظيمية في طبيعتها، وتستند إلى المسؤوليات القانونية والولائية والقضائية للحكومة المحلية التي توفرها المواثيق والقوانين الوطنية وقوانين الولايات. الأمثلة الرئيسية هي التخطيط الحضري، وقوانين البناء، والضرائب المحلية وغير ذلك مما يتعلق بالقوانين والتشريعات التي تتقاطع مع الطاقة المتجددة.
٣. العمل على البنية التحتية: وتهدف هذه السياسات والأنشطة إلى تعديل العملية الجارية للبنية التحتية لدمج الطاقة المتجددة، فعلى سبيل المثال تكون مشتريات الطاقة الحكومية ومشروعاتها الاستثمارية في مجال الطاقة متوائمة مع سياساتها في خفض الاعتماد على الطاقة التقليدية وإفساح الفرصة أمام الطاقة المتجددة. وتشمل هذه الفئة أيضاً سياسات الطاقة المتجددة بواسطة المرافق المحلية الخاصة التي قد يتم سنها بشكل مستقل عن سيطرة الحكومة.
٤. الأعمال التطوعية والتي يكون للحكومة فيها دور مساعد أو إشرافي: هذه السياسات والأنشطة تتجاوز المسؤوليات القانونية والاختصاص القضائي للاستفادة من مختلف الأدوار الممكنة للحكومة المحلية كمسهل للسوق ومروج للطاقة المتجددة. كثير من هذه السياسات والأنشطة قد تسهم في زيادة الوعي العام.
٥. المعلومات والتسويق وزيادة الوعي: هذه السياسات والأنشطة تستهدف العامة أو أصحاب المصلحة المعنيين أو المجموعات والشركات الخاصة، بهدف تيسير أو تمكين الدعم للطاقة المتجددة. قد تشمل

الأنشطة أيضاً جوانب معلوماتية وحملات إعلامية ودعم برامج التعليم والتدريب، وتحليل إمكانات الطاقة المتجددة، وعمليات تدقيق خاصة بالبناء وقواعد بيانات نظام المعلومات الجغرافية (GIS).<sup>(١)</sup>

تستطيع دول مجلس التعاون أن ترسم الأهداف والسياسات الواضحة، وأن تسهم بتلك السياسات في زيادة الوعي بأهمية مشروعات الطاقة المتجددة، وضرورة تنمية الاستخدام لها، ولا بد أن تنتشر السياسات التحفيزية، والقوانين التي تدعم دمج أنظمة الطاقة المتجددة بالبنى التحتية الخليجية.

### دعم سياسات نشر الطاقة المتجددة في القطاعات المتخصصة

#### أولاً: سياسات النشر الخاصة بالكهرباء

كانت السياسات التي تسن للترويج للطاقة المتجددة لأغراض الكهرباء تزيد حتى الآن بمراحل عن تلك المخصصة للتدفئة أو التبريد أو النقل. ويشمل ذلك الحوافز المالية والمالية العامة للترويج للاستثمار في الكهرباء المعتمدة على الطاقة المتجددة وتوليدها فضلاً عن طائفة من السياسات المنظمة المحددة الخاصة بالكهرباء. وفي حين أن الحكومات تستخدم طائفة من أنماط السياسات للترويج للكهرباء المعتمدة على الطاقة المتجددة، فإن أكثر السياسات شيوعاً في الاستخدام هي تعريفات إمدادات الطاقة والحصص أو معايير حافطة الطاقات المتجددة.

وتتوافر ثروة من الدراسات التي تقيّم السياسات المعتمدة على الكميات (الحصص ومعايير حافطة الطاقات المتجددة وسياسات المناقصات والعطاءات) والسياسات المعتمدة على الأسعار (الأسعار الثابتة وتعريفات إمدادات الطاقة بالأسعار المزودة بالعلوات) والحصص وتعريفات إمدادات الطاقة FITs بالدرجة الأولى، مع التركيز على معايير الفعالية والكفاءة. وقد خلص عدد من الدراسات التاريخية من بينها تلك التي أجرتها المفوضية الأوروبية إلى أن تقنيات تعريفات إمدادات الطاقة (حسنة التصميم) و (حسنة التنفيذ) كانت حتى الآن هي سياسات الدعم الأكثر نجاعة (المحددة كمقابل للدعم الإجمالي المتلقي وتكاليف التوليد) وفعالية (القدرة على تحقيق زيادة في حصة الكهرباء المعتمدة على الطاقة المتجددة المستهلكة) الرامية إلى الترويج للكهرباء المعتمدة على الطاقة المتجددة.<sup>(٢)</sup>

ويتمثل أحد الأسباب الرئيسية لنجاح تقنيات FITs حسنة التنفيذ في أنها تضمن عادة درجة استثمار عالية نتيجة لتوليفة المدفوعات طويلة الأجل بالأسعار الثابتة، والاتصال الشبكي، وضمان الوصول الشبكي لجميع الأجيال. وقد شجعت تقنيات FITs حسنة التصميم كلاً من التنوع التقني والتنوع الجغرافي وتبين أنها

Global Status Report on Local Renewable Energy Policies, A Collaborative Report by: REN21Renewable Energy Policy (١)  
Network for the 21st Century Institute for Sustainable Energy Policies (ISEP) ICLEI—Local Governments for  
.Sustainability, p 11 - 12.

Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the (٢)  
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 153

أكثر ملاءمة للترويج للمشروعات المتباينة الحجم. ويتوقف نجاح سياسات FITs على ما تنطوي عليه من تفاصيل. فقد تضمنت أكثر السياسات فعالية وكفاءة معظم أو جميع العناصر التالية:

- التزام المرفق بالشراء؛
  - الحصول والإرسال على أساس الأولوية؛
  - التعريفات المستخدمة على أساس تكاليف التوليد، والمتباينة بحسب نمط التكنولوجيا وحجم المشروع مع تحديد قيم البدء المحسوبة بدقة؛
  - عمليات التقييم المنتظمة للتصميم الطويل الأجل والتعديلات في مستوى السداد في المدى القصير مع التعديلات الإضافية المدرجة في القانون لكي تعكس التغييرات في التقنيات والأسواق، ولتشجيع الابتكار والتغيير التكنولوجي، وللتحكم في التكاليف؛
  - التعريفات لجميع جهات التوليد المحتملة بما في ذلك المرافق؛
  - التعريفات المضمونة لفترة طويلة تكفى لضمان معدل عائد كاف؛
  - إدراج التكاليف في قاعدة الأسعار والتقسام العادل عبر البلد أو الإقليم؛
  - معايير وإجراءات الربط الواضحة لتخصيص التكاليف لعمليات الإرسال والتوزيع؛
  - تبسيط العمليات التنفيذية والتطبيقية؛
  - الاهتمام بالفئات المعفاة على أسس تفضيلية مثل المستخدمين الرئيسيين على أسس تنافسية أو المستهلكين منخفضي الدخل وغير ذلك من المستهلكين سريع التأثير.
- وأثبتت التجربة في العديد من البلدان أن فعالية نظم الحصص يمكن أن تزداد، وأن تتحقق مستويات الامتثال في حالة تسليم شهادات اعتماد الطاقة المتجددة في ظل سياسات حسنة التصميم مع عقود طويلة الأجل مما يثبت تقلبات الأسعار، ويقلل من المخاطر. غير أنه تبين أنها تفيد التقنيات الأكثر نضجاً والأقل تكلفة. ويمكن معالجة هذا التأثير لدى تصميم السياسات في حالة تحديد مختلف خيارات الطاقة المتجددة أو اقترانها بحوافز أخرى. وقد تضمنت الآليات الأكثر فعالية ونجاعة المعتمدة على الكمية معظم إن لم يكن جميع العناصر التالية، وخاصة تلك التي تساعد في التقليل من المخاطر إلى أدنى حد ممكن:

- التطبيق على قطاع واسع من السوق (الحصص فقط)؛
- قواعد التأهل المحددة بوضوح بما في ذلك الموارد والعناصر الفاعلة المؤهلة (تطبق على الحصص والمناقصات والعطاءات)؛
- ظروف العرض والطلب حسنة التوازن مع تركيز واضح على القدرات الجديدة، وينبغي أن تتجاوز الحصص الإمدادات القائمة وإن كان يتعين تحقيقها بأسعار معقولة (الحصص فقط)؛
- العقود طويلة الأجل/التزامات الشراء النوعية والمواعيد النهائية مع تلافى وجود فجوات زمنية بين حصة وأخرى (الحصص فقط)؛
- عقوبات كافية عن عدم الامتثال والإنفاذ الكافي (تسري على الحصص، والمناقصات والعطاءات)؛
- الأهداف الطويلة الأجل لمدة عشرة سنوات على الأقل (الحصص فقط)؛
- النطاقات الخاصة بالتقنيات أو عمليات التجزئة لتوفير الدعم المتباين (تسري على الحصص والمناقصات والعطاءات)؛

■ المدفوعات الدنيا للتمكين من تحقيق العائد الكافي، والتمويل (تسري على الحصص والمناقصات والعطاءات).<sup>(١)</sup>

ويتيح القياس الصافي لصغار المنتجين (البيع) في الشبكة، بأسعار التجزئة، أي كهرباء بالطاقة المتجددة التي يولدونها بما يزيد عن مجموع طلبهم في الوقت الحقيقي مادام يتم تعويض هذا التوليد الزائد من خلال التحميل الزائد للمستهلكين في أوقات أخرى خلال فترة التسوية المعنية. ويعتبر ذلك أداة منخفضة التكلفة وسهلة الإدارة لتشجيع المستهلكين على الاستثمار في الطاقة الصغيرة النطاق والموزعة، وإدراجها في الشبكة مع إفادة الموردين أيضاً من خلال تحسين عوامل التحميل إذا تم إنتاج الكهرباء المعتمد على الطاقة المتجددة خلال فترات ذروة الطلب. غير أنها ليست، في حد ذاتها، كافية بصورة عامة لتشجيع النمو الكبير في التقنيات الأقل قدرة تنافسية مثل الطاقة الكهروضوئية، حيث تزيد تكاليف التوليد عن أسعار التجزئة.

ثانياً: سياسات النشر الخاصة بالتدفئة والتبريد

يعتمد عدد متزايد من الحكومات حوافز لتحقيق التقدم في تقنيات التدفئة والتبريد المعتمدة على الطاقة المتجددة. ويشكل دعم هذه التقنيات تحدياً فريداً لصانعي السياسات نتيجة للطابع الموزع في كثير من الأحيان لتوليد الحرارة. ويمكن توفير خدمات التدفئة والتبريد عن طريق التركيبات الصغيرة والمتوسطة النطاق التي تخدم مسكناً واحداً أو يمكن أن تستخدم في التطبيقات واسعة النطاق لتوفير التدفئة والتبريد على المستوى الحضري.

ويتعين أن تعالج صكوك السياسات الخاصة بكل من التدفئة المعتمدة على الطاقات المتجددة والتبريد على وجه الخصوص الخصائص الأكثر تجانساً للموارد بما في ذلك النطاق الواسع لحجمها وتباين القدرة على تسليم مختلف مستويات درجات الحرارة، والطلب الموزع على نطاق واسع، والعلاقة بحمولة الحرارة، وتقلبية الاستخدام وعدم توافر التسليم المركزي أو آلية للإتجار.

وقد زاد عدد السياسات التي تدعم مصادر التدفئة والتبريد من الطاقة المتجددة في السنوات الأخيرة مما أسفر عن زيادة توليد التدفئة والتبريد المعتمدين على الطاقة المتجددة. غير أن غالبية آليات الدعم تركزت على التدفئة المعتمدة على الطاقة المتجددة. وتشمل السياسات السارية للترويج للتدفئة المعتمدة على الطاقة المتجددة الحوافز المالية مثل خصم الضرائب والمنح وخفض الضرائب والائتمان الضريبي، وسياسات المالية العامة مثل القروض واللوائح مثل التزامات الاستخدام وجهود التعليم.

وكانت الحوافز الجبائية حتى الآن هي السياسة السائدة المستخدمة حيث كانت المنح هي العنصر الذي يطبق في الغالب الأعم. وقد تكون الائتمانات الضريبية المتاحة بعد إنشاء نظام التدفئة المعتمد على الطاقة المتجددة (أي بعد التنفيذ) أكثر فائدة من الناحية اللوجستية عن، مثلاً، المنح التي تتطلب موافقة مسبقة قبل التركيب، وإن كانت لا تتوافر سوى خبرات محدودة بشأن هذا الخيار. وقد اجتذبت الآليات المنظمة مثل التزامات الاستخدام والحصص اهتماماً متزايداً لإمكاناتها على تشجيع نمو التدفئة المعتمدة على الطاقة

(١) السابق (١٥٤).

المتجددة بصورة منفصلة عن الميزانيات العامة وإن لم تتوافر سوى خبرات ضئيلة عن تلك السياسات حتى الآن.

وسوف تكون سياسات التدفئة/التبريد المعتمدة على الطاقة المتجددة، شأنها شأن الكهرباء المعتمدة على الطاقة المتجددة والنقل المعتمد على الطاقة المتجددة، في وضع ملائم أفضل في ظروف/مواقع معينة إذا روعي في تصميمها حالة نضج تقنية معينة، والأسواق القائمة وسلسلة الإمدادات. وتعتبر حوافز الإنتاج أكثر فعالية في نظم التدفئة/التبريد الكبيرة مثل شبكات التدفئة الحضرية منها بالنسبة للتركيبات الأصغر حجماً والموزعة لعمليات توليد التدفئة والتبريد والتي لا يتوافر لها سوى عدد ضئيل من قياسات مردودية التكاليف أو إجراءات المراقبة.

وفي حين تتوافر بعض الأمثلة عن السياسات التي تدعم تقنيات التبريد المعتمدة على الطاقة المتجددة RE-C ، فإن السياسات العامة التي تهدف إلى دفع نشر التبريد المعتمد على الطاقة المتجددة فقط تعتبر أقل تطوراً من تلك الخاصة بالتدفئة المعتمدة على الطاقة المتجددة. كما يمكن تطبيق الكثير من الآليات التي يرد وصف لها في الفقرات السابقة على التبريد وذلك عموماً مع ما تنطوي عليه من مزايا وعيوب مماثلة. والأرجح أن نقص الخبرات المتعلقة بسياسات نشر التبريد المعتمد على الطاقة المتجددة يرتبط بالمستويات المبكرة للتطور التقني للكثير من تقنيات التبريد.

وقد يكون الدعم المقدم من البحوث والتطوير، والدعم من السياسات لتطوير السوق المبكرة، وسلاسل الإمدادات ذات أهمية خاصة لزيادة نشر تقنيات التبريد في المستقبل القريب.

### ثالثاً: سياسات النشر الخاصة بالنقل

نفذت طائفة من السياسات لدعم نشر الطاقة المتجددة في قطاع النقل وإن كانت الغالبية العظمى من هذه السياسات والخبرات المتصلة بها تتعلق بصورة خاصة بالوقود الأحثائي. وتهدف سياسات دعم الوقود الأحثائي إلى الترويج للاستهلاك المحلي عن طريق الحوافز المالية (مثل الإعفاءات الضريبية للوقود الأحثائي عند مستوى المضخة) أو اللوائح أو الترويج للإنتاج المحلي عن طريق المالية العامة (مثل القروض) لمرافق الإنتاج من خلال دعم عوامل الإنتاج أو الحوافز المالية (مثل الإعفاءات من الضريبة المضافة). ومن الأمور الأكثر شيوعاً، قيام الحكومات بسن توليفة من السياسات.

وتستخدم الحوافز الضريبية عادة لدعم الوقود الأحثائي بالنظر إلى أنها تغير من قدرته التنافسية بالنظر إلى التكلفة بالمقارنة بالوقود الأحفوري. ويمكن وضعها على امتداد كامل سلسلة قيم الوقود الأحثائي، لأن الأكثر شيوعاً هو تقديمها إما لمنتجي الوقود الأحثائي (مثل الإعفاءات من الضريبة المضافة والائتمانات الضريبية) أو للمستهلكين النهائيين (مثل خفض الضرائب عن الوقود الأحثائي عند مستوى المضخة).

غير أن العديد من البلدان الأوروبية وغيرها من البلدان الكبرى بدأ في التحول بالتدريج من استخدام خفض الضرائب على الوقود الأحثائي إلى نظام اللوائح (الإجرائي والعقابي). ومن الصعب تقييم مستوى الدعم





الذي يقدم في إطار لوائح الوقود الأحيائي بالنظر إلى أن الأسعار التي تفرضها هذه الالتزامات ليست عامة (على العكس من قطاع الكهرباء مثلاً) وفي حين أن اللوائح تعتبر محركات رئيسية في تطوير ونمو معظم صناعات الوقود الأحيائي الحديثة، تبين أنها أقل ملاءمة في الترويج لأنواع معينة من هذا الوقود بالنظر إلى أن موردي الوقود يميلون إلى خلط الوقود الأحيائي منخفض التكلفة. يتعين تصميم اللوائح، بحكم طبيعتها، بعناية وأن تفتقر مزيد من المتطلبات للوصول إلى مستوى أوسع نطاقاً للمساواة في التوزيع والتقليل من الآثار السلبية المحتملة الاجتماعية والبيئية. وتمتلك تلك البلدان التي لديها أعلى حصة من الوقود الأحيائي في استهلاك الوقود في قطاع النقل نظماً مختلطة تجمع بين اللوائح (بما في ذلك العقوبات) والحوافز المالية (الإعفاءات الضريبية بالدرجة الأولى).<sup>(١)</sup>

### تكامل عناصر السياسات وأثارها على الاقتصاد والبيئة والمجتمع

أثبتت بعض عناصر السياسات أنها أكثر فعالية وكفاءة في تحقيق الزيادة السريعة في نشر الطاقة المتجددة وتمكين الحكومات والمجتمع من تحقيق أهداف محددة. ويمكن أن تكون تفاصيل تصميم السياسات وتنفيذها عنصراً هاماً في تحديد الفعالية النجاعة مثلها مثل السياسات الخاصة المستخدمة. وتشمل عناصر السياسات الرئيسية ما يلي:

- قيمة كافية مستمدة من الإعانات و تعريفات إمدادات الطاقة وغيرها لتغطية التكاليف التي تمكن المستثمرين من استرجاع استثماراتهم بمعدل عائد يتوافق مع ما تنطوي عليه من مخاطر؛
- الوصول المضمون إلى الشبكات والأسواق أو كحد أدنى الاستثناءات المحددة بوضوح التي تضمن الوصول؛
- العقود طويلة الأجل للحد من المخاطر والتي يمكن من خلالها الحد من تكاليف التمويل؛
- الأحكام التي تراعي تنوع التقنيات والتطبيقات. فتقنيات الطاقة المتجددة تمر بمستويات متباينة من النضج وبخصائص مختلفة وتواجه في كثير من الأحيان عقبات شديدة التباين. وقد يتعين توفير مصادر وتقنيات متعددة للطاقة المتجددة من أجل التنمية المستدامة، ويمكن أن يضطلع بعضها الأقل نضجاً في الوقت الحاضر أو الأكثر تكلفة عن البعض الآخر بدور كبير في المستقبل في تلبية الاحتياجات من الطاقة وخفض انبعاثات غازات الدفيئة؛
- الحوافز التي تتضاءل بصورة يمكن التنبؤ بها بمرور الوقت مع تقدم التقنيات والأسواق؛
- السياسات التي تتسم بالشفافية والتي يسهل الوصول إليها لكي يمكن للعناصر الفاعلة أن تفهم السياسات وطريقة عملها فضلاً عما هو مطلوب للدخول إلى السوق و/أو أن تكون في حالة امتثال. كما تتضمن الشفافية طويلة الأجل لأهداف السياسات مثل أهداف السياسات المتوسطة والطويلة الأجل؛
- الشمول ويعني إمكانية المشاركة الواسعة قدر المستطاع لكل من جانب العرض (المنتجون التقليديون وموزعو التقنيات أو إمدادات الطاقة سواء أكانت كهرباء أو تدفئة أو وقود) وجانب الطلب (قطاعات الأعمال، والأسر وغير ذلك) التي يمكن أن (تولد ذاتياً) مع الطاقة المتجددة الموزعة مما يمكن من

(١) Afshin Izadian, Nathaniel Girrens And Pardis Khayyer. Renewable Energy Policies A Brief Review of the Latest U.S. and

E.U. Policies. IEEE industrial electronics magazine SEPTEMBER 2013. P21 - 34

المشاركة العريضة التي تطلق المزيد من رؤوس الأموال للاستثمار، ويساعد في بناء دعم عام عريض للطاقة المتجددة وتهيئة قدرات تنافسية أكبر؛

■ الاهتمام بالفئات المعفية على أسس تفضيلية مثل كبار المستخدمين على أسس تنافسية أو المسمهلين المنخفضي الدخل وسريعي التأثير على أساس المساواة والتوزيع<sup>(١)</sup>

ومن المهم كذلك الإدراك بأنه لا توجد سياسة واحدة تصلح للجميع، ويمكن لصانعي السياسات الاستفادة من القدرة على التعلم من برامج الخبرات والمواءمة حسب مقتضى الحال. ويتعين أن تستجيب السياسات للاحتياجات والظروف السياسية والاقتصادية والاجتماعية والإيكولوجية والثقافية والمالية المحلية فضلاً عن بعض العوامل مثل مستوى النضج التقني وتوافر قاعدة الموارد الرأسمالية والمحلية والوطنية التي يمكن تحمل تكاليفها. وعلاوة على ذلك يتعين عموماً توفير مزيج من السياسات لمعالجة مختلف العقبات التي تعترض الطاقة المتجددة. وقد تبين أن أطر السياسات التي تتسم بالشفافية والاستدامة. بدءاً من القدرة على التنبؤ بسياسة محددة إلى تسعير الكربون وغير ذلك من العناصر الخارجية إلى الأهداف الطويلة الأجل للطاقة المتجددة تمثل عنصراً أساسياً لخفض مخاطر الاستثمار وتيسير نشر الطاقة المتجددة وتطور التطبيقات المنخفضة التكاليف.

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 155



## المبحث الثاني: تحقيق أهداف التنمية المستدامة

من شأن الطاقة المتجددة أن تسهم في تحقيق التنمية المستدامة. وقد تبدو الفوائد المتعلقة بالحد من الآثار البيئية والصحية أكثر وضوحاً، غير أن المساهمة الدقيقة للطاقة المتجددة في التنمية الاجتماعية والاقتصادية تبدو أكثر غموضاً لأسباب عديدة. وكذلك، قد ترتب البلدان أولويات التنمية المستدامة وفقاً لمستوى التنمية الذي تمر به. غير أن هناك ترابطاً قوياً بين أهداف التنمية المستدامة هذه إلى حد ما. فيشكل التخفيف من آثار تغير المناخ في حد ذاته شرطاً مسبقاً لتحقيق تنمية اجتماعية واقتصادية ناجحة في كثير من البلدان النامية.

ومن هذا المنطلق، يمكن لدول مجلس التعاون تقييم التخفيف من آثار تغير المناخ في إطار نموذج التنمية المستدامة القوية، في حالة فرض أهداف التخفيف قيوداً على مسارات التنمية في المستقبل. وفي حالة موازنة تخفيف آثار تغير المناخ مقابل النمو الاقتصادي أو غيره من المعايير الاجتماعية الاقتصادية، تدخل المشكلة في إطار نموذج التنمية المستدامة الضعيفة التي تسمح بإجراء مبادلات بين هذه الأهداف واستخدام تحليلات التكاليف والفوائد لتوفير الإرشاد في عملية تحديد الأولويات.

ومع ذلك، فإن انتشار عدم اليقين والجهل كمكونات أساسية لأي مسار إنمائي، إضافة إلى احتمال ارتفاع تكاليف الفرصة البديلة المصاحبة إلى (مستويات غير مقبولة)، سيفرض إجراء تعديلات مستمرة. وفي المستقبل، قد تكون النماذج المتكاملة في وضع مواتٍ لتحسين ربط نماذج التنمية المستدامة الضعيفة والقوية بعمليات صنع القرار. ويمكن للنماذج المتكاملة، داخل إطار جيد التحديد، أن تستكشف سيناريوهات مسارات التخفيف المختلفة، مع مراعاة أهداف التنمية المستدامة المتبقية بتضمين المؤشرات التصاعدية المهمة وذات الصلة. ووفقاً لنوع النموذج، يمكن الوصول بمسارات التنمية البديلة هذه إلى المستوى الأمثل لتحقيق نتائج مفيدة اجتماعياً. وبالمثل، فسيمثل دمج بيانات تقييمات دورة الحياة ذات الصلة بانبعثات غازات الدفيئة أمراً ضرورياً لتحديد مستويات تثبيت ملائمة لتركيز غازات الدفيئة بصورة واضحة في المقام الأول.<sup>(١)</sup>

ومن الضروري دمج رؤى العلوم الاجتماعية والطبيعية والاقتصادية بصورة أوثق (من خلال نُهج تحليل المخاطر على سبيل المثال)، بما يعكس الأبعاد المختلفة للاستدامة (لاسيما الأبعاد الزمنية والمكانية وعبر الأجيال)، وذلك لتحسين المعرفة بشأن العلاقات المتداخلة بين التنمية المستدامة والطاقة المتجددة والتوصل إلى إجابات على السؤال المتعلق بتحويلات نظام الطاقة التي تتسم بالنجاعة والكفاءة الاقتصادية والقبول الاجتماعي. ويقتصر الأساس المعرفي إلى حد الآن على وجهات نظر ضيقة جداً من فروع بحوث بعينها لا تراعي بما فيه الكفاية الجوانب المعقدة لهذا الموضوع.

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 125.

## دعم أوجه التفاعل بين التنمية المستدامة والطاقة المتجددة

يمكن النظر إلى العلاقة بين الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة في دول مجلس التعاون في شكل ترتيب هرمي للأهداف والقيود التي تتضمن اعتبارات عالمية وإقليمية أو محلية على السواء. وعلى الرغم من أن تقييم المساهمة المحددة للطاقة المتجددة في التنمية المستدامة ينبغي أن يعتمد على كل سياق قطري على حدة، تتيح الطاقة المتجددة الفرصة للمساهمة في تحقيق عدد من الأهداف المهمة للتنمية المستدامة ومنها ما يلي:

- التنمية الاجتماعية والاقتصادية؛
- الاستفادة من الطاقة؛
- أمن الطاقة؛
- تخفيف آثار تغير المناخ والحد من الآثار البيئية والصحية.<sup>(1)</sup>

ويعتبر تخفيف الآثار الخطيرة لتغير المناخ البشرية المنشأ، باعتبارها إحدى القوى الدافعة القوية، وراء زيادة استخدام الطاقة المتجددة في شتى أنحاء العالم.

وتوفر مفاهيم التنمية المستدامة أطر عمل مفيدة لصانعي السياسات من أجل تقييم مساهمة الطاقة المتجددة في التنمية المستدامة وصوغ تدابير اقتصادية واجتماعية وبيئية ملائمة. ومن شأن استخدام مؤشرات التنمية المستدامة أن يساعد البلدان على رصد ما يحرز من تقدم في النظم الفرعية للطاقة بما يتفق مع مبادئ الاستدامة، وإن كان هناك الكثير من الطرق المختلفة لتصنيف مؤشرات التنمية المستدامة.

ويجري تحليل القياسات التقليدية للنمو الاقتصادي (إجمالي الناتج المحلي) ومؤشر التنمية البشرية الأوسع من الزاوية المفاهيمية بهدف تقييم مساهمة الطاقة المتجددة في التنمية الاجتماعية والاقتصادية. ويجري كذلك تناول فرص العمل المحتملة، التي تشكل حافزا لبعض البلدان لدعم نشر الطاقة المتجددة، إضافة إلى مسائل التمويل الحرجة للبلدان النامية.

وترتبط الاستفادة من خدمات الطاقة الحديثة، سواء من الموارد المتجددة أم غير المتجددة، ارتباطا وثيقا بتدابير التنمية، لاسيما بالنسبة للبلدان التي تمر بمراحل التنمية الأولى. وتمثل استفادة أشد أفراد المجتمع فقرا من الطاقة الحديثة أمرا بالغ الأهمية لتحقيق أي هدف من الأهداف الإنمائية الثمانية للألفية. وتشمل المؤشرات الملموسة المستخدمة استهلاك الفرد من الطاقة النهائية بالنسبة للدخل، إلى جانب تقسيم الاستفادة من الكهرباء إلى فئات (مقسمة إلى مناطق ريفية وحضرية) وأعداد لتلك الشرائح السكانية التي تستخدم الفحم أو الكتلة الأحيائية التقليدية في الطهي.

وعلى الرغم من عدم وجود تعريف متفق عليه، يمكن فهم مصطلح (أمن الطاقة) على أنه الثبات أمام الانقطاعات (المفاجئة) في إمدادات الطاقة. ويمكن تحديد موضوعين واسعين لهما صلة بأمن الطاقة، سواء بالنسبة للنظم الحالية أو لتخطيط نظم الطاقة المتجددة في المستقبل، وهما: توفر الموارد وتوزيعها؛ وتعلق الإمداد بالطاقة وموثوقيته. وتتمثل المؤشرات المستخدمة لتوفير معلومات عن معيار أمن الطاقة فيما يتعلق

(1). Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development A/RES/70/1 (UN General Assembly, 2015).



بالتنمية المستدامة في حجم الاحتياطات، ونسبة الاحتياطات إلى الإنتاج، ونسبة الواردات في إجمالي استهلاك الطاقة الأولية، وحصّة واردات الطاقة في إجمالي الواردات، إضافة إلى حصّة الموارد المتغيرة وغير المتوقعة للطاقة المتجددة.<sup>(١)</sup>

ويجب أن يُنظر في طائفة من الآثار والفئات لتقييم العبء الكلي الناشئ عن نظام الطاقة على البيئة ولتحديد المبادلات المحتملة. ويشمل ذلك الانبعاثات الضخمة في الهواء (لاسيما غازات الدفيئة) والمياه، واستخدام المياه والطاقة والأراضي لوحدة الطاقة المولدة، ويتعين تقييم هذه العوامل باستخدام تقنيات مختلفة. ومع الإقرار بأن تقييمات دورة الحياة لا تعطي الإجابة المحتملة الوحيدة بشأن استدامة تقنية معينة، فهي منهجية بالغة الأهمية لتحديد الآثار الإجمالية للنظم على تقنية معينة، وهو ما يمكن أن يشكل أساساً للمقارنة.

وتختلف دوافع البلدان لتعزيز الطاقة المتجددة حسب مستوى التنمية التي تمر بها هذه البلدان. فبالنسبة للبلدان النامية، تتمثل أكثر الأسباب رجاحة لاعتماد تقنيات الطاقة المتجددة في الاستفادة من الطاقة، وإنشاء فرص العمل في الاقتصاد الرسمي (أي الخاضع للتنظيم القانوني وللضريبة)، وخفض تكاليف واردات الطاقة (أو مد عمر قاعدة الموارد الطبيعية، في حالة مصدري الطاقة الأحفورية). وبالنسبة للبلدان الصناعية، تتضمن الأسباب الأساسية لتشجيع الطاقة المتجددة خفض انبعاثات الكربون بغية تخفيف أثر تغير المناخ، وتعزيز أمن الطاقة، وتعزيز التغيير الهيكلي في الاقتصاد تعزيزاً فعالاً، بحيث تسهم فرص العمل الجديدة المتصلة بالطاقة المتجددة في تخفيف خسائر الوظائف في قطاعات الصناعة التحويلية المتدهورة.

#### أولاً: التنمية الاجتماعية والاقتصادية

يرتبط دخل الفرد ارتباطاً موجباً باستخدام الطاقة لكل فرد، ويمكن اعتبار النمو الاقتصادي أهم العوامل المسببة لزيادة استهلاك الطاقة في العقود الأخيرة. غير أنه ليس ثمة اتفاق على اتجاه العلاقة السببية بين استخدام الطاقة وزيادة الناتج الاقتصادي الكلي.

وينشأ الطلب على مصادر للطاقة الأكثر تطوراً ومرونة مع اتساع النشاط الاقتصادي وتنوعه: فمن منظور قطاعي، تستهلك البلدان التي تمر بمرحلة مبكرة من التنمية الجزء الأكبر من إجمالي الطاقة الأولية في القطاع السكني (والزراعي إلى حد أقل)؛ ويتمتع قطاع الصناعة التحويلية بدور مسيطر في الاقتصادات الناشئة، في حين يسهم قطاع الخدمات والنقل بنسب مطردة الزيادة في البلدان الصناعية الكاملة.

وعلى الرغم من الارتباط الوثيق بين إجمالي الناتج المحلي واستخدام الطاقة، تنتشر في شتى البلدان مجموعة واسعة من أنماط استخدام الطاقة: فحققت بعضها مستويات مرتفعة من دخل الفرد مع انخفاض استهلاك الطاقة انخفاضاً نسبياً. وتظل أخرى فقيرة إلى حد بعيد بالرغم من ارتفاع مستويات استخدام الطاقة فيها، لاسيما البلدان التي تنعم بموارد وفيرة من الوقود الأحفوري، التي غالباً ما تقوم بدعم الطاقة فيها. وتشير

*REthinking Energy 2017: Accelerating the Global Energy Transformation* (International Renewable Energy Agency, (١) 2017); <http://go.nature.com/2yDr6Ge>

إحدى الفرضيات إلى أن النمو الاقتصادي يمكن فصله إلى حد بعيد عن استخدام الطاقة عن طريق خفض كثافة الطاقة على نحو مطرد. وفضلاً عن ذلك، كثيراً ما يتم التأكيد على أن الاقتصادات النامية والاقتصادات التي تمر بمرحلة تحول اقتصادي يمكن أن تحقق (طفرات)، بوضع حد لاستخدام الطاقة عن طريق اعتماد تقنيات حديثة ذات نجاعة عالية في مجال الطاقة.

وتشكل الاستفادة من الطاقة النظيفة والموثوقة شرطاً مسبقاً مهماً للمحددات الأساسية للتنمية البشرية، مثل الصحة والتعليم والمساواة بين الجنسين والسلامة البيئية. وباستخدام مؤشر التنمية البشرية كمؤشر بديل للتنمية، تستهلك البلدان التي حققت مستويات مرتفعة وفق مؤشر التنمية البشرية عموماً كميات كبيرة نسبياً من الطاقة للفرد ولم يسجل أي بلد مستوى مرتفع أو حتى متوسط وفق مؤشر التنمية البشرية من غير تحقيق نفاذ كبير إلى إمدادات الطاقة غير التقليدية. ويلزم توفر كمية دنيا محددة من الطاقة لضمان تحقيق مستوى معيشة مقبول (أي ٤٢ جيجا جول للفرد)، وبعد هذه الزيادة لا يسفر استهلاك الطاقة إلا عن تحسينات هامشية في جودة الحياة. وهناك اتفاق بشأن الآثار الإيجابية الطويلة الأجل للطاقة المتجددة باعتبارها تسهم إسهاماً مهماً في إنشاء الوظائف وهو الأمر الذي شددت عليه الكثير من استراتيجيات النمو الأخضر الوطنية.<sup>(١)</sup>

وبوجه عام، تتجاوز التكاليف الاقتصادية الصرفة التي ينطوي عليها إنتاج الطاقة المتجددة تكاليف إنتاج الطاقة القائمة على الوقود الأحفوري في أغلب الأحيان. فتشكل التكاليف المصاحبة عاملاً رئيسياً لتحديد مدى الرغبة في تلبية الطاقة المتجددة للطلب المتزايد على الطاقة، لاسيما بالنسبة للبلدان النامية. وعموماً، لا يمكن مناقشة اعتبارات التكلفة بمعزل عن نظام تقاسم الأعباء المعتمد، أي بدون تحديد من يتحمل تكاليف المزايا التي يحققها انخفاض انبعاثات غازات الدفيئة، وهو ما يمكن وصفه بأنه سلعة عامة عالمية.

### ثانياً: الاستفادة من الطاقة

تفتقر شرائح كبيرة من سكان العالم في الوقت الحاضر إلى الاستفادة من خدمات الطاقة الحديثة والنظيفة، أو لا تستفيد منها سوى استفادة محدودة. فمن منظور التنمية المستدامة، يحتاج توسيع نطاق الطاقة المستدامة إلى زيادة توفير خدمات الطاقة للفئات التي تفتقر إليها أو التي لا تتمتع حالياً سوى باستفادة محدودة منها، وهم: الفقراء (وتقاس حسب الثروة أو الدخل أو مؤشرات أكثر تكاملاً)، وسكان المناطق الريفية، والسكان غير الموصولين بشبكات الطاقة.

وتشير تقديرات عام ٢٠٠٩، التي تقر بوجود قيود بشأن توفر البيانات وجودتها، إلى أن عدد الأشخاص الذين لا يستفيدون من الكهرباء بلغ حوالي ١.٤ مليار شخص. ويبلغ عدد الأشخاص الذين يعتمدون على الكتلة الأحيائية التقليدية للطهي نحو ٢.٧ مليار شخص، وهو ما يسبب مشكلات صحية خطيرة (لاسيما تلوث الهواء الداخلي) وغيرها من الأعباء الاجتماعية (مثل الوقت المنقضي في جمع الوقود) في العالم النامي. وفي ضوء

(١) Jayant Sathaye, Oswaldo Lucon, Atiq Rahman. Renewable Energy in the Context of Sustainable Development. Chapter 9 (١) in In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Paris, France, 2011. P 718 -



الارتباط القوي بين دخل الأسرة واستخدام الوقود المنخفض الجودة يتمثل أحد التحديات الكبرى في عكس نمط استهلاك الكتلة الأحيائية الذي يتسم بعدم النجاعة عن طريق تغيير الاستخدام الحالي، وفي أغلب الأحيان غير المستدام، إلى بدائل أكثر استدامة ونجاعة.<sup>(١)</sup>

وتوضح العملية التراكمية لصعود سلم الطاقة عن طريق تعريف الاستفادة من الطاقة بأنها (الاستفادة من خدمات الطاقة النظيفة والموثوقة وميسورة التكلفة لأغراض الطهي والتسخين، والإضاءة، والاتصالات، والاستخدامات الإنتاجية)؛ كما أن تحقيق حتى المستويات الأساسية من الاستفادة من خدمات الطاقة الحديثة من شأنه أن يوفر مزايا كبيرة للمجتمعات أو الأسر.

وفي البلدان النامية، جرى توسيع نطاق الشبكات اللامركزية القائمة على الطاقة المتجددة وساهمت في تحسين الاستفادة من الطاقة؛ وتتميز هذه الشبكات بقدر أكبر من التنافسية بوجه عام في المناطق الريفية التي تبعد عن الشبكة الوطنية بمسافات كبيرة، ويوفر انخفاض مستويات الكهرباء الريفية فرصاً مهمة لإقامة نظم شبكات صغيرة تقوم على الطاقة المتجددة. وفضلاً عن ذلك، توفر تقنيات الطاقة المتجددة غير الكهربائية فرصاً لتحديث خدمات الطاقة بشكل مباشر، على سبيل المثال، باستخدام الطاقة الشمسية لتسخين المياه وتجفيف المحاصيل، واستخدام الوقود الأحيائي لأغراض النقل، والغاز الأحيائي والكتلة الأحيائية الحديثة للتدفئة والتبريد والطهي والإضاءة، وطاقة الرياح لأغراض ضخ المياه. وفي حين أنه ليس ثمة فهم واضح للدور المحدد للطاقة المتجددة في تحقيق الاستفادة من الطاقة على نحو أكثر استدامة من مصادر الطاقة الأخرى، وتتيح بعض هذه التقنيات للمجتمعات المحلية زيادة اختياراتهم من الطاقة؛ وتسهم في حفز الاقتصادات، وتوفير الحوافز للجهود الريادية المحلية، وتلبية الاحتياجات والخدمات الأساسية ذات الصلة بالإضاءة والطهي، ومن ثم توفير مزايا صحية وتعليمية ثانوية.

### ثالثاً: أمن الطاقة

يتيح استخدام الطاقة المتجددة الاستعاضة عن إمدادات الطاقة القائمة على الوقود الأحفوري المتناقصة على نحو مطرد؛ فتشير التقديرات الحالية إلى أن نسبة الاحتياطيات المثبتة إلى الإنتاج الحالي تُظهر أن المنسوب العالمي من النفط والغاز الطبيعي سينفذ في غضون أربعة وستة عقود على التوالي.

ومع تركيز الكثير من المصادر المتجددة محلياً وعدم تداولها على المستوى الدولي، تسهم زيادة نسبة الطاقة المتجددة في حافطة الطاقة الخاصة بالبلد المعني في خفض اعتماده على واردات الوقود الأحفوري، التي تتميز بعدم تساوي توزيع احتياطياتها مكانياً وإنتاجها وصادراتها، وتركزها بشدة في عدد قليل من الأقاليم.

ومادامت أسواق الطاقة المتجددة لا تتصف بهذا الإمداد المركز جغرافياً، فإن ذلك يساعد على تنوع حافطة مصادر الطاقة والحد من تعرض الاقتصاد لمخاطر تقلبية الأسعار. وبالنسبة للبلدان النامية المستوردة للنفط، يمكن أن تشكل زيادة استيعاب تقنيات الطاقة المتجددة مجالاً لتغيير وجهة تدفقات النقد الأجنبي بعيداً عن واردات الطاقة ونحو واردات السلع التي يتعذر إنتاجها محلياً، مثل السلع الرأسمالية عالية

(١) السابق (٧٢١).

التقنية. فعلى سبيل المثال، تنفق كينيا والسنغال أكثر من نصف إيرادات صادراتها على استيراد الطاقة، في حين يبلغ إنفاق الهند ما يزيد على ٤٥٪<sup>(١)</sup>.

ومع ذلك، فمن الممكن أيضاً أن يجري الاعتماد على الواردات فيما يتعلق بالتقنيات اللازمة لتنفيذ نظم الطاقة المتجددة، حيث إن الاستفادة الآمنة من المواد الخام المعدنية غير العضوية النادرة لقاء أسعار معقولة تشكل تحدياً محدقاً بجميع الصناعات.

وتقتضي الملامح المتغيرة لمخرجات بعض تقنيات الطاقة المتجددة في كثير من الأحيان اتخاذ تدابير فنية ومؤسسية تلائم الأوضاع المحلية لضمان إمداد ثابت وموثوق بالطاقة. وتمثل الاستفادة الموثوقة من الطاقة تحدياً خاصاً في البلدان النامية، وتظهر المؤشرات المتعلقة بموثوقية خدمات البنية الأساسية أن ٥٠٪ تقريباً من الشركات العاملة في أفريقيا جنوب الصحراء تقوم بصيانة معداتها الخاصة بتوليد الطاقة. ومن ثم، يعتمد الكثير من البلدان النامية تحديداً إلى ربط قضية الاستفادة من الطاقة بقضايا الأمن عن طريق توسيع نطاق تعريف أمن الطاقة ليشمل ثبات المعروض المحلي وموثوقيته.

#### رابعا: تخفيف أثر تغير المناخ والحد من الآثار البيئية والصحية

يتعين أن تكفل التنمية المستدامة الجودة البيئية وتحول دون حدوث ضرر بيئي غير ضروري. ولا يأتي نشر التقنيات الكبيرة النطاق بدون مبادلات بيئية، ويوجد كم كبير من الدراسات التي تقيم الآثار البيئية المختلفة لطائفة واسعة من تقنيات الطاقة (الطاقة المتجددة، والأحفورية، والنووية) من منظور تصاعدي.

وتخضع الآثار على المناخ الناجمة عن انبعاثات غازات الدفيئة لتغطية مناسبة بوجه عام، وتيسر تقييمات دورة الحياة إجراء مقارنة كمية للانبعاثات (من البداية إلى النهاية) بين التقنيات المختلفة. وفي حين يتناول عدد كبير من الدراسات الانبعاثات الملوثة للهواء والاستخدام التشغيلي للمياه، فلا توجد أدلة كافية على انبعاثات دورة الحياة بالنسبة للمياه واستخدام الأراضي والآثار الصحية بخلاف تلك المتصلة بتلوث الهواء. ويركز التقييم على أكثر القطاعات تناولاً في الدراسات، مثل توليد الكهرباء ووقود النقل فيما يتعلق بانبعاثات غازات الدفيئة. ولا تُتناول الحرارة والطاقة اللازمة للأسر إلا بشكل مختصر، وتحديداً فيما يتعلق بتلوث الهواء والصحة. وتتمس الآثار على التنوع البيولوجي والنظم البيئية بأنها تخص كل موقع على حدة ويصعب تحديدها وتعرض بأسلوب أكثر نوعية. ويُقدّم استعراض للمخاطر المصاحبة لتكنولوجيات الطاقة لتفسير الأعباء المصاحبة للحوادث مقارنة بالتشغيل العادي.

وتشير تقييمات دورة الحياة المتعلقة بتوليد الكهرباء إلى أن انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن تقنيات الطاقة المتجددة أقل بكثير - بوجه عام - من تلك المرتبطة بخيارات الوقود الأحفوري، وفي تشكيلة من الظروف أقل من انبعاثات الوقود الأحفوري القائم على امتصاص الكربون وتخزينه. ويبلغ أقصى تقدير للطاقة الشمسية المركزة والطاقة الحرارية الأرضية والطاقة المائية والطاقة البحرية وطاقة الرياح أقل من أو يساوي

(١) Global Tracking Framework 2017: Progress Towards Sustainable Energy (World Bank, 2017);

<http://go.nature.com/2A2nQBA>





١٠٠ غرام ثاني أكسيد الكربون المكافئ/كيلوواط ساعة، وتتراوح متوسط القيم لجميع مصادر الطاقة المتجددة من ٤ إلى ٤٦ غرام ثاني أكسيد الكربون المكافئ/كيلوواط ساعة. ويمتد الربع العلوي من توزيع تقديرات الخلايا الكهروضوئية والطاقة الأحيائية إلى أعلى من الحد الأقصى لتقنيات الطاقة المتجددة الأخرى بمرتين أو ثلاثة. غير أنه ثمة أوجه أكثر من عدم اليقين تحيط بأرصدة غازات الدفيئة من إنتاج الطاقة الحيوية: فباستبعاد تغير استخدام الأراضي، من شأن الطاقة الحيوية أن تحد من انبعاثات غازات الدفيئة مقارنة بالنظم القائمة على الوقود الأحفوري ويمكن أن تفضي إلى انبعاثات غازات الدفيئة المتجنبة الناتجة عن النفايات والمخلفات في مدافن القمامة والنواتج المختلطة؛ ويمكن أن يسهم المزج بين الطاقة الحيوية وامتصاص الكربون وتخزينه في تحقيق مزيد من الانخفاضات.<sup>(١)</sup>

ومن شأن احتساب الاختلافات في جودة الطاقة المنتجة، والآثار المحتملة لتشغيل الشبكة المتعلقة بإضافة مصادر متغيرة لتوليد الطاقة، والتغير المباشر أو غير المباشر في استخدام الأراضي أن يسهم في تقليص فائدة خفض انبعاثات غازات الدفيئة المتأتية من التحول إلى توليد الكهرباء من مصادر متجددة، إلا أنه لا ينبغي على الأرجح.

ويتميز إحلال الوقود الأحيائي محل الوقود النفطي بإمكانية الحد من انبعاثات دورة حياة غازات الدفيئة التي تتصل اتصالاً مباشراً بسلسلة إمداد الوقود. وفي حين يؤدي الوقود الأحيائي من الجيل الأول إلى إمكانية طفيفة نسبياً لتخفيف أثر غازات الدفيئة (- ١٩ إلى ٧٧ غرام ثاني أكسيد الكربون المكافئ/ميغا جول بالنسبة للوقود الأحيائي من الجيل الأول مقابل ٨٥ إلى ١٠٩ غرام ثاني أكسيد الكربون المكافئ/ميغا جول للوقود النفطي)، فإن معظم الوقود الأحيائي من الجيل التالي (حيث تتراوح انبعاثات دورة حياة غازات الدفيئة بين - ١٠ و ٣٨ غرام ثاني أكسيد الكربون المكافئ/ميغا جول) يمكنه توفير مزيداً من المزايا المناخية.<sup>(٢)</sup>

ومن الصعب تحديد انبعاثات غازات الدفيئة على مدى دورة حياتها الناتجة عن تغير استخدام الأراضي، حيث تؤثر ممارسات إدارة الأراضي وموارد الكتلة الأحيائية تأثيراً قوياً على أي مزايا للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة ومن ثم استدامة الطاقة الأحيائية. ومن شأن التغيرات التي تطرأ على استخدام الأراضي أو إدارتها، التي يسببها إنتاج الكتلة الأحيائية سواء بصورة مباشرة أو غير مباشرة لاستخدامها وقوداً أو طاقة أو حرارة أن تفضي إلى تغيرات في مخزونات الكربون الأرضية. ووفقاً لحالة الأراضي قبل التحويل، يمكن أن يفضي ذلك إلى انبعاثات مباشرة كبيرة، مما يستلزم حدوث تأخر زمني من عقود إلى قرون قبل تحقيق الوفورات الصافية، أو تحسين امتصاص الصافي للكربون في التربة أو في الكتلة الأحيائية فوق الأرض. ويتعدّد تقييم آثار غازات الدفيئة الصافية للطاقة الأحيائية بسبب التحديات التي تنطوي عليها عملية رصد آثار التغير غير المباشر

(١) انظر: زواوية حلام، دور اقتصاديات الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة في الدول المغاربية (١٤٤)، وانظر: د. فلاق علي، ود. سالمي رشيد. الطاقة المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة (١٠٠)، وانظر: Jayant Sathaye, Oswaldo Lucon, Atiq Rahman. Renewable Energy in the Context of Sustainable Development. Chapter 9 in In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Paris, France, 2011. P 729.

(٢) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 123.

لاستخدام الأراضي وقياسها وعزوها، الذي يعتمد على السياق البيئي والاقتصادي والاجتماعي والسياساتي، فلا يمكن رصده بصورة مباشرة ولا عزوه بسهولة لسبب واحد.

وتشكل الآثار الناتجة عن تلوث الهواء المحلي والإقليمي فئة أخرى مهمة للتقييم، حيث تؤثر ملوثات الهواء (بما في ذلك المواد الجسيمية، وأكسيد النيترات، وثاني أكسيد الكبريت، والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية) على النطاقات العالمية والإقليمية والمحلية. ومقارنة بتوليد الطاقة القائم على الوقود الأحفوري، تتمتع تقنيات توليد الطاقة المتجددة غير القائمة على الاحتراق بإمكانية الحد بدرجة جوهرية من تلوث الهواء على المستويين الإقليمي والمحلي ومن الآثار الصحية المصاحبة له. غير أنه بالنسبة لوقود النقل، لم يتضح بعد أثر التبديل إلى الوقود الأحيائي على انبعاثات العوادم.

وتشكل انبعاثات ملوثات الهواء المحلية الناتجة عن الوقود الأحفوري والكتلة الأحيائية أهم الآثار المتصلة بالطاقة على الصحة البشرية. إذ ينطوي تلوث الهواء المحيط، وكذلك التعرض لتلوث الهواء الداخلي بسبب احتراق الفحم والكتلة الأحيائية التقليدية، على آثار صحية خطيرة، وقد اعتُرف به باعتباره أحد أهم الأسباب المؤدية للمرض والوفاة في شتى أنحاء العالم، لاسيما بالنسبة للنساء والأطفال في البلدان النامية. وفي عام ٢٠٠٠، على سبيل المثال، أظهرت عمليات التحديد المقارن للمخاطر الصحية أن أكثر من ١,٦ مليون حالة وفاة وما يزيد على ٣٨,٥ مليون من سنوات العمر المعدلة حسب الإعاقة أمكن عزوها إلى الدخان الداخلي الناتج عن الوقود السائل.<sup>(١)</sup>

وتتضمن خيارات التخفيف، إلى جانب تبديل الوقود، تحسين مواقع الطهي والتهوية وتصميم المباني والتغير في السلوك.

وتتعلق الآثار على المياه باستهلاك تقنيات الطاقة للمياه للأغراض التشغيلية وعند المنابع وجودة المياه. وتختلف هذه الآثار من موقع إلى آخر وينبغي النظر فيها من حيث الموارد المحلية والاحتياجات. وتعتمد تقنيات الطاقة المتجددة، مثل الطاقة المائية وبعض نظم الطاقة الحيوية على سبيل المثال، على توفر المياه، ومن الممكن أن تؤدي إما إلى زيادة المنافسة أو تخفيف أثر شح المياه. وفي المناطق الشحيحة المياه، يمكن أن توفر تقنيات الطاقة المتجددة غير الحرارية (مثل الرياح والخلايا الكهروضوئية) كهرباء نظيفة دون أن تزيد الضغط على موارد المياه.

ومن الممكن أن تستخدم تقنيات الطاقة المتجددة الحرارية التي يتم تبريدها بأساليب تقليدية (مثل الطاقة الشمسية المركزة، والطاقة الحرارية الأرضية، والطاقة الأحيائية) كما من المياه خلال عملية التشغيل أكبر من التقنيات المستخدمة في توليد الطاقة غير المتجددة، غير أنه من شأن تشكيلات التبريد الجاف أن تحد من هذا الأثر.

(١) Jayant Sathaye, Oswaldo Lucon, Atiq Rahman. Renewable Energy in the Context of Sustainable Development. Chapter 9 in In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Paris, France, 2011. P 730.

ويمكن أن يبلغ استخدام المياه في العمليات عند المنيع مستوى مرتفعاً لبعض التقنيات، لاسيما في اشتقاق الوقود وإنتاج المواد الأولية للكتلة الأحيائية؛ وبشمول العنصر الأخير، يمكن أن تزداد البصمة المائية الحالية لتوليد الكهرباء من الكتلة الأحيائية عن احتياجات استهلاك المياه لأغراض تشغيل محطات الطاقة الحرارية بعدة مئات من المرات. ومن الممكن أن يؤثر إنتاج المواد الأولية وعمليات التعدين ومعالجة الوقود أيضاً على جودة المياه.

ويمثل التقييم المقارن لمخاطر الحوادث جانباً محورياً في أي تقييم شامل لجوانب أمن الطاقة وأداء الاستدامة المصاحب لنظم الطاقة الحالية والمستقبلية. فلا يتعرض المجتمع والبيئة لمخاطر تقنيات الطاقة المختلفة خلال عملية التوليد الفعلي للطاقة فحسب، بل وفي جميع مراحل سلاسل الطاقة. ومخاطر التعرض لحوادث تقنيات الطاقة المتجددة لا يستهان بها، إذ تؤدي البنية اللامركزية غالباً للتقنيات إلى وضع قيود شديدة على إمكانية حدوث تبعات كارثية على الأرواح. ولئن انخفضت معدلات الوفيات الناجمة عن تقنيات الطاقة المتجددة بشكل عام، فقد تسبب السدود المتصلة ببعض مشروعات الطاقة المائية خطراً محدداً بناءً على عوامل خاصة بكل موقع.

#### تأثير مسارات التنمية المستدامة على الطاقة المتجددة

بعد إجراء تحليل أكثر ثباتاً لتأثيرات نظم الطاقة المتجددة الحالية والناشئة على أهداف التنمية المستدامة الأربعة (التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وأمن الطاقة، والاستفادة من الطاقة وتخفيف أثر تغير المناخ للحد من الآثار الصحية والبيئية)، يجري تقييم لتأثيرات التنمية المستدامة لمسارات نشر الطاقة المتجددة المستقبلية المحتملة بأسلوب أكثر دينامية، ومن ثم دمج المكون الزمني المتعاقب للتنمية المستدامة.

وإذا كانت التنمية المستدامة معنية بأهداف رئيسية للحفاظ على أمن البيئة والمجتمع لفترة أطول، وهو ما يعبر عنه بلفظ (مستدامة)، فإن مسائل الطاقة يمكن أن تتأثر بتلك الأهداف، لا سيما وهناك بعض المشكلات التي تمثل معوقات لنمو قطاع الطاقة المتجددة، ومن شأن تلك المشكلات أن تتفاعل مع الأوجه المختلفة للتنمية المستدامة.

#### أولاً: الأثر على التنمية الاجتماعية والاقتصادية

من الممكن أن تؤثر الاشتراطات الصارمة للتنمية المستدامة - فيما يتعلق بحماية البيئة من التلوث نتيجة استخدام الطاقة - على مستوى الرفاهية لدى الأفراد. وهو ما يمكن أن نعبر عنه بعبارة أخرى، وهي تقييد رفاهية الفرد لمصلحة المجتمع، أو تقييد الرفاهية الآنية للحصول على رفاه واستقرار مستقبلي، وهو ما يمثل خلاصة أهداف التنمية المستدامة.

وعادة ما تتضمن سيناريوهات التخفيف من حدة التغير المناخي قيوداً قوياً مؤقتاً يتعلق بالاستدامة عن طريق وضع حد أقصى على انبعاثات غازات الدفيئة في المستقبل. ويؤدي ذلك إلى خسائر في الرفاهية (عادة ما تقاس باستخدام إجمالي الناتج المحلي أو الاستهلاك الممسك عنه) استناداً إلى افتراضات عن توفر تقنيات

التخفيف وتكاليفها. ويؤدي تحديد توفر البدائل التقنية من أجل تقييد غازات الدفيئة إلى تفاقم الخسائر المتعلقة بالرفاهية. وتبين الدراسات التي تهدف إلى إجراء تقييم محدد للأثار التي ينطوي عليها تقييد الطاقة المتجددة عند مستويات مختلفة من تثبيت تركيز غازات الدفيئة ضرورة توفر جميع تقنيات الطاقة المتجددة على نطاق واسع من أجل الوصول إلى مستويات تثبيت منخفضة، وتظهر كذلك أن التوفر الكامل للتقنيات منخفضة الكربون، بما فيها الطاقة المتجددة، يمثل عنصراً بالغ الأهمية للإبقاء على تكاليف التخفيف عند مستويات منخفضة نسبياً، حتى لمستويات التثبيت الأقل دقة.

وفيما يتعلق بالآثار الإقليمية، تظهر تحليلات السيناريو أنه من الأرجح أن تشهد البلدان النامية أغلب التوسع في إنتاج الطاقة المتجددة. ومع عدم التغلب بعد على التحدي المتمثل في ارتفاع التكاليف المقومة لتقنيات الطاقة المتجددة، فإن هذه النتائج تلمح إلى إمكانية البلدان النامية على القفز متجاوزة مسارات التنمية الكثيفة الانبعاثات التي اتخذتها البلدان المتقدمة حتى الآن. وتتباين فرص التخفيف الإقليمية، على الرغم من ذلك، وفقاً للعديد من العوامل التي تشمل توفر التقنيات، ولكنها تشمل أيضاً النمو السكاني والاقتصادي. وستعتمد التكاليف أيضاً على تخصيص تراخيص الانبعاثات القابلة للتداول، سواء في البداية أو بمرور الوقت، في إطار نظام عالمي لتخفيف أثر تغير المناخ.<sup>(١)</sup>

من الممكن - إذن - أن يتقيد التطور الحاصل في تقنيات الطاقة المتجددة نتيجة القيود البيئية والمناخية للتنمية المستدامة، الأمر الذي يحتاج إلى مزيد من البحوث لتطوير تقنيات للطاقة المتجددة تقلل من الانبعاثات إلى مستوى أفضل، ولا تؤثر على مستوى النمو الاقتصادي.

وفي دول مجلس التعاون تمثل الانبعاثات الأحفورية مخاطر بيئية كبيرة، وإعاقة لنماذج الطاقة البديلة والتنمية المستدامة. ولا بد من سن قوانين تقلل من الاستهلاك المحلي للطاقة الأحفورية من خلال رفع الدعم كاملاً عن الوقود الأحفوري، وبذل الجهود لجلب واستحداث تقنيات متطورة تخفض من انبعاثات غازات الدفيئة، وتقديم المحفزات الداعمة لقطاع الطاقة المتجددة حتى لا ينتقص من رفاهية المجتمع ولا من معدلات نموه الاجتماعي والاقتصادي لأجل بعض قضايا التنمية المستدامة.

ولا بد أن نؤكد على أهمية الوعي في مواجهة تحديات تقليل رفاهية المواطنين من أجل تحقيق أهداف التنمية المستدامة. ويمكن أن يتم ذلك عن طريق برامج استشرافية تتوقع الآثار الاقتصادية والاجتماعية نتيجة الاستهلاك الزائد للطاقة الأحفورية وتراكم انبعاثاتها.

### ثانياً: الأثر على الاستفادة من الطاقة

تتراكم في بلدان مجلس التعاون الخليجي كميات كبيرة من الوقود الأحفوري نظراً لامتلاك المنطقة أكبر احتياطيها وإنتاج للنفط في العالم. ويشكل تحقيق أهداف التنمية المستدامة عائقاً أمام الاستفادة من هذه

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 124.



الطاقة الأحفورية التي لا تحتاج إلى ممرات دولية لنقلها، بل هي مواد منتجة محليا، ولا يوجد عائق داخلي من الاستفادة منها محليا، في رأي كثير من المستهلكين، وهو ما يفسر - في أحد جوانبه - الاستهلاك الكبير والمتزايد للطاقة الأحفورية في دول مجلس التعاون.

ولا توجد لدينا إحصاءات دقيقة عن مدى تأثير مسارات التنمية المستدامة على الاستفادة من الطاقة في دول مجلس التعاون، بل تستند النماذج المتكاملة في كثير من الأحيان، حتى يومنا هذا، إلى معلومات البلدان المتقدمة وخبراتها وتقوم على افتراض أن نظم الطاقة القائمة في أجزاء أخرى من العالم وفي مراحل التنمية المختلفة تتصرف بالمثل. ولا ترصد النماذج عادة ديناميات مهمة أو حاسمة في البلدان النامية أو البلدان الخليجية، على غرار اختيارات نوع الوقود والتجانس السلوكي والاقتصادات غير المنظمة. ويؤدي ذلك إلى إعاقة تقييم التفاعل بين الطاقة المتجددة وإتاحة خدمات الطاقة في المستقبل لشرائح مختلفة من السكان، بما في ذلك المهام المنزلية الأساسية، والنقل، والطاقة لأغراض التجارة، والتصنيع، والزراعة.

ولاتزال تحليلات السيناريوهات المتاحة تتسم بدرجة كبيرة من عدم اليقين. فبالنسبة للهند مثلا، أشارت النتائج إلى أن توزيع الدخل في المجتمع يمثل عنصراً مهماً لزيادة الاستفادة من الطاقة مع نمو الدخل. وكذلك، فإن زيادة الاستفادة من الطاقة ليست مفيدة لجميع جوانب التنمية المستدامة، حيث يمكن أن يكون الانتقال نحو الطاقة الحديثة بعيداً عن الكتلة الأحيائية التقليدية مثلاً مجرد انتقال نحو الوقود الأحفوري.

والدور الأكبر يقع على عاتق السياسات والتمويل لزيادة الاستفادة من الطاقة، حتى وإن كان الانتقال الإيجابي إلى الطاقة المتجددة الذي من شأنه توفير النفاذ إلى خدمات الطاقة الحديثة يمكن أن يؤثر سلباً على ميزانية الأسر.

وينبغي أن تهدف نماذج الطاقة المستقبلية إلى توفير تمثيل أكثر وضوحاً للمحددات الملائمة (مثل الوقود التقليدي، وأساليب الكهرباء، وتوزيع الدخل) وربطها بتمثيلات مسارات التنمية البديلة.

ويمثل التحول نحو طاقة الاستدامة (وتشمل كل نماذج الطاقة المتجددة تقريبا) تحدياً كبيراً في دول الخليج، حيث سيؤثر بلا شك على استهلاك الطاقة التقليدية. إلا أن تبني استراتيجيات طويلة الأمد تعمل على الإحلال التدريجي للطاقة المتجددة المستدامة لتكون بديلاً مناسباً للطاقة الأحفورية هو الحل المناسب من أجل تعظيم الاستفادة من الطاقة.

ومن الحلول المهمة - في هذا السياق - تبني استراتيجيات الإدماج بين مصادر الطاقة المتجددة والطاقة التقليدية في شبكات الكهرباء والتبريد وتحلية مياه البحر وغيرها من أنشطة الطاقة. هذا من الممكن أن يسبب عبئاً على الاقتصادات الخليجية في الحال وفي المستقبل القريب، إلا أنه الحل الأمثل للاستفادة القصوى من الطاقة الأحفورية الكبيرة المتوفرة، وتقليل الانبعاثات إلى مستويات مقبولة لدى برامج التنمية المستدامة.

## ثالثاً: الأثر على أمن الطاقة

نظراً للمحلية) أغلب مصادر الطاقة المتجددة، وعدم الحاجة إلى نقلها إلى مسافات طويلة - باستثناء بعض الأنواع كطاقة البحار والمحيطات -، فإن الطاقة المتجددة تمثل حلاً مثالياً لأمن الطاقة، وخاصة أمن النقل عبر الممرات البحرية أو الأنابيب، والذي تكتنفه اليوم مصاعب شتى.

وهناك مشكلات انقطاع الطاقة، وضعف القدرات التخزينية بالمقارنة بالطاقة الأحفورية المخزونة في باطن الأرض، وتقدم تقنيات استخراجها، وهذا أهم ما يهدد أمن طاقة الاستدامة.

من الممكن أن تؤثر الطاقة المتجددة على أمن الطاقة عن طريق تخفيف أثر الانشغالات المتعلقة بتوفير الموارد وتوزيعها على حد سواء، إضافة إلى تقليبة موارد الطاقة. ويقدر ما يعمل نشر الطاقة المتجددة في سيناريوهات التخفيف على الحد من المخاطر العامة للانقطاعات عن طريق تنوع حافطة الطاقة، فسيقل تأثير نظام الطاقة بالانقطاع (المفاجئ) في إمدادات الطاقة. ويختلف هذا الدور للطاقة المتجددة في السيناريوهات الموضوعية باختلاف شكل الطاقة. فالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة البحرية، التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بإنتاج الكهرباء، تتمتع بإمكانية إحلالها محل الوقود الأحفوري المتناقص في قطاعي المباني والصناعة. ويمكن أن ينزع الكربون بسهولة نسبية من توليد الكهرباء، مع تطبيق السياسات الملائمة للتخفيف من أثر الكربون. وعلى النقيض، يظل الطلب على الوقود السائل في قطاع النقل يتميز بعدم المرونة في حالة عدم تحقيق طفرة تقنية.<sup>(١)</sup>

ويمكن أن تضطلع الطاقة الحيوية بدور مهم، إلا أن ذلك سيعتمد على توفر نظام امتصاص الكربون وتخزينه الذي يمكن أن يحول استخدامه نحو توليد الطاقة بامتصاص الكربون وتخزينه - مما يؤدي إلى انبعاثات كربون صافية سلبية بالنسبة للنظام وتيسير جهود التخفيف الكلية بصورة كبيرة.

ومن المرجح أن تظل شواغل أمن الطاقة التي أثرت فيما مضى فيما يتعلق بانقطاعات إمدادات النفط ذات أهمية في المستقبل. وبالنسبة للبلدان النامية، ستكتسب المسألة أهمية أكبر مع زيادة حصص البلدان النامية في إجمالي الاستهلاك العالمي من النفط.

ويمكن أن يؤدي اتساع سوق الطاقة الحيوية إلى زيادة الانشغالات بشأن أمن الطاقة في المستقبل إذا اتسمت بانخفاض عدد البائعين ومن ثم أنتجت أنماطاً متوازية لسوق النفط الحالية. وفي مثل هذه البيئة، فإن مخاطر أسعار الأغذية يمكن ربطها بأسواق الطاقة الحيوية التي تتسم بالتقلب سيتعين تخفيفها للحيلولة دون وقوع آثار حادة على التنمية المستدامة حيث إن ارتفاع أسعار الأغذية وتقلبها من شأنه أن يعود بضرر على الفقراء.

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 125.



ويؤدي استحداث التقنيات المتغيرة للطاقة المتجددة إلى ظهور انشغالات جديدة، مثل شدة التأثير بالطواهر الطبيعية المتطرفة أو تقلبات الأسعار العالمية، التي لم تتصدى لها النماذج المتكاملة الكبيرة على نحو مرض إلى الآن. ومن المرجح أن تسهم الجهود الإضافية الرامية إلى تعزيز موثوقية النظم في زيادة التكاليف وتضمين موازنة الاحتياجات (مثل الاحتفاظ بمخزونات الطاقة)، وتصميم نظم تكميلية ومرنة لتوليد الطاقة، وتعزيز البنية الأساسية للشبكات والتوصيلات البيئية، وتقنيات تخزين الطاقة، والترتيبات المؤسسية المعدلة، بما في ذلك آليات التنظيم والأسواق.

وعادة ما تركز اعتبارات أمن الطاقة اليوم على أبرز قضايا أمن الطاقة في الذاكرة الحديثة. غير أن جوانب أمن الطاقة المستقبلية قد تتجاوز هذه القضايا فيما يتعلق مثلاً بمدخلات المواد المهمة لتقنيات الطاقة المتجددة. وتخفي هذه الشواغل الأوسع نطاقاً وخيارات التصدي لها، مثل إعادة التدوير، بصورة كبيرة من السيناريوهات المستقبلية لتخفيف الآثار والطاقة المتجددة.

#### رابعاً: الآثار على تغير المناخ والبيئة والصحة

يمكن أن يسهم إحلال طاقة الاستدامة (الطاقة المتجددة أو التقنيات المنخفضة الكربون الأخرى) محل الوقود الأحفوري إسهاماً كبيراً في الحد من انبعاثات أكسيد النيتروجين وثنائي أكسيد الكبريت. ويتمثل أحد الآثار الأخرى لبعض مسارات الطاقة المحتملة في التحويل المحتمل لاستخدام الأراضي نحو دعم إنتاج الوقود الأحياي.

وأشارت الدراسات إلى إمكانية أن تفضي السياسة المناخية، إن لم تقترن باتخاذ تدابير أخرى على مستوى السياسات، إلى إزالة الغابات على نطاق واسع، حيث يجري تحويل استخدام الأراضي نحو المحاصيل المستخدمة في توليد الطاقة الأحياي مما يخلف آثار سلبية محتملة على التنمية المستدامة. ومنها انبعاثات غازات الدفيئة.<sup>(١)</sup>

وهذا الأثر بعيد عن منطقة مجلس التعاون نتيجة للمناخ الصحراوي الخالي من الغابات، والشح المائي بما يعوق فرص تنمية قطاع الزراعة، إلا أن هناك فرصاً في ذلك القطاع من خلال أنظمة الري المطور، أو زراعة النباتات التي تروى بمياه البحر المالحة، بما يمثل دعماً لقطاع الزراعة وللتنمية المستدامة، بأبعادها المناخية والبيئية.

#### عوائق وفرص استخدام الطاقة المتجددة في سياق التنمية المستدامة

ينطوي السعي لاعتماد استراتيجية لنشر الطاقة المتجددة في سياق التنمية المستدامة على دراسة معظم الآثار البيئية والاجتماعية والاقتصادية بشكل صريح. ويمكن للتخطيط المتكامل وعمليات السياسات والتنفيذ أن تدعم ذلك عن طريق توقع العوائق المحتملة والتغلب عليها واستغلال فرص نشر الطاقة المتجددة.

(١) السابق (١٧٤).

والعوائق التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بسياق التنمية المستدامة والتي يمكن إما أن تعيق نشر الطاقة المتجددة أو تؤدي إلى مبادلات مع معايير التنمية المستدامة إنما ترتبط بالعوائق الاجتماعية الثقافية، وعوائق المعلومات والوعي، والعوائق السوقية والاقتصادية.

العوائق الاجتماعية والثقافية: وتنشأ العوائق أو الشواغل الاجتماعية الثقافية من مصادر مختلفة وترتبط ارتباطاً جوهرياً بالقيم والمعايير الاجتماعية والشخصية. فتؤثر هذه القيم والمعايير على النظرة إلى تقنيات الطاقة المتجددة وتقبلها، وعلى الآثار المحتملة لنشرها التي يمكن أن يحدثها الأفراد والمجموعات والمجتمعات.

ومن منظور التنمية المستدامة، قد تنشأ العوائق من عدم إيلاء الاهتمام الكافي لهذه الشواغل الاجتماعية الثقافية، التي تتضمن العوائق المتصلة بالسلوك؛ والموائل الطبيعية والمواقع الطبيعية ومواقع التراث البشري، بما في ذلك الآثار الواقعة على التنوع الأحيائي والنظم البيئية؛ والجماليات الطبيعية؛ واستخدام المياه/الأراضي وحقوق استخدام المياه/الأراضي وتوفيرها لاستخدامات متنافسة.

عوائق المعلومات والوعي: ويمثل الوعي والقبول العام عنصرين مهمين في الحاجة إلى زيادة نشر الطاقة المتجددة بوتيرة سريعة وعلى نطاق كبير للمساعدة في تحقيق أهداف تخفيف آثار تغير المناخ. ولا ينجح التنفيذ على نطاق واسع إلا عندما يلاقي فهماً ودعماً من الجمهور العام. وقد يتطلب ذلك تكريس جهود للاتصال فيما يتعلق بالإنجازات والفرص المتصلة بتطبيقات أوسع نطاقاً.

غير أنه في الوقت ذاته، فإن المشاركة العامة في تخطيط القرارات إلى جانب اعتبارات الإنصاف والعدالة في توزيع الفوائد والتكاليف المقترنة بنشر الطاقة المتجددة تؤدي دوراً على نفس الدرجة من الأهمية ولا يمكن تجاهلها.

وفي البلدان النامية، يتبدى نقص المهارات الفنية والتجارية وغياب نظم الدعم التقني بصورة خاصة في قطاع الطاقة، حيث يشكل الوعي بخيارات الطاقة المتجددة المتاحة والملائمة، ونشر المعلومات عنها، بين المستهلكين المحتملين أحد المحددات الرئيسية للاستيعاب وإنشاء الأسواق. وغالباً ما ينظر إلى هذه الفجوة في الوعي على أنها العامل المهم الوحيد الذي يؤثر على نشر الطاقة المتجددة وتصميم المشروعات الصغيرة والمتوسطة التي تسهم في النمو الاقتصادي. وإضافة إلى ذلك، ثمة ضرورة للتركيز على قدرة القطاع الخاص على تصميم تقنيات الطاقة المتجددة وتنفيذها ونشرها، وهو ما يتضمن زيادة القدرات الفنية والتجارية على المستوى الجزئي أو مستوى الشركات.<sup>(١)</sup>

وتحرك العواطف والاعتبارات النفسية المواقف المتخذة حيال الطاقة المتجددة وكذلك الجوانب العقلانية. وينبغي أن يراعى هذا الأمر في نشر الطاقة المتجددة وجهود واستراتيجيات نشر المعلومات والوعي من أجل تحقيق النجاح.

(١) Jayant Sathaye, Oswaldo Lucon, Atiq Rahman. Renewable Energy in the Context of Sustainable Development. Chapter 9 (١) in In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Paris, France, 2011. P 757.



ولتقييم اقتصاديات الطاقة المتجددة في سياق التنمية المستدامة، ينبغي أن يُنظر بوضوح في التكاليف والفوائد الاجتماعية لها. فينبغي أن تقيّم الطاقة المتجددة على أساس المعايير القابلة للتحديد الموجهة نحو فعالية التكلفة، والملاءمة الإقليمية، والتبعات البيئية والتوزيعية. ويمثل حجم الشبكة وتقنياتها محدداً رئيسياً لجدوى الاقتصادية للطاقة المتجددة وتنافسيتها مقارنة بالطاقة غير المتجددة. وغالباً ما تتوفر تقنيات الطاقة المتجددة الملائمة التي تتميز بجوداها الاقتصادية لأغراض زيادة الاستفادة من الطاقة خارج نطاق الشبكات الريفية، لاسيما التطبيقات خارج نطاق الشبكات الأصغر حجماً وتطبيقات الشبكات الصغيرة.

العوائق الاقتصادية والمالية: وفي الحالات التي يكون فيها لنشر الطاقة المتجددة جدوى اقتصادية، فقد تؤثر عوائق اقتصادية ومالية أخرى على نشرها. ويأتي ارتفاع التكاليف المقدمة للمشروعات، بما فيها ارتفاع تكاليف التركيب وتوصيل الشبكات، مثلاً على العوائق المتكررة أمام نشر الطاقة المتجددة. وفي البلدان النامية، ثمة ضرورة لتصميم الدعم على مستوى السياسات وريادة الأعمال إلى جانب نشر الطاقة المتجددة لتشجيع النمو الاقتصادي والتنمية المستدامة، وحفز الاقتصادات النقدية الريفية وتلك المتاخمة للمدن. ويؤثر نقص البيانات الكافية عن إمكانيات الموارد تأثيراً مباشراً على عدم اليقين الذي يكتنف توفر الموارد، وهو ما يمكن أن يُترجم إلى زيادة علاوات المخاطر للمستثمرين ومطوري المشروعات. وكثيراً ما يؤدي إدخال المؤثرات الخارجية البيئية والاجتماعية إلى حدوث تغيرات في ترتيب مصادر وتقنيات الطاقة المختلفة. مع استخلاص دروس مهمة لأغراض تحقيق أهداف التنمية المستدامة واستراتيجياتها.

ومن شأن إعداد استراتيجيات للتنمية المستدامة على المستويات الإقليمية والوطنية والمحلية إلى جانب إعداد استراتيجيات في الميدانين الخاص وغير الحكومي للمجتمع أن يسهم في إزالة العوائق وإنشاء الفرص لنشر الطاقة المتجددة عن طريق الدمج بين سياسات الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة وممارساتها.<sup>(١)</sup>

ويوفر دمج سياسة الطاقة المتجددة في الاستراتيجيات الوطنية والمحلية للتنمية المستدامة (التي اعترف بها اعترافاً صريحاً في مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة لعام ٢٠٠٢) إطار عمل للبلدان من أجل اختيار استراتيجيات ناجعة للتنمية المستدامة والطاقة المتجددة ومواءمتها مع تدابير السياسات الدولية. وتحقيقاً لهذا الغرض، ينبغي أن تتضمن الاستراتيجيات الوطنية إلغاء الآليات المالية القائمة التي تتعارض مع التنمية المستدامة. فعلى سبيل المثال، قد ينطوي إلغاء الدعم على الوقود الأحفوري على إمكانية فتح فرص لتوسيع استخدام الطاقة المتجددة أو حتى دخول الأسواق، ولكن ينبغي لأي إصلاح في نظام الدعم نحو استخدام تقنيات الطاقة المتجددة أن يعمل على تلبية الاحتياجات المحددة للفقراء وتحليل كل حالة على حدة.

ويعتبر إنشاء آلية التنمية النظيفة في إطار بروتوكول كيوتو مثلاً عملياً على آلية للتنمية المستدامة تعني بإدماج المؤثرات الخارجية البيئية والاجتماعية. غير أنه لا يوجد معايير دولية لتقييم الاستدامة (بما في ذلك مؤشرات التنمية المستدامة القابلة للمقارنة) للتصدي لمواطن الضعف في النظام القائم فيما يتعلق بالموافقة على الاستدامة. وتم الإدلاء بالكثير من الاقتراحات، من قبيل المساهمة في المفاوضات المتعلقة بالنظام المناخي فيما بعد ٢٠١٢، حول كيفية إصلاح آلية التنمية النظيفة لتصميم آليات جديدة ومحسنة للتنمية المستدامة.

(١) السابق (٧٥٩).

ومن الممكن تناول الفرص المتاحة أمام الطاقة المتجددة لتضطلع بدور في الاستراتيجيات الوطنية للتنمية المستدامة عن طريق دمج أهداف التنمية المستدامة والطاقة المتجددة في سياسات التنمية وتصميم استراتيجيات قطاعية للطاقة المتجددة تسهم في تحقيق أهداف النمو الأخضر وخفض الكربون والتنمية المستدامة بما في ذلك تحقيق قفزات سريعة.

وعلى المستوى المحلي، فمن شأن مبادرات التنمية المستدامة التي تتخذها المدن والحكومات المحلية والمنظمات الخاصة وغير الحكومية أن تقود التغيير وأن تسهم في التغلب على مقاومة المجتمعات المحلية للتركيبات الخاصة بتقنيات الطاقة المتجددة.

### مدى إسهام الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة

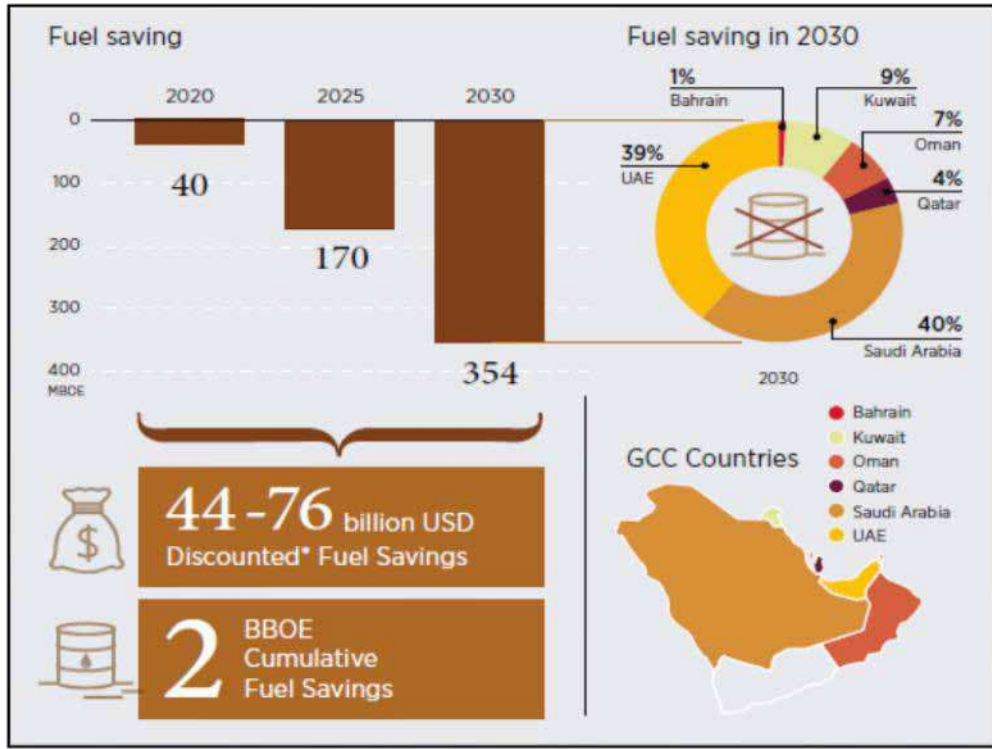
أولاً: تحقيق أبعاد التنمية المستدامة (الاقتصاد - البيئة - المجتمع)

يمكن لدول مجلس التعاون أن تحقق جملة من الفوائد المعززة لأبعاد التنمية المستدامة من خلال زيادة تمثيل الطاقة المتجددة داخل منظومة الطاقة الخليجية. فمن الممكن توفير حوالي ٢ مليار برميل مكافئ نفطي (من الوقود الأحفوري) تراكمياً في الفترة من ٢٠١٦ إلى ٢٠٣٠ إذا تم تنفيذ المخطط الموضوع حالياً في آجالها المحددة. وهذا يعني إضافة من ٤٤ إلى ٧٦ مليار دولار اعتماداً على أسعار النفط والغاز الحالية. وبإنشاء المزيد من محطات الطاقة المتجددة كل عام طبقاً للمخطط الموضوع، ستتراكم وفورات في الوقود الأحفوري (الغاز والنفط) في قطاعي الكهرباء والمياه سيصل ذروته في عام ٢٠٣٠ في حوالي ٣٥٤ مليون برميل مكافئ نفطي، وهو ما يمثل انخفاضاً بنسبة ٢٣٪ من خط الأساس، أي ما يعادل تقريباً ٩٧٠.٠٠٠ برميل يومياً، وهو ما يعادل إنتاج النفط اليومي في سلطنة عمان وربع إنتاج الإمارات اليومي من النفط في عام ٢٠١٧.<sup>(١)</sup>

وتعد المملكة العربية السعودية، أكبر مستهلك للوقود الأحفوري في المنطقة، ومن المتوقع عبر دعم مشروعات الطاقة المتجددة أن يتوفر لها حوالي ١٤١ مليون برميل من النفط والغاز في عام ٢٠٣٠، أو ٤٠٪ من مدخرات دول مجلس التعاون الخليجي في تلك السنة. وتلها الإمارات بتوفير ٣٩٪ من الوقود الأحفوري، تليها الكويت وعمان وقطر والبحرين.

(١) Renewable Energy Market Analysis GCC 2019, IRENA, Abu Dhabi, 2019 (103).





شكل (٥١): نسبة وفورات الطاقة الأحفورية في دول مجلس التعاون عام ٢٠٣٠.

Source: Renewable Energy Market Analysis GCC 2019, IRENA, Abu Dhabi, 2019 (103).

BBOE = Billion barrels of oil equivalent.

إن هذه الوفورات الأحفورية تدعم البعد الاقتصادي للتنمية المستدامة، وتشكل ركيزة اقتصادية للاستثمار من جديد في مشروعات الطاقة المتجددة، وفي دعم كل جهود التنمية.

ومن الناحية التاريخية، ارتبطت التنمية الاقتصادية ارتباطاً وثيقاً بالاستخدام المتزايد للطاقة وتنامي انبعاثات غازات الدفيئة. تستطيع الطاقة المتجددة المساعدة في فك هذا الارتباط والمشاركة في التنمية المستدامة. وبالرغم من أن الإسهام الدقيق للطاقة المتجددة في التنمية المستدامة بحاجة للتقييم في السياق القطري، تتيح الطاقة المتجددة الفرصة للإسهام في التنمية الاقتصادية والاجتماعية، والحصول على الطاقة، وتأمين الإمداد بالطاقة، والتخفيف من تغير المناخ، والتقليل من الآثار السلبية على الصحة والبيئة. وسيدعم توفير الحصول على خدمات الطاقة الحديثة تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية.

وتستطيع الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون أن تسهم في التنمية الاجتماعية والاقتصادية. وفي ظل الظروف المواتية، هناك فرصة لتوفير التكاليف مقارنة باستخدام الطاقة غير المتجددة، ولاسيما في المناطق البعيدة والمناطق الريفية الفقيرة التي تفتقر فيها الامدادات المركزية بالطاقة. ويمكن غالباً خفض التكاليف المرتبطة بنقل الطاقة من خلال نشر التقنيات المحلية للطاقة المتجددة والتي تثبت قدرتها التنافسية. ومن

الممكن أن يكون للطاقة المتجددة أثر إيجابي على استحداث الوظائف بالرغم من أن الدراسات المتاحة تتباين فيما يخص حجم العمالة الصافية.<sup>(١)</sup>

ويمكن أن يوفر الحصول على خدمات الطاقة المتجددة في مستوياتها الأساسية منافع مهمة للمجتمع أو للأسر الخليجية. وفي العديد من البلدان النامية، وسّعت الشبكات اللامركزية المعتمدة على الطاقة المتجددة وإدماج الطاقة المتجددة في شبكات الطاقة المركزية من قاعدة الحصول على الطاقة وحسنها.

وعلاوة على ذلك، توفر أيضاً تقنيات الطاقة المتجددة غير الكهربائية فرصاً لتحديث خدمات الطاقة. فعلى سبيل المثال، استخدام الطاقة الشمسية لتسخين الماء وتجفيف المحاصيل، والوقود الأحيائي للنقل، والغاز الأحيائي والكتلة الأحيائية الحديثة للتدفئة والتبريد والطهي والإضاءة، وطاقة الرياح لضخ المياه. وتستلزم سمات المخرجات المتغيرة لبعض تقنيات الطاقة المتجددة في غالب الأحيان تدابير فنية ومؤسسية تناسب الظروف المحلية لضمان موثوقية الإمداد بالطاقة.

ويمكن أن تسهم خيارات الطاقة المتجددة في تحقيق إمداد بالطاقة أكثر أمناً، بالرغم من أنه يجب مراعاة تحديات معينة تتصل بمسألة الإدماج. ويمكن - على الجانب الآخر - أن يقلل نشر الطاقة المتجددة من إمكانية التعرض لانقطاع الإمداد عبر التهديدات من بعض دول الجوار، إذا ما زادت المنافسة السياسية والعسكرية.

وعلاوة على تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة، تستطيع تقنيات الطاقة المتجددة توفير منافع بيئية مهمة أخرى. ويرتبط تعظيم هذه المنافع بالتقنيات الخاصة، والإدارة، وخصائص الموقع المرتبطة بكل مشروع من مشاريع الطاقة المتجددة. وتشير عمليات تقييم دورة العمر لتوليد الكهرباء إلى أن انبعاثات غازات الدفيئة من تقنيات الطاقة المتجددة أقل عموماً بشكل ملحوظ عن تلك المتصلة بخيارات الوقود الأحفوري، وفي نطاق مجموعة من الظروف، أقل من الوقود الأحفوري الذي يستخدم امتصاص الكربون وتخزينه. وتتراوح قيم الوسطى لمجموع الطاقة المتجددة بين ٤ و ٤٦ جرام مكافئ ثاني أكسيد الكربون/كيلو وات ساعة، بينما تتراوح القيم بالنسبة للوقود الأحفوري بين ٤٦٩ و ١٠٠١ جرام مكافئ ثاني أكسيد الكربون/كيلو وات ساعة (باستثناء الانبعاثات الناجمة عن تغير استخدام الأرض).

وتستطيع تقنيات الطاقة المتجددة، خاصة التطبيقات التي لا تستند إلى الاحتراق، أن توفر منافع فيما يخص تلوث الهواء والمسائل المتعلقة بالصحة. فمثلاً، يمكن لتحسين استخدام الكتلة الأحيائية التقليدية أن يخفض تخفيضاً ملحوظاً من تلوث الهواء محلياً وداخل المنازل، وأن يقلل من الآثار على الصحة المتصلة بها، ولاسيما على النساء والأطفال في البلدان النامية.

ونود الإشارة إلى أن دول مجلس التعاون تقع ضمن مناطق الشح المائي، وأغلب مواردها المائية تقوم على مشروعات تحلية مياه البحر، وقد يؤثر توافر الماء على اختيار تقنيات الطاقة المتجددة. ويمكن أن تكون

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 25



محطات الطاقة الحرارية التقليدية المبردة بالماء عرضة بشكل خاص لظروف ندرة المياه وتغير المناخ. إلا أن الفرصة القائمة تكمن في أن تقنيات الطاقة المتجددة غير الحرارية أو الحرارية التي تستخدم التبريد الجاف تستطيع أن تقدم خدمات الطاقة دونما إجهاد إضافي لمصادر الماء.

ولتقنيات الطاقة المتجددة معدل وفيات منخفض. ولا يمكن - بالطبع - أن يستهان بمخاطر الحوادث المتصلة بتقنيات الطاقة المتجددة، لكن بنيتها اللامركزية تضع حداً قوياً وقائياً لإمكانية حدوث العواقب الوخيمة المتصلة بالوفيات.

ثانياً: تلافي الآثار البيئية والاجتماعية<sup>(١)</sup>

### الطاقة الشمسية

الآثار البيئية: بصرف النظر عن فوائدها في مجال الحد من انبعاثات غازات الدفيئة، يمكن لاستخدام الطاقة الشمسية الحد من انبعاث الملوثات - مثل الجسيمات والغازات الضارة - من محطات الوقود الأحفوري القديمة التي تحل محلها. ولا تولد الطاقة الشمسية الحرارية والتقنيات الكهروضوئية أي نوع من المشتقات الصلبة أو السائلة أو الغازية عند إنتاج الكهرباء. ويمكن لأسرة تقنيات الطاقة الشمسية أن يكون لها أنواع أخرى من الآثار على الهواء والماء والأرض والنظام الإيكولوجي، اعتماداً على الطريقة التي تدار بها.

وتستخدم صناعة المولدات الكهروضوئية بعض الغازات السامة والمتفجرة وكذلك السوائل المسببة للتآكل في خطوط إنتاجها. ويرتبط وجود هذه المواد وكمياتها كثيراً بنوع الخلايا. ومع ذلك، فإن الاحتياجات الجوهرية للعملية الإنتاجية لصناعة المولدات الكهروضوئية تُجبر على استخدام وسائل مراقبة صارمة جداً من شأنها أن تقلل من انبعاث عناصر خطيرة أثناء عملية إنتاج الوحدات. أما بالنسبة لتقنيات الطاقة الشمسية الأخرى، من المتوقع عموماً أن تكون ملوثات الهواء والمياه طفيفة نسبياً. وعلاوة على ذلك، قد تتطلب بعض تقنيات الطاقة الشمسية في مناطق معينة استخدام المياه للتنظيف للحفاظ على الأداء.

وتتراوح غالبية التقديرات الخاصة بوحدة الكهروضوئية ما بين ٣٠ و ٨٠ جراماً من ثاني أكسيد الكربون المكافئ/كيلو واط ساعة. وقد قُدِّرَتْ مؤخراً دورة حياة انبعاثات غازات الدفيئة لتوليد الكهرباء من مركبات الطاقة الشمسية بما يتراوح بحوالي ١٤ و ٣٢ جراماً من ثاني أكسيد الكربون المكافئ/كيلو واط ساعة. وتعتبر هذه المستويات من الانبعاثات أقل من حيث الحجم من تلك التي تنبعث من المصانع التي تعمل بالغاز الطبيعي.

ويعتبر استخدام الأراضي شكلاً آخر من الأثر البيئي. فبالنسبة لنظم الطاقة الشمسية الحرارية المركبة على أسطح المنازل والنظم الكهروضوئية، لا تُعتبر هذه قضية، لكن يمكن أن تكون قضية مركزية للمولدات

(١) تعتمد النقول تحت هذا المبحث على مصدرين أساسيين:

Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012.

Jayant Sathaye, Oswaldo Lucon, Atiq Rahman. Renewable Energy in the Context of Sustainable Development. Chapter 9 in IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Paris, France.

الكهروضوئية فضلاً عن مركبات الطاقة الشمسية. وقد تشكل الأراضي الحساسة بيئياً تحدياً خاصاً فيما يتصل بالترخيص لمركبات الطاقة الشمسية. فأحد الفوارق بالنسبة لمركبات الطاقة الشمسية بالمقارنة بالمولدات الكهروضوئية هو أنها تحتاج إلى طريقة لتبريد السائل العامل، وغالباً ما ينطوي مثل هذا التبريد على استخدام المياه النادرة. وقد يكون استخدام الهواء المحلي مُبرِّداً (تبريد جاف) خياراً حيوياً، لكن هذا يمكن أن يقلل من كفاءة المحطة بنسبة تتراوح بين ٢ إلى ١٠٪.

ينبغي أن تخضع كل تلك الآثار لإحصاء دقيق يبين كل جوانبها السلبية في مقابل إيجابياتها وفوائدها للتنمية المستدامة، ومن ثم اتخاذ القرار بالاعتماد على ذلك النموذج من الطاقة أو استبعاده جزئياً أو كلياً.

كما أن التقدم التقني قد يسهم في التقليل من الآثار البيئية للطاقة الشمسية وغيرها من الطاقات المتجددة من خلال ابتكار تقنيات تقلل من استخدام المواد الضارة بالبيئة في تصنيعها، وتوفير بدائل مناسبة اقتصادياً وبيئياً.

الآثار الاجتماعية: توفر الفوائد الإيجابية للطاقة الشمسية في العالم النامي الحجج للتوسع في استخدامها. فهناك حوالي ١.٤ مليار شخص لا يزودون بالكهرباء. ويمكن لنظم الطاقة الشمسية المنزلية والشبكات المحلية التي تعمل بالطاقة الكهروضوئية أن توفر الكهرباء للعديد من المناطق التي تزداد فيها تكلفة الاتصال بالشبكة الرئيسية زيادة باهظة. ويظهر تأثير الكهرباء وتقنيات الطاقة الشمسية على السكان المحليين من خلال قائمة طويلة من المزايا المهمة، مثل: استبدال مصابيح الكيروسين الملوثة في الأماكن المغلقة ومواقد الطبخ غير الفعالة؛ وتزايد القراءة في الأماكن المغلقة؛ وخفض وقت جمع الحطب لطهي الطعام (ما يسمح للنساء والأطفال، الذين عادة ما يقومون بجمعه، بالتركيز على أولويات أخرى)؛ وإضاءة الشوارع من أجل الأمان؛ وتحسين الصحة من خلال توفير تبريد لحفظ اللقاحات والمنتجات الغذائية؛ وأخيراً، أجهزة الاتصالات (على سبيل المثال، أجهزة التلفزيون والراديو). كل هذه توفر عدداً لا يحصى من الفوائد التي من شأنها تحسين حياة الناس.

ويُعتبر استحداث فرص العمل أحد الاعتبارات الاجتماعية المهمة المرتبطة بتقنيات الطاقة الشمسية. وتشير الدراسات إلى أن الطاقة الكهروضوئية الشمسية هي الأعلى بين أسرة تقنيات الطاقة الشمسية من حيث إمكانية استحداث الوظائف؛ حيث يتم استحداث ما يقرب من ٠,٨٧ وظيفة في السنة لكل جيجا واط في الساعة من خلال الطاقة الشمسية الكهروضوئية، تليها مركبات الطاقة الشمسية حيث تستحدث حوالي ٠,٢٣ وظيفة في السنة لكل جيجا واط. وعندما تطرح بشكل صحيح، يمكن لهذه الدلائل المتعلقة بالوظائف أن تساعد على تسريع القبول الاجتماعي وزيادة استعداد الجمهور لتقبل ما يُنظر إليه على أنه عيوب الطاقة الشمسية، مثل الأثر من ناحية المنظر.

يمكن للطاقة الشمسية التي تحظى بها منطقة الخليج أن تكون مصدراً رئيساً للتنمية المستدامة من خلال ما ستحدثه - إذا تم الاعتماد عليها - من وفورات في النفط والغاز، وتقليل في الانبعاثات الكربونية وغازات الدفيئة، إلى جانب توطيد تلك التقنية في البيئة الخليجية، وما يتبع ذلك التوطين من توفير فرص العمل، وتأهيل أعداد كبيرة من الشباب الخليجي للعمل في هذا المجال الهام.



## طاقة الرياح

الآثار البيئية: يتجه العالم المتقدم نحو طاقة الرياح، نظراً لتوفرها في أغلب بيئات المعمورة، ولعوائدها الكبيرة البيئية والاقتصادية والاجتماعية. وقد خطت دول مجلس التعاون خطوات مشجعة لاستغلال طاقة الرياح. ويساعد على ذلك تقنيات التنبؤ بالرياح وسرعاتها ومدتها الزماني.

وإذا كان لطاقة الرياح قدرة كبيرة على تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة (وهي تقللها بالفعل). إلا أن كثيراً من الدراسات تشير إلى ضعف هذا المردود البيئي، وأن بصمات طاقة الرياح في مجال تقليل الانبعاثات الغازية الضارة محدودة. بيد أنه كما هو الحال مع الأنشطة الصناعية الأخرى، فإن لطاقة الرياح القدرة على إحداث بعض التأثيرات الضارة على البيئة وأنشطة البشر ورفاهيتهم. وقد حدد كثير من الحكومات المحلية والوطنية اشتراطات للتخطيط واختيار المواقع للتقليل من تلك الآثار. ومع زيادة انتشار طاقة الرياح والنظر في إقامة محطات أكبر لطاقة الرياح، قد تصبح المخاوف القائمة أكثر حدة وتنشأ مخاوف جديدة.

وعلى الرغم من المنافع البيئية الأساسية لطاقة الرياح التي تنتج عن إحلالها محل الكهرباء المولدة من محطات الطاقة التي تعتمد على الوقود الأحفوري، فإن تقدير هذه المنافع يخضع للخصائص المميزة لتشغيل الشبكة الكهربائية، وقرارات الاستثمار التي تتخذ بشأن إقامة محطات طاقة جديدة.

وفي الأجل القصير، فإن طاقة رياح متزايدة ستحل على نحو نموذجي محل عمليات المحطات التي تعمل بحرق الوقود الأحفوري. إلا أنه في الأجل الأطول، قد يتطلب الأمر إقامة محطات توليد جديدة، ويمكن أن يؤثر وجود طاقة الرياح على تحديد نوع محطات الطاقة التي يتم بناؤها. كما يتعين مراعاة الآثار الناجمة عن الصناعة التحويلية، والنقل وإقامة المنشآت وتشغيل توربينات الرياح ووقف تشغيلها.

وباستعراض الدراسات المتاحة يتبين أن الطاقة الأحفورية المستخدمة والغازات المسببة للاحتباس الحراري الناتجة خلال هذه الخطوات صغيرة بالمقارنة بالكهرباء التي يجري توليدها والانبعاثات التي يتم تجنبها عبر محطة طاقة الرياح. ويقدر أن كثافة انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري الناتجة عن طاقة الرياح تتراوح من ٨ إلى ٢٠ جرام من ثاني أكسيد الكربون للكيلو واط ساعة في معظم الأحوال، في حين يتراوح زمن عائد الطاقة بين ٣.٤ و ٨.٥ شهراً. وإضافة لذلك، فإنه لم يتبين أن التغلب على تباين ناتج طاقة الرياح يقلل كثيراً من منافع طاقة الرياح بالنسبة لغازات الدفيئة.

وقد بحثت دراسات أخرى الآثار الإيكولوجية المحلية لتنمية طاقة الرياح. إن تشييد محطات طاقة الرياح على البر وفي البحر على حد سواء، يؤثران على الحياة البرية من خلال ارتطام الطيور والخفافيش بها، ومن خلال التعديلات التي تطرأ على الموائل والنظم الأيكولوجية، مع تعلق طبيعة هذه الآثار وحجمها بمواقع معينة وبأنواع برية معينة. وبالنسبة لطاقة الرياح في البحر، يتعين مراعاة التداعيات على الموارد الموجودة في القاع، ومصائد الأسماك والحياة البحرية بصفة أعم. كما تجرى البحوث حول التأثير المحتمل لمحطات طاقة الرياح على المناخ المحلي. وأعداد الطيور والخفافيش التي تلقي حتفها من خلال الارتطام بتوربينات الرياح من بين المخاوف البيئية التي تحظى بصدى واسع في وسائل الإعلام. ورغم أن الكثير لا يزال مجهولاً عن طبيعة هذه

التأثيرات وتداعياتها على مستوى الأعداد، فإن معدل هلاك الطيور قدر بما بين ٠.٩٥ و ١١.٦٧ لكل ميغا واط سنوياً. وأثارت زيادة معدل هلاك الطيور الجارحة، وإن قل كثيراً عددها المطلق، مخاوف خاصة في بعض الحالات، ومع زيادة طاقة الرياح من البحر، زادت أيضاً المخاوف على الطيور البحرية. ولم يتم بحث معدل هلاك الخفافيش بمثل هذا التوسع، لكن معدلات الهلاك تتراوح بين ٠,٢ و ٥٣,٣ لكل ميغا واط سنوياً؛ ويمثل تأثير محطات طاقة الرياح على أعداد الخفافيش التي تهلك مصدر قلق في الوقت الراهن. كما يمكن النظر إلى حجم معدلات الهلاك الناجمة عن ارتطام الطيور والخفافيش ونتائجها على مستوى الأعداد، في سياق معدلات الهلاك الأخرى الناجمة عن الأنشطة البشرية. ويبدو أن عدد الطيور المهالكة من جراء محطات طاقة الرياح القائمة أقل مما يعزى إلى الأسباب الأخرى لوفاة الطيور التي تنتج عن فعل الإنسان، وقد أشير إلى أن محطات طاقة الرياح على البر لا تسبب حالياً انخفاضاً كبيراً في أعداد الطيور، كما تؤثر الخيارات الأخرى للإمداد بالطاقة على الطيور والخفافيش بسبب الارتطام، والتعديلات في الموئل والإسهامات في تغير المناخ العالمي.

ويقتضى الأمر اتباع أساليب محسنة لتقييم الآثار على مستوى الأعداد الخاص بأنواع بعينها وإمكان تخفيفها، وكذلك إجراء مقارنات دامغة بين آثار طاقة الرياح وآثار خيارات الإمداد بالكهرباء الأخرى. كما يمكن لمحطات طاقة الرياح أن تؤثر على الموائل والنظم الأيكولوجية من خلال التفادي أو الترحيل من منطقة ما، وتدمير الموائل وتقليل التكاثر.

وإضافة لذلك، أصبحت آثار محطات طاقة الرياح على الحياة البحرية موضع تركيز مع زيادة تنمية المحطات البحرية. وتتباين آثار طاقة الرياح على الحياة البحرية فيما بين مراحل التركيب والتشغيل وإيقاف التشغيل، وتعتمد كثيراً على الظروف الخاصة بمواقع بعينها، وقد تكون إيجابية أو سلبية.

وتشمل الآثار السلبية المحتملة أصوات المياه الجوفية. والاهتزازات، والحقول الكهرومغناطيسية، والاختلال الطبيعي واستيطان الأنواع الغازية. بيد أن الهياكل الطبيعية قد تستحدث مواقع أو موائل أنسال جديدة، أو تعمل كحواجز مرجانية اصطناعية أو وسائل لتجمع الأسماك. والأمر يستلزم إجراء بحوث إضافية بشأن هذه الآثار وعواقبها في الأجل الطويل وعلى مستوى الأعداد، لكنها لا تبدو كبيرة على نحو غير متناسب مقارنة بطاقة الرياح على البر.

الآثار الاجتماعية: وقد توصلت عمليات الاستقصاء باستمرار إلى أن الرأي العام يرحب بطاقة الرياح على نطاق واسع. إلا أن تحويل هذا التأييد إلى المزيد من الانتشار، يتطلب عادة تأييد المجتمعات المحلية المضيفة وصناع القرار، وهو الأمر الذي ظهر جلياً في تبني الحكومات الخليجية مشروعات طموحة لطاقة الرياح، وخاصة في السعودية وعمان والإمارات.

وتُثار - إضافة للمخاوف الأيكولوجية - جملة من المخاوف بشأن آثار محطات طاقة الرياح على المجتمعات المحلية. وربما كان الأمر الأهم، هو أن تقنيات طاقة الرياح الحديثة تعمل على إقامة هياكل ضخمة، ومن ثم فإن توربينات الرياح ستكون ماثلة لا محالة على مرأى الجميع. وتشمل الآثار الأخرى التي تثير القلق استعمال البر والبحر (بما في ذلك التداخل المحتمل مع الرادارات) وآثار القرب من الضوضاء والارتعاش، والتأثير على قيمة العقارات.



وبغض النظر عن نوع الآثار الاجتماعية والبيئية ودرجتها، فإن معالجتها يعتبر جزءاً جوهرياً من أي عملية ناجحة للتخطيط لمحطات الرياح واختيار موقعها، وإشراك السكان المحليين يعد عادة جزءاً لا يتجزأ من تلك العملية. وعلى الرغم من أن بعض المخاوف يمكن تبديدها بسهولة، فإن البعض الآخر - مثل الآثار البصرية - يصعب علاجه. ويقتضي الأمر مواصلة الجهود للحصول على فهم أفضل لطبيعة الآثار القائمة وحجمها، مع بذل جهود للتقليل من تلك الآثار إلى أدنى حد والتخفيف منها، بشكل متزامن مع الزيادة في نشر طاقة الرياح. وعلى المستوى العملي، كانت عملية التخطيط واختيار المواقع عقبه أمام تطوير طاقة الرياح في بعض البلدان، لأن لوائح التخطيط واختيار المواقع تختلف بصورة كبيرة باختلاف السلطات الولائية.

ولا تمثل مسألة اختيار مواقع التوربينات مشكلة كبيرة في دول مجلس التعاون، نظراً لاتساع الظهير الصحراوي في هذه البلدان، مما يتيح فرصة كبيرة لتلافي كثير من الآثار البيئية والاجتماعية سالفة الذكر.

### الطاقة الحرارية الأرضية

وهي طاقة ضعيفة التمثيل في مشهد الطاقة الخليجي، وعالمياً أيضاً، رغم العديد من المميزات التي تحظى بها كعدم تأثر فعاليتها بتغيرات المناخ، ودخولها في كثير من التطبيقات المنزلية والزراعية.

الآثار البيئية: هناك آثار بيئية متعلقة بالطاقة الحرارية الأرضية، وهي على نحو نموذجي ترتبط بالموقع وبالتقنية. وهذه الآثار يمكن عادة تديرها، نظراً لضآلة حجمها النسبي. وثاني أكسيد الكربون هو الانبعاث الرئيسي من الغازات المسببة للاحتباس الحراري (غازات الدفيئة) من جراء العمليات الحرارية الأرضية، رغم أنه لا ينتج عن الاحتراق، ولكنه ينبعث من مصادر تحدث بصورة طبيعية. وقد توصل مسح ميداني لمحطات الطاقة الحرارية الأرضية العاملة في ٢٠٠١، إلى وجود انتشار واسع في معدلات ثاني أكسيد الكربون، بقيم تتراوح من ٤ إلى ٧٤٠ جرام/كيلو واط ساعة كهرباء حسب تصميم التقنية ومكونات السائل الحراري الأرضي في الخزان الجوفي. والانبعاثات المباشرة من ثاني أكسيد الكربون بالنسبة لتطبيقات الاستخدام المباشر ليس لها شأن يذكر، في حين يتم تصميم محطات قوى النظم الحرارية الأرضية هندسيا باعتبارها نظماً للدوران في طور السيولة مغلقة الحلقة، تبلغ انبعاثاتها المباشرة صفرًا. وتتوقع تقييمات دورة الحياة أن تقل انبعاثات مكافئات ثاني أكسيد الكربون عن ٥٠ جرام/كيلو واط ساعة كهرباء بالنسبة لمحطات الطاقة الحرارية الأرضية. وأقل من ٨٠ جرام/كيلو واط ساعة كهرباء بالنسبة للأنظمة الحرارية الأرضية المصممة هندسياً المتوقعة، وما بين ١٤ و ٢٠٢ جرام/كيلو واط ساعة كهرباء لنظم التسخين المباشر والمضخات الحرارية الأرضية والطاقة المشترك.

وتقتضي الآثار البيئية المقترنة بمشاريع الطاقة الحرارية الأرضية النظر في طائفة من آثار استخدام الهواء والأرض والمياه محلياً خلال مرحلتي التشييد والتشغيل على حد سواء الشائعتين في معظم مشروعات الطاقة والتي ترتبط خصيصاً بالطاقة الحرارية الأرضية. وتنطوي الأنظمة الحرارية الأرضية على ظواهر طبيعية، وهي عادة ما تفرغ غازات مختلطة مع بخار ناجمة عن صدوع سطحية، ومعادن ذائبة في المياه من الينابيع الساخنة، قد تكون بعض الغازات خطيرة، لكنها عادة تعالج أو يتم رصدها خلال الإنتاج. وفي الماضي، كان التخلص من المياه المعزولة على سطح الأرض أكثر شيوعاً، لكنه لا يحدث حالياً إلا في ظروف استثنائية.

وعادة ما يتم حقن الماء الملحي الحراري الأرضي لإعادته للخزان أو لدعم ضغط الخزان وتفادي الآثار البيئية المعاكسة. ويمكن للتخلص منه على سطح الأرض، إذا تجاوز بقدر مفرط معدلات تدفق الينابيع الحارة الطبيعية، وإن لم يتم تخفيفه بقوة، أن يحدث أثراً معاكسة على إيكولوجيا الأنهار أو البحيرات أو البيئات البحرية.

وقد تتأثر المخاطر المحلية الناجمة عن ظواهر طبيعية، مثل الزلازل متناهية الصغر، وتفجر البخار الحراري المائي، وانخساف الأرض، بتشغيل الحقول الحرارية الأرضية. وخلال ١٠٠ سنة من التطوير، لم يحل دمار يذكر بأي من المباني أو الهياكل في نطاق عمليات استغلال الحرارة الأرضية أو بالمجتمع المحلي من جراء زلازل ضحلة مصدرها إنتاج الحرارة الأرضية أو أنشطة الحقن.

**الآثار الاجتماعية:** وتتمثل الآثار الاجتماعية في قلق المجتمعات الموجودة في نطاق مشروعات الطاقة الحرارية الأرضية من آثار الحفر العميق والانبعاثات الناجمة عنها. وقد أثارت بعض مشروعات إثبات جدوى الأنظمة الحرارية الأرضية المصممة هندسياً، خاصة في الأماكن المأهولة في أوروبا، معارضة من المجتمع. وتولد عملية حقن المياه الباردة باستخدام الضغط العالي في الصخور الساخنة، وقائع زلزالية صغيرة. ولم تكن الوقائع الزلزالية المستحدثة كبيرة بما تكفي لكي تؤدي لإصابات بشرية أو دمار كبير للعقارات، لكن الإدارة السليمة لهذه المسألة سيكون خطوة مهمة لتسهيل التوسع الكبير في مشروعات الأنظمة الحرارية الأرضية المصممة هندسياً في المستقبل.

وتتراوح متطلبات استخدام الأرض من ١٦٠ إلى ٢٩٠ متر مربع جيغا واط ساعة كهرباء/سنيوياً، باستبعاد الآبار، وما يصل إلى ٩٠٠ متر مربع جيغا واط ساعة كهرباء/سنيوياً، بإدراج الآبار. وتشمل الآثار المميزة لاستخدام الحرارة الأرضية على استخدام الأرضي، تأثيرات على الخصائص الطبيعية القائمة مثل الينابيع، والينابيع الحارة، والمنافذ البركانية الصغيرة. وهناك قضايا مرفوعة أمام محاكم مختصة في مواقع كثيرة (مثل اليابان، والولايات المتحدة، ونيوزيلندا) لتوقف أعمال الحفر الخاصة بالطاقة الحرارية الأرضية، مما يمكن أن يشكل عقبة كؤوداً أمام زيادة التوسع في تنمية مشروعات ذلك النوع من الطاقة.

ولتلافي الآثار الاجتماعية، يجب ان تكون تلك المشروعات بعيدة عن البيئات المأهولة بمقدار كاف، لا يسبب أي مخاطر صحية أو بيئية للمجتمع.

### طاقة الكتلة الأحيائية

لا تتمتع منطقة الخليج بثروة زراعية وحيوانية متنوعة نظراً لظروف الطقس الحار وشح المياه، إلا أن المتاح من هذه الثروات يمكن أن يمثل بديلاً اقتصادياً وتنموياً لمصادر الطاقة التقليدية.

ولإنتاج الطاقة الحيوية آثار معقدة تتداخل مع النظم الاجتماعية والبيئية الأخرى. وتباين بواعث القلق - التي تتراوح ما بين الصحة والفقر والتنوع الأحيائي وندرة المياه ونوعيتها - وفقاً لكثير من العوامل، تشمل الظروف المحلية وخيارات التقنية والمواد الأولية، وتصميم معايير الاستدامة، وتصميم وتنفيذ مشروعات



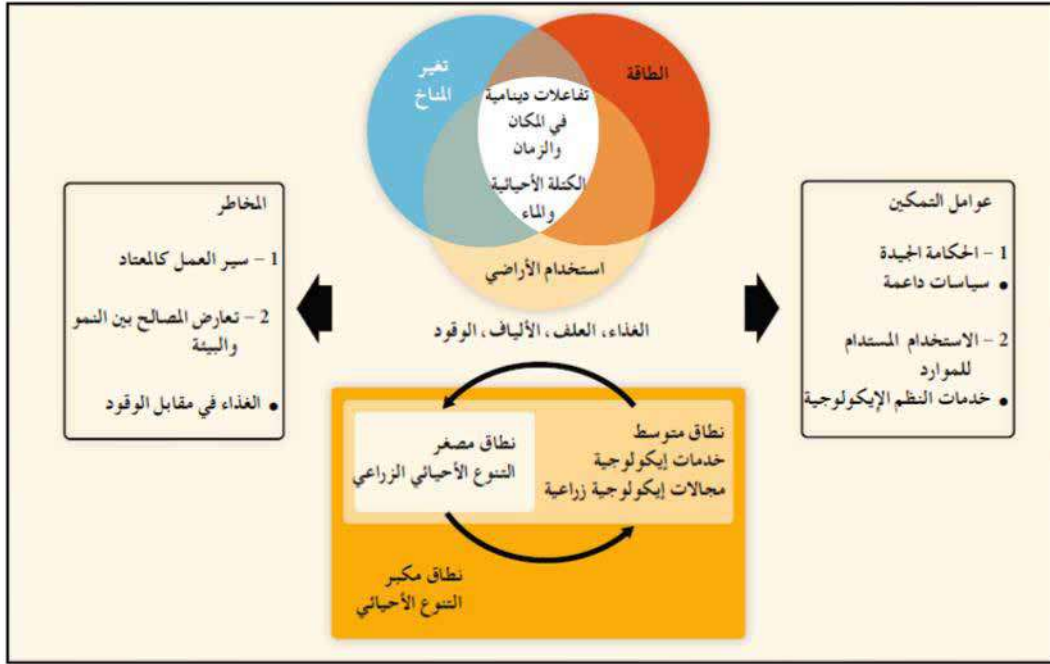
معينة. ولعل الأهم هو الإدارة العامة والحكامة الشاملة لاستخدام الأراضي حينما تنتج الكتلة الأحيائية لأغراض الطاقة مفضلة في ذلك على تلبية الاحتياجات الغذائية وغيرها من متطلبات الزراعة وإنتاج المواشي والألياف.

الآثار البيئية: ويحدث تغير مباشر في استخدام الأراضي حينما يغير إنتاج المواد الأولية لأغراض الطاقة الحيوية من استخدامات الأراضي الحالية، مما يسفر عن تغيير في مخزونات الكربون فوق الأرض وتحتهما. ويحدث تغيير غير مباشر في استخدام الأراضي حينما يطرأ تغيير في مستوى إنتاج مادة زراعية (مثل الحد من إنتاج الأغذية أو العلف نتيجة لتحويل استخدام الأراضي الزراعية لإنتاج مواد أولية للطاقة الحيوية) يفضى إلى تحول تحركه قوى السوق في أنشطة إدارة الأراضي (مثل تغير استخدام الأراضي المباشر) خارج منطقة توسع في الإنتاج الأولى. ولا يكون التغير في الاستخدامات غير المباشرة للأراضي ملحوظاً، إذ يتسم بتعقيد يحول دون نمذجته وبصعوبة عزوه إلى سبب بمفرده، حيث تتداخل قوى فاعلة متعددة وأنشطة صناعية وبلدان وسياسات وأسواق تداخلاً دينامياً في هذا الصدد.

وفي الحالات التي تكون فيها الزيادات في استخدام الأراضي نتيجة لإنتاج الكتلة الأحيائية مصحوبة بحدوث تحسينات في الإدارة الزراعية (مثل تكثيف إنتاج المحاصيل المعمرة وإنتاج المواشي في الأراضي المتدهورة)، يمكن تجنب الآثار غير المرغوبة للتغيير غير المباشر في استخدام الأراضي. ويمكن أن تنشأ بعض الصراعات، إذا لم تراعى. ومن ثم، فإن الأداء العام لنظم إنتاج الطاقة الحيوية يرتبط على نحو وثيق بإدارة استخدام الأراضي وموارد المياه. وينبغي الموازنة بين تلك الأبعاد وإدارتها بوضع استراتيجيات وعمليات صنع قرار ملائمة.

ويمكن لمعظم نظم الطاقة الحيوية أن يسهم في التخفيف من آثار تغير المناخ إذا حلت محل الاستخدام التقليدي للوقود الأحفوري، وإذا جرى الحفاظ على مستويات الانبعاثات الناتجة عن إنتاج الطاقة الحيوية منخفضة. ويمكن للانبعاثات المرتفعة لأكسيد النيتروز الناجمة عن إنتاج المواد الأولية واستخدام الوقود الأحفوري في عملية تحويل الكتلة الأحيائية، أن تؤثر تأثيراً شديداً على وفورات غازات الدفيئة. وتشمل خيارات تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة: الممارسات السليمة في إدارة الأسمدة، وعملية الإدماج لتقليل الخسائر لأدنى حد، واستخدام فائض الحرارة، واستخدام الكتلة الأحيائية أو غير ذلك من مصادر الطاقة منخفضة الكربون كوقود عمليات.

وهناك أساليب مختلفة لتقييم انبعاثات غازات الدفيئة من خيارات الجيل الأول والثاني الرئيسية للوقود الأحيائي. ويمكن لمشروعات الطاقة الحيوية ذات الإدارة الجيدة خفض انبعاثات غازات الدفيئة إلى حد كبير مقارنة بالبدايل الأحفورية، وخاصة بالنسبة للكتلة الأحيائية الليجنوسيليلوزية المستخدمة في توليد الطاقة الكهربائية والحرارية، وعندما تكون تلك المواد الأولية متوافرة تجارياً.



شكل (٥٢): التفاعلات الدينامية المعقدة بين المجتمع والطاقة والبيئة المرتبطة بالطاقة الأحيائية. تمثل نهج عمليات الإنتاج غير المنسقة للغذاء والوقود التي تظهر في إطار ضعف حكمة استخدام الأراضي، نماذج لممارسات العمل كالمعتاد.

Source: Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2012 (51).

ولدى معظم النظم الحالية لإنتاج الوقود الأحيائي انخفاضات كبيرة في انبعاثات غازات الدفيئة بالنسبة لأنواع الوقود الأحفوري المُرّاح، إذا لم يُؤخذ في الاعتبار أي آثار لتغير استخدام الأراضي غير المباشر. والغالبية العظمى من تقديرات دورة حياة انبعاثات غازات الدفيئة تتكفل بين نحو ١٦ و ٧٤ جرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون/كيلو واط ساعة.

وبالنسبة لتطبيقات المركبات الخفيفة، يمكن لقصب السكر اليوم والمواد الليجنوسيليلوزية الأولية في المدى المتوسط أن توفر وفورات كبيرة من الانبعاثات المتصلة بالبنزين. وفي حالة وقود الديزل، يعتمد نطاق انبعاثات غازات الاحتباس الحراري على انبعاثات بصمة كربون المواد الأولية. ويوفر الميثان الحيوي المشتق من الغاز الحيوي أيضاً تخفيضاً في الانبعاثات (مقارنة بالغاز الطبيعي) في قطاع النقل.

وترتبط تأثيرات تلوث الهواء من الطاقة الحيوية بتقنية الطاقة الحيوية (بما في ذلك تقنيات مكافحة التلوث). ويمكن لمواقد الطبخ المحسنة من الكتلة الأحيائية أن تتيح تخفيفاً كبيراً وفعالاً من حيث التكلفة لانبعاثات غازات الدفيئة مع منافع مشتركة تفيد القطاع الريفي الذي يعتمد على الطاقة الحيوية التقليدية لأغراض الطهي والتدفئة، من حيث الصحة ونوعية الحياة.

وإذا انعدمت الإدارة السليمة، فإن زيادة إنتاج الكتلة الأحيائية من شأنه أن يزيد المنافسة على المياه في المناطق الجردية، وهو أمر غير مرغوب فيه. فالماء قضية حاسمة تحتاج إلى تحليل أفضل على الصعيد الإقليمي لفهم التأثير الكامل للتغيرات في الغطاء النباتي وفي إدارة استخدام الأراضي. وتشير الدراسات الحديثة إلى إمكانية إدخال تحسينات كبيرة في نجاعة استخدام المياه في الزراعة التقليدية، ومحاصيل الطاقة الحيوية

والنظم المحصولية الدائمة - اعتماداً على الموقع والمناخ - ومن خلال تحسين الاحتفاظ بالماء وخفض تبخر المياه المباشر من التربة.

**الآثار الاجتماعية:** وتعتبر الآثار الاجتماعية المرتبطة بالتوسع الكبير في إنتاج الطاقة الحيوية معقدة جداً ويصعب قياسها كميًا. ويمثل الطلب على الوقود الأحيائي أحد دوافع نمو الطلب في قطاع الزراعة، ويسهم بالتالي في زيادة أسعار المواد الغذائية العالمية. وحتى بالنظر إلى ما يمكن للمزارعين الفقراء أن يجنوه من زيادة الأسعار، فإن ارتفاع أسعار المواد الغذائية يؤثر سلباً على مستويات الفقر، والأمن الغذائي، وسوء التغذية للأطفال.

ومن ناحية أخرى، يمكن أن يوفر الوقود الأحيائي أيضاً فرصاً لتحقيق تقدم في مجال التنمية الريفية والنمو الزراعي، وخصوصاً عندما يكون هذا النمو مستداماً من الناحية الاقتصادية. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن توفير نفقات الوقود الأحفوري، وإعداد كميات أكبر للتصدير. ومع ذلك، فسواء انتهت هذه الفوائد في نهاية المطاف لصالح المزارعين في المناطق الريفية، فهي تعتمد إلى حد كبير على الطريقة التي تُنظم بها سلاسل الإنتاج وكيفية تنظيم استخدام الأراضي.

ويمكن لوضع أطر الاستدامة ومعاييرها أن يحد من التأثيرات السلبية المحتملة المرتبطة بإنتاج الطاقة الحيوية، وتؤدي إلى زيادة النجاعة أكثر مقارنة بالنظم الحالية. ويمكن أن تسهم الطاقة الحيوية في التخفيف من آثار تغير المناخ، وتوفير إمدادات طاقة آمنة ومتنوعة. وفي التنمية الاقتصادية في البلدان المتقدمة والنامية على السواء، لكن آثار الطاقة الحيوية على الاستدامة البيئية قد يكون إيجابياً أو سلبياً حسب الظروف المحلية، وكيفية تحديد المعايير، وكيفية تصميم المشاريع وتنفيذها، من بين عوامل أخرى كثيرة.

### الطاقة المائية

على الرغم من حداثة استغلال الطاقة المائية لإنتاج الكهرباء - المحطة الكهرومائية في حثّا التي أنشأتها كهرباء دبي - إلا أنه من الممكن أن يكون لها بعض التأثيرات البيئية والاجتماعية التي يمكن تلافيها بطرق وتقنيات متعددة.

**الآثار البيئية:** على غرار كافة خيارات إدارة الطاقة والمياه، فإن مشروعات الطاقة المائية لها آثار بيئية واجتماعية سلبية وإيجابية. فعلى الصعيد البيئي، قد يكون للطاقة المائية بصمة بيئية كبيرة على الصعيد المحلي والإقليمي، بيد أنها تتيح مزايا على الصعيد الإيكولوجي الكلي. وفيما يتعلق بالآثار البيئية، قد يترتب على مشروعات الطاقة المائية إعادة توطين مجتمعات تعيش داخل نطاق - أو بالقرب من - خزان التجميع أو مواقع التشييد، وتعويض المجتمعات التي تغمر أراضيها المياه، ومعالجة قضايا الصحة العامة وغيرها.

ومع ذلك، فإن مشروع طاقة كهرومائية مصمم تصميماً سليماً، قد يمثل قوة دفع محركة للتنمية الاجتماعية الاقتصادية، رغم أنه يظل سؤال مهم مطروحاً بشأن كيفية تقاسم هذه المنافع.

وتؤثر كافة المنشآت المائية على البيئة الأحيائية المائية، أساساً بإحداث تغيير في الخصائص الهيدرولوجية وبقطع التسلسل الإيكولوجي المتواصل لنقل الرواسب وهجرة الأسماك من خلال بناء السدود والحواجز الصخرية والموانع. ومع ذلك، فإن تحديد مدى التغيرات التي تطرأ على خصائص البيئة المائية الطبيعية والكيميائية والأحيائية ونظامها البيئي، تعتمد إلى حد كبير على نوع محطات الطاقة المائية. وفي حين أن مشروعات توليد الطاقة المائية من جريان الماء لا تغير الطاقة الكهرومائية، فإن إنشاء خزان للطاقة المائية بالضخ للتخزين يفرض تغيير بيئي كبير بتحويل نظام بيئي لماء واسع الجريان إلى بحيرة اصطناعية راكدة.

وتظهر تقييمات دورة الحياة التي تقيس انبعاثات غازات الدفيئة الصادرة عن محطات الطاقة المائية خلال التشييد، والتشغيل والصيانة، والتفكيك، أن غالبية تقديرات انبعاثات غازات الدفيئة في دورة الحياة لمجموعة الطاقة المائية تتراوح بين ٤ و ١٤ جرام من ثاني أكسيد الكربون المكافئ/كيلوواط ساعة، بيد أنه وفقاً لسيناريوهات معينة، ثمة إمكانية محتملة لانبعاث كميات أكبر كثيراً من غازات الدفيئة. فعلى الرغم من أن بعض المسطحات المائية الطبيعية قد تمتص حتى انبعاثات غازات دفيئة أكبر مما تصدره، فثمة حاجة مؤكدة إلى إجراء تقييم سليم لصافي التغير في انبعاثات غازات الدفيئة الناجمة عن إنشاء هذه المسطحات.

الآثار الاجتماعية: وعلى منوال الآثار الإيكولوجية لمشروع للطاقة الكهرومائية، يتباين مدى آثاره الاجتماعية على المجتمعات المحلية والإقليمية، وعلى استخدام الأراضي، والاقتصاد، والصحة والسلامة، أو التراث، وفقاً لنوع المشروع والأحوال المحددة الخاصة بالموقع. وعلى الرغم من أن مشروعات توليد الطاقة من التيار المائي تحدث تغييراً اجتماعياً طفيفاً، فإن إنشاء خزان تجميع في منطقة كثيفة السكان يؤدي إلى تحديات كبيرة تتعلق بإعادة التوطين والآثار الواقعة على سبل عيش السكان خلف الخزان. وإصلاح مستوى معيشة المجتمعات المتضررة وتحسينها مهمة شاقة طويلة الأمد أديرت بنجاح تحقق بنسب متباينة في الماضي. و يتوقف إلى حد بعيد ما إذا كانت محطات الطاقة المائية تستطيع الإسهام في تعزيز التنمية الاجتماعية الاقتصادية، على كيفية تقاسم وتوزيع الخدمات والإيرادات العامة بين مختلف أصحاب المصلحة. كما يمكن لمحطات الطاقة المائية أن تحدث أثراً إيجابياً على الأحوال المعيشية للمجتمعات المحلية والاقتصاد الإقليمي، ليس فقط بتوليد الكهرباء، بل إنها أيضاً بتيسير إنشاء نظم تخزين للمياه تضاعف الأنشطة الأخرى المعتمدة على المياه، مثل الري والملاحة والسياحة ومصايد الأسماك أو إمداد الأحياء السكنية والصناعات بالمياه الكافية مع حمايتها في الوقت نفسه من الفيضانات ونوبات الجفاف.

ويمثل تقييم وإدارة الآثار البيئية والاجتماعية المرتبطة، بصفة خاصة، بالمحطات الكبيرة للطاقة المائية، تحدياً رئيساً يواجه تنمية الطاقة المائية. ونظراً لأن نهج التشاور مع أصحاب المصلحة يؤكد على الشفافية ويقوم على عملية منفتحة وتشاركية لصنع القرار، فإنه يدفع مشروعات الطاقة المائية الحالية والمستقبلية صوب إيجاد حلول صديقة للبيئة ومستدامة على نحو متزايد باطراد. وفي كثير من البلدان، جرى وضع إطار عمل قانوني وتنظيمي لتحديد سبل تنمية وتشغيل مشروعات الطاقة المائية، وفي الوقت نفسه قام العديد من هيئات التمويل متعددة الأطراف بوضع مبادئه التوجيهية ومتطلباته الخاصة بتقييم الأداء الاقتصادي والاجتماعي والبيئي لمشروعات الطاقة المائية.

## الطاقة البحرية

الأثار البيئية والاجتماعية: الطاقة البحرية لا تبعث ثاني أكسيد الكربون مباشرة أثناء التشغيل؛ إلا أن انبعاثات غازات الدفيئة قد تنشأ عن جوانب مختلفة لدورة حياة نظم الطاقة البحرية، بما في ذلك استخراج المواد الخام وتصنيع المكونات، والبناء والصيانة وعمليات إيقاف التشغيل. وقد نُشر استعراض شامل لدراسات تقييم دورة الحياة منذ عام ١٩٨٠ ويشير إلى أن انبعاثات دورة حياة غازات الدفيئة من أنظمة طاقة الأمواج وطاقة المد والجزر أقل من ٢٣ جراماً من ثاني أكسيد الكربون المكافئ/كيلوواط ساعة، مع متوسط تقدير لانبعاثات دورة حياة غازات الدفيئة بحوالي ٨ جرام من ثاني أكسيد الكربون المكافئ/كيلوواط ساعة لطاقة الأمواج. لكن الدراسات المتوفرة غير كافية لتقدير انبعاثات دورة الحياة من الفئات الأخرى من تقنية الطاقة البحرية. وبغض النظر عن ذلك، فبالمقارنة بتقنيات توليد الطاقة الأحفورية، تبدو انبعاثات دورة حياة غازات الدفيئة من أجهزة الطاقة البحرية منخفضة.

ويجري حالياً تقييم الأثار الاجتماعية المحلية والبيئية لمشاريع الطاقة البحرية حيث يتضاعف الانتشار الفعلي، لكن يمكن تقديرها استناداً إلى تجربة الصناعات البحرية والواقعة في عرض البحار الأخرى. وتبدو المخاطر البيئية من تقنيات الطاقة البحرية منخفضة نسبياً، لكن المرحلة المبكرة من نشر الطاقة البحرية تستحدث شكوكاً حول مدى تقييد الشواغل الاجتماعية والبيئية للتنمية في نهاية المطاف.

ولكل تقنية من تقنيات الطاقة البحرية مجموعتها الخاصة بها من الأثار البيئية والاجتماعية. وقد تشمل الأثار الإيجابية المحتملة من الطاقة البحرية تجنُّب الأثار الضارة على الحياة البحرية بسبب الحد من الأنشطة البشرية الأخرى في المنطقة المحيطة بأجهزة المحيطات، وتعزيز إمدادات الطاقة والنمو الاقتصادي الإقليمي، وإيجاد فرص العمل والسياحة. وقد تشمل الأثار السلبية خفصاً في الراحة البصرية وفقدان إمكانية الوصول إلى الفضاء للمستخدمين المتنافسين، والضوضاء خلال البناء، والضجيج والاهتزاز أثناء التشغيل، والحقول الكهرومغناطيسية، وتعطل الكائنات الحية والموائل، وتغيرات نوعية المياه والتلوث المحتمل، على سبيل المثال، من المواد الكيميائية أو تسرب النفط، وغيرها من الأثار الخاصة على النظم الايكولوجية المحلية المحدودة.





# آليات تحفيز قطاع الطاقة المتجددة

## محتويات الفصل

### المبحث الأول: إدماج الطاقة المتجددة في نظم الطاقة القائمة

- فرص إدماج الطاقة المتجددة في نظم الطاقة
- دمج الطاقة المتجددة في نظم الطاقة الكهربائية
- دمج الطاقة المتجددة في شبكات التدفئة والتبريد
- دمج الطاقة المتجددة في شبكات الغاز
- دمج الطاقة المتجددة في الوقود السائل
- دمج الطاقة المتجددة في النظم المستقلة (خارج الشبكات المركزية)
- دمج الطاقة المتجددة في قطاعات الاستخدام النهائي

### المبحث الثاني: خطوات نحو المستقبل

- تأسيس أسواق لا مركزية للطاقة المتجددة
- أنظمة كهربائية قابلة للتحويل نحو الطاقة المتجددة
- الطاقة الشمسية السطحية
- كهربية قطاع النقل
- الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة
- الطاقة المتجددة وتحلية المياه
- تطوير البحث العلمي في الطاقة المتجددة
- الشراكات الداعمة لقطاع الطاقة المتجددة



## المبحث الأول: إدماج الطاقة المتجددة في نظم الطاقة القائمة

يمثل الإدماج بين مصادر الطاقة التقليدية والطاقة المتجددة أحد أهم الحلول لإقامة نموذج للطاقة المستدامة في دول مجلس التعاون. فالمنطقة أكبر منتج للوقود الأحفوري، ولديها احتياطات وافرة من ذلك الوقود بنوعيه (النفط والغاز)، والمواطن الخليجي يصنف ضمن الأعلى استهلاكاً للطاقة في العالم لاعتبارات بيئية ومناخية وثقافية واجتماعية وحكومية كثيرة.

ولا شك في أنه من غير الممكن ذلك الإحلال (الكامل أو الجزئي بتمثيل كبير) للطاقة المتجددة محل الوقود الأحفوري، حيث أن المنطقة ما زالت في بواكير سعيها الحثيث نحو امتلاك زمام الطاقة المتجددة، وأغلب التقنيات والتطبيقات مستوردة، والوقود الأحفوري يمكن أن يغطي كل الاحتياجات المحلية. ومسألة التحول نحو الطاقة المتجددة تتطلب تغييرات هيكلية في البنى التحتية، ونماذج ومنظومات الطاقة، وهي أمور تكتنفها مصاعب شتى، بدءاً من المصاعب الاقتصادية ومشكلات التمويل، ومروراً بتحديث درجات الوعي وإقرار التشريعات الملائمة، وانتهاءً بتوطين التقنيات اللازمة لإحداث التحول.

### فرص إدماج الطاقة المتجددة في نظم الطاقة

تطورت نظم الإمداد بالطاقة في العديد من البلدان على مدى عقود، مما ساعد التوزيع الكفء والفعال التكلفة للكهرباء والغاز والحرارة وناقلات طاقة النقل على توفير خدمات طاقة مفيدة للمستخدم النهائي. ويتطلب الانتقال إلى مستقبل يتميز بانخفاض استهلاك الكربون واستخدام حصص مرتفعة من الطاقة المتجددة إجراء استثمارات كبيرة في التقنيات الجديدة للطاقة المتجددة وبنيتها الأساسية، بما في ذلك إنشاء شبكات كهرباء أكثر مرونة، وتوسيع نطاق شبكات التدفئة والتبريد الحضرية، ونظم توزيع الغازات وأنواع الوقود السائل المشتقة من مصادر الطاقة المتجددة، ونظم تخزين الطاقة، وأساليب النقل الجديدة، ونظم التوزيع الابتكارية للطاقة ونظم التحكم في المباني. فمن شأن دمج الطاقة المتجددة المحسنة أن يؤدي إلى توفير طائفة كاملة من خدمات الطاقة للمجتمعات الكبيرة والصغيرة في البلدان المتقدمة والنامية على حد سواء. وبغض النظر عن نظام الإمداد بالطاقة المطبق حالياً، سواء أكان في المجتمعات الغنية بالطاقة أم الفقيرة بها، على المدى البعيد، ومن خلال التخطيط والدمج المتوازن للنظم، فإن ثمة عدد قليل من القيود المفروضة على زيادة حصص الطاقة المتجددة على المستويات الوطنية والإقليمية والمحلية إضافة إلى المباني الانفرادية، وذلك على الرغم من وجود عقبات أخرى ينبغي تذليلها.

وتواصل نظم الإمداد بالطاقة تطورها بهدف زيادة كفاءة تقنيات التحويل وتقليص الخسائر وخفض تكاليف توفير خدمات الطاقة للمستخدم النهائي. وقد يتطلب توفير حصة أكبر من التدفئة والتبريد ووقود النقل والكهرباء باستخدام الطاقة المتجددة إجراء تعديلات على السياسات والأسواق ونظم الإمداد بالطاقة الحالية بمرور الوقت بحيث يمكنها استيعاب ارتفاع معدلات النشر التي تؤدي إلى زيادة إمدادات الطاقة المتجددة.

وتتمتع جميع البلدان بالنفاذ إلى بعض موارد الطاقة المتجددة، التي تتوفر بكثرة في الكثير من أنحاء العالم. وللكثير من هذه الموارد سمات تميزها عن أنواع الوقود الأحفوري والنظم النووية. فتنشر بعض الموارد على نطاق واسع، مثل الطاقة الشمسية والطاقة البحرية، في حين تخضع موارد أخرى، مثل الطاقة المائية كبيرة النطاق، لقيود مكانية ومن ثم تصبح خيارات الدمج أكثر مركزية. وتتسم بعض موارد الطاقة المتجددة بالتقلب وبإمكانية تنبؤ محدودة. وتتميز مصادر أخرى بانخفاض كثافات الطاقة فيها وتختلف مواصفاتها الفنية عن أنواع الوقود الأحفوري الصلبة والسائلة والغازية. ومن شأن هذه السمات الخاصة بموارد الطاقة المتجددة أن تفرض قيوداً على سهولة عملية الدمج وتستجلب المزيد من التكاليف النظم، ولا سيما عند الوصول إلى حصص أعلى من الطاقة المتجددة.

ويمكن استخدام موارد الطاقة المتجددة من خلال دمجها في شبكات الإمداد بالطاقة التي تعمل على توصيل الطاقة إلى المستهلكين باستخدام ناقلات للطاقة بحصص مختلفة من الطاقة المتجددة سواء بصورة متضمنة أو عن طريق الدمج المباشر في قطاعات النقل والمباني والصناعة والزراعة للمستخدم النهائي.

وثمة فهم معقول للاحتياجات العامة والمحددة لتحسين دمج الطاقة المتجددة في نظم إمداد الطاقة. غير أنه نظراً لأن قضايا الدمج غالباً ما تخص كل موقع على حدة، فثمة نقص في تحليلات التكاليف الإضافية المعتادة لخيارات دمج الطاقة المتجددة، كما أنه يلزم إجراء بحوث في المستقبل لاستخدامها في وضع نماذج للسيئاريوهات. فعلى سبيل المثال، من غير الواضح كيف يمكن أن يؤثر الاتجاه العام المحتمل نحو تطبيق نظم للإمداد بالطاقة تتسم بقدر أكبر من اللامركزية على التكاليف المستقبلية التي ينطوي عليها تطوير إمدادات للتدفئة والكهرباء أكثر مركزية وعلى إمكانية تجنب إنشاء بنية أساسية جديدة.<sup>(١)</sup>

وقد تطورت نظم الطاقة المركزية، القائمة أساساً على الوقود الأحفوري، بحيث أصبحت تقدم خدمات طاقة للمستخدم النهائي تتميز بفعالية التكلفة على نحو معقول، باستخدام طائفة من ناقلات الطاقة بما في ذلك الوقود الصلب والسائل والغازي، والكهرباء، والحرارة. وتقتضي زيادة نشر تقنيات الطاقة المتجددة دمجها في هذه النظم القائمة عن طريق تذليل العقبات الفنية والاقتصادية والبيئية والاجتماعية المتصلة بها. ويمكن أن يتيح ظهور نظم الطاقة اللامركزية فرصاً جديدة لنشر هذه التقنيات.

ويمكن أن تصبح نظم الكهرباء القائمة على الطاقة المتجددة هي النظم المهيمنة للطاقة في المستقبل، في بعض الأقاليم، وتحديداً إذا استخدمت الكهرباء في تلبية احتياجات التدفئة والنقل؛ وهو الأمر الذي يمكن أن يحركه تحقيق تطورات موازية في المحركات التي تعتمد على الطاقة الكهربائية، وكذا زيادة الاعتماد على الكهرباء في التدفئة والتبريد (بما في ذلك استخدام المضخات الحرارية)، ومرونة خدمات تلبية الطلب (بما في ذلك استخدام العدادات الذكية)، وغيرها من التقنيات الابتكارية.<sup>(٢)</sup>

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 617.

(٢) Zeineb Abdmouleh, Rashid A. M. Alammari Adel Gastli, Review of policies encouraging renewable energy integration & best practices, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 45, May 2015, Pages 249-262.

وتختلف نظم الطاقة المختلفة اختلافاً ملحوظاً بين البلدان والأقاليم حول العالم ويتسم كل منها بالتعقيد. ونتيجة لذلك، يلزم تصميم طائفة من النهج لتشجيع دمج الطاقة المتجددة، سواء كان بصورة مركزية أو غير مركزية. وقبل إدخال أي تغيير مؤثر على نظم الإمداد بالطاقة التي تتضمن زيادة دمج الطاقة المتجددة؛ ينبغي إجراء تقييم حذر لتوفر موارد الطاقة المتجددة؛ ومدى ملاءمة التقنيات القائمة؛ والقيود المؤسسية والاقتصادية والاجتماعية؛ والمخاطر المحتملة؛ والحاجة لبناء القدرات ذات الصلة؛ وتنمية المهارات.

وتظهر أغلب السيناريوهات التي تعمل على تثبيت تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي حول ٤٥٠ جزءاً في المليون من ثاني أكسيد الكربون المكافئ أن حصة الطاقة المتجددة ستتجاوز ٥٠٪ من الطاقة الأولية منخفضة الكربون بحلول ٢٠٥٠. ولتحقيق هذه الزيادات في حصص الطاقة الأولية والاستهلاكية من الطاقة المتجددة سيتطلب الأمر تحقيق متوسط نمو تراكمي سنوي في الطاقة المتجددة الأولية يتجاوز ثلاثة أضعاف المستوى الحالي البالغ حوالي ٤.٠ إكسغل/السنة.<sup>(١)</sup>

ويتطلب نشر الطاقة المتجددة على نطاق أكبر في كل من قطاعات النقل والمباني والصناعة والزراعة أن تُفهم العناصر الاستراتيجية على نحو أفضل، كما هو الحال مع القضايا الاجتماعية. وإن مسارات الانتقال اللازمة لزيادة حصص كل تقنية من تقنيات الطاقة المتجددة من خلال عملية الدمج، إنما تعتمد على القطاع والتقنية المستخدمة والإقليم. وينبغي أن تتمثل الأهداف الكبرى في تحقيق الدمج بقدر أكبر من السلاسة في أنظمة الإمداد بالطاقة وتوفير فوائد متعددة للطاقة والمستخدمين.

فقد نجح بالفعل دمج عدد من تقنيات الطاقة المتجددة الناضجة في طائفة واسعة من نظم الإمداد بالطاقة، بحصص منخفضة نسبياً في الغالب وإن ظلت ثمة أمثلة (منها نظم الطاقة المائية صغيرة النطاق وكبيرة النطاق، وطاقة الرياح، والحرارة والطاقة الحرارية الأرضية، والوقود الأحفوري من الجيل الأول، ونظم تسخين المياه بالطاقة الشمسية) تتجاوز نسبة ٣٠٪.<sup>(٢)</sup>

ويرجع السبب الأساسي في ذلك إلى تحسن تنافسية هذه الأنظمة من حيث التكلفة، وزيادة السياسات الداعمة وتنامي الدعم العام بسبب التهديدات المتمثلة في انعدام أمن الإمداد بالطاقة وتغير المناخ. وتتمثل بعض الأمثلة الاستثنائية في الطاقة المائية كبيرة النطاق في النرويج والطاقة المائية والحرارية الأرضية في أيسلندا التي تقارب ١٠٠٪ من الكهرباء المولدة من الطاقة المتجددة، وهو ما تحقق أيضاً في عدد من الجزر الصغيرة والبلدات.

وتتطلب التقنيات الأخرى الأقل نضجاً مواصلة الاستثمار في البحوث والتنمية والبيان العملي والبنية الأساسية، وبناء القدرات، وغيرها من التدابير الداعمة على المدى الأطول. وتتضمن هذه التقنيات الوقود الأحفوري المتطور، وخلايا الوقود، والوقود الشمسي، ونظم التحكم في التوليد اللامركزي للكهرباء، والمركبات الكهربائية، ونظم التبريد بامتصاص الطاقة الشمسية، والنظم الحرارية الأرضية المحسنة.

(١) السابق.

(٢) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 619.

ويتباين الوضع الحالي لاستخدام الطاقة المتجددة لكل قطاع من قطاعات المستخدم النهائي. وهناك أيضاً تباينات إقليمية كبرى في المسارات المستقبلية لتحسين الدمج عن طريق إزالة العوائق. فعلى سبيل المثال، يختلف دمج تقنيات الطاقة المتجددة، في قطاع المباني، اختلافاً شاسعاً عن الشقق والمباني التجارية الشاهقة في المدن الكبرى مقارنة بالدمج في المساكن القروية الصغيرة المتواضعة في البلدان النامية التي لا تستفيد سوى استفادة محدودة من خدمات الطاقة.

ويمكن أن تستوعب معظم نظم الإمداد بالطاقة حصة من الطاقة المتجددة أكبر من الحصة الحالية، ولاسيما إذا ما بلغت حصة الطاقة المتجددة مستويات منخفضة نسبياً (يفترض أن تكون عادة أقل من ٢٠٪ للكهرباء أو التدفئة أو خليط غاز خطوط الأنابيب أو خليط الوقود الأحفوري). وسيكون من الضروري تطوير وتعديل معظم نظم الإمداد بالطاقة لاستيعاب ارتفاع حصص الطاقة المتجددة في المستقبل. وفي كل الأحوال، سيعتمد الحد الأقصى للحصة العملية للطاقة المتجددة على التقنيات المتضمنة، والموارد المتاحة، ونوع نظام الطاقة الحالي وعمره. ومن شأن المبادرات المحلية والوطنية والإقليمية أن تعزز من عملية الدمج وتزيد من معدلات النشر.<sup>(١)</sup>

ويمكن مواءمة جميع نظم الإمداد بالطاقة القائمة، وشبكات الغاز الطبيعي، وشبكات التدفئة/التبريد، وشبكات توزيع إمدادات وقود النقل القائم على النفط، بحيث تستوعب زيادة إمدادات الطاقة المتجددة على مستوى الاستيعاب الحالي. وتتراوح تقنيات الطاقة المتجددة ما بين تقنيات ناضجة وتقنيات في المرحلة الأولى لبيان المفهوم. ويمكن أن تساعد التقنيات الجديدة على زيادة امتصاص الطاقة المتجددة، وسيعتمد دمجها على تحسن الفعالية من حيث التكلفة، والقبول الاجتماعي، والموثوقية، والدعم السياسي على مستويي الحكومة الوطنية والمحلية بغية الحصول على حصص أكبر من الأسواق.

ويمكن أن يشكل اعتماد نهج شمولي إزاء نظام الطاقة ككل شرطاً مسبقاً لضمان دمج الطاقة المتجددة على نحو يتسم بالكفاءة والمرونة. ويمكن أن يشمل ذلك تحقيق دعم متبادل بين مختلف قطاعات الطاقة، وإعداد استراتيجيات ذكية للتنبؤ والتحكم، وإعداد خطط متسقة طويلة الأجل.

ومن شأن هذه العناصر مجتمعة أن تمكن من تحقيق ترابط أوثق بين توفير الكهرباء والتدفئة والتبريد وسهولة التنقل. ويختلف المزج الأمثل للتقنيات والآليات الاجتماعية لتمكين عملية دمج الطاقة المتجددة من تحقيق حصص مرتفعة باختلاف القيود المتعلقة بظروف الموقع المحددة، وخصائص موارد الطاقة المتجددة المتاحة، والطلب المحلي على الطاقة.

وتعتمد كيفية مواءمة وتطوير نظم العرض والطلب الحالية الخاصة بالطاقة لاستيعاب ارتفاع حصص الطاقة المتجددة والتكاليف الإضافية المصاحبة لدمجها على الظروف المحددة، ومن ثم سيلزم إجراء مزيد من البحوث. وهذا هو الحال تحديداً مع قطاع الكهرباء نظراً للطائفة الواسعة من النظم القائمة لتوليد الطاقة والنطاقات التي تختلف باختلاف البلد والإقليم.

Xiaodong Liang, Emerging Power Quality Challenges Due to Integration of Renewable Energy Sources, IEEE (١)

Transactions on Industry Applications (Volume: 53, Issue: 2, March-April 2017) p 855 - 866.



## دمج الطاقة المتجددة في نظم الطاقة الكهربائية

أخذت نظم الطاقة الكهربائية في التطور منذ نهاية القرن التاسع عشر. واليوم، تتباين نظم الطاقة الكهربائية من حيث نطاقها وتطورها التقني من شبكة التوصيل البيئي المترامن لشرق الولايات المتحدة إلى النظم المستقلة الانفرادية الصغيرة القائمة على محركات الديزل، حيث تشهد بعض النظم، كما هو الحال في الصين، حالة من التوسع والتحول بوتيرة سريعة. غير أنه في إطار هذه الاختلافات يجري تشغيل نظم الطاقة الكهربائية وتخطيطها بغرض مشترك يتمثل في توفير الإمداد بالطاقة على أساس موثوق وفعال التكلفة. واستشرافاً للمستقبل، ويتوقع أن يستمر تزايد أهمية نظم الطاقة الكهربائية نظراً لما تقوم به من الإمداد بالطاقة الحديثة، والتمكين من نقل الطاقة عبر المسافات الطويلة، وتوفير مسار محتمل لتوصيل الطاقة منخفضة الكربون.

وتتسم نظم الطاقة الكهربائية بعدد من الخصائص المهمة التي تؤثر على تحديات دمج الطاقة المتجددة. إذ يعمل أغلب نظم الطاقة الكهربائية باستخدام تيار متردد يقوم بمزامنة أغلب عملية توليد الطاقة وتشغيلها عند تردد بشدة 50 أو 60 هرتز تقريباً، حسب الإقليم. ويتفاوت الطلب على الكهرباء على مدار اليوم والأسبوع والموسم، وفقاً لاحتياجات مستخدمي الكهرباء. ويقابل التغير الإجمالي في الطلب تغيراً في الجداول وتوجهات التوزيع المتعلقة بالتوليد بهدف الحفاظ دوماً على توازن بين العرض والطلب. وتستخدم المولدات وغيرها من موجودات نظم الطاقة في توفير التحكم في القدرة الفعالة للإبقاء على تردد النظام والتحكم في القدرة التفاعلية للإبقاء على الفولطية في حدود معينة. وتدار التغيرات المتتالية دقيقة بدقيقة في العرض والطلب بواسطة التحكم الآلي في التوليد من خلال خدمات يطلق عليها التنظيم ومتابعة الحمل، بينما تدار التغيرات التي تطرأ عبر نطاقات زمنية أطول تتراوح ما بين ساعات وأيام بواسطة الإرسال ووضع جداول للتوليد (بما في ذلك تشغيل أو إيقاف التوليد، الذي يعرف باسم التزام الوحدة). وينبغي مواصلة عملية التوازن هذه بغض النظر عن الآلية المستخدمة لتحقيقها. وتختار بعض الأقاليم أسواق الكهرباء المنظمة لتحديد أي وحدات التوليد ينبغي الالتزام بها وكيفية توزيعها. وحتى النظم المستقلة يتعين أن تستخدم أساليب للحفاظ على توازن بين توليد الطاقة والطلب عليها (عبر مولدات يمكن التحكم فيها، أو أحمال يمكن التحكم فيها، أو موارد تخزين مثل البطاريات).

وبالإضافة إلى الحفاظ على التوازن بين العرض والطلب، يتعين أيضاً على نظم الطاقة الكهربائية نقل الكهرباء بين التوليد والطلب من خلال شبكات الإرسال والتوزيع التي تتمتع بقدرات محدودة. ويتطلب ضمان توفر قدرات التوليد والشبكات الكافية إعداد خطط على مدار سنوات متعددة. ويعمل تخطيط نظم الطاقة الكهربائية على دمج المعرفة القائلة بإخفاق المكونات الانفرادية للنظام بصفة دورية، بما في ذلك مكوني التوليد والشبكات (حالة طوارئ). غير أنه من الممكن تحقيق الدرجة المستهدفة من الموثوقية عن طريق بناء الموارد الكافية. وهناك أحد القياسات المهمة المستخدمة لتحديد مساهمة عملية التوليد - سواء أكانت قائمة على الوقود الأحفوري أم الطاقة المتجددة - في تلبية الطلب بمستوى مستهدف من الموثوقية، ويطلق على هذا المقياس اسم رصيد القدرة.

واستناداً إلى سمات نظم الطاقة الكهربائية، ثمة عدد من خصائص الطاقة المتجددة المهمة التي ينبغي دمجها في نظم الطاقة. فعلى وجه التحديد، تمثل تقلبية الطاقة المتجددة وإمكانية التنبؤ بها (أو عدم اليقين بشأنها) عنصرتين مهمتين نسبياً للجدولة والإرسال في نظام الطاقة الكهربائية، ويشكل موقع موارد الطاقة المتجددة مؤشراً مهماً نسبياً عن الأثر على احتياجات الشبكات الكهربائية، ويمثل كل من عامل القدرة، وصيد القدرة، وخصائص محطات الطاقة مؤشرات مناسبة للمقارنة مع توليد الطاقة الحرارية على سبيل المثال.<sup>(١)</sup>

وتتسم بعض موارد الكهرباء القائمة على الطاقة المتجددة (لاسيما الطاقة البحرية، والطاقة الكهروضوئية، وطاقة الرياح) بتقلبيتها وقابليتها للإرسال جزئياً؛ إذ يمكن خفض توليد الطاقة من هذه الموارد متى اقتضى الأمر ذلك، إلا أن المستوى الأقصى لتوليد الطاقة يعتمد على توفر مورد الطاقة المتجددة (مثل التيارات الجزرية، والشمس، والرياح). ويمكن أن يكون رصيد القدرة منخفضاً إذا لم يكن ثمة ارتباط ملائم بين التوليد وأوقات ارتفاع الطلب. وفضلاً عن ذلك، تؤدي تقلبية بعض مصادر الطاقة المتجددة وقابلية التنبؤ به جزئياً إلى زيادة عبء التوليد القابل للتوزيع أو غيره من الموارد لضمان إقامة توازن بين العرض والطلب نظراً للانحرافات في الطاقة المتجددة. وفي العديد من الحالات، تخفف آثار التقلبية وإمكانية التنبؤ الجزئي عن طريق التنوع الجغرافي، فلن تحدث التغيرات وأخطاء التنبؤ في نفس الوقت والاتجاه دائماً. غير أن ثمة تحدٍ عام يواجه معظم مصادر الطاقة المتجددة يتمثل في أن المصادر المتجددة محددة مكانياً، ومن ثم قد تحتاج الكهرباء المولدة من المصادر المتجددة المركزة لنقلها عبر مسافات كبيرة، مما يستلزم توسيع نطاق الشبكات. وفي كثير من الأحيان، يمكن أن توفر المصادر المتجددة القابلة للتوزيع (مثل الطاقة المائية والأحيائية والحرارية الأرضية والطاقة الشمسية المركزة مع التخزين الحراري).

ثمة خبرة كبيرة بالفعل في مجال تشغيل نظم الطاقة الكهربائية التي تتمتع بحصة كبيرة من الموارد المتجددة، ولاسيما الطاقة المائية والطاقة الحرارية الأرضية. ويساعد تخزين الطاقة المائية والتوصيلات البينية القوية على إدارة التذبذبات في تدفق الأنهار. وتتحقق تكاليف موازنة تقلب التوليد عند وجود اختلافات بين التوليد المجدول (وفقاً للتنبؤات) والإنتاج الفعلي.

وتؤدي التقلبية وعدم اليقين إلى زيادة الاحتياجات لإقامة التوازن. وعموماً، يُتوقع أن تزداد صعوبة تحقيق التوازن مع زيادة تغلغل الطاقة المتجددة القابلة للتوزيع جزئياً. وتظهر الدراسات جلياً أن الجمع بين مختلف المصادر المتجددة القابلة للتقلب، وبين موارد من المناطق الجغرافية الأكبر، سيكون مفيداً في تهدئة التقلبية وخفض مستوى عدم اليقين العام الذي يحيط بنظم الطاقة.<sup>(٢)</sup>

وتتمثل القضية الرئيسية في أهمية إنشاء بنية أساسية للشبكات، من أجل توصيل الطاقة من محطة التوليد إلى المستهلك وتمكين المناطق الأكبر من تحقيق التوازن. ومن شأن تعزيز التوصيلات داخل نظم الطاقة الكهربائية واستحداث توصيلات بينية إضافية للنظم الأخرى أن يسهم إسهاماً مباشراً في تخفيف أثر موارد الطاقة المتجددة المتغيرة وغير المؤكدة. ويمثل توسع الشبكات عنصراً ضرورياً لمعظم نظم الطاقة المتجددة،

Sufang Zhang, Philip Andrews-Speed and Sitao Lia. To what extent will China's ongoing electricity market reforms (١) assist the integration of renewable energy? Energy Policy 114 (2018) 165 -172.

(٢) السابق.





على الرغم من اعتماد المستوى على مورد الطاقة والموقع المتعلقين بالبنية الأساسية الشبكية القائمة. ومن بين التحديات الأخرى توسيع نطاق البنية الأساسية للشبكات في سياق المعارضة العامة لإنشاء بنية أساسية عامة للشبكات. وبوجه عام، سيلزم إجراء تغييرات كبرى في خليط محطات التوليد، والبنية الأساسية لنظم الطاقة الكهربائية، والإجراءات التشغيلية، للانتقال إلى زيادة توليد الطاقة المتجددة مع الإبقاء على فعالية التكلفة والفعالية البيئية. وسيطلب إجراء هذه التغييرات إجراء استثمارات كبرى بما يكفي مسبقاً للحفاظ على موثوقية وأمن إمدادات كهرباء.

وبالإضافة إلى تحسين البنية الأساسية للشبكات، جرى تحديد عدد من خيارات الدمج المهمة الأخرى من خلال خبرات التشغيل أو الدراسات ذات الصلة:

زيادة مرونة التوليد: تعني زيادة تغلغل المصادر المتجددة المتغيرة زيادة الحاجة لإدارة التقلبية وعدم اليقين. ويجب على خليط التوليد تحقيق قدر أكبر من المرونة. فيعزى للتوليد الجانب الأكبر من المرونة التي تتمتع بها نظم الطاقة حالياً من أجل التواكب مع التقلبية وعدم اليقين من خلال التكتير والتخفيض والتدوير حسبما تقتضي الحاجة. ويمكن أن تنطوي زيادة الحاجة للمرونة إما على الاستثمار في نظم توليد مرنة جديدة أو إدخال تحسينات على محطات الطاقة القائمة لتمكينها من العمل بطريقة أكثر مرونة.<sup>(١)</sup>

تدابير جانب الطلب: على الرغم من أن تدابير جانب الطلب لم يجر تنفيذها على مر التاريخ إلا بغرض خفض متوسط الطلب أو الطلب خلال فترات ذروة الحمل، فمن الممكن أن تسهم هذه التدابير في تلبية الاحتياجات الناشئة عن زيادة توليد الطاقة المتجددة المتغيرة. ويتيح تصميم تقنيات اتصال متطورة، مزودة بعدادات كهربائية ذكية موصولة بمراكز التحكم، إمكانية النفاذ إلى مستويات مرونة أكبر بكثير من الطلب. ويمكن تقديم حوافز لمستخدمي الكهرباء بغية تعديل و/أو خفض استهلاكهم عن طريق تحديد أسعار مختلفة للكهرباء في أوقات مختلفة، ولا سيما مع ارتفاع الأسعار خلال فترات ارتفاع الطلب. ويمكن أن يسهم انخفاض الطلب هذا خلال فترات ارتفاع الطلب في تخفيف أثر انخفاض رصيد السعة لبعض أنواع التوليد المتقلب. وفضلاً عن ذلك، يمكن أن يؤدي خفض الطلب بسرعة دون إخطار خلال أي وقت من السنة إلى توفير الاحتياطي بدلاً من توفير هذا الاحتياطي من موارد التوليد. ويمكن أن يشارك الطلب الذي يمكن وضع جدول لتلبيته في أي وقت من اليوم أو الذي يتعامل مع أسعار الكهرباء في الوقت الفعلي في تحقيق التوازن خلال اليوم ومن ثم تخفيف أثر التحديات التشغيلية المتوقع أن تتزايد صعوبتها مع تقلبية التوليد.<sup>(٢)</sup>

تخزين الطاقة الكهربائية: يمكن خفض انقطاع الطاقة المتجددة ورفع كفاءة وحدات الحمل الأساسي على النظام عن طريق تخزين الطاقة الكهربائية عندما يكون ناتج الطاقة المتجددة مرتفعاً أو عندما يكون الطلب منخفضاً، وتوليد الطاقة عندما يكون ناتج الطاقة المتجددة منخفضاً والطلب مرتفعاً. ومن شأن التخزين أيضاً أن يحد من تكديس الإرسال وقد يؤدي إلى الحد من الحاجة إلى تحسين جودة الإرسال أو تأخيرها. ومن الممكن

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 622.

(٢) السابق - نفس الصفحة.

نظرياً أن تُستخدم تقنيات مثل البطاريات التي تخزن كميات من الطاقة (من دقائق إلى ساعات) في توفير الطاقة من أجل تنظيم التوازن بين العرض والطلب.

تحسن أساليب التشغيل/الأسواق وأساليب التخطيط: للمساعدة في مواجهة التقلبية وعدم اليقين المصاحبين لمصادر توليد الطاقة المتغيرة، يمكن الجمع بين التنبؤات الخاصة بناتجها مع أساليب التشغيل المحسنة لتحديد الاحتياطي اللازم للإبقاء على التوازن بين الطلب وتوليد الطاقة، وتحديد الأمثل لمواعيد للتوليد على حد سواء. وإن اتخاذ قرارات تحديد المواعيد بقرب الزمن الحقيقي (أي خفض زمن الإغلاق في الأسواق) وعلى نحو أكثر تواتراً، إنما يتيح معلومات أحدث وأدق يمكن استخدامها في توزيع وحدات التوليد. وكذلك فإن الانتقال إلى مناطق توازن أكبر، أو تقاسم التوازن بين المناطق، يعد أمراً مرغوباً مع ارتفاع كميات الطاقة المتغيرة، نظراً لتجميع فوائد الموارد المتجددة المتعددة والمبعثرة.<sup>(١)</sup>

والخلاصة أنه يمكن دمج الطاقة المتجددة في جميع أنواع نظم الطاقة الكهربائية من النظم القارية المترابطة الكبيرة النطاق إلى النظم المستقلة الصغيرة. ويتحدد نطاق التحدي المتعلق بالدمج بناء على خصائص النظم بما في ذلك البنية الأساسية للشبكات ونمط الطلب والموقع الجغرافي وخليط التوليد وقدرات التحكم والاتصال إلى جانب الموقع الموارد المتجددة وبصمتها الجغرافية وتقلبها وإمكانية التنبؤ بها. ومع زيادة كميات موارد الطاقة المتجددة، فسيكون من الضروري بوجه عام إنشاء بنية أساسية إضافية للشبكات الكهربائية (إرسال أو توزيع). ويمكن أن تكون الموارد المتغيرة للطاقة المتجددة، مثل الرياح، أكثر صعوبة في دمجها من الموارد المتجددة القابلة للتوزيع، مثل الطاقة الأحيائية، وعندما تصبح زيادة المستويات التي تحافظ على الموثوقية أكثر صعوبة وكلفة.

ويمكن الحد من هذه التحديات والتكاليف عن طريق نشر حافظة من الخيارات تشمل التوصيل البيئي للشبكات الكهربائية، وتطوير نظم توليد مرنة تكميلية، وزيادة حجم مناطق التوازن، وتطوير الأسواق العاملة على أساس أقل من الساعة، واستجابة الطلب لتوفير العرض، وتقنيات التخزين، وتحسين التنبؤ، وتشغيل النظم، وأدوات التخطيط.

### دمج الطاقة المتجددة في شبكات التدفئة والتبريد

وتعمل شبكات التدفئة الحضرية أو شبكات التبريد الحضرية على إتاحة موارد متعددة للطاقة لتوصيلها بالكثير من مستخدمي الطاقة عن طريق ضخ ناقلات الطاقة (المياه الساخنة أو الباردة وأحياناً البخار) من خلال خطوط الأنابيب المعزولة مركبة تحت الأرض. ويمكن أن يسهم إنتاج الحرارة المركزة في تيسير استخدام الحرارة المتجددة منخفضة التكلفة أو منخفضة الدرجة من مصادر حرارية أرضية أو شمسية أو احتراق الكتلة الأحيائية (بما في ذلك الوقود المشتق من المخلفات والمنتجات الثانوية للنفايات التي غالباً ما تناسب استخدام نظم التدفئة الانفرادية). ويمكن أيضاً استخدام فاقد الحرارة الناتج عن توليد الحرارة والطاقة المشترك والعمليات الصناعية. وتفضي هذه المرونة إلى التنافس بين مصادر الحرارة وأنواع الوقود والتقنيات المختلفة.

(١) السابق (٦٢٣).



وكذلك فإن من شأن إنتاج الحرارة المركزة أن ييسر تطبيق تدابير فعالة التكلفة للحد من تلوث الهواء المحلي مقارنة بوجود عدد ضخم من فرادى الغلايات الصغيرة. ونظراً لما تتمتع به نظم التدفئة والتبريد الحضريّة من مرونة في ما يتعلق بمصادر الحرارة أو البرودة المستخدمة، فإنها تسمح باستمرار امتصاص عدة أنواع من الطاقة المتجددة بحيث تصبح عملية الإحلال التدريجي أو السريع لأنواع متنافسة من الوقود الأحفوري أمراً مجدياً عادة.

ويمكن لشاغلي المباني والصناعات الموصولة بإحدى الشبكات الاستفادة من نظام مركزي مدار باحتراف، ومن ثم تجنب الحاجة إلى تشغيل وصيانة معدات التدفئة والتبريد الانفرادية. فقد حقق عدد من البلدان الواقعة على خطوط عرض مرتفعة معدل تغلغل في أسواق التدفئة الحضريّة يتراوح من ٣٠ إلى ٥٠٪، حيث بلغ استخدام أيسلندا من مواردها الحرارية الأرضية ٩٦٪. وقدّر المعدل التوصيل السنوي العالمي للتدفئة الحضريّة نحو ١١ إكسفل وإن ظلت بيانات الحرارة غير مؤكدة.<sup>(١)</sup>

ومن شأن شبكات التدفئة الحضريّة أن توفر الكهرباء من خلال تصميمات نظم إنتاج الكهرباء والطاقة المشتركة، وخيارات تلبية الطلب التي من شأنها أن تيسر تعزيز دمج الطاقة المتجددة، بما في ذلك عن طريق استخدام الكهرباء المولدة من الطاقة المتجددة لأغراض المضخات الحرارية والغلايات الكهربائيّة. ويمكن أن تسد نظم التخزين الحرارية فجوة العرض/الطلب على الحرارة الناشئة عن نظم التدفئة المتغيرة أو غير المستمرة أو غير المتزامنة.

وبالنسبة لتخزين الطاقة القصير الأجل (ساعات وأيام)، فيمكن استخدام القدرة الحرارية لشبكة التوزيع نفسها. وتعتمد نظم التخزين الحرارية التي تصل فترات التخزين بها إلى عدة شهور في درجات حرارة تصل إلى مئات الدرجات المئوية على استخدام مجموعة متنوعة من المواد وآليات التخزين المناظرة التي يمكن أن تبلغ قدرتها عدة تيرا جولوات. ويعني الإنتاج المشترك للحرارة والبرودة والكهرباء (التوليد الثلاثي)، إلى جانب إمكانية التخزين النهاري أو الموسمي للحرارة والبرودة، أنه يمكن تحقيق مستوى مرتفع من كفاءة النظم وتحقيق حصص أعلى من الطاقة المتجددة من خلال زيادة الدمج.<sup>(٢)</sup>

وقد تم دمج العديد من المحطات الحرارية الأرضية ذات الأغراض التجارية ومحطات حرارة الكتلة الأحيائية ومحطات الإنتاج المشترك للحرارة والكهرباء دمجاً ناجحاً في نظم التدفئة الحضريّة بدون اللجوء للدعم الحكومي. وشيد كذلك عدد من النظم الحرارية الشمسية كبيرة النطاق المزودة بمساحات جمع تصل إلى نحو ١٠.٠٠٠ م<sup>٢</sup> في كل من الدانمرك والنرويج وغيرهما. ويعتمد الخليط الأفضل للمصادر الحارة والباردة وتقنيات نقل وتخزين الحرارة اعتماداً كبيراً على الأوضاع المحلية، بما في ذلك أنماط طلب المستهلكين. ونتيجة لذلك، يتفاوت خليط الإمداد بالطاقة تفاوتاً كبيراً بين النظم المختلفة.

وينطوي إنشاء شبكة للتدفئة الحضريّة أو توسيع نطاقها على تكاليف رأسمالية مرتفعة تسدد مقدماً لأغراض شبكة الأنابيب. ويمكن أن تمثل تكاليف التوزيع وحدها قرابة نصف التكلفة الإجمالية غير أنها تخضع

(١) السابق (٦٤١).

(٢) السابق (٦٤٤).

لتغيرات كبيرة وفقاً لكثافة الطلب على الحرارة والأوضاع المحلية لبناء شبكة الأنابيب المعزولة. ويسهم التوسع الحضري المتزايد في تيسير نظم التدفئة الحضرية حيث تنخفض التكاليف الرأسمالية للشبكات بالنسبة لمواقع الحقول الخضراء وتنخفض خسائر التوزيع للوحدة الحرارية في المناطق التي تتسم بارتفاع كثافات الطلب على الحرارة فيها. وعادة ما تتراوح خسائر توزيع الحرارة بين ٥٪ و ٣٠٪ ولكن يعتمد المدى الذي إذا تم بلوغه اعتباراً ارتفاع الخسائر مشكلة على مصدر الحرارة وتكلفتها.<sup>(١)</sup>

ومن شأن توسيع نطاق استخدام محطات الإنتاج المشترك للحرارة والكهرباء من المصادر الحرارية الأرضية العميقة ومن الكتلة الأحيائية في نظم التدفئة الحضرية أن ييسر زيادة حصة مصادر الطاقة المتجددة، غير أن ذلك يتطلب عادة أن يتضمن النظام العام حملاً حرارياً كبيراً ليكون ذا جدوى اقتصادية. وعليه تُقدّم بعض الحكومات على دعم الاستثمارات في شبكات التدفئة الحضرية وتوفير حوافز إضافية لاستخدام الطاقة المتجددة في النظام.

وغالياً ما تسهم تصميمات المباني الحديثة واستخداماتها إلى خفض طلبها على التدفئة الإضافية بينما يميل الطلب العالمي على التبريد إلى الارتفاع. وقد ارتفع الطلب على التبريد لأغراض الراحة في بعض الأقاليم الواقعة على خطوط العرض المنخفضة التي تشمل بلداناً أضحى أكثر ثراءً، وفي بعض البلدان الواقعة على خطوط العرض المرتفعة التي ازداد الصيف فيها قيظاً. ويمكن خفض حمل التبريد باستخدام خيارات تصميم المباني القائمة على التبريد السلبي أو حلول الطاقة المتجددة الفعالة التي تشمل أجهزة التبريد العاملة بنظام امتصاص الطاقة الشمسية. وبالنسبة للتدفئة الحضرية، فمن شأن معدل استيعاب كفاءة استخدام الطاقة لخفض الطلب على التبريد، ونشر التقنيات الجديدة، وهياكل الأسواق، أن تسهم في تحديد جدوى تصميم شبكة التدفئة الحضرية. وتعمل النظم الحديثة للتدفئة الحضرية، التي تتراوح بين ٥ و ٣٠٠ ميغاواط حراري، بنجاح منذ سنوات عديدة باستخدام الآبار الطبيعية أو المجاري المائية أو البحار والبحيرات العميقة كمصادر للبرودة، وتصنف شكلاً من أشكال الطاقة المتجددة.<sup>(٢)</sup>

وجرت العادة على تصميم شبكات التدفئة والتبريد الحضري في السياقات التي تتوفر فيها قدرات تخطيط قوية، مثل الاقتصادات الموجهة، ومباني الجامعات الأمريكية، وبلدان أوروبا الغربية التي تتميز بمرافق متعددة، والمناطق الحضرية الخاضعة لسيطرة البلديات المحلية.

### دمج الطاقة المتجددة في شبكات الغاز

على مدار السنوات الخمسين الماضية، صممت شبكات كبيرة للغاز الطبيعي في عدة أجزاء من العالم. وفي وقت أقرب، تزايد الاهتمام بجعلها (خضراء) عن طريق دمج الغازات القائمة على الطاقة المتجددة. وينشأ الوقود الغازي الناتج عن مصادر الطاقة المتجددة بدرجة كبيرة من الكتلة الأحيائية ويمكن إنتاجه إما عن

(١) Andreas Bloessa, Wolf-Peter Schillb, Alexander Zerrahn. Power-to-heat for renewable energy integration: A review of technologies modeling approaches, and flexibility potentials. Applied Energy 212 (2018) 1611–1626.

(٢) السابق.



طريق الامتصاص اللاهوائي لإنتاج الغاز الأحيائي (الميثان وثاني أكسيد الكربون بصورة أساسية)، أو عن طريق الكيمياء الحرارية لإنتاج الغاز التركيبي (أو المنتج) (الهيدروجين وأول أكسيد الكربون أساساً).

ويمكن أن يحقن كل من الميثان الأحيائي والغاز التركيبي و- على المدى الأطول - الهيدروجين القائم على الطاقة المتجددة في خطوط أنابيب الغاز القائمة لتوزيعها على المستوى الوطني أو الإقليمي أو المحلي. ويمكن أن تؤدي الاختلافات في البنية الأساسية القائمة وجودة الغاز ومستويات الإنتاج والاستهلاك إلى صعوبة التخطيط لزيادة حصة الطاقة المتجددة من الغازات عن طريق دمجها في شبكة قائمة.

ويتزايد إنتاج الغاز الأحيائي بوتيرة سريعة وبدأ عدد من شركات الغاز الكبيرة في وضع خطط لتحسين جودة كميات كبيرة من الغاز لضخها بالضرورة بالضرورة في خطوط أنابيب غاز التوزيع على المستويين الوطني والإقليمي. ويوزع بالفعل معظم الميثان الأحيائي الذي يجري إنتاجه حالياً حول العالم في نظم خطوط أنابيب الغاز المحلية المخصصة أساساً لأغراض التدفئة. ويمكن أن يمثل ذلك خياراً أقل تكلفة لوحدة الطاقة المنتجة من أن تنقل بالشاحنات (عادة ما تنقل إلى محطات تزويد الوقود للمركبات التي تعمل بمحركات غاز) بحسب المسافة والكمية والسنوية التي سيجري نقلها.

ويمكن أن يكون استخدام الغاز عالي الكفاءة عند حرقه للحصول على الحرارة؛ أو عند استخدامه لتوليد الكهرباء عن طريق تزويد محركات أو غلايات أو توربينات الغاز بالوقود؛ أو استخدامه في المركبات سواء في شكل مضغوط أو بتحويله إلى مجموعة من أنواع الوقود السائل باستخدام عمليات مختلفة. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يتم حرق الغاز الأحيائي أو غاز المدافن في موقع الحرارة أو الكهرباء؛ أو تنقيته وتحسين جودته إلى ميثان أحيائي بجودة الغاز الطبيعي لضخه في شبكات الغاز؛ أو توزيعه، بعد ضغطه أو تسيلته، على محطات تموين المركبات لاستخدامه في محركات مخصصة أو ثنائية المحرك تعمل بالغاز.

وتتعلق التحديات الفنية بمصدر الغاز وتكوينه وجودته. فلا يمكن ضخ سوى الغاز الأحيائي والغاز التركيبي الذي يتميز بجودة محددة في شبكات الغاز القائمة بحيث تصبح عملية التنقية خطوة بالغة الأهمية لإزالة المياه، وثاني أكسيد الكربون (ومن ثم زيادة القيمة الحرارية)، وانبعاثات ثانوية إضافية ناتجة عن تيار الغاز. وتتفاوت تكلفة تحسين الجودة وفقاً لنطاق المرفق والعمليّة، وهو ما يمكن أن يستهلك نحو ٣ إلى ٦٪ من محتوى الطاقة في الغاز. ولا يرجح أن تتطلب نظم الغاز القائمة على الطاقة المتجددة سعة تخزين كبيرة لتتواءم مع تقلبية المعروض وموسميته. وسيعتمد حجم مرافق التخزين وشكلها وجودة الغاز المطلوبة على مصدر الطاقة الأساسي للإنتاج واستخدامه النهائي.

ويمكن إنتاج غاز الهيدروجين من مصادر الطاقة المتجددة عبر عدة مسارات تشمل تغويز الكتلة الأحيائية، أو تحويل الميثان الأحيائي، أو التحليل الكهربائي للماء. وسيعتمد إنتاج الهيدروجين من المصادر المتغيرة للطاقة المتجددة في المستقبل، مثل طاقة الرياح أو الطاقة الشمسية بواسطة التحليل الكهربائي للماء، اعتماداً كبيراً على التفاعل مع نظم الكهرباء القائمة ومستوى القدرة الفائضة. فعلى المدى القصير، يمكن أن يكون أحد الخيارات هو خلط الهيدروجين مع الغاز الطبيعي (بكتلة تصل حتى ٢٠٪) ونقله إلى مسافات طويلة في شبكات الغاز القائمة. وعلى المدى الأطول، يمكن إنشاء خطوط أنابيب لحمل الهيدروجين النقي، على أن

تبنى من صلب خاص لثلا تتعرض للتكسر. ومن المرجح أن تتمثل العوامل المقيدة لمعدل نشر الهيدروجين في رأس المال والوقت المستخدمان في إنشاء بنية أساسية جديدة للهيدروجين وأي تكلفة إضافية للتخزين بغية استيعاب المصادر المتغيرة للطاقة المتجددة.<sup>(١)</sup>

ولخط الغاز المشتق من الطاقة المتجددة في شبكة الغاز، ينبغي أن يكون موقع مصدر الغاز بقرب النظام القائم لتجنب ارتفاع تكاليف تشييد خطوط أنابيب إضافية. وفي حالة وجود المحطات في أماكن نائية نظراً لتوفر الموارد فيها، فربما يكون من الأفضل أن يستخدم الغاز في الموقع متى كان ذلك ممكناً لتجنب الحاجة للإرسال وتحسين الجودة.

### دمج الطاقة المتجددة في الوقود السائل

يرتبط معظم الطلب المتوقع على الوقود الأحيائي السائل بأغراض النقل، على الرغم من احتمال ظهور طلب صناعي على مواد التشحيم الأحيائية والكيمياويات الأحيائية مثل الميثانول. وفضلاً عن ذلك، من الممكن أن يستعاض في نهاية المطاف عن كميات كبيرة من الكتلة الأحيائية الصلبة التقليدية بأنواع وقود سائل أكثر ملاءمة وأماناً وصحة مثل الإثير ثنائي الميثيل المشتق من الطاقة المتجددة أو هلام الإيثانول.

ويعد إنتاج الإيثانول الأحيائي ووقود الديزل الأحيائي من المحاصيل المختلفة أمراً مفهوماً فهدماً جيداً. يمكن للوقود الأحيائي المنتج أن يستفيد من مكونات البنية الأساسية القائمة المستخدمة بالفعل لأغراض الوقود النفطي بما في ذلك التخزين والخلط والتوزيع والصرف. ومع ذلك، يمكن أن يؤدي تقاسم البنية الأساسية للمنتجات النفطية (صهاريج التخزين، وخطوط الأنابيب، والشاحنات) مع الإيثانول أو الخلائط إلى مشكلات ناشئة عن امتصاص الماء وتآكل المعدات، وبذلك قد يتطلب الاستثمار في مواد أو بطانات متخصصة لخطوط الأنابيب.

ويمكن أن يؤثر الإنتاج اللامركزي للكتلة الأحيائية وصفة الموسمية والمواقع الزراعية النائية البعيدة عن محطات تكرير النفط القائمة أو مراكز توزيع الوقود على لوجستيات سلاسل الإمداد وتخزين الوقود الأحيائي. ولا تزال التقنيات آخذة في التطور لإنتاج الوقود الأحيائي من المواد الوسيطة غير الغذائية وأنواع الوقود الأحيائي التي يتوافق بقدر أكبر مع أنواع الوقود النفطي الحالية والبنية الأساسية القائمة. وينبغي تنفيذ إجراءات رقابة الجودة لضمان التزام هذه الأنواع من الوقود الأحيائي بجميع مواصفات المنتج السارية.

ويتطلب استخدام خليط الوقود المنتج بإحلال الإيثانول محل نسبة من البنزين (عادة من ٥ إلى ٢٥ ٪) ولكن يمكن أن تصل نسبة الإحلال إلى ١٠٠ ٪)، أو الديزل الأحيائي محل الديزل، الاستثمار في البنية الأساسية بما في ذلك زيادة الصهاريج والمضخات في محطات خدمة السيارات. وعلى الرغم من أن تكلفة توصيل الوقود الأحيائي تمثل نسبة ضئيلة من التكلفة الإجمالية، فإن اللوجستيات والمتطلبات الرأسمالية اللازمة لتحقيق الدمج وتوسيع النطاق يمكن أن تطرح عقبات رئيسية، ما لم يخطط لها جيداً. ونظراً لأن كثافة الطاقة في

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 645.



الإيثانول لا تشكل سوى نحو ثلثي كثافة الطاقة (بالكتلة) في البنزين، يلزم إنشاء نظم تخزين أكبر حجماً، وبناء المزيد من القاطرات والحاويات، وإنشاء خطوط أنابيب ذات سعة أكبر لتخزين ونقل نفس الكمية من الطاقة. ويؤدي ذلك إلى زيادة تكاليف تخزين الوقود وتوصيله. وعلى الرغم من أن خطوط الأنابيب تمثل نظرياً أكثر أساليب التوصيل توفيراً، ومع نجاح توصيل شحنات الإيثانول عبر خطوط الأنابيب، فلا يزال ثمة عدد من التحديات الفنية واللوجستية قائماً. وعادة ما تكون كميات الإيثانول المنتجة حالياً في إحدى المناطق الزراعية لتلبية الطلب المحلي، أو لأغراض التصدير، شديدة الانخفاض بما لا يبرر التكاليف الاستثمارية والتحديات التشغيلية المصاحبة لتشييد خط أنابيب مخصص.<sup>(١)</sup>

### دمج الطاقة المتجددة في النظم المستقلة (خارج الشبكات المركزية)

تتسم النظم المستقلة للإمداد بالطاقة في العادة بصغر حجمها وغالباً ما تقع في مناطق نائية خارج الشبكة، أو على جزر صغيرة، أو في مبان فردية حيث لا توفر الطاقة على أساس تجاري من خلال الشبكات. وهناك عدة أنواع من النظم المستقلة التي يمكنها استخدام إما ناقلات الطاقة الانفرادية، مثل الكهرباء أو الحرارة أو الوقود السائل أو الغازي أو الصلب، أو مزيج من الناقلات.

ومن حيث المبدأ، تتشابه مسائل دمج الطاقة المتجددة للنظم المستقلة مع النظم المركزية، على سبيل المثال، من حيث الموازنة بين العرض والطلب فيما يتعلق بنظم الإمداد بالكهرباء، والوقوف على خيارات التدفئة والتبريد، وإنتاج غازات الطاقة المتجددة وإنتاج الوقود الأحيائي السائل للاستخدام المحلي. وعلى الرغم من ذلك، غالباً ما تتضمن النظم المستقلة الأصغر حجماً عدداً أقل من الخيارات المتاحة محلياً للإمداد بالطاقة المتجددة، وذلك على خلاف نظم الإمداد المركزية الأكبر حجماً. وفضلاً عن ذلك، تزداد صعوبة بعض الخيارات الفنية والمؤسسية المتعلقة بإدارة عملية الدمج في الشبكات الأكبر حجماً أو حتى تصبح غير مقبولة للنظم المستقلة الأصغر حجماً، مثل التنبؤ بإمدادات الطاقة المتجددة، والإجراءات الاحتمالية للالتزامات الوحيدة، والمعايير الصارمة لجودة الوقود، والآثار المخففة للتنوع الجغرافي والفني.

وعادة ما يزداد تقييد حلول دمج الطاقة المتجددة كلما صغر حجم نظم الإمداد. ومن ثم، يتعين زيادة الاعتماد على تلك الحلول الجاهزة والمتاحة. ومن شأن تركيز النظم المستقلة على الموارد المتغيرة للطاقة المتجددة، نظراً للخيارات المحدودة لإجراءات التوصيل البيئي والتشغيل والتخطيط، أن يكسبها بطبيعة الحال ميلاً نحو التركيز على خيارات تخزين الطاقة، والأنواع المختلفة من استجابة الطلب، وتوليد الوقود الأحفوري عالي المرونة للمساعدة في موازنة العرض والطلب. ومن الممكن تفضيل خيارات إمدادات الطاقة المتجددة التي تتلاءم بصورة أفضل مع مخطط الحمل المحلي، أو القابلة للتوزيع، بدلاً من البدائل الأقل تكلفة التي لا تحقق توازماً قوياً مع أنماط الحمل أو التي تتسم بالتقلب. وستكون إدارة دمج الطاقة المتجددة في النظم المستقلة، مع تساوي جميع الأمور الأخرى، أكثر تكلفة منها في الشبكات المدمجة الأكبر حجماً بسبب المجموعة المقيدة من الخيارات، غير أنه في معظم الأحيان، مثلما هو الحال في الجزر أو المناطق الريفية النائية، لا يتوفر أمام

Antun Pfeifer, Viktorija Dobravec, Luka Pavlinek, Goran Krajačić, Neven Duić. Integration of renewable energy and (١) demand response technologies in interconnected energy systems, Energy, vol. 161, 15 Oct 2018, p 447 - 455.

مستخدمي الطاقة أي اختيار. ويتمثل أحد الآثار في احتمال أن يواجه مستخدمو ومصممو نظم الكهرباء المستقلة مبادلات صعبة ما بين الرغبة في تأمين إمدادات موثوقة ومتواصلة وبين الحد من تكاليف الإمداد الإجمالية.

ويعتمد دمج تقنيات التحويل إلى الطاقة المتجددة، وخيارات التوازن، وتقنيات الاستخدام النهائي في نظم الطاقة المستقلة على توفر موارد الطاقة المتجددة في كل موقع على حدة وعلى الطلب المحلي على الطاقة. ويمكن أن يتفاوت ذلك حسب المناخ المحلي وأنماط الحياة. ويمثل التوازن بين التكلفة والموثوقية عنصراً بالغ الأهمية عند تصميم ونشر نظم الطاقة المستقلة، لا سيما للمناطق الريفية في الاقتصادات النامية نظراً لأن التكلفة الإضافية لتوفير إمداد متواصل وموثوق يمكن أن تزداد على النظم المستقلة الأصغر حجماً.

### دمج الطاقة المتجددة في قطاعات الاستخدام النهائي

لاتزال التطورات في تقنيات الطاقة المتجددة مستمرة، وهو ما يؤدي إلى زيادة نشرها في قطاعات النقل والمباني والصناعة والزراعة والغابات ومصايد الأسماك. وتقتضي زيادة نشر الطاقة المتجددة في جميع القطاعات التصدي للقضايا الفنية وغير الفنية على حد سواء. وثمة تباينات إقليمية قائمة لكل قطاع بسبب الوضع الحالي لاستيعاب الطاقة المتجددة، والطائفة الواسعة من أنواع نظم الطاقة، والبنية الأساسية ذات الصلة القائمة حالياً، ومختلف المسارات التي يمكن انتهاجها لتعزيز دمج الطاقة المتجددة، وقضايا الانتقال التي لم يُتغلب عليها بعد، والاتجاهات المستقبلية التي تتأثر بالاختلافات في الطموحات والثقافات الوطنية والمحلية.

#### أولاً: النقل

تظهر الاتجاهات والتوقعات الحديثة نمواً قوياً في الطلب على النقل، بما في ذلك الزيادة السريعة في أعداد المركبات في شتى أنحاء العالم. وستقتضي تلبية هذا الطلب اتخاذ مبادرات قوية على مستوى السياسات، وإحداث تغيير تقني سريع، ووضع حوافز نقدية واستعداد الزبائن لدفع تكاليف إضافية، مع تحقيق إمداد بالطاقة منخفض الكربون وأمن.

وفي عام ٢٠٠٨، شكل حرق الوقود الأحفوري لأغراض النقل ١٩٪ تقريباً من نسبة استخدام الطاقة الأولية على مستوى العالم، بما يعادل ٣٠٪ من إجمالي طاقة المستهلك وهو ما ينتج نحو ٢٢٪ من انبعاثات غازات الدفيئة، إضافة إلى إنتاج حصة كبيرة من الانبعاثات المحلية الملوثة للهواء. وبلغت نسبة استهلاك مركبات الحمولات الخفيفة من الوقود ما يزيد على نصف استهلاك وقود النقل حول العالم، حيث أسهمت مركبات الحمولة الثقيلة بما نسبته ٢٤٪، والنقل الجوي ١١٪، والملاحة البحرية ١٠٪، والسكك الحديدية ٣٪. ويتسم الطلب على النقل بتسارع وتيرته مع توقع تضاعف عدد المركبات الآلية ثلاثة أضعاف بحلول عام ٢٠٥٠، مع حدوث نمو مماثل في النقل الجوي. ومن ثم يشكل الحفاظ على إمداد آمن من الطاقة شأغلاً خطيراً



لقطاع النقل حيث يأتي ٩٤٪ من وقود النقل حالياً من المنتجات النفطية التي يتم استيرادها في معظم البلدان.<sup>(١)</sup>

وثمة عدد من المسارات المحتملة للوقود/المركبات من تحويل مصدر الطاقة الأساسي إلى ناقل للطاقة (أو وقود) حتى مرحلة المستخدم النهائي، سواء كان ذلك في المركبات المزودة بمحركات الاحتراق الداخلي المتقدمة أو المركبات التي تعمل بالبطاريات الكهربائية، والمركبات الكهربائية الهجينة، والمركبات الكهربائية الهجينة التكميلية، أو المركبات التي تعمل بخلايا الوقود الهيدروجينية.

وتحدد تحسين كفاءة قطاع النقل وإزالة الكربون منه باعتبارهما أمرين بالغين الأهمية لخفض الانبعاثات العالمية من غازات الدفيئة على الأجل الطويل وبصورة عميقة. وتتضمن نهج خفض الانبعاثات المتصلة بالنقل خفض الطلب على السفر، وزيادة كفاءة المركبات، والتحول إلى أنماط نقل أكثر كفاءة، والاستعاضة عن الوقود النفطي بأنواع وقود بديلة منخفضة أو عديمة الكربون (بما في ذلك الوقود الأحفوري أو الكهرباء أو الهيدروجين المنتج من مصادر طاقة أولية منخفضة الكربون). وتشير دراسات السيناريو بوضوح إلى أنه سيكون من الضروري اعتماد مزيج من التقنيات لتخفيض انبعاثات غازات الدفيئة بنسبة ٥٠ إلى ٨٠٪ (مقارنة بالمعدلات الحالية) قبل ٢٠٥٠، مع تلبية الطلب المتزايد على طاقة النقل في الوقت ذاته.

ويشكل الاستخدام الحالي للطاقة المتجددة لأغراض النقل نسبة ضئيلة وحسب من إجمالي الطلب على الطاقة. وتحديدًا من خلال القضبان الكهربائية وخليط الوقود الأحفوري السائل مع المنتجات النفطية. ويضم الأسطول العالمي ملايين المركبات ذات الحمولة الخفيفة القادرة على العمل باستخدام خلايا وقود أحفوري مرتفع، وتتسم تقنية الوقود الأحفوري بنضجها تجارياً، كما هو الحال مع استخدام الميثان الأحفوري المضغوط في المركبات التي تصلح للعمل بالغاز الطبيعي المضغوط.<sup>(٢)</sup>

ومع ذلك، يمثل الانتقال إلى أنواع الوقود والمحركات الجديدة عملية معقدة تتضمن تطوير التقنية وحساب التكلفة وإنشاء البنية الأساسية وقبول المستهلك ومراعاة الأثر البيئي وأثر الموارد. وتباين قضايا الانتقال بالنسبة للوقود الأحفوري والهيدروجين والمركبات الكهربائية، وإن لم يظهر أي خيار واحد باعتباره الأفضل مع احتياجها جميعاً لعدة عقود لكي تنشر على نطاق واسع. فالوقود الأحفوري أثبت نفسه جيداً، إذ ساهم بنحو ٢٪ من وقود النقل في ٢٠٠٨، ولكنه تشوبه بعض القضايا المتعلقة بالاستدامة. وعرض العديد من المركبات التي تعمل بخلايا الوقود الهيدروجينية، إلا أنه لا يرجح طرحها تجارياً في ٢٠٢٠ على الأقل بسبب العوائق المتعلقة بمتانة خلايا الوقود وتكلفتها وقضايا تخزين الهيدروجين في المركبات وتوفير البنية الأساسية للهيدروجين. وبالنسبة للمركبات الكهربائية والمركبات الكهربائية الهجينة التكميلية، فإن تكلفة تقنيات البطاريات الحالية وقصر عمرها النسبي، والمجال المحدود للمركبات بين إعادة شحنها وزمن إعادة الشحن يمكن أن يمثل عائقاً أمام قبولها لدى المستهلكين. وتشهد تصميمات المركبات الكهربائية والمركبات الكهربائية

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 663.

(٢) B. V. Mathiesena, H. Lundb, D.Connolly. Smart Energy Systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions. Applied Energy Volume 145, 1 May 2015, Pages 139-154.

المهجنة التكميلية تطوراً سريعاً تدفعه مبادرات السياسات التي أطلقت حديثاً على مستوى العالم، وأعلن عدد من الشركات عن خطط ل طرحها تجارياً. ويمكن أن تتمثل إحدى الاستراتيجيات في طرح المركبات الكهربائية المهجنة التكميلية طرحاً مبدئياً في الوقت الذي يجري فيه تصميم تقنيات البطاريات وزيادة قدرتها. وبالنسبة للمركبات الهيدروجينية والكهربائية، فقد يستغرق الأمر عدة عقود لتنفيذ نظام عملي للنقل يناسب هذه التقنية عن طريق تطوير البنية الأساسية اللازمة على نطاق كبير.<sup>(١)</sup>

وتتمثل إحدى مزايا الوقود الأحيائي في توافقه النسبي مع البنية الأساسية القائمة للوقود السائل. ويمكن خلطه مع المنتجات النفطية، ويمكن تشغيل معظم العربات المزودة بمحركات احتراق داخلي بوقود خليط، ويستخدم بعضها الوقود الأحيائي بنسبة ١٠٠٪. وهو يماثل البنزين أو الديزل في المركبات من حيث الأداء وأوقات التزود بالوقود، وإن وضعت بعضها قيوداً على التركيزات التي يمكن خلطها ولا يمكن توزيعها بسهولة عادة باستخدام خطوط أنابيب الوقود القائمة دون تعديلات. وتمثل استدامة مورد الكتلة الأحيائية المتاح قضية خطيرة لبعض أنواع الوقود الأحيائي.

ويتميز الهيدروجين بقدرته على استغلال الموارد الضخمة للطاقة الجديدة لتوفير النقل منعدم أو شبه منعدم الانبعاثات. ويجري حالياً تصميم تقنية للهيدروجين من تغويز الكتلة الأحيائية، بحيث يمكن أن تصبح تنافسية فيما بعد ٢٥.٢٠. وثمة عوائق من حيث التكلفة تقف أمام استخدام الهيدروجين المشتق من مصادر الطاقة المتجددة بواسطة التحليل الكهربائي غير القضايا المتعلقة بالجدوى الفنية أو توفر الموارد. ومبدئياً، يرجح أن تستخدم تقنيات الطاقة المتجددة والتقنيات المنخفضة الكربون الأخرى في توليد الكهرباء، وهو ما يمثل تطوراً من شأنه أن يساعد على إنتاج الهيدروجين شبه منعدم الكربون بصورة مشتركة مع الكهرباء أو الحرارة في مجمعات الطاقة المستقبلية. غير أن الهيدروجين لا يجري توزيعه على نطاق واسع مقارنة بالكهرباء أو الغاز الطبيعي أو البنزين أو الديزل أو الوقود الأحيائي، ولكن قد يكون مفضلاً في المستقبل للمركبات الحمولة الثقيلة الكبيرة التي تتميز بمجال طويل وتحتاج إلى أوقات تزود بالوقود سريعة نسبياً. وسيطلب توفير الهيدروجين لأعداد كبيرة من المركبات إقامة بنية أساسية جديدة للتزود بالوقود وهو ما يمكن أن يستغرق عدة عقود. وبدأ عدد من البلدان في اتخاذ الخطوات الأولى من أجل توفير الهيدروجين لاختبار الأساطيل وعرض تقنيات التزود بالوقود في الشبكات الصغيرة.

ولضمان إمداد أعداد كثيرة من المركبات الكهربائية والمركبات الكهربائية الهجينة التكميلية في الأسواق المستقبلية بالكهرباء المولدة من مصادر الطاقة المتجددة، يجب أن تجرى عدة ابتكارات مثل تطوير البطاريات والإمداد بالكهرباء المنخفضة التكلفة وإتاحتها لإعادة شحن المركبات الكهربائية وقتما تحتاج إليها. وعند استخدام الوقت الليلي، أي إعادة الشحن في غير وقت الذروة، فمن الأقل ترجيحاً أن يتطلب الأمر قدرات جديدة، وفي بعض المواقع قد يكون ثمة توافق زمني مناسب مع موارد الطاقة الريحية أو المائية. وقد يكون ثمة حاجة أيضاً لمرونة الشبكات أو تخزين الطاقة من أجل موازنة الطلب على الكهرباء اللازمة لإعادة شحن المركبات مع توفر مصادر الطاقة المتجددة.

(١) Edenhofer Ottmar, et. al. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Paris, 2012, P 664.



وبخلاف مركبات الحمولة الخفيفة، من الممكن أن يتم استحداث خيارات للطاقة المتجددة وتخفيض انبعاثات غازات الدفيئة في قطاعات النقل الأخرى، وفي: مركبات الحمولة الثقيلة، والنقل الجوي، والنقل البحري، والسكك الحديدية. ويعتبر استخدام الوقود الأحياي عنصراً أساسياً لزيادة حصة الطاقة المتجددة في هذه القطاعات الفرعية ولكن قد يكون من الضروري تعديل التصميمات الحالية لمركبات الاحتراق الذاتي لتعمل بخلائط الوقود الأحياي المرتفع (أعلى من ٨٠٪). وقد تقل إمكانية تبديل الوقود في قطاع النقل الجوي عنها في القطاعات الفرعية الأخرى بسبب احتياجات السلامة وخفض وزن الوقود وحجمه. ومع ذلك، فقد أطلقت خطوط الطيران المختلفة وشركات تصنيع الطائرات رحلات اختبارية باستخدام خلائط الوقود الأحياي المختلفة، ولكن الأمر يتطلب إجراء معالجة أكثر من تلك اللازمة لوقود الطرق وذلك لضمان الالتزام الصارم بمواصفات وقود الطيران، لاسيما في درجات الحرارة الباردة. وبالنسبة للنقل عبر السكك الحديدية، تمثل زيادة الكهربية وزيادة استخدام الديزل الأحياي الخيارين الأساسيين لاستحداث الطاقة المتجددة، حيث يجري تشغيل ٩٠٪ من الصناعة بوقود الديزل.<sup>(١)</sup>

وفي ظل أجواء عدم اليقين وهذه التحديات المتعلقة بخفض التكلفة، من المهم الإبقاء على نهج حافظة على مدى فترة زمنية طويلة يشمل التغييرات السلوكية (على سبيل المثال، لتقليل الكيلومترات التي تقطعها المركبات أو الطائرات سنوياً)، ومركبات تتميز بقدر أكبر من كفاءة استخدام الطاقة، ومجموعة متنوعة من الوقود منخفض الكربون.

#### ثانياً: المباني والأسر

يعمل قطاع المباني على توفير المأوى ومجموعة متنوعة من خدمات الطاقة لدعم سبل عيش ورفاهية السكان الذين يقطنون في البلدان المتقدمة والنامية. وبلغت مساهمة هذه القطاع نحو ١٢٠ إكسغل (٣٧٪ تقريباً) من إجمالي الاستخدام العالمي للطاقة النهائية (بما في ذلك ما بين ٣٠ و ٤٥ إكسغل للطاقة الأولية من الكتلة الأحيايية التقليدية المستخدمة لأغراض الطهي والتدفئة). وعادة ما يلبي الوقود الأحفوري ارتفاع حصة الطلب الإجمالي على الطاقة المستخدمة في المباني لأغراض التدفئة والتبريد (محارق الزيت وسخانات الغاز) والكهرباء (المراوح ومكيفات الهواء). ويمكن الاستعاضة عن ذلك اقتصادياً في كثير من الأقاليم بشبكات للتدفئة والتبريد الحضري في المناطق أو الاستخدام المباشر لنظم الطاقة المتجددة في المباني، مثل أقراص الكتلة الأحيايية الحديثة، والمواقد المغلفة، والمضخات الحرارية (بما في ذلك المصدر الأرضي)، ونظام تسخين المياه والفراغ باستخدام الطاقة الشمسية، ونظام التبريد بامتصاص الطاقة الشمسية.

وتتيح تقنيات توليد الكهرباء القائمة على الطاقة المتجددة المدمجة في المباني (مثل اللوحات الشمسية المزودة بخلايا كهروضوئية) الفرصة للمباني لتصبح جهات للإمداد بالطاقة وليس استهلاكها. ويمثل دمج الطاقة المتجددة في البيئات الحضرية القائمة، إلى جانب الأجهزة التي تتسم بكفاءة استخدام الطاقة وتصميمات (المباني غير الضارة بالبيئة)، عنصراً أساسياً في مواصلة نشر الطاقة المتجددة. وبالنسبة لقطاعي

(١) السابق (٦٦٥).

الأسر والمباني التجارية الفرعيين، تتفاوت ناقلات الطاقة وفقاً للخصائص المحلية وموارد الطاقة المتجددة للإقليم وثرواته ومتوسط عمر المباني والبنية الأساسية الحالية التي تؤثر على دوران المخزون.

وتختلف سمات وظروف الطلب على الطاقة في أحد المباني القائمة أو الجديدة، وأفاق دمج الطاقة المتجددة، باختلاف المكان ومن تصميم إلى آخر. فتوصل معظم المباني بشبكات توزيع الكهرباء والمياه والصرف سواء في المستوطنات الحضرية أو الريفية في البلدان النامية. ومع انخفاض معدل دوران مخزون المباني البالغ ١٪ سنوياً في البلدان المتقدمة، سيلزم أن يضطلع التعديل التحديثي للمباني القائمة بدور مهم في المستقبل في دمج الطاقة المتجددة وإدخال تحسينات على كفاءة استخدام الطاقة. وتشمل الأمثلة تركيب سخانات مياه بالطاقة الشمسية ومضخات حرارية أرضية المصدر وتطوير أو توسيع نظم التدفئة والتبريد الحضريان التي تتيح الانتقال إلى زيادة حصة الطاقة المتجددة بمرور الوقت، نظراً لما تتمتع به من مرونة فيما يتعلق بالتدفئة أو التبريد. ويمكن أن تنطوي هذه الأمور على تكاليف استثمارية مقدمة مرتفعة نسبياً وفترات سداد طويلة، إلا أنه يمكن تعويض هذه التكاليف بتعديل موافقات ولوائح التخطيط بحيث تصبح أكثر تمكياً، وتحسين التصميمات التي تتسم بكفاءة استخدام الطاقة، وتوفير الحوافز الاقتصادية والترتيبات المالية<sup>(١)</sup>.

وتتوفر إمدادات الكهرباء الشبكية في معظم المناطق الحضرية في البلدان النامية، وإن كان نظام الإمداد غالباً ما يتسم بنقص القدرات وعدم موثوقيته. ومن شأن زيادة دمج تقنيات الطاقة المتجددة باستخدام مصادر الطاقة المتجددة المحلية أن يساعد في تأمين الإمداد بالطاقة وتحسين النفاذ إلى الطاقة كذلك. وفي المستوطنات الحضرية والريفية في البلدان النامية، تشمل أنماط استهلاك الطاقة في كثير من الأحيان الاستخدام غير المستدام للكتلة الأحيائية والفحم. ويتمثل التحدي القائم في عكس مسار التزايد في أنماط استهلاك الكتلة الأحيائية التقليدية عن طريق تحسين الاستفادة من ناقلات الطاقة الحديثة وخدماتها وزيادة حصة الطاقة المتجددة من خلال اعتماد تدابير الدمج. وتعد الطبيعة غير المركزية للموارد الطاقة الشمسية وغيرها من موارد الطاقة المتجددة مفيدة لدمجها في المباني الجديدة والقائمة مهما كانت متواضعة، بما في ذلك المساكن القائمة في المناطق الريفية غير الموصولة بشبكات إمدادات الطاقة.

### ثالثاً: الصناعة

تمثل الصناعات التحويلية نحو ٣٠٪ من الاستخدام العالمي للطاقة النهائية، وإن تفاوتت هذه النسبة تفاوتاً ملحوظاً بين البلدان. ويتسم القطاع بتنوعه الشديد، وإن ساهمت الصناعات (الثقيلة) التي تزيد فيها كثافة استخدام الطاقة بنحو ٨٥٪ من استخدام الطاقة للأغراض الصناعية، ومنها صناعة الحديد والصلب، والمعادن غير الحديدية، والكيمياويات، والأسمدة، وصناعات تكرير البترول، والتعدين، واللباب والورق.

ولا توجد قيود فنية صارمة على زيادة الاستخدام المباشر وغير المباشر للطاقة المتجددة في الصناعة في المستقبل. غير أن ثمة عوامل قد تؤدي إلى تقييد عملية الدمج في الأجل القريب، ومن أمثلتها قيود الأراضي والحيز المساحي أو مطالب زيادة الموثوقية وتواصل العمليات. وتشمل التدابير الرئيسية للحد من طلبات الطاقة

(١) السابق (٦٧٤).



الصناعية وانبعثات غازات الدفيئة تعزيز كفاءة استخدام الطاقة، وإعادة تدوير المواد، وامتصاص الكربون وتخزينه بالنسبة للصناعات المسببة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون مثل تصنيع الإسمت واستبدال المواد الوسيطة للوقود الأحفوري، وذلك بالإضافة إلى دمج حصص أكبر من الطاقة المتجددة. فضلاً عن ذلك، يمكن أن توفر الصناعة مرافق الاستجابة للطلب التي من المرجح أن تكتسب مزيداً من الأهمية في نظم الكهرباء المستقبلية التي تتمتع بمستوى تغلغل أعلى للمصادر المتغيرة للطاقة المتجددة.

وتتضمن الفرص الأساسية لدمج الطاقة المتجددة في الصناعة ما يلي:

- الاستخدام المباشر للوقود المشتق من الكتلة الأحيائية ومخلفات العملية الصناعية المتعلقة بالإنتاج في الموقع، واستخدام الوقود الأحيائي والتوليد المشترك للحرارة والكهرباء؛
- الاستخدام غير المباشر من خلال زيادة استخدام الكهرباء القائمة على الطاقة المتجددة، بما في ذلك العمليات الحرارية الكهربائية؛
- الاستخدام غير المباشر من خلال ناقلات الطاقة الأخرى المشتراة القائمة على الطاقة المتجددة بما في ذلك الحرارة والوقود السائل والغاز الأحيائي، وربما الهيدروجين بقدر أكبر في المستقبل؛
- الاستخدام المباشر للطاقة الحرارية الشمسية لتلبية الطلبات على الحرارة والبخار اللازمين للعملية الصناعية برغم توفر أمثلة قليلة عنها؛
- الاستخدام المباشر للموارد الحرارية الأرضية لتلبية الطلبات على الحرارة والبخار للعملية الصناعية.<sup>(١)</sup>

ولا تمثل الصناعة جهة استخدام محتملة للطاقة المتجددة وحسب، بل جهة إمداد محتملة للطاقة الأحيائية كمنتج فرعي. وأغلب الاستخدام المباشر الحالي للطاقة المتجددة في الصناعة يقوم على الكتلة الأحيائية التي يتم إنتاجها في صناعات اللباب والورق والسكر والإيثانول كمنتجات ثانوية ناشئة عن العملية الصناعية وتستخدم لأغراض التوليد المشترك للحرارة والكهرباء، وبصورة أساسية في الموقع لأغراض العملية الصناعية وإن بيعت أيضاً خارج الموقع. وتشكل الكتلة الأحيائية أيضاً وقوداً مهماً للمشروعات الصغيرة والمتوسطة مثل صناعة الطوب، وتحديدًا في شكل فحم في البلدان النامية.

وتختلف المسارات المحتملة لزيادة استخدام الطاقة المتجددة في الصناعات الكثيفة الاستخدام للطاقة باختلاف القطاعات الفرعية الصناعية. فمن الناحية الفنية، يمكن أن تحل الكتلة الأحيائية، على سبيل المثال، محل الوقود الأحفوري في الغلايات والقمان والأفران، أو أن تحل الكيماويات الأحيائية والمواد الأحيائية محل الكيماويات النفطية. ومع ذلك، فقد يشكل الوصول إلى كميات كافية من الكتلة الأحيائية المحلية قيلاً بسبب نطاق العمليات الصناعية الكثيرة. ويمكن أن يتعرض استخدام التقنيات الشمسية إلى التقييد في بعض المواقع التي تتسم بانخفاض عدد ساعات إشراق الشمس فيها سنوياً. ولا يعد الإمداد المباشر من الطاقة المائية لمصهرات الألومنيوم أمراً غريباً ولكن الخيار الرئيسي بالنسبة للعديد من العمليات الصناعية كثيفة الاستخدام للطاقة هو الدمج غير المباشر للطاقة المتجددة من خلال التحويل للكهرباء المولدة من الطاقة المتجددة المنقولة من الشبكة أو التحويل إلى الهيدروجين في المستقبل. ويوحي الطيف الواسع من الخيارات

(١) السابق (٦٨٢).

المتعلقة بإنتاج الكهرباء المنخفضة الكربون، وتنوع استخدامها، بأن العمليات الحرارية الكهربائية يمكن أن تصبح أكثر أهمية في المستقبل لتحل محل الوقود الأحفوري في طائفة من العمليات الصناعية.

أما الصناعات (الخفيفة) التي تتسم بانخفاض كثافة استخدام للطاقة، ومنها تجهيز الأغذية، والنسيج، وتصنيع الأجهزة والإلكترونيات الخفيفة، ومصانع تجميع السيارات، ونشر الأخشاب، فهي وإن كانت عديدة تسهم بحصة من إجمالي استخدام الطاقة أصغر من حصة الصناعات الثقيلة. ويرجع جانب كبير من الطلب على الطاقة لهذه الصناعات الخفيفة إلى استخدام الطاقة في المباني التجارية لأغراض الإضاءة والتدفئة والتبريد والتهوية والمعدات المكتبية. وبوجه عام، تتميز الصناعات الخفيفة بقدر أكبر من المرونة وتتيح فرصاً أيسر لدمج الطاقة المتجددة مقارنة بالصناعات كثيفة استخدام الطاقة.

ويصبح دمج الطاقة المتجددة بالنسبة للحرارة الخاصة بالعمليات الصناعية أمراً عملياً عند درجات حرارة أقل من ٤٠٠ درجة مئوية تقريباً باستخدام نظام احتراق الكتلة الأحيائية (بما في ذلك الفحم) إلى جانب الطاقة الحرارية الشمسية أو الحرارية الأرضية المباشرة. وتعد موارد الطاقة المتجددة أقل ملاءمة لتلبية الطلب على حرارة العمليات الصناعية الأعلى من ٤٠٠ درجة مئوية، باستثناء الطاقة الشمسية مرتفعة الحرارة.

وثمة قصور في فهم إمكانيات وتكاليف زيادة استخدام الطاقة المتجددة في الصناعة بسبب تشعب الصناعة وتنوعها وبسبب الظروف الجغرافية والمناخية المختلفة. ومن الممكن أن تنشأ فرص في الأجل القريب لزيادة حصص الطاقة المتجددة من زيادة استغلال مخلفات العمليات الصناعية، والتوليد المشترك للحرارة والكهرباء في الصناعات القائمة على الكتلة الأحيائية، واستبدال الوقود الأحفوري المستخدم في التسخين. وتعد تقنية التسخين بالطاقة الشمسية بمواصلة تطوير مجمعات الطاقة، والتخزين الحراري، ونظم الدعم، ومواءمة العمليات الصناعية، وعملية الدمج الخاضعة للتقييم. وقد يؤثر دمج الطاقة المتجددة باستخدام الكهرباء المولدة من مصادر الطاقة المتجددة لأغراض التقنيات الكهربائية أكبر الأثر سواء في الأجل القريب أو البعيد.

وواجه استخدام الطاقة المتجددة في الصناعة في الماضي صعوبات في التنافس في الكثير من الأقاليم بسبب الانخفاض النسبي لأسعار الوقود الأحفوري إلى جانب انخفاض، أو انعدام، الضرائب المفروضة على الطاقة والكربون. وغالباً ما يزيد تركيز سياسات دعم الطاقة المتجددة في البلدان المختلفة على قطاعي النقل والمباني أكثر من تركيزها على الصناعة، ومن ثم تبقى إمكانيات دمج الطاقة المتجددة غير مؤكدة نسبياً. فأيضا طبقت سياسات الدعم، كُلت جهود نشر الطاقة المتجددة بالنجاح.

#### رابعاً: الزراعة والحراجه وصيد الأسماك

يتميز القطاع الزراعي بالانخفاض النسبي لاستهلاك الطاقة فيه، إذ يستخدم ما لا يزيد على ٣٪ تقريباً من إجمالي العالمي للطاقة الاستهلاكية. ويشمل القطاع المزارع والغابات الكبيرة المملوكة للمؤسسات إلى جانب مزارعي الكفاف ومجتمع صيادي الأسماك في البلدان النامية. ويأتي الاستخدام غير المباشر المرتفع نسبياً



لطاقات لأغراض تصنيع الأسمدة والآليات في قطاع الصناعة. وعادة ما يمثل ضخ المياه لأغراض الزراعة أعلى طلب على الطاقة في المزارع إلى جانب استخدام الديزل في الآليات والكهرباء في حلب الألبان والتبريد والمعدات الثابتة.<sup>(١)</sup>

ويمكن في العديد من الأقاليم استخدام الأراضي الجارية زراعتها بصورة متزامنة لأغراض إنتاج الطاقة المتجددة. ويشيع حالياً تعدد استخدام الأراضي لأغراض الزراعة وإنتاج الطاقة، مثل إنشاء التوربينات الهوائية على أراضي الرعي؛ واستخدام نباتات الغاز الأحيائي لمعالجة روث الحيوانات الغني بمغذيات يعاد تدويرها إلى الأرض؛ واستخدام المجاري المائية لنظم الطاقة المائية الصغيرة والمتناهية الصغر؛ وجمع نفايات المحاصيل وحرقتها لإنتاج الحرارة والكهرباء؛ وزراعة محاصيل الطاقة وإدارتها خصيصاً لتوفير المواد الوسيطة للكتلة الأحيائية اللازمة لإنتاج الوقود السائل وتوليد الحرارة والكهرباء (حيث يمكن استخدام المنتجات الثانوية للأعلاف والألياف).

وحيث إن موارد الطاقة المتجددة، ومنها الطاقة الريحية والشمسية ونفايات المحاصيل والمخلفات الحيوانية، غالباً ما تتوفر بكثرة في المناطق الريفية، فمن شأن حجزها ودمجها أن يمكن أصحاب الأراضي أو مديري المزارع من استخدامها محلياً في العمليات الزراعية. ويمكنهم أيضاً تحقيق إيرادات إضافية عند تصدير ناقلات الطاقة مثل الكهرباء أو الغاز الأحيائي المولدة من الطاقة المتجددة خارج المزرعة.

وبرغم العوائق القائمة أمام نشر تقنية الطاقة المتجددة بما في ذلك ارتفاع التكاليف الرأسمالية، ونقص التمويل المتاح والبعد المكاني عن طلب الطاقة، فمن المرجح أن يستخدم القطاع الزراعي العالمي الطاقة المتجددة بدرجة أكبر في المستقبل وذلك لتلبية الطلب على الطاقة لأغراض الإنتاج الأولي وعمليات ما بعد الحصاد على النطاقين الكبير والصغير على حد سواء.

وسوف تعتمد استراتيجيات الدمج التي يمكن أن تزيد من انتشار الطاقة المتجددة في القطاع الأولي اعتماداً جزئياً على موارد الطاقة المتجددة المحلية والإقليمية، وعلى أنماط الطلب على الطاقة داخل المزرعة، وفرص تمويل المشاريع وأسواق الطاقة القائمة.

(١) السابق (٦٨٦).

## المبحث الثاني: خطوات نحو المستقبل

حققت الطاقة المتجددة مكاسب كبيرة في دول مجلس التعاون الخليجي خلال الخمس سنوات الأخيرة. ومن وجهة النظر التقنية، فبتطبيقات محدودة ومشروعات صغيرة الحجم تم إنتاج حوالي ٧ جيغا وات من قدرات توليد الكهرباء الجديدة، وما زال المستقبل مفتوحاً لمشروعات جديدة، وإضافة قدرات توليدية أخرى. وهناك مشروعات رائدة في المملكة العربية السعودية والإمارات وباقي دول مجلس التعاون تنبئ عن مزيد من الاستغلال الجيد للطاقة الشمسية وطاقة الرياح، متزامناً ذلك مع الاتساع الكبير في تقنيات وتطبيقات الطاقة الشمسية في العالم.

وقد أصبحت تطبيقات الطاقة الشمسية ذات قدرات تنافسية كبيرة من حيث التكلفة مع مصادر الطاقة التقليدية. ومن المتوقع أن تزيد مصادر الطاقة المتجددة في المنطقة والعالم السنين القادمة.

وجزاء كبير من طلب المنطقة على مصادر الطاقة المتجددة يُتوقع أن يأتي من أكبر المنتجين لها الأسواق الخليجية، وخاصة الإمارات العربية المتحدة، حيث يوجد السوق الأكثر نضجاً، والمملكة العربية السعودية، حيث السياسات المتغيرة والخطط الطموحة التي أعطت دفعة قوية لمشروعات الطاقة المتجددة.

ومن الممكن - طبقاً للخطط والسياسات الجديدة - أن تظهر قوى خليجية أخرى تسهم في نمو سوق الطاقة المتجددة في حدود العشرينات من هذا القرن. فعلى سبيل المثال، تمتلك سلطنة عمان إمكانات كبيرة للطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وقد أظهرت الاهتمام بتطوير هذه الموارد باعتبارها بديلاً اقتصادياً لإمدادات الغاز المحلية.

وكما هو حاصل في عمان والمملكة العربية السعودية، لا تتمركز مصادر الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون الخليجي حول الطاقة الشمسية، حيث يمكن لموارد الرياح في كلا البلدين أن تمثل مصادر تكميلية للطاقة المتجددة بجوار الطاقة الشمسية، لا سيما عن طريق الاستفادة من الرياح البحرية، مع يقيننا بأن طاقة الرياح ستبقى بعيدة بدرجة كبيرة عن قدرات الطاقة الشمسية في دول مجلس التعاون الخليجي في المدى القريب على الأقل. وفي الوقت الحالي، تبرز الطاقة الشمسية كقوة تقنية بارزة في مجال لطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون الخليجي.

ويلعب الدعم التخطيطي والسياساتي دوراً محورياً في دول مجلس التعاون لزيادة حصص الطاقة المتجددة بتقنياتها وتطبيقاتها المتعددة والمتطورة بسرعة كبيرة، الأمر الذي يمكن أن يساعد في تسريع وتيرة نشر الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون الخليجي في السنوات المقبلة، شريطة تفعيل تلك الخطط والسياسات التي اعتمدت، المستويات الوطنية منها والمستويات الدولية والأممية، ودفع الحوافز، وإزالة العوائق التسويقية والتمويلية، ومساعدة كل الأطراف، الحكومية والخاصة، في تحقيق فوائد ومكاسب من هذا القطاع.





## تأسيس أسواق لا مركزية للطاقة المتجددة

تمثل الإدارة المركزية، والذي تقوم به الحكومات المركزية في دول مجلس التعاون الخليجي، أحد التحديات الهامة لقطاع الطاقة المتجددة، حيث من المنتظر من مصادر الطاقة المتجددة أن تسهم في توفير احتياجات المناطق الريفية والطرفية البعيدة. وهذا الأمر يحتاج إلى التفكير بصورة لا مركزية، بل يمكن تقسيم البلد الواحد إلى قطاعات إقليمية، يختص كل جزء منها بإنتاج مستقل للطاقة المتجددة يفيد ذلك الإقليم، وخاصة المناطق النائية منه حيث يصعب توصيل مصادر الطاقة التقليدية، وخاصة الكهرباء، بكفاءة عالية وكميات وفيرة.

لقد استطاعت أوروبا والصين وغيرهما من توصيل الطاقة الكهربائية والاحتياجات المنزلية المتعددة عبر استخدام ألواح الطاقة الشمسية، والتي لا تحتاج إلى أي ارتباط بشبكة الطاقة التقليدية لتشغيلها، وهو ما رفع - بلا شك - من مستوى المعيشة بتوفير الطاقة النظيفة للأحياء السكنية البعيدة. كما أن دمج الطاقة الشمسية ضمن الشبكات التقليدية المتوفرة في القرى والمدن قد أسهم في تخفيف الأحمال على تلك الشبكات، وتقديم خدماتها بكفاءة عالية ودون انقطاعات في أوقات الذروة وغيرها. هذه المشروعات وتحديثاتها هو ما ينبغي التركيز عليه في أسواق الطاقة المتجددة الواعدة في دول مجلس التعاون.

وثمة أمر مهم آخر لمسألة اللامركزية في توزيع الطاقة المتجددة في السوق الخليجية، وهو ضرورة أن تنتقل مركزية الاستخدام من التمحور حول إنتاج الكهرباء فقط، إلى أغراض التدفئة وتسخين المياه والتبريد والنقل وغيرها، حيث أن هذه الأغراض المتعددة تسهم في التقليل من استخدام الوقود الأحفوري التقليدي أو الوقود الأحفوري، ومن ثم تقليل الانبعاثات الضارة بالبيئة، وتقليل الأضرار المترتبة على جمع الحطب من البراري وغيرها. لا بد أن تنطلق سوق الطاقة المتجددة نحو تعدد الأغراض والاستخدامات لتوفر متطلبات التنمية المستدامة، ليس للمدن والتجمعات السكنية الكبيرة فحسب، بل وللأحياء والتجمعات القليلة سكانيا، والمناطق الريفية والنائية البعيدة.<sup>(1)</sup>

ومن الممكن أن تسهم التشريعات والسياسات وما يتبعها من قوانين ملزمة توضع ضمن القوانين العامة لمنظومة الطاقة وللمجتمع ككل، فعلى سبيل المثال، يحتاج سوق الطاقة المتجددة إلى سن تشريعات تفرض على قطاع الصناعة إدخال نسبة محددة تدريجية من الطاقة المتجددة ضمن المنظومة الصناعية لاستهلاك الطاقة. كما يفترض أن تُسن تشريعات في قطاع البناء، كما هو الحال في ألمانيا وغيرها، باشتراط استخدام الطاقة المتجددة - كألواح الطاقة الشمسية - في إنارة المباني الجديد، بل وتغطية مختلف احتياجاتها المنزلية.

ومن الضروري أن تكون هناك حوافز مالية وإعفاءات ضريبة وتخفيضات على أدوات الطاقة المتجددة وأجهزتها، وقروض ميسرة لتمويلها حتى يتم حفز وتشجيع هذه السوق اللامركزية، بتحفيز المستثمرين والممولين من خارج القطاع الحكومي، بل وتحفيز المستهلك النهائي بتخفيض التكلفة الإجمالية لتلك العقارات

(1) Renewable Energy Market Analysis, GCC Region, IRENA, 2016 (78).

الجديدة (في قطاع البناء) أو لأدوات الطاقة المتجددة نفسها لتقوية القدرة التنافسية عند الاستخدام الاختياري.

هذه الحوافز من شأنها ان تسرع من وتيرة نمو اللامركزية في أسواق الطاقة المتجددة، وهي ضرورة من أجل نمو قطاع الطاقة المتجددة ككل.

### أنظمة كهربائية قابلة للتحويل نحو الطاقة المتجددة

كل من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح مصادر متقطعة للطاقة، حيث تعتمد على الموسمية، وعلى تغير أوقات الليل والنهار، ومن ثم لا يمكن الاعتماد عليها بصورة دائمة، رغم تطور آليات وتقنيات التخزين بصورة كبيرة.

ومما ينبغي الإشارة إليه أن منطقة الخليج غنية بمصادر الطاقة الأحفورية، ومن ثم فإن الحديث عن استقلال مصادر الطاقة المتجددة عبر إحلال كامل للطاقة التقليدية هو أمر تكتنفه تحديات شتى، فإذا كان التحول العالمي السريع نحو الطاقة المتجددة حاصل نتيجة عدم توفر مصادر الطاقة التقليدية وضرورة استيرادها مما يؤثر على اقتصاديات تلك الدول ويضطرها إلى البحث عن مصادر بديلة نظيفة (مع استبعاد العامل البيئي من تلك المعادلة الآن)، فإن التحول الكامل في دول مجلس التعاون هو أمر غير اقتصادي، فضلا عن أنه غير واقعي، فالمنطقة غنية بالنفط والغاز الطبيعي، وتقترب بنيتها الهيكلية للطاقة بهذه الموارد التقليدية. ومن ثم، فإن الاعتماد على الطاقة المتجددة اعتمادا أساسيا هو أمر غير متصور. والحل الأمثل - في نظر الباحث - هو السعي إلى منظومة طاقة تشاركية إدماجية، تسعى إلى التمكين لمصادر الطاقة المتجددة تدريجيا، والاستفادة من المخزون النفطي والغازي بصورة أفضل.

أما مسألة توفير النفط وجني العوائد من تصدير ذلك الفائض، فهي مسألة تحتاج إلى إعادة نظر، فالولايات المتحدة - أكبر مستورد للنفط - تمتلك اليوم حصة كبيرة من الزيت الصخري تجعلها تستطيع توفير كامل احتياجات الطاقة محليا، وأغلب الدول المتقدمة - الأكثر استهلاكاً للنفط - تشهد تحولات كبيرة نحو الطاقة المتجددة، وصلت أحيانا إلى تغطية نصف احتياجاتها من الكهرباء من الطاقة المتجددة. كما أن وفرة المعروض من مصادر الطاقة التقليدية أنتج انخفاضا كبيرا في الأسعار، وتحديا كبيرا في البحث عن أسواق جديدة للنفط والغاز.

لأجل ذلك كان من الضرورات الاستراتيجية لدول مجلس التعاون الخليجي الاستفادة من مخزونها الكبير من الطاقة الأحفورية، وبذل جهود نحو تحويل جزئي لأنظمة الطاقة الكهربائية نحو الطاقة المتجددة للاستفادة من الطاقة الأحفورية والمتجددة معا، وتقليل الأضرار البيئية، وتعظيم الفوائد الاقتصادية.

وأنظمة الكهرباء يجب أن يتم تعديلها لاستيعاب مصادر الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون الخليجي، والتخطيط لإضافات كبيرة من مصادر الطاقة المتجددة في شبكات الكهرباء الوطنية.



ومن التحديات المهمة أنه وكلما تمت إضافة المزيد من مصادر الطاقة المتجددة إلى أنظمة الكهرباء، زادت التقلبات في صافي الحمل، وظهرت آثارها على شبكات الكهرباء، وعمليات النظام، وتصميمات المباني والأسواق. لذا فإن دول مجلس التعاون الخليجي (على سبيل المثال المملكة العربية السعودية والإمارات وعمان) التي تخطط بشكل كبير لإضافات من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في المستقبل، نسبة إلى حجم أنظمة الكهرباء الوطنية سوف تكون مطالبة لتفعيل خطط جيدة لمعالجة الاختلافات في الأحمال.

إن تحسين تلك العمليات واستخدام النظام الحالي للموارد بصورة أكثر كفاءة سوف تؤدي إلى دعم تكامل نظام الطاقة المتجددة. وينبغي أن يتبع ذلك مرونة كبيرة في أنظمة الكهرباء بإشراك فعال للطاقة المتجددة، وينبغي التمكين لتلك الموارد برفع جودة تقنيات التخزين والكفاءة، حتى يكون الإسهام ذا جدوى اقتصادية واجتماعية. كل ذلك من شأنه أن يرفع حصص الطاقة المتجددة في سوق أنظمة الكهرباء الخليجية.

على سبيل المثال، تعد تقنية الطاقة الشمسية المركزة (CSP) ذات سعة تخزينية قصيرة المدى، ومن الممكن أن تسهم في أنظمة الكهرباء بكفاءة عالية إلى جانب التغذية بالطاقة الأحفورية، وتشمل بعض تقنيات التمكين ما يلي:

**تخزين الكهرباء:**، والتي يمكن توفيرها على حد سواء من خلال البطاريات أو التقنيات الحرارية، حيث يتم النظر في بعض هذه التقنيات لتلبية خدمات بعض المرافق في المنطقة. ومن الخيارات أيضا تخزين الطاقة الكهرومائية التي يتم ضخها في محطات التحلية، وإن لم يكن على نطاق واسع. وهناك الطاقة الشمسية المركزة بسعة تخزين ١٥ ساعة، حيث يتم استخدامها حاليا في الإمارات لتلبية احتياجات الكهرباء في المساء (٤ - ١٠ م). وهناك أيضا محطة حثا للطاقة الكهرومائية في دبي تعمل على تخزين الطاقة الكهربائية لحين استخدامها.

**إدارة جانب الطلب، وكفاءة الطاقة:** هناك تدابير يمكن أن تساعد في تشكيل أو تقليل منحنى الحمل، والسماح بمستويات أعلى من اختراق الطاقة المتجددة أثناء تخفيض الحاجة للتخزين. يمكن لصانعي السياسات دعم الطاقة المتجددة من خلال الحوافز الاقتصادية، على سبيل المثال، من خلال اعتماد نطاق واسع من الشبكات الذكية وتقنيات القياس، وضبط التكلفة وتعريفات المرافق، وخدمات التسعير.

**تجارة الكهرباء:** ويمكن لتجارة الكهرباء ذات أنظمة التغذية المشتركة (الطاقة الأحفورية والطاقة المتجددة) أن يتم التسويق لها على المدى القصير والمتوسط والطويل، وتشجيع المستهلكين على الاعتماد عليها من خلال حوافز متعددة. وباعتبار هذا التكامل في أنظمة الكهرباء، يمكن أن تلعب المرافق الحكومية والعامه دورا أساسيا في زيادة مرونة أنظمة الكهرباء والتسويق لها عند الجماهير.<sup>(١)</sup>

### الطاقة الشمسية السطحية

تحظى ألواح الطاقة الشمسية الكهروضوئية السطحية بشعبية كبيرة في العديد من البلدان، لكنها ما زالت دون المأمول في دول مجلس التعاون الخليجي، فالشقق السكنية الكبيرة الواقعة في نطاق العمائر والمباني

(١) Renewable Energy Market Analysis, GCC Region, IRENA, 2016 (78 - 79).

المشتركة ، على سبيل المثال ، سوف لا تخدم مشروعات تلك الألواح بشكل جيد. ولكن الفيئات المستقلة، والمباني الحكومية والتجارية ، وبعض الصناعية تمثل تلك التطبيقات خيارات قابلة للعمل والإنتاج.

وعادة ما تكون التعريفات السعرية منخفضة جداً لتشجيع المستخدمين لتوليد الكهرباء ذاتيا. إصلاح التعريفات السعرية إلى جانب الحوافز الاقتصادية الأخرى ، قد تعزز وتنشط توليد الطاقة الشمسية السطحية، وتحد بشكل كبير من قيمة فواتير الكهرباء. إن اللوائح الوطنية التي تشجع أنظمة الطاقة الشمسية الصغيرة ، والتوليد الذاتي بشكل عام، من شأنها أن تدعم إسهامات الطاقة التقليدية في منظومة الطاقة.

بدأت دولة الإمارات العربية المتحدة في تقديم علامات التشجيع، عبر مشروع (شمس دبي)، ومؤخراً عبر نظام القياس الصافي في أبوظبي. وفي المملكة العربية السعودية، وضعت مكتب تطوير مشاريع الطاقة المتجددة مشروع لائحة لأنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية الصغيرة. وبالمثل، (مبادرة ساهم للطاقة المتجددة) العمانية، تشجع تركيب الألواح الكهروضوئية في المنازل، وكذلك المرافق العامة الخاصة.

إن تمويل مشاريع الطاقة الشمسية السطحية يمثل تحدياً لما يحتاجه من تغيير القنوات وزيادة درجة الوعي، وفي ذات الوقت توفير التمويل اللازم، ودعم السلعة نفسها لتكون في متناول الجمهور. لذلك، يمكن أن تساعد النماذج الاقتصادية سرعة نشر هذا المشروع في المنطقة. ومعظم الأنظمة الشمسية في دبي تقوم بتمويل من أصحاب المباني من خلال الأسهم أو القروض. ويمكن أن تساعد نماذج (التأجير) في التخفيف من تكاليف بداية المشروع، والسماح لأصحاب المباني لاستئجار النظم من الطرف الثالث الذي يمولها ويملكها. وبعض هذه المشروعات قد استخدم هذا النموذج بالفعل، بما في ذلك توليد ١,١ ميغا واط بواسطة (سراج باور) في دبي .

ويعتمد نجاح المخططات الوطنية في مجال الطاقة الشمسية السطحية على وجود سلسلة قيمة محلية ناضجة. فالخبرات المتخصصة في تثبيت هذه الألواح على اسطح البينايات، وخدمات ما بعد البيع هي أمور مهمة في نشر الطاقة المتجددة.

وتعتبر اللوائح التنظيمية والمالية والاقتصادية في غاية الأهمية، فمن شأنها رفع الوعي لدى المستهلكين بأهمية وسهولة تركيب وكفاءة ألواح الطاقة الشمسية السطحية. أيضاً المبادرات الحكومية لاستخدام تلك التطبيقات هو أكبر مشجع على استخدامها وإحلالها محل الطاقة التقليدية.

## كهربة قطاع النقل

غالبًا ما ترتبط الطاقة المتجددة بقطاع الكهرباء واستخداماتها، لكن التطورات التقنية في السنوات الأخيرة تشير إلى أن مصادر الطاقة المتجددة من المرجح أن تسهم في تنويع قاعدة وقود النقل في المنطقة. كهربة ناقلات القطاعين العام والخاص وأساطيل المركبات الصناعية باستخدام مصادر الطاقة النظيفة، يوفر فرصاً هائلة لاستخدام وقود منخفض التكلفة من المصادر المتجددة، ودمج حلول الطاقة النظيفة في سياسات أوسع.

إن توفر العديد من المركبات الكهربائية للاستخدام الخاص ، والتطور السريع في تخزين الكهرباء عبر بطاريات التخزين ، يمثل فرصا واعدة لإسهام الطاقة المتجددة في هذا القطاع. ويمكن القيام بالمزيد، في الوقت نفسه، لإطالة عمر البطاريات في ظل الظروف المناخية السائدة في دول مجلس التعاون الخليجي.

ومن المنظور الاقتصادي، يمثل متوسط الدخل المرتفع في دول مجلس التعاون الخليجي فرصة جيدة في التحول إلى السيارات الكهربائية، والذي ينطوي على تكلفة عالية في البداية، ولكن انخفاض تكاليف الوقود على المدى الطويل يجعل ذلك النموذج الجديد واقعا قابلا للتحقق ومرغوبا عند الكثيرين. فالأمر مجد اقتصاديا واجتماعيا، وسهل الاستعمال لإمكانية توفير تلك البطاريات في البيوت. وهو حل عملي داخل المدن حيث المسافات القصيرة التي لا تمثل حملا كبيرا على استهلاك البطاريات. إن كهربة قطاع النقل يناسب أيضا - في إطار الاستراتيجيات القائمة - تعزيز الابتكار التقني والبحث والتطوير.

وسوف تلعب خطط الحوافز الحكومية دورا حاسما في تسريع كهربة النقل. فالحوافز المالية للتبديل من الغاز للسيارات الكهربائية، والاستخدام المجاني لمحطات شحن الطاقة الشمسية، هي خيارات قابلة للتطبيق. وقد أطلقت دبي مجموعة من الحوافز التي تشمل الشحن المجاني، ومواقف مجانية للسيارات، رسوم التسجيل المجانية ، ورسوم طرق مجانية. كل ذلك من أجل التشجيع على استعمال السيارات الكهربائية المحافظة على البيئة.

والقطارات التي تعمل بالكهرباء يمكن أن تزيد من إسهام المواصلات العامة في نقل الركاب وتقلل من استخدام السيارات الخاصة، وهو ما يعني توفيراً كبيراً للطاقة، وحفاظاً على البيئة. ومن جانب آخر، فإن وسائل النقل العام لديها إمكانات كبيرة للمساعدة تقليل الازدحام ، وإدارة الطلب على الطاقة بشكل مستدام على المدى الطويل.

### الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة

التحسينات في كفاءة الطاقة هي جزء حيوي لتعزيز استخدام الطاقة المتجددة. وتقليل الطلب على الطاقة عموما يساعد في تحقيق الأهداف الكمية لحصة الطاقة المتجددة في إجمالي مزيج الطاقة ، وكذلك في كهربة الأماكن البعيدة التي لا تصل إليها شبكات الطاقة التقليدية المركزية. كما أن توزيع وتخفيف الأحمال بين نوعي الطاقة (التقليدية والمتجددة) يسمح بمستويات أعلى من التكامل مع انخفاض الحاجة للتخزين.

وفي الوقت الحالي، تتميز دول مجلس التعاون الخليجي نسبيا بالاستخدام غير الكفاء وغير الفعال للطاقة وارتفاع استهلاك الفرد. رغم أن سياسات الكفاءة في استخدام الطاقة قد صممت بما يتلاءم مع الحاجات الاقتصادية والديموغرافية والجغرافية لهذه المنطقة.

وقد تم في السنوات الأخيرة، وخاصة مع انخفاض اسعار النفط من منتصف ٢٠١٤، إصلاح أسعار الطاقة في جميع دول مجلس التعاون لتعكس الأسعار العالمية أو قريبا منها، ووهناك حزمة من الإصلاحات

الأخرى التي يجري إدخالها ، مع اللوائح والبرامج المحددة ، لتخفيف العبء المالي والبيئي على حكومات مجلس التعاون الخليجي.

وقد تم دمج كفاءة الطاقة مع أهداف قابلة الطاقة المتجددة بموجب استراتيجيات وطنية للطاقة، والتي تشمل أيضا زيادة استخدام الطاقة الأخرى منخفضة الكربون، وتحسين استخدام المياه. هذا من شأنه أن يخفف من الآثار الاجتماعية السلبية، مع توفير فرص للعمل، ودعم لجهود التصدير.

وعلى سبيل المثال، فإن الإمارات العربية المتحدة والبحرين وسلطنة عمان قد تحركت بصورة كبيرة نحو خفض دعم الطاقة. وحققت دولة الإمارات العربية المتحدة والمملكة العربية السعودية أكبر تقدم بخصوص إدخال سياسات محددة تركز على الكفاءة.

ولقد قام كثير من شركات النفط وشركات المرافق والشركات الصناعية ، والتي تحصل على حصة كبيرة من استهلاك الطاقة ، بتقديم برامجهم الخاصة بأفضل طرق رفع كفاءة الطاقة، إلا أن أغلب تلك الخطط ما زال في طور التقييم، ولم تظهر النتائج المؤكدة بعد.

إن أهداف وقياسات الكفاءة تركز الآن على قطاع الكهرباء وأنظمتها، وعلى القطاعات السكنية والتجارية. وتركز الكفاءة الصناعية على شركات الطاقة الكبرى لتدعم السوق بمنتجات أفضل في استهلاك الطاقة وأكثر كفاءة.

ومن المتوقع أن تستمر السياسات الداعمة لكفاءة الطاقة في دول مجلس التعاون الخليجي، وكذلك سياسات التسعير، ورعاية الاعتبارات البيئية والاقتصادية. ويتم دعم تلك السياسات عبر المبادرات التشجيعية طبقا لظروف كل دولة من دول مجلس التعاون الخليجي.

### الطاقة المتجددة وتحلية المياه

تواجه دول الخليج العربية مأزقًا حقيقيًا في تأمين مواردها المائية؛ التي بدأت تشح وتنضب تدريجيًا لعوامل طبيعية عديدة؛ منها: الجفاف، وانخفاض معدلات سقوط الأمطار. وتتشابه الظروف الطبيعية والمناخية في هذه الدول إلى حدٍ كبير، فباستثناء بعض المناطق في المملكة العربية السعودية وسلطنة عُمان، فإن تلك الدول تقع في منطقة شديدة الجفاف، تتسم بندرة الموارد المائية الطبيعية، وقلة هطول الأمطار وندرتهما.

وقد انعكست هذه الخصائص بوضوح في قلة الموارد المائية المتجددة، وفي محدودية الأراضي الصالحة للزراعة، وعوامل بشرية منها: ارتفاع معدلات النمو السكاني والتحصُّر، والمشاريع الصناعية والزراعية الضخمة؛ الأمر الذي دفع هذه الدول إلى البحث عن موارد مائية أخرى بديلة لتحقيق أمنها المائي، كان من أهمها اعتمادها على محطات تحلية مياه البحر، حيث تنتج جميعها ما يناهز (٧٠٪) من الإنتاج العالمي لتحلية



المياه، واستخدام مياه الصرف الصحي والصناعي والزراعي المعالجة، وقد أدّى هذا الاعتماد المستمر على محطات التحلية إلى إرهاق الميزانية العامة لهذه الدول، وإلى حدوث مضاعفات سلبية على النظم البيئية فيها.<sup>(١)</sup>

وقد سجّل الطلب على المياه في دول مجلس التعاون الخليجي خلال الفترة من (٢٠٠٥- ٢٠١٥) زيادة وصلت إلى ما يناهز ١٤٠٪، وكانت الكويت إحدى الدول التي تجاوزت نسبة الطلب على المياه للاستخدامات البلدية، وليس من المتوقع أن يطرأ تغيير كبير في هذا التوزيع لمخصصات المياه في المستقبل في معظم بلدان المنطقة؛ وعلى كل حال فإنه من المتوقع أن تنخفض حصة القطاع الزراعي لإجمالي لدول الخليج العربية من متوسط قدره ٦٣٪ عام ١٩٩٥ إلى ٤٨٪ عام ٢٠٢٥.<sup>(٢)</sup>

وخلال العقود الأربعة الماضية تضاعف عدد السكان أكثر من خمس مرّات؛ وذلك من نحو ٨ ملايين نسمة في عام ١٩٧٠ إلى نحو ٤٣,٥ مليون نسمة في عام ٢٠١٠؛ حيث يبلغ معدل النمو السكاني الحالي في دول الخليج العربية نحو ٣٪، الذي يُعدُّ من أعلى المعدلات في العالم.<sup>(٣)</sup> وقد انعكس النمو السكاني على ضعف حصة الفرد من المياه؛ حيث وصل إلى أقل من ٥٠٠ م<sup>٣</sup>/السنة (خط الفقر المائي الحاد).

وهناك مجموعة من السيناريوهات التي تعمل على مواجهة مشكلة (نقص المياه) في دول مجلس التعاون يأتي على رأسها تقنية (تحلية مياه البحر)، وذلك لأغراض الاستعمالات المنزلية ومياه الشرب (القطاع الزراعي يقوم غالباً على المياه الجوفية، والمياه المالحة، ومياه الصرف الصحي المعالجة). وتغطي مياه البحر المحلّلة ٢٧٪ من الاحتياجات في عمان، و٨٧٪ من الاحتياجات في قطر بإحصاءات عام ٢٠١٦.<sup>(٤)</sup>

وتحلية مياه البحر المالحة عملية مكلفة اقتصادياً، ومستهلكة للطاقة بشكل كبير (يصل استهلاك الطاقة حوالي ٥٠ - ٦٠٪ من إجمالي تكلفة تحلية المياه)، الأمر الذي يعيدنا إلى النقطة الأساسية من حيث زيادة استهلاك الوقود الأحفوري، والإضرار بالبيئة، وإرهاق كاهل الدول الخليجية بتلك الأعباء الاقتصادية. كان من الضروري البحث عن حل مستدام لتحلية المياه من خلال الطاقة المتجددة. وكانت الطاقة الشمسية إحدى بدائل الطاقة الفعّالة.

وتبلغ سعة محطات التحلية في دول مجلس التعاون حوالي ٢٦ مليون متر مكعب من الماء يومياً، وهو ما يقدر بـ ٣٦٪ من إجمالي سعة محطات التحلية في العالم، ومن المتوقع أن تصل إلى ٤٥٪ بحلول عام ٢٠٢٠.

(١) د. طه عثمان الفراء، أمن الموارد المائية في دول الخليج العربية: الواقع والمستقبل. مركز الجزيرة للدراسات، الدوحة، ٢٠١٥ (١).

(٢) J.S. Wallace, Increasing Agricultural Water Efficiency to Meet Future Food Production, Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol. 82 (2000), pp. 105-119.

(٣) David Grey and Claudia W. Sadoff. Sink or Swim? Water Security for Growth and Development, Water Policy, vol. 9, no. 6, 2007, pp. 545-571.

(٤) Renewable Energy Market Analysis, GCC Region, IRENA, 2016 (78).

وفي المملكة العربية السعودية وحدها يبلغ إنتاج المؤسسة العامة لتحلية المياه (مؤسسة حكومية) ٦,٤ مليون متر مكعب يوميا، وهو ما يمثل حوالي ٦٩٪ من إنتاج المياه المحلاة في المملكة، حيث يصل إجمال إنتاج المملكة من المياه المحلاة ٦,٦ مليون متر مكعب (٢٢٪ عالميا، ٥٤٪ خليجيا).<sup>(١)</sup>

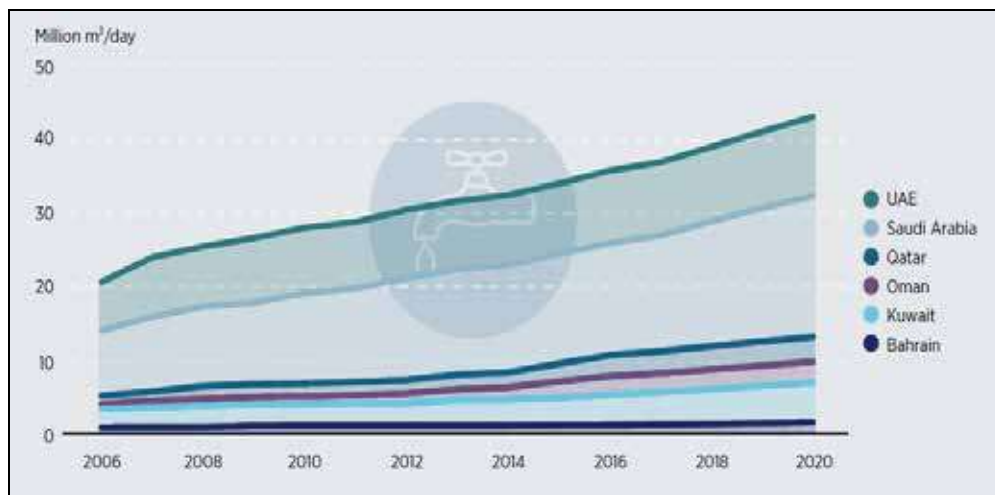
الدولة	تغطية المياه المحلاة من إجمالي احتياجات المياه (%)
قطر	٨٧
السعودية	٥٠
الإمارات	٤٢
الكويت	٤٢
البحرين	٣٦
عمان	٢٧

جدول (١٥): نسبة المياه المعالجة بتقنية (تحلية المياه) من إجمالي احتياجات المياه لأغراض غير زراعية في دول مجلس التعاون.

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على تقارير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة عام ٢٠١٦.

في عام ٢٠١٣، أطلقت شركة (مصدر) الإماراتية برنامجها التجريبي لتحلية المياه بالطاقة المتجددة، وهو مثال بارز على نجاح نقل التقنية. وقد بدأ العمل في المشروع عام ٢٠١٥. ويهدف هذا البرنامج إلى تشغيل المحطات فقط بواسطة الطاقة الشمسية.

وتعتبر الشمس الساقطة على مياه البحار والمحيطات أكبر محطات الطاقة الشمسية لتحلية مياه البحر، حيث تتحول المياه المالحة إلى بخار تحمله الرياح إلى الطبقات العليا للغلاف الجوي فيتكثف البخار من جديد إلى ماء عذب يسقط على أمطار.



شكل (٥٣): قدرات تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون الخليجي (متر مكعب/يوم) من ٢٠٠٦ إلى ٢٠٢٠.

Sources: GWI 2015, Desalination Markets, Global Water Intelligence, 2016

(١) مجلة التحلية، الصادرة عن المؤسسة العامة لتحلية السعودية، عدد ٦٧، أبريل ٢٠١٥ (١١).



وهناك تقنيتان أساسيتان لاستغلال الطاقة الشمسية لتحلية المياه المالحة: التقنية الأولى تشمل المقطرات الشمسية، أو ما يعرف بالتقطير الفلاش متعدد المراحل (Multi-stage flash distillation- MSF)، وهو أحد الطرق التقليدية السائدة لتغيير الطور لتحقيق تحلية المياه. وهو يمثل حوالي ٤٥٪ من إجمالي طاقة التحلية العالمية و ٩٣٪ من جميع الطرق الحرارية.

وتظهر بيانات الإنتاج أن عملية التقطير الشمسي المتعدد المراحل (MSF) لديها قدرة إنتاجية تتراوح ما بين ٦-٦٠ لتر / متر مربع / يوم مقابل الإنتاج القياسي (٣-٤ لتر / متر مربع / يوم) من الطاقة الشمسية. وتعاني تلك الطريقة (MSF) من كفاءة ضعيفة جدا خلال فترات البدء أو انخفاض الطاقة. ومن أجل تحقيق أعلى مستوى من الكفاءة تتطلب تلك العملية قطرات الضغط التي تسيطر عليها بعناية عبر كل مرحلة، ومدخلات الطاقة ثابتة. وتتطلب التطبيقات الشمسية عموما شكلا من أشكال تخزين الطاقة الحرارية للتعامل مع التداخلات السحابية، وأنماط الطاقة الشمسية المختلفة، والتشغيل الليلي، والتغيرات الموسمية في درجة حرارة الهواء المحيط. وهذه التقنية امتداد لعمليات التقطير الشمسي الحراري البسيطة القديمة، ويعيها أنها مستهلكة للطاقة بشكل كبير، ومتدنية الكفاءة أيضا.

أما التقنية الثانية فتشمل استخدام الطاقة الشمسية بطريقة غير مباشرة لتحلية المياه المالحة، وهو ما يعرف بالتقطير الغشائي (Membrane – Based System)، وذلك بالتقاط الإشعاع الشمسي أولا عن طريق أحد الوسائل الحديثة (البرك الشمسية، الخلايا الكهروضوئية، مرايا القطع المكافئ، والأطباق والأبراج الشمسية)، وتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية أو طاقة كهربائية، ومن ثم يتم إمداد الطاقة الحرارية لوحدة تحلية المياه التقليدية التي تعمل بنظام التبخير متعدد التأثير، أو التبخير الوميضي متعدد المراحل. ويتم أيضا إمداد الطاقة الكهربائية المنتجة بواسطة الخلايا الكهروضوئية لوحدة التحلية التي تعمل بنظام التناضح العكسي (Reverse Osmosis - RO) والديليزة الكهربائية والتقطير بضغط البخار الميكانيكي.<sup>(١)</sup>

وتعد التقنية الأولى هي الأكثر استخداما في دول مجلس التعاون لسببين: الأول ارتفاع درجة ملوحة مياه البحر في الخليج العربي وفي البحر الأحمر، وهذا يعني أن المياه - لكي تكون صالحة لتطبيق التقنية الثانية - تتطلب عمليات مختلفة ومكلفة ماليا لمعالجة المياه، لكن التقنية الأولى لا تعتمد سوى على تبخير الماء وتقطيره، لذا فإنها لا تحتاج إلى أمثال تلك العمليات التي تحتاجها تقنية التقطير الغشائي.

والسبب الثاني أن الإدماج الحاصل في المحطات الكهرومائية بين الماء والكهرباء يستخدم الحرارة الناتجة عن ذلك الإدماج في عمليات التقطير البسيط (التقنية الأولى)، ومن ثم فهي تستفيد من تقنيات الطاقة المتجددة وما ينتج عنها تلقائيا من الحرارة دون حاجة إلى توليد أساسي لتلك الطاقة الحرارية.

وفي أوقات زيادة استهلاك الكهرباء - كما في مواسم الصيف - تقل الحرارة الناتجة عن ذلك الإدماج في محطات توليد الكهرباء، ومن ثم تحتاج محطات تحلية المياه إلى مصدر جديد للحرارة، فتلجأ إلى التقنية

(١) د. أحمد محمد عثمان، تحلية مياه البحر بالطاقة الشمسية، مجلة التحلية، الصادرة عن المؤسسة العامة للتحلية السعودية، عدد ٦٧، أبريل ٢٠١٥ (٨٦). وانظر: تحلية المياه المالحة بالطاقة الشمسية بين الواقع والمأمول، معهد أبحاث تحلية المياه المالحة، المؤسسة العامة لتحلية المياه، ٢٠١٠.

الثانية. لذا فإن محطات تحلية المياه العاملة في المنطقة بتقنيات الطاقة الشمسية تتوفر فيها التقنيتان (التقطير البسيط المعتمد على الحرارة، والتقطير الغشائي المعتمد على الحرارة والكهرباء) بما يضمن لها أعلى درجة من الكفاءة. وفي السنوات الأخيرة، لوحظ التحول إلى التقطير الغشائي بصورة أساسية حيث تمت ترقية الأغشية التي تعمل بتقنية التناضح العكسي (RO) إلى مستويات أعلى تستطيع أن تتعامل مع المياه ذات الملوحة العالية دون حاجة إلى التقطير المباشر. وهناك ثماني محطات ضخمة للتناضح العكسي في المنطقة بسعة تصل إلى ١٠٠ ألف متر مكعب يوميا.<sup>(١)</sup>

Countries	Population (million)	Online desalination capacity (106 m <sup>3</sup> /d) (2014)	Break down of online capacity by technology (2014)				Additional Contracted* (106 m <sup>3</sup> /d)
			MSF (%)	MED (%)	RO (%)	Other (%)	
Saudi Arabia	29.9	11.4	37.6	10.4	49.6	2.4	10.5
UAE	9.6	8.9	68.2	12.2	19.4	0.2	2.5
Kuwait	3.6	2.6	72.7	0.1	27.1	0	2.3
Qatar	2.3	1.8	69.4	19.9	9.8	0.8	1.5
Oman	4.2	1.1	36.3	7.6	55.9	0.2	1.7
Bahrain	1.4	0.6	16.9	46.2	36.9	-	-
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>26.4</b>					<b>18.6</b>

جدول (١٦): قدرات تحلية مياه البحر طبقاً لكل تقنية في دول مجلس التعاون عام ٢٠١٤.

Source: Renewable Energy Market Analysis, GCC Region, IRENA, 2016 (81).

وقد أمكن بالتقنيات الحديثة للطاقة المتجددة تخفيض استهلاك الطاقة في محطات تحلية المياه بدرجة كبيرة، وبالتالي التكلفة الاقتصادية، وهو ما يعطي أفضلية كبيرة لمحطات التحلية التي تعمل بتلك التقنيات. ويضاف إلى ذلك البعد البيئي إذا ما قارناه باستهلاك الطاقة التقليدية، فإنه يزيد من كفاءة تلك المصادر المتجددة.

### تطوير البحث العلمي في الطاقة المتجددة

يجب أن تسفر المعارف العلمية والهندسية المعززة عن تحسينات في الأداء وتخفيضات في التكلفة في تقنيات الطاقة المتجددة. ولاتزال الحاجة ماسة لمعرفة إضافية متصلة بالطاقة المتجددة ودورها في تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة في عدد من المجالات الواسعة النطاق بما في ذلك ما يلي:

- التكلفة المستقبلية لنشر الطاقة المتجددة والتخطيط الزمني له؛
- إمكانية الفنية القابلة للتحقيق الخاصة بالطاقة المتجددة على كل المستويات الجغرافية؛
- التحديات الفنية والمؤسسية وتكاليف دمج التقنيات المتنوعة للطاقة المتجددة في نظم الطاقة وأسواقها؛

(١). Renewable Energy Market Analysis, GCC Region, IRENA, 2016 (80).

- التقييمات الشاملة للجوانب الاجتماعية والاقتصادية والبيئية للطاقة المتجددة ولتقنيات الطاقة الأخرى؛
  - فرص الوفاء باحتياجات البلدان النامية من الخدمات المستدامة للطاقة المتجددة؛
  - الآليات السياسية والمؤسسية والمالية لتيسير النشر الفعال من حيث التكلفة للطاقة المتجددة في تشكيلة واسعة النطاق من الظروف.
- وتتطور تقنيات الطاقة المتجددة بصورة متسارعة، بل إن كثيرا من مراكز البحث العلمي في مجال الطاقة المتجددة تعمل بجد من أجل تحديد دقيق لأفضلية بعض التقنيات داخل مصدر الطاقة المتجددة الواحد على بعضها الآخر من حيث التكلفة الاقتصادية، والانبعاثات، وسهولة الوصول، وغير ذلك من العوامل. وما زال المجال مفتوحا وامتسعا لمزيد من الإسهامات.
- إن عمليات إدارة المعرفة للطاقة المتجددة تعمل بشكل متكامل فيما بينها، إذ تعتمد كل عملية على الأخرى، وتتكامل معها وتدعمها على صعيد البحث والتصنيع والتسويق والتعلم المؤسسي، ويمكن تلخيص عمليات إدارة المعرفة فيما يلي:
- عملية تشخيص المعرفة، حيث يقوم البحث العلمي بدوره في تشخيص الواقع القائم ضمن المعارف المتاحة للطاقة المتجددة، وفي ضوء هذا التشخيص يتم وضع السياسات والبرامج. وشأن كل مؤسسة أن يكون لديها قواعد ثابتة من رأس المال البشري (الخبراء والفنيون)، ومراكز البحث العلمي، ومناهج التعليم والتدريب، والقطاع الخاص والاستشاري. ويقوم البحث العلمي بمهامه السابقة التي ترفع الواقع، واللاحقة التي تتابع المهام وتدرس الحالات، وتضع القوانين والسياسات لبيئة العمل.
  - عملية تخطيط المعرفة، وهذه العملية تتعلق برسم الخطط المختلفة ذات الارتباط بإدارة المعرفة، والسعي إلى توفير الإمكانيات والقدرات اللازمة لسير الأعمال بكفاءة وفاعلية.
  - عملية نشر المعرفة، وتحقق بإبراز ذلك الإنتاج المعرفي وتقديمه للجمهور المستهدف من خلال المؤتمرات والندوات والمجلات العلمية ومواقع الانترنت المتخصصة.
  - عملية توليد واكتساب المعرفة، وتتعلق تلك العملية بالتركيز على الابتكار، واكتشاف وتمثل المعرفة من خلال البرامج البحثية المشتركة، والدراسات العليا، وتكون من خلال ورش العمل واللقاءات وتطوير الصناعة، وربطها مع مراكز البحث العلمي والتقني.
  - عملية توزيع المعرفة، والمقصود بذلك ضمان وصول المعرفة إلى صانع القرار والفني والباحث، ويتطلب ذلك ضرورة وجود وسيلة لنقل المعرفة، من خلال اللقاءات والندوات والكتابات والدورات العلمية والتدريبية.
  - عملية تطبيق المعرفة، وهي تحويل ذلك المنتج المعرفي إلى تطبيقات عملية في ميدان الصناعة. وهنا يجب أن تكون المشاركة المعرفية متجهة مباشرة نحو تحسين الأداء في حالات صنع القرار، والأداء الوظيفي من خلال المشروعات المختلفة.<sup>(١)</sup>

(١) انظر: د. عودة الجبوسي، الطاقة المتجددة في الوطن العربي. نقل المعرفة وآفاق التعاون العربي (١٤٥، ١٤٦).

ولا شك أن البحث العلمي يدخل في كل مراحل وعمليات إدارة المعرفة، ويسهم إسهاما جوهريا في تطوير المعارف في المجال محل البحث، وما يتبع ذلك من تطوير في ميدان الخطط والسياسات وصناعة القرارات والتنفيذ.

ومن الأمثلة المهمة في هذا المجال قطاع الأبحاث والدراسات بمدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمتجددة بالمملكة العربية السعودية، حيث يهدف القطاع إلى دراسة متطلبات وتحديات الطاقة الذرية والمتجددة في المملكة، والعمل على توفير الحلول النموذجية والتقنيات المبتكرة للطاقة المستدامة، وتقديم بحوث علمية وفق ما توصلت إليه آخر الدراسات في مجالات الطاقة الذرية والمتجددة. كما يسعى القطاع إلى عقد شراكات استراتيجية مع الجامعات والمراكز المتخصصة والجهات الأخرى ذات الصلة على الصعيدين المحلي والعالمي، وذلك لتبادل الخبرات والمهارات المتعلقة بالبحوث والتطوير وبناء القدرات، والتي من شأنها أن تساهم في تنوع ونمو اقتصاد المملكة من ناحية الاستدامة والمعرفة.

وتدعم مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بالمملكة أيضا البحث العلمي لتقنيات الطاقة المتجددة، وبالأخص تقنيات الطاقة الشمسية، للتوصل إلى حلول تقنية مبتكرة لتقنية الطاقة الشمسية بكفاءة اقتصادية تساعد على تلبية الطلب المحلي والعالمي المتنامي على الطاقة. ولمنع الازدواج في المجهودات نسقت المدينة مع المؤسسات العلمية والأجهزة الحكومية ومراكز البحوث في المملكة في مجال أبحاث الطاقة الشمسية وتقنياتها، كما تم تشكيل لجان تنسيق تتكون من خبراء في هذه الأجهزة المرتبطة أعمالها بأعمال المدينة، كما تقدم المدينة دعماً لبرامج البحوث المشتركة بين المملكة والمؤسسات العلمية الدولية مواكبة التطوير العلمي العالمي سواء عن طريق تنفيذ بحوث مشتركة، أو تقديم منح دراسية وتدريبية لتنمية الكفاءات لإعداد وتنفيذ برامج البحوث، وتقديم منح لإجراء بحوث علمية تطبيقية.

ويشرف مجلس البحث العلمي العماني (مؤسسة حكومية) على مجموعة من المنح البحثية المتخصصة، منها برنامج المنحة البحثية الاستراتيجية للطاقة المتجددة.

وتعمل شركة أبوظبي لطاقة المستقبل (مصدر) مصدر على دفع عجلة الابتكار في مجال التقنية النظيفة من خلال إبرام شراكات في مجال البحث والتطوير والمشاريع التجريبية. وتعتبر مدينة مصدر بمثابة منصة للبحث والتطوير في مجال التقنية النظيفة، حيث تستضيف مشاريع مشتركة لاختبار أحدث التقنيات، والتي تشمل مشاريع في الطاقة الشمسية الكهروضوئية، وتخزين الطاقة، والتنقل المستدام، والزراعة المستدامة، والتدوير، وعلوم المواد.

ولا شك أنها جهود جيدة في ظل ضعف مخرجات قطاع الطاقة المتجددة الحالي، ولكننا نؤكد على أن البحث العلمي هو القاطرة التي تسبق وضع الخطط والسياسات وتنفيذ المشروعات، ومن ثم فإن الحاجة ماسة على تركيز جهود البحث العلمي نحو مزيد من التطوير والتخصصية.

إن تجربة الاتحاد الأوروبي في دعم المشاريع المشتركة وتشكيل فرق بحثية بين دول الاتحاد الأوروبي ضمن تمويل واستراتيجية واضحة جديرة بالتأمل والدراسة، لأنها تحفز فرق العمل البحثية على بناء شبكات المعرفة،

وتشجع على الريادة في الأعمال من خلال منظومة متكاملة<sup>(١)</sup> من الممكن أن تنتظم جهود المؤسسات البحثية في مجال الطاقة المتجددة في صورة فرق بحثية متخصصة تركز على الجودة والكفاءة وارتياح الجديد من أجل رفع مستوى تمثيل الطاقة المتجددة في منطقة الخليج.

ومن المجالات المهمة التي ينبغي أن يرتادها البحث العلمي في مجال الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون:

- الكشف عن مواقع ثروات ومصادر الطاقة المتجددة من خلال المسوح العلمية الشاملة لمختلف المناطق.
- البحث عن تطوير تقنيات الطاقة الشمسية بما يرفع من كفاءتها، ويخفض من تكلفتها لتكون مناسبة للجمهور الخليجي، وذات أفضلية على الوقود التقليدي.
- رفع الوعي لدى المواطن الخليجي بأهمية الطاقة المتجددة، وضرورة استخدام تطبيقاتها.
- البحث عن الابتكارات في تقنيات التنبؤ بالطاقة المتجددة، وتقنيات التخزين.
- حل المشكلات المتعلقة بالسياسات والأطر التنظيمية.
- تقديم الابتكارات المتعلقة بإدماج الطاقة المتجددة في قطاع النقل، والتدفئة، والتبريد وغيرها.

يستطيع البحث العلمي أن يفيد في كل تلك القضايا، وأن يساهم في دعم قطاع الطاقة المتجددة، بما يعود بالنفع على المجتمعات الخليجية اقتصاديا وبيئيا وتنمويا.

إن العالم العربي يعاني من فجوة معرفية كبيرة بينه وبين دول العالم المتقدم، والخطوة الأهم في علاج تلك الفجوة هو التمكين لمؤسسات البحث العلمي، وتنمية الابتكارات بدلا من جلب التقنيات واستيرادها بما يكرس للتبعية والتخلف على المدى البعيد.

### الشراكات الداعمة لقطاع الطاقة المتجددة

تمثل الشراكة في مجال الطاقة المتجددة تعاوننا حيويا على مستويات مختلفة، فالشراكة قد تكون على مستوى السياسات والأطر التنظيمية، أو على مستوى البحث العلمي والتطوير، أو على مستوى التدريب والتأهيل، أو على مستوى المشروعات نفسها كالربط الكهربائي بين الدول، وإنتاج تطبيقات الطاقة المتجددة وغيرها.

والشراكة غير التكامل الاقتصادي، حيث يشترط التكامل أن تقع مشروعاته ضمن نطاق جغرافي واحد لتحقيق مصالح مشتركة، كما في مشروعات التكامل بين دول مجلس التعاون. ولكن الشراكة لا تشترط ذلك التجاور الجغرافي، بل تشترط توفر المصلحة فقط.

(١) السابق (١٥١).

ويفسر الشراكة عدد من النظريات، منها نظرية عدم كمال السوق، وهي تقوم على فرضية أن عدم كمال السوق والوفاء باحتياجاته في أي بلد يعطي حافزا للشركات الأجنبية أو القطاع الخاصة للاستثمار فيه.<sup>(١)</sup> وهناك نظريات أخرى كنظرية الحماية، ونظرية الموقع ونظرية توزيع المخاطر وغيرها.

والنظريات المفسرة كلها تحاول إعطاء مبررات قيام الشركات أهمها: تقليل المخاطر وتخفيض التكاليف، وتنشيط الاستثمار والتطور التقني.<sup>(٢)</sup>

ويمكن أن تقوم شركات فعّالة في مجال الطاقة المتجددة بين دول مجلس التعاون والدول المتقدمة في مجال الطاقة المتجددة، وتكون تلك الشراكة في المجالات الحيوية التي تقل فيها الخبرات الخليجية، وخاصة في مجال البحث والتطوير، وتبادل الخبرات حول التقنيات والتطبيقات الجديدة للطاقة المتجددة. ويمكن - على الجانب الآخر - أن تنتقل الخبرات الخليجية في إدارة مشروعات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح إلى الدول التي ما زالت لم تخطُ خطوات واسعة في مجال الطاقة المتجددة.

ومن المشروعات الجيدة في هذا السياق (صندوق الشراكة بين الإمارات ودول البحر الكاربي للطاقة المتجددة)، والذي تموله شركة (مصدر) لطاقة المستقبل بالإمارات. ويشكل هذا المشروع سابقة في مجال استخدام الطاقة المتجددة للحد من التكاليف التي يتم صرفها في استهلاك الطاقة في الجزر الخارجية. وقد تم تطوير المشروع في جزيرة (يونيون)، وهو عبارة عن محطة توليد طاقة كهربائية من الطاقة الشمسية بقدرة ٦٠٠ كيلو واط، على شكل مواقف سيارات مغطاة بألواح شمسية كهروضوئية، ومزودة بنظام بطارية ليثيوم-أيون بقدرة ٦٠٠ كيلو واط/ساعة، ومن المتوقع أن يساهم المشروع في توفير كامل احتياجات الطاقة للجزيرة خلال النهار. ويساهم المشروع في توفير استهلاك نحو ٣٢٠ ألف لتر من الديزل سنوياً، وتفاذي انبعاثات ٨٢٥ طناً من ثاني أكسيد الكربون سنوياً، وتحقيق وفورات مالية تعادل ٣٦٨ ألف دولار أمريكي سنوياً.

وفي المملكة العربية السعودية هناك مشروع (خطة الطاقة الشمسية ٢٠٣٠) الذي أعلن عنه في مارس عام ٢٠١٨ بالشراكة مع مجموعة (سوفت بنك) اليابانية، لإنتاج ٢٠٠ جيجاوات في السعودية بقيمة إجمالية تصل إلى ٢٠٠ مليار دولار أمريكي. وهذا المشروع بحجم إنتاجه الكبير ٢٠٠ جيجاوات والذي يمثل نصف الإنتاجية المركبة للطاقة الشمسية في العالم والتي تبلغ ٤٠٠ جيجاوات، سوف يغطي احتياج المملكة الحالي البالغ ٧٥ جيجاوات، وسيغطي الطلب المتوقع على الكهرباء في المملكة الذي سيتجاوز ١٢٠ جيجاوات بحلول عام ٢٠٣٠، وسيكون هناك فائض يصل إلى ٨٠ جيجاوات يمكن تصديره عبر الشبكات الكهربائية المترابطة ومنها إلى الدول الأفريقية.<sup>(٣)</sup>

(١) حمدان علي الجانفي، أثر الاستثمار الأجنبي المباشر على الإنتاجية و الصادرات في اليمن للفترة ١٩٩٦ - ٢٠٠٥، رسالة ماجستير في العلوم المالية و المصرفية، جامعة اليرموك، إربد-الأردن، ٢٠٠٧ (٢٠).

(٢) انظر: هاجر بربط، دور الشراكة الجزائرية الأجنبية في تمويل و تطوير الطاقات المتجددة في الجزائر - دراسة حالة الشراكة الجزائرية الأسبانية -، أطروحة دكتوراة، ٢٠١٦ (٤٦، ٤٧).

(٣) د. إبراهيم العثيمين، الشراكة السعودية الأفريقية في مجال الطاقة المتجددة، صحيفة اليوم السعودية، ٢٠١٩/٩/٢٠.

## خاتمة

مضت تلك الدراسة - عبر فصولها الست - توضح تلك الفرص الواعدة والإمكانات الكبيرة للطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون الخليجي، وتبين السبل والآليات التي يمكن - من خلالها - إنجاز تحول آمن وفعال نحو الاعتماد على موارد الطاقة المتجددة، وتقليل الاعتماد على موارد الطاقة التقليدية دون إحداث هزات اقتصادية واجتماعية عميقة.

إننا نودّ - عبر هذا البحث - أن ينغرس في البيئة الخليجية توجه نحو التحول الحقيقي إلى نموذج طاقة مستدام، يكون حفظ الموارد وصيانتها، وحماية البيئة ومكوناتها على رأس أولوياته. كما نود أن تتعمق في العقل الخليجي مهارات التفكير الاستراتيجي، والقدرة على مواجهة التحديات، وعدم الاستسهال والإسراف في التعامل مع موارد البيئة وإمكاناتها.

وفيما يلي نذكر بأهم النتائج والتوصيات التي دارت عليها رعى هذه الدراسة:

### أولاً: النتائج

- إن مصادر الطاقة التقليدية في البيئة الخليجية والعالم محدودة، ومعرضة إلى مشكلتين هما (الاستنزاف و التلوث) نتيجة الاستخدام غير الواعي لها لذا يتطلب ضرورة توازنها في الطبيعة من حيث الاستخدام وحق الأجيال القادمة الاستفادة منها وهذا يستدعي الأخذ بالتنمية المستدامة لمصادر الطاقة في البيئة العربية.
- أهمية تحقيق التنمية المستدامة وتخفيف وطأة الفقر في المنطقة، وذلك من خلال تعزيز إمدادات الطاقة وزيادة فرص الوصول إلى خدمات طاقة يعتمد عليها وبأسعار ميسرة خاصة في المناطق الريفية والنائية مستخدمين في ذلك خليط من موارد الطاقة التقليدية والمتجددة المتاحة.
- الموقع الجغرافي لدول المنطقة، والذي يجعلها تتمتع بميزات مناخية مثل توفر الشمس في معظم أيام السنة وكذلك الرياح، مما يوفر لديها إمكانات كبيرة للطاقة المتجددة.
- معظم دول المجلس تركز على الطاقة الشمسية بشكل كبير نتيجة لموقعها المناخي والجغرافي، وطاقة الرياح بدرجة أقل، وتأتي السعودية والإمارات في مقدمة دول المجلس اهتماماً بمجال الطاقة المتجددة والأكثر إنفاقاً على هذا المجال. ويبقى دور السياسات من أجل البحث عن مصادر أخرى للطاقة المتجددة.
- يشجع دعم المصادر التقليدية استخدام مشتقات النفط و الغاز لتوليد الكهرباء بدلاً من استخدامها كمواد أولية لإنتاج مواد ذات قيمة أعلى كالبتر وكيمويات، ويخصم هذا الاستخدام من رصيد الطاقة المتجددة التي حلت محل الوقود الأحفوري في توليد الكهرباء بكفاءة عالية في كثير من دول العالم.
- يخفّض استخدام الطاقة المتجددة من غازات الدفيئة التي تسبب في ظاهرة الاحتباس الحراري، وارتفاع درجة حرارة الأرض وما يتبع ذلك من مشكلات مناخية وبيئية وصحية. وتواجه دول مجلس التعاون - والمنطقة العربية بوجه عام - ارتفاعاً سريعاً لمستويات التلوث ترافقه تكاليف عالية وتدهور

- لنوعية الحياة. بل إن تلوث الهواء بفعل قطاعي النقل والطاقة قد حوّل العديد من المدن إلى مصدر خطر يهدد صحتنا.
- يمكن لصناعة الطاقة أن تسهم في دعم مسيرة التنويع الاقتصادي التي تتبناها دول مجلس التعاون، من خلال تأسيس قطاع الطاقة المتجددة والاهتمام بتطوير التقنيات النظيفة، مما سيسهم بشكل فعال في تقليل الاعتماد على الاستيراد، وتوفير فرص العمل، وتوطين التقنية، ودعم قطاع التصدير.
  - يعتبر رفع الوعي داخل البيئة الخليجية بأهمية الطاقة المتجددة، وطرق التعامل مع تقنياتها وتطبيقاتها المختلفة من العناصر الهامة لإشاعة ثقافة الطاقة المتجددة، ولتنمية الاتجاهات الإيجابية نحوها مما يزيد من التجاوب مع السياسات والتشريعات المتعلقة بها.
  - سوف تعمل تقنيات الطاقة المتجددة على تلبية الطلب المتزايد على الطاقة في دول المجلس بشكل خاص ومنطقة الشرق الأوسط بشكل عام، ففي مجال إنتاج الطاقة الكهربائية يتوقع أن يزداد الطلب بنسبة تفوق ٧٪ سنوياً خلال العشرة أعوام التالية، وسوف تنقل تلبية تلك الاحتياجات كاهل الدول إذا اعتمدت على الطاقة الأحفورية وحدها؛ إذ ستقلل من فرص تصدير تلك الموارد، وستضيف أعباء بيئية وصحية جديدة، ويعد اللجوء إلى الطاقة المتجددة حلاً على درجة عالية من الكفاءة.
  - سوف تؤمن مصادر الطاقة المتجددة جزءاً أساسياً من احتياجات الطاقة إذا حدث تهديد أو نضوب لمصادر الطاقة التقليدية، الأمر الذي يتطلب تسريعاً لوتيرة مشروعات الطاقة المتجددة، وجدية لدى صانع القرار في الاعتماد على مصادرها.
  - تلعب الحكومات دوراً بالغ الأهمية في دعم قطاع الطاقة المتجددة، وذلك من خلال وضع سياسات مناسبة وأطر تنظيمية وآليات تحفيزية لتطوير ونشر حلول الطاقة المتجددة. وقد باشرت الحكومات في جميع أنحاء العالم بوضع السياسات اللازمة لنمو قطاع الطاقة المتجددة. وخطت دول مجلس التعاون خطوات جيدة في مجال السياسات، وهو جهد مشكور يحتاج إلى خطط وتنفيذ فاعل.
  - رغم أن قطاع النفط والغاز ينتج ٤٧% من إجمالي الناتج المحلي في دول الخليج العربي إلا أنه لا يشكل أكثر من ١% من الوظائف، وتوفر أنظمة الطاقة المتجددة - على الجانب الآخر - فرص عمل جديدة ونظيفة ومتطورة تقنياً. وتشير التقارير إلى أن التحول القوي تجاه الطاقات المتجددة قد يوفر ٢,٧ مليون فرصة عمل في توليد الطاقة في كل أنحاء العالم بحلول ٢٠٣٠.
  - ارتفعت تنافسية تكلفة الطاقة المتجددة، وسوف يستمر ذلك في المستقبل بفضل تطوّر التقنيات الأساسية. وبذلك يمكن أن تصبح تكلفة الطاقة الشمسية عبر الألواح الضوئية، على سبيل المثال، غير المدعومة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تنافسية مع تكلفة إنتاج الكهرباء باستخدام الغاز الطبيعي في الفترة بين ٢٠١٥ و ٢٠٢٥ حسب أسعار الغاز والكربون، وهو ما يعطي مزيداً من الفرص السوقية أمام الطاقة المتجددة، ويشجع الدول في الاعتماد عليها كبديل مناسب لتغطية احتياجات الطاقة.
  - هناك العديد من التحديات التي تواجه قطاع الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون، تتنوع ما بين تحديات اقتصادية ومالية، وتحديات مؤسسية وتشريعية، وتحديات توعوية وتقنية، ما يستلزم بذل مزيد من الجهد من أجل تذليل تلك العقبات، والعمل على دعم أسواق الطاقة المتجددة.



- هناك أوجه عديدة للتفاعل بين الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة، ويمكن لمسارات التنمية المستدامة عبر منظومتها الطاقوية أن تؤثر على مستوى رفاهية المواطن الخليجي، وتغيير أنماط السلوك من حيث تقليل الاستهلاك المتزايد للطاقة والكهرباء. وهنا يتمثل الدور الهام لتغيير الوعي والثقافة نحو الاهتمام بالطاقة المتجددة، وأهميتها لمستقبلنا ومستقبل أبنائنا، وضرورة تبني نمط إنتاجي اقتصادي لا استهلاكي عند التعامل مع الموارد البيئية.

### ثانياً: التوصيات

- ضرورة السعي نحو توطين التقنيات الحديثة في مجال الطاقة المتجددة من أجل إثبات جدية التحول نحو مصادر الطاقة المتجددة كمصدر رئيس للطاقة إلى جانب المصادر التقليدية.
- تنشيط حركة البحث والتطوير في مجالات الطاقة المتجددة، وخاصة الطاقة الشمسية، فالبحث العلمي هو القاطرة التي تجر وراءها كل التقنيات والتطبيقات والأسواق.
- إنشاء بنك معلومات للطاقة المتجددة بمصادرها المختلفة في دول مجلس التعاون، ويختص ذلك البنك بتوفير المعلومات العلمية الخاصة بالطاقة المتجددة مثل رصد الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة وشدة الرياح وكمية الغبار وغيرها من المعلومات الدورية الضرورية.
- استلهام التجارب الرائدة في مجال الطاقة المتجددة، وبناء شراكات تقنية وتدريبية وتجارية وتسويقية من أجل دعم قطاع الطاقة المتجددة.
- تدريب الكوادر الخليجية على التعامل مع تقنيات وتطبيقات الطاقة المتجددة، حتى يكون لدى ذلك القطاع وفرة من المختصين إلى جانب التقنيات نفسها.
- تشجيع التعاون و التبادل العلمي مع الدول المتقدمة في هذا المجال والاستفادة من خبراتها من خلال عقد الندوات واللقاءات الدورية على أن يكون ذلك مبنياً على أساس المساواة والمنفعة المتبادلة .
- تقديم التحفيز المادي والمعنوي للمواطنين اللذين يستعملون الطاقة المتجددة في منازلهم، وتشجيع عامة الشعوب الخليجية على الاعتماد على الطاقة المتجددة بتطبيقاتها المختلفة بصورة اساسية.
- يمكن استغلال الدور الريادي للمنطقة في كونها سوقاً للنفط العالمي في الترويج لإنتاجها من الطاقة المتجددة عبر حزمة من الحوافز للعملاء يمكن أن تسهم في دعم سوق الطاقة المتجددة.
- الإدماج بين مصادر الطاقة المتجددة والتقليدية في أنظمة الكهرباء والنقل وغيرها هو الحل الأمثل للتحول التدريجي نحو الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون التي تمتلك وفرة في الوقود الأحفوري.
- ضرورة دفع مشروعات التكامل الإقليمي في مجال الطاقة المتجددة، من حيث توحيد السياسات وتبادل الخبرات ودعم الاستخدامات والتطبيقات.
- ضرورة التركيز على وضع وتطوير وتنفيذ برامج للتعليم، لبناء القدرات ولزيادة الوعي العام حول قضايا الطاقة المتجددة لأغراض التنمية المستدامة.
- تحقيق التكامل بين استراتيجيات وخطط وأهداف الطاقة المستدامة في إطار استراتيجيات وسياسات وخطط التنمية الوطنية. كما أن السياسات القطاعية للطاقة تحتاج إلى أن يتم دمجها وتكاملها بصورة مناسبة مع سياسات التنمية الوطنية ولا سيما ما يتعلق بطرق تحقيق التنمية المستدامة.

- رفع مستوى الكفاءة الاقتصادية لقطاع الطاقة وتحسين فرص زيادة عائداته، آخذين في الحسبان ظروف وأحوال كل دولة. ويمكن تحقيق ذلك من خلال: تشجيع ودفع التقنيات التي ترفع كفاءة واستدامة عمليات إنتاج واستهلاك الطاقة، وإتباع نهج إدارة اقتصادية من خلال مراجعة تعريفات الطاقة، وزيادة حجم استثمارات القطاعين العام والخاص في أنشطة ومشروعات الطاقة.
- توسيع نطاق إمكانات وصول إمدادات وخدمات الطاقة لكل المستهلكين، على أساس النظم الحديثة للطاقة سواء المركزي منها أو اللامركزي وفقاً لما يناسب المجتمعات والفئات الاقتصادية المختلفة وخاصة الفئات الفقيرة.
- الاستجابة لتزايد حجم الطلب المضطرد على الطاقة، نظراً للنمو الاقتصادي والاجتماعي المستهدف بالمنطقة، وذلك من خلال تنمية مشروعات الطاقة المتجددة إلى جانب الطاقة الأحفورية مع ضرورة التوعية بترشيد استخدام الطاقة.
- توسيع نطاق تبادل المعلومات حول البدائل التقنية، وما يرتبط بها من تكلفة وفرص تطبيق وكذا الموارد المالية وإمكانات وشروط نقل التقنية.
- تشجيع إنشاء شركات لخدمات الطاقة على المستويين الوطني والإقليمي، من أجل تطوير معدات وخدمات الطاقة اللازمة المطلوبة لتحقيق التنمية المستدامة، خاصة ما يتعلق بنظم الطاقة عالية الكفاءة.

إن الطاقة المتجددة بمصادرها المتنوعة يمكن أن تكون - بقدرتها التنافسية العالية وتطبيقاتها المتنوعة - مصدراً أساسياً للطاقة إلى جانب الوقود الأحفوري في ظل الطلب المتنامي على الطاقة في دول مجلس التعاون، بل يمكنها أن تمثل بديلاً معوضاً لأي نقص في مصادر الطاقة التقليدية.

كما أن الحوافز الإضافية التي تقدمها الطاقة المتجددة في مجال البيئة وتوطين التقنية وتوفير فرص العمل وتنمية قطاعات التدريب على التطبيقات والتقنيات الحديثة وغير ذلك يمكن أن تمثل عاملاً مشجعاً نحو زيادة دمج الطاقات المتجددة ضمن أنظمة الطاقة، وحافزاً لنمو الوعي لدى الجمهور بأهميتها وضرورة الاعتماد عليها.

والله ولي التوفيق.



# مراجع الدراسة

- مراجع باللغة العربية
- مراجع باللغة الانجليزية
- دوريات ومواقع الانترنت





## مراجع الدراسة

## مراجع باللغة العربية

١. إحسان أبو بريمة، تقلبات الدولار ومستقبل أسعار النفط والبتروودولار، مجلة المستقبل العربي، عدد ٤٦١، يوليو ٢٠١٧.
٢. أحمد إبراهيم عبد العال (دكتور). الطاقة المتجددة والبديلة كمدخل للحفاظ على البيئة وتحقيق التنمية المستدامة. المؤتمر العلمي الخامس لكلية الحقوق (القانون والبيئة)- جامعه طنطا، مصر، ٢٣ إلى ٢٤ أبريل ٢٠١٨.
٣. أحمد أبو اليزيد. التنمية المتواصلة: الأبعاد والمنهج، مكتبة بستان المعرفة، مصر، ٢٠٠٧.
٤. أحمد بخوش (دكتور)، ود. زارة بطاش. الطاقات المتجددة كبديل لقطاع النفط. دراسة حالة لوحدة البحث التطبيقي في مجال الطاقة المتجددة (ARAER) غرداية، مذكرة مقدمة لاستكمال متطلبات شهادة الليسانس في العلوم الاقتصادية، قسم العلوم الاقتصادية: جامعة قاصدي مرباح ورقلة: كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، ٢٠١٣.
٥. أحمد بن محمد آل الشيخ. اقتصاديات الموارد الطبيعية و البيئية، العبيكان، السعودية، ٢٠٠٧.
٦. أحمد محمد عثمان (دكتور)، تحلية مياه البحر بالطاقة الشمسية، دراسة بمجلة التحلية، الصادرة عن المؤسسة العامة للتحلية السعودية، عدد ٦٧، أبريل ٢٠١٥.
٧. أحمد مدحت إسلام، الطاقة وتلوث البيئة، بيروت، دار الفكر العربي، ١٩٩٩.
٨. إدوارد كاسيدي وبيتر غروسمان. مدخل إلى الطاقة: المصادر والتكنولوجيا والمجتمع. ترجمة: صباح الدملوجي، المنظمة العربية للترجمة ومدينة الملك عبد العزيز للتقنية، السعودية، دون طبعة أو تاريخ.
٩. أسامة الخولي، الإدارة البيئية والتنمية المستدامة، ورقة عمل مقدمة للمؤتمر العربي الأول للإدارة البيئية في الوطن العربي، الرباط، ١٩-٢١ أكتوبر، ٢٠٠٠م.
١٠. الاستعراض الوطني الطوعي الثاني بشأن تنفيذ أجندة التنمية المستدامة ٢٠٣٠، الدوحة، ٢٠١٨.
١١. استقرار الطاقة أم شعور خاطئ بالأمان، معهد بروكجزجس الدوحة، مارس ٢٠١٥.
١٢. إعادة النظر في الطاقة (تسريع وتيرة التحول في نظام الطاقة العالمي)، الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، ٢٠١٧.
١٣. آفاق الطاقة في دولة الكويت ٢٠١٩، تقرير مركز أبحاث الطاقة والبناء ومركز الكويت للأبحاث العلمية، ٢٠١٩.
١٤. اقتصاديات الطاقة البديلة والمتجددة في المملكة العربية السعودية. التحديات وآفاق المستقبل، دراسة صادرة عن منتدى الرياض الاقتصادي (الدورة السابعة)، الرياض، ٢٠١٥.
١٥. الإمام محمد محمود. السكان والموارد والبيئة والتنمية. التطور التاريخي، الموسوعة العربية للمعرفة من أجل التنمية المستدامة، المجلد الأول، الدار العربية للعلوم - ناشرون بموجب اتفاق مع منظمة اليونسكو والأكاديمية العربية للعلوم، الطبعة الأولى، بيروت، ٢٠٠٦.

١٦. الأمانة العامة لمجلس التعاون تشارك في المؤتمر الرابع والعشرين لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ، موقع مجلس التعاون الخليجي، ٢٠١٨/١٢/٣.
١٧. أمينة مخلفي، أثر تطور أنظمة استغلال النفط على الصادرات (دراسة حالة الجزائر بالرجوع إلى بعض التجارب العلمية)، أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، ٢٠١١/٢/٢٠.
١٨. إيفانز ل. روبرت. شحن مستقبلنا بالطاقة: مدخل إلى الطاقة المستدامة. ترجمة فيصل حردان، مركز دراسات الوحدة العربية، ط أولى، بيروت، ٢٠١١.
١٩. إيمان الشاذلي الجريدي. سياسات دول مجلس التعاون في مجال الطاقة المتجددة: التحديات والآفاق، دراسة بمجلة (آراء حول الخليج) الالكترونية.
٢٠. باتر محمد علي وردم، العالم ليس للبيع.. مخاطر العولمة على التنمية المستدامة، دار الأهلية للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، عمان، الأردن، ٢٠٠٣.
٢١. بكر بهجت، قطر. عملاق الطاقة الشمسية القادم، صحيفة الوطن القطرية، ٢٠١٧/١٠/٤.
٢٢. بوعشير مريم. دور وأهمية الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة. رسالة ماجستير، جامعة منتوري، قسنطينة، الجزائر، ٢٠١٠ - ٢٠١١.
٢٣. بيار ترزيان، الامتيازات النفطية الأولى، مجلة قضايا عربية، بيروت، العدد الخامس، السنة الثانية. مايو ١٩٨١ (٥-٢٨).
٢٤. تامر بدوي، الدولة الريعية في إيران: عائدات النفط. النمو والتضخم، مركز الجزيرة للدراسات، يونيو ٢٠١٥.
٢٥. تحقيق خطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠. مذكرة معلومات للمدير التنفيذي، جمعية الأمم المتحدة للبيئة التابعة لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، الدورة الثانية، نيروبي، ٢٣ - ٢٧ أيار/مايو ٢٠١٦.
٢٦. تحلية المياه المالحة بالطاقة الشمسية بين الواقع والمأمول، معهد أبحاث تحلية المياه المالحة، المؤسسة العامة لتحلية المياه، ٢٠١٠.
٢٧. التحول الكبير في مجال الطاقة، إصدار القمة العالمية للحكومات بالتعاون مع شركة أي تي كيرني.
٢٨. التحول في نظام الطاقة العالمي، خارطة الطريق نحو عام ٢٠٥٠، تقرير لوكالة الدولية للطاقة المتجددة (الملخص التنفيذي)، أبو ظبي، عبر هذا الرابط: <https://irena.org/>
٢٩. تحويل عالمنا: خطة التنمية المستدامة لعام ٢٠٣٠، الجمعية العامة للأمم المتحدة، ٢٥/٩/٢٠١٥.
٣٠. تريكي عبد الرؤوف. مكانة الطاقة المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة. رسالة ماجستير، جامعة الجزائر، ٢٠١٣ - ٢٠١٤.
٣١. تطبيق مؤشرات التنمية المستدامة في دول الاسكوا. تحليل النتائج، الأمم المتحدة نيويورك ٢٠٠٥.
٣٢. التطورات الدولية في مجال النفط والطاقة، التقرير رقم ٤٤ للأمين العام الصادر عن منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترو، ٢٠١٧.
٣٣. التعايش مع انخفاض أسعار النفط في سياق تراجع الطلب، تقرير آفاق الاقتصاد الاقليمي (إدارة الشرق الأوسط وآسيا الوسطى) الصادر عن صندوق النقد الدولي يناير ٢٠١٥.
٣٤. التقرير الإحصائي السنوي ٢٠١٧ لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترو (أوابك).
٣٥. التقرير الإحصائي ل BP ، ٢٠١٢ ، / [www.bp.com](http://www.bp.com).



٣٦. التقرير الاقتصادي العربي الموحد، صادر عن صندوق النقد العربي، ٢٠١٨.
٣٧. تقرير التنمية البشرية ٢٠٠٦، الصادر عن الأمم المتحدة، النسخة العربية.
٣٨. تقرير اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، الطاقة لأغراض التنمية المستدامة في المنطقة العربية: إطار العمل، السكرتارية الفنية لمجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، المكتب الإقليمي لغربي آسيا، ٢٠٠٤.
٣٩. تقرير المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (RCREE)، القاهرة، ٢٠١٣.
٤٠. تقرير منظمة أوبك، نوفمبر ٢٠١٨.
٤١. تقرير شركة بي بي البريطانية عبر موقعها الرسمي عام ٢٠١١.
٤٢. تقرير هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، مصر، عام ٢٠٠٩.
٤٣. تكواشت عماد، واقع و آفاق الطاقة المتجددة ودورها في التنمية المستدامة في الجزائر، ٢٠١٠. رسالة ماجستير، جامعة الحاج لحضر، باتنة، الجزائر، ٢٠١١ - ٢٠١٢.
٤٤. التنمية المستدامة في الوطن العربي بين الواقع والمأمول، دراسة ضمن سلسلة (نحو مجتمع المعرفة) صادرة عن جامعة الملك عبد العزيز، السعودية، الإصدار ١١، ١٤٢٧هـ.
٤٥. التنمية المستدامة ومتطلبات تحقيقها، د. عبد الرحمن محمد الحسن، بحث مقدم لملتقى استراتيجية الحكومة في القضاء علي البطالة وتحقيق التنمية المستدامة، جامعة المسيلة ١٥ - ١٦ / ١١ / ٢٠١١.
٤٦. جاسم خالد السعدون، النفط ومستقبل دول مجلس التعاون. بحث ضمن الإصدار السنوي (الثابت والمتحول ٢٠١٧: الخليج والإصلاح الاقتصادي في زمن الأزمة النفطية) مركز الخليج لسياسات التنمية، الكويت، ٢٠١٧.
٤٧. جان بيير أنجوليه، ثورة الطاقة الثمينة لن تحصل، تحرير: برتران بادي وساندرين تولوتي، في سلسلة أوضاع العالم ٢٠٠٩، ط أولى، مؤسسة الفكر العربي، بيروت، ٢٠٠٩.
٤٨. جلال خشيب، النمو الاقتصادي مفاهيم ونظريات، إصدار شبكة الألوكة عبر موقعها على الانترنت عبر هذا الرابط: <https://www.alukah.net/library/0/74320/>
٤٩. جون ر. فانثي. الطاقة: التقنية والتوجهات للمستقبل، ترجمة: د. عبد الباسط علي كرمان. المنظمة العربية للترجمة ومدينة الملك عبد العزيز للتقنية، السعودية، ٢٠٠٤.
٥٠. حمدان علي الجائفي، أثر الاستثمار الأجنبي المباشر على الإنتاجية و الصادرات في اليمن للفترة ١٩٩٦ - ٢٠٠٥، رسالة ماجستير في العلوم المالية و المصرفية، جامعة اليرموك، إربد-الأردن، ٢٠٠٧.
٥١. حمزة الجبالي. التنمية المستدامة استغلال الموارد الطبيعية والطاقة المتجددة. دار عالم الثقافة ودار الأسرة للإعلام، عمان، الأردن، ٢٠١٦.
٥٢. خالد بن راشد الخاطر. تحديات انهيار أسعار النفط والتنوع الاقتصادي في دول مجلس التعاون. المركز العربي للدراسات والأبحاث السياسية، الدوحة، ٢٠١٥.
٥٣. خالد مصطفى قاسم، إدارة البيئة و التنمية المستدامة في ظل العولمة، الدار الجامعية، مصر، ٢٠٠٧.
٥٤. الخفاف عبد علي، وثعبان كاظم خضير. الطاقة وتلوث البيئة، عمان، الأردن، دار المسيرة، ط ٩، ٢٠٠٧.
٥٥. خلف الله حسن محمد، ويسري الجوهري، الصحة والبيئة في التخطيط الطبي. دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩٩.

٥٦. عمر الشهابي وآخرون. الخليج بين الشقاق المجتمعي وترابط المال والسلطة، ضمن الإصدار السنوي (الثابت والمتحول ٢٠١٤) الصادر عن مركز الخليج لسياسات التنمية، الكويت، ٢٠١٤.
٥٧. الخواجة محمد علا. العولة والتنمية المستدامة، الموسوعة العربية للمعرفة من أجل التنمية المستدامة، المجلد الأول، الدار العربية للعلوم- ناشرون بموجب اتفاق مع منظمة اليونسكو والأكاديمية العربية للعلوم، الطبعة الأولى، بيروت، ٢٠٠٦.
٥٨. دور العلم والتكنولوجيا والابتكار لتحقيق زيادة كبيرة في حصة الطاقة المتجددة بحلول عام ٢٠٣٠، اللجنة المعنية بتسخير العلم والتكنولوجيا لأغراض التنمية التابعة للأمم المتحدة، تقرير الأمين العام، مايو ٢٠١٨.
٥٩. دوغلاس موسشيت، مبادئ التنمية المستدامة، ترجمة بهاء شاهين، الدار الدولية للاستثمارات الثقافية، القاهرة، ٢٠٠٠.
٦٠. ديفيس س. كينيث، ما بعد النفط منظوراً إليه من ذروة هوبرت، ترجمة صباح صديق الدمولوجي، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، ط أولى، ٢٠٠٩.
٦١. رداد خيس عبد الرحمن، المؤشرات البيئية كجزء من مؤشرات التنمية المستدامة، المؤتمر الإحصائي العربي الثاني: لا تنمية بدون إحصاء، المنعقد بسرت- ليبيا من ٢ - ٤/١١/٢٠٠٧.
٦٢. روبرت ل. إيفانز، شحن مستقبلنا بالطاقة. مدخل إلى الطاقة المستدامة، ترجمة: د. فيصل حردان. المنظمة العربية للترجمة ومدينة الملك عبد العزيز للتقنية، السعودية، ٢٠١١.
٦٣. ريمان محمد ريحان، تنمية المجتمعات الجديدة. التمكين كأداة فاعلة في عمليات التنمية الحضريّة المستدامة، رسالة دكتوراه، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، ٢٠٠٢.
٦٤. زواوية حلام، دور اقتصاديات الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة في الدول المغاربية. رسالة ماجستير، جامعة فرحات عباس، سطيف، الجزائر، ٢٠١٢ - ٢٠١٣.
٦٥. سارة سعدون، ترامب. النفط العراقي. القانون الدولي، مقال بموقع منظمة حقوق الإنسان الدولية.
٦٦. سارة محسن العتيبي، تطور السياسات الحكومية في دعم قطاع الطاقة المتجددة السعودي، مركز الملك فيصل للبحوث والدراسات الإسلامية، الرياض، ١٤٤٠هـ.
٦٧. سحر قدوري الرفاعي، التنمية المستدامة مع تركيز خاص على الإدارة البيئية : إشارة خاصة للعراق، أوراق عمل المؤتمر العربي الخامس للإدارة البيئية، الصادر عن المنظمة العربية للإدارة، جامعة الدول العربية، المنعقد في الجمهورية التونسية في سبتمبر ٢٠٠٦.
٦٨. سعد حقي توفيق، التنافس الدولي وضمان أمن النفط. المجلة العربية للعلوم السياسية الصادرة عن مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، عدد ٤٣، ٢٠١٠.
٦٩. سعود يوسف عياش (دكتور). تكنولوجيا الطاقة البديلة. سلسلة عام المعرفة الصادرة عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، عدد ٣٨، فبراير ١٩٨١.
٧٠. سلام جبار شهاب (دكتور)، الدولة الريعية وصياغة النظم الإقليمية (دول الخليج أنموذجا)، دراسة بمجلة السياسة الدولية، الجامعة المستنصرية، العراق.
٧١. سمر خيرى غانم. معوقات التنمية المستدامة في العالم الإسلامي. دراسة تحليلية بالتطبيق على جمهورية مصر العربية، ٢٠١٢. [/lfpedia.com/arab/wp.content/uploads/2013/09/](http://lfpedia.com/arab/wp.content/uploads/2013/09/)



٧٢. سهام حرفوش، وإيمان صحراوي، وريمة بوبايا. الإطار النظري للتنمية الشاملة المستدامة ومؤشرات قياسها. بحوث وأوراق عمل الملتقى الدولي حول التنمية المستدامة والكفاءة الاستخدامية للموارد المتاحة، والمنعقد في ٧ - ٨/٤/٢٠٠٨، جامعة سطيف، الجزائر.
٧٣. شونسوك كوندو، مشهد من اليابان: جسر العبور إلى مستقبل طاقى سالم وأمن، مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية، عدد ١، يونيو ٢٠٠٤.
٧٤. صالح صالحي، التنمية الشاملة المستدامة والكفاءة الاستخدامية للثروة البترولية في الجزائر، بحوث وأوراق عمل الملتقى الدولي حول التنمية المستدامة والكفاءة الاستخدامية للموارد المتاحة، الجزء الأول، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير - جامعة سطيف، المنعقد خلال الفترة ٧ إلى ٨ أبريل ٢٠٠٨.
٧٥. صقر محمد ياسين، دور سياسات الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة دراسة حالة: مدينة مصدر بإمارة أبوظبي- بالإمارات العربية المتحدة، رسالة ماجستير. جامعة قاصدي مرباح، الجزائر، ٢٠١٧.
٧٦. صلاح هاشم، المسؤولية الدولية عن المساس بسلامة البيئة البحرية. رسالة دكتوراه، جامعة القاهرة، كلية الحقوق، ١٩٩٠.
٧٧. أحمد علي وفيليب شيط، الطاقة الشمسية في المملكة العربية السعودية: الخطط مقابل الإمكانيات، موجز تنفيذي، معهد السياسات بالجامعة الأميركية في بيروت، ٢٠١٧.
٧٨. الطاقة المتجددة ٢٠١٤: تقرير الوضع العالمي، ترجمة: محمد مصطفى الخياط، شبكة سياسات الطاقة المتجددة للقرن الواحد والعشرين (REN21).
٧٩. طالب محمد (دكتور)، ود. ساحل محمد. أهمية الطاقة المتجددة في حماية البيئة لأجل التنمية المستدامة، عرض تجربة ألمانيا، مجلة الباحث، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير بجامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر، العدد السادس، ٢٠٠٨.
٨٠. الطاهر خامرة. المسؤولية البيئية الاجتماعية مدخل لمساهمة المؤسسة الاقتصادية في تحقيق التنمية المستدامة: حالة سوناطراك، رسالة ماجستير، جامعة ورقلة، الجزائر، ٢٠٠٧.
٨١. طه عثمان الفراء (دكتور)، أمن الموارد المائية في دول الخليج العربية: الواقع والمستقبل، مركز الجزيرة للدراسات، الدوحة، ٢٠١٥.
٨٢. باتر محمد علي وردم. العالم ليس للبيع: مخاطر العولمة على التنمية المستدامة، دار الأهلية للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، الطبعة الأولى ٢٠٠٣.
٨٣. العايب عبد الرحمن. التحكم في الأداء الشامل للمؤسسة الاقتصادية في الجزائر في ظل تحديات التنمية المستدامة. رسالة دكتوراه، جامعة فرحات عباس، سطيف، الجزائر، ٢٠١١.
٨٤. عبد الجبار عبود الحلفي (دكتور)، تطورات الطاقة المتجددة في دولة الإمارات العربية المتحدة مع إشارة خاصة للطاقة الشمسية، مجلة الخليج العربي، عدد ٤٠، عدد (٣، ٤)، سنة ٢٠١٠.
٨٥. عبد الحكم عبد اللطيف الصعيدي، الإنسان والبيئة. الدار المصرية اللبنانية، القاهرة، ١٩٩٤.
٨٦. عبد الرسول العزاوي، ومحمد عبد الغني. ترشيد استهلاك الطاقة. عمان - الأردن، دار مجدلاوي للنشر والتوزيع، ١٩٩٦.

٨٧. عبد الله بن جمعان الغامدي (دكتور). التنمية المستدامة بين الحق في استغلال الموارد الطبيعية والمسئولية عن حماية البيئة. جامعة الملك سعود، ٢٠٠٧.
٨٨. عبد المجيد تيمواوي، المتغيرات المالية المحددة لفاعلية قرار استخدام الديون كمصدر مالي في المؤسسة، مجلة الواحات للبحوث والدراسات، جامعة غرداية، الجزائر، عدد ١٣، سنة ٢٠١١.
٨٩. عدنان فرحان، ويحيى محمد حسن، الطاقة المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة في دولة الإمارات العربية المتحدة، مركز دراسات الخليج العربي قسم الدراسات الاقتصادية. موقع الحوار المتمدن، العدد ٤١١٧، ٥/٦/٢٠١٣.
٩٠. عماد معوشي. حتمية ترشيد استهلاك الطاقة لتحقيق التنمية المستدامة. المجلة الجزائرية للاقتصاد والمالية، جامعة المدية، العدد ١، أبريل ٢٠١٤.
٩١. عمر الشهابي وآخرون. قطاع النفط والغاز في دول مجلس التعاون: نظرة عامة وإقليمية، بحث ضمن (الثابت والمتحول ٢٠١٤)، مركز الخليج لسياسات التنمية، الكويت، ٢٠١٤.
٩٢. عمر شريف، استخدام الطاقات المتجددة ودورها في التنمية المستدامة. دراسة حالة الطاقة الشمسية في الجزائر، أطروحة دكتوراة، جامعة الحاج لحضر، الجزائر، ٢٠٠٧.
٩٣. عودة الجيوسي (دكتور)، الطاقة المتجددة في الوطن العربي. نقل المعرفة وأفاق التعاون العربي. مؤسسة فريدريش إيبيرت، الأردن، ٢٠١٥.
٩٤. عيسى مقلد، قطاع المحروقات الجزائرية في ظل التحولات الاقتصادية، مذكرة ماجستير، جامعة الحاج لحضر، باتنة، ٢٠٠٧/٢٠٠٨.
٩٥. فريدة كافي (دكتور)، الطاقات المتجددة بين تحديات الواقع ومأمول المستقبل: التجربة الألمانية نموذجاً، مجلة بحوث اقتصادية عربية. مجلد ٢٣، عدد ٧٤/٧٥، سنة ٢٠١٦ (١٣٩ - ١٥٧).
٩٦. فلاق علي (دكتور)، د. سالي رشيد، الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة: مع الإشارة لحالة الجزائر وبعض الدول العربية. مجلة الإحصاء والاقتصاد التطبيقي (الجزائر)، عدد ٢٥، سنة ٢٠١٦.
٩٧. كلفة إنتاج الكهرباء للطاقة المتجددة. دراسة صادرة عن معهد فراونهوفر لأنظمة الطاقة الشمسية، ألمانيا، نوفمبر ٢٠١٣.
٩٨. ليلى لعجال. واقع التنمية وفق مؤشرات الحكم الراشد في المغرب العربي. رسالة ماجستير، جامعة منتوري، قسنطينة، الجزائر، ٢٠١٠.
٩٩. تقرير التنمية البشرية ٢٠٠٣، النسخة العربية، الصادر عن الأمم المتحدة، ٢٠٠٣.
١٠٠. ماجدة أبو زنت (دكتور)، د. عثمان غنيم. التنمية المستدامة: دراسة نظرية في المفهوم والمحتوى، مجلة المنارة، المشرق-الأردن، مجلد ١٢، عدد ١، ٢٠٠٦.
١٠١. ماهر عزيز بدروس، خيارات التخفيف من تغير المناخ في قطاع الطاقة (١٣٤) ضمن (الطاقة المستدامة: التوقعات، التحديات، الخيارات)، إصدار: المنتدى العربي للبيئة والتنمية، بيروت، ٢٠١٣.
١٠٢. مايكل كير، الحروب على الموارد: الجغرافية الجديدة للنزاعات العالمية، ترجمة عدنان حسين، بيروت، دار الكتاب العربي، ٢٠٠٢.
١٠٣. محمد الأمين قرين. المؤشرات البيئية للتنمية المستدامة. بحث مقدم إلى مؤتمر التنمية المستدامة، جامعة



- سبها، ليبيا، ٢٠٠٨.
١٠٤. محمد الرميجي (دكتور). النفط والعلاقات الدولية. وجهة نظر عربية. سلسلة عالم المعرفة الصادرة عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، ط أولى، ١٩٨٢.
١٠٥. محمد خميس الزوكة، جغرافية الطاقة، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ٢٠٠١.
١٠٦. محمد رمضان، تقلبات أسعار النفط ولعنة الموارد والحاجة إلى الميزانية الصفرية، دراسة بمركز سنبار كاييتا الاقتصادي.
١٠٧. محمد عبد البديع. اقتصاد حماية البيئة، مجلة مصر المعاصرة، الجمعية المصرية للاقتصاد السياسي والإحصاء والتشريع، القاهرة، العدد ٤١٩/٤٢٠، يناير ١٩٩٠.
١٠٨. محمد مجيد محمود (دكتور). التنمية المستدامة في الوطن العربي: المعوقات والمتطلبات. المجلة الليبية العالمية، جامعة بنغازي، عدد ٢٥، أغسطس ٢٠١٧.
١٠٩. محمد محروس إسماعيل، اقتصاديات البترول والطاقة، ديوان المطبوعات الجامعية، مصر، ١٩٨٨.
١١٠. محمد مصطفى الخياط (دكتور). الطاقة. مصادرها. أنواعها. استخداماتها. منشورات وزارة الكهرباء والطاقة، القاهرة، ٢٠٠٩.
١١١. محمد مصطفى الخياط، الطاقة البديلة وتأمين مصادر الطاقة، بحث منشور في مؤتمر البترول والطاقة. هموم عالم واهتمامات أمة، جامعة المنصورة بمصر، كلية الحقوق، ٢-٣/٤/٢٠٠٨.
١١٢. محمد مصطفى، تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد في التنمية المتواصلة - دراسة حالة إقليم القاهرة الكبرى، ورقة عمل مقدمة لورشة عمل تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في التخطيط والتنمية المستدامة القاهرة، ١٣-١٥/٢/٢٠٠١ م،
١١٣. مخرجات مختبر الطاقة. طموح متجدد وفكر متقد، تقرير صادر عن مختبر الطاقة التابع لوزارة النفط والغاز العمانية، أبريل ٢٠١٩.
١١٤. مروان عبد القادر أحمد. الطاقة المتجددة. دار الجنادرية للنشر والتوزيع، الأردن ٢٠١٦.
١١٥. مؤشرات للطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية ٢٠١٦، الهيئة العامة للإحصاء بالسعودية، ٢٠١٦.
١١٦. ميشيل تودارو، التنمية الاقتصادية، ترجمة محمود حسن حسني و محمود حامد محدود، دار المريخ، الرياض، ٢٠٠٦.
١١٧. نجم عبود نجم (دكتور)، البعد الأخضر للأعمال: المسؤولية البيئية لرجال الأعمال، الوراق للنشر والطباعة، عمان، ٢٠٠٨.
١١٨. نيفين كمال (دكتور). إطار لرؤية مستقبلية لاستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر، معهد التخطيط القومي، مصر، ٢٠١٥.
١١٩. هاجر بريطل، دور الشراكة الجزائرية الأجنبية في تمويل و تطوير الطاقات المتجددة في الجزائر - دراسة حالة الشراكة الجزائرية الإسبانية -، أطروحة دكتوراة، جامعة محمد خيضر - بسكرة، الجزائر، ٢٠١٦.
١٢٠. هبة أحمد نصار وصالح سالم زرنوقة، المرأة والتنمية: الآفاق والتحديات، مركز دراسات وبحوث الدول النامية، ١٩٩٩.
١٢١. هوارى عبد القادر. الكفاءة الاستخدامية لاستغلال الطاقات المتجددة في الاقتصاديات العربية، رسالة

- دكتوراة، جامعة فرحات عباس، سطيف، الجزائر، ٢٠١٨.
١٢٢. هيثم عبد الله سلمان (دكتور)، أثر سياسات الطاقة العالمية على اقتصادات بعض دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، بحث ضمن مجلة التعاون الصادرة عن مجلس التعاون الخليجي، عدد ٨٤، يوليو ٢٠١٤.
١٢٣. وسيلة السبتي، تمويل التنمية المحلية في إطار صندوق الجنوب: دراسة واقع المشاريع التنموية في ولاية بسكرة، رسالة ماجستير في الاقتصاد غير منشورة، جامعة محمد خيضر بسكرة، الجزائر، ٢٠٠٤.
١٢٤. ياسمينة زرنوح. إشكالية التنمية المستدامة في الجزائر: دراسة تقييمية. مذكرة ماجستير، جامعة الجزائر، ٢٠٠٦.
١٢٥. يوسف خليفة اليوسف، الاقتصاد السياسي للنفط: رؤية عربية لتطورات، مجلة المستقبل العربي، العدد ٤٣٥، أيار/ مايو ٢٠١٥.

## مراجع باللغة الإنجليزية

126. A. Lesser. **Environmental Economics and Policy**, (Addison – New York – England).
127. A.H. Al-Badi, A. Malik, A. Gastli, **Assessment of renewable energy resources potential in Oman and identification of barrier to their significant utilization**, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (2009) 2734–2739.
128. Adel Gastli and Javier San Miguel Armendáriz, **Challenges Facing Grid Integration of Renewable Energy in the GCC Region**, Gulf Research Center, Abu Dhabi, UAE, Dec. 2013.
129. Afshin Izadian, Nathaniel Girrens And Pardis Khayyer. **Renewable Energy Policies A Brief Review of the Latest U.S. and E.U. Policies**. IEEE industrial electronics magazine September 2013. P21 - 34.
130. Andreas Bloessa, Wolf-Peter Schillb, Alexander Zerrahnb. **Power-to-heat for renewable energy integration: A review of technologies modeling approaches, and flexibility potentials**. Applied Energy 212 (2018) 1611–1626.
131. Antun Pfeifer, Viktorija Dobravec, Luka Pavlinek, Goran Krajačić, Neven Duić. **Integration of renewable energy and demand response technologies in interconnected energy systems**, Energy, vol. 161, 15 Oct 2018, p 447 - 455.
132. Bain, R.L. (2007). **World Biofuels Assessment, Worldwide Biomass Potential: Technology Characterizations**. NREL/MP-510-42467, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA.
133. Barnett, P., and P. Quinlivan (2009). **Assessment of Current Costs of Geothermal Power Generation in New Zealand (2007 basis)**. Report by SKM for New Zealand Geothermal



- Association, Wellington, NZ. Available at: [www.nzgeothermal.org/nz\industry\\_papers.html](http://www.nzgeothermal.org/nz\industry_papers.html).
134. Bloomberg (2010). **Bloomberg New Energy Finance - Renewable Energy Data**. Available at: [bnef.com/](http://bnef.com/).
135. **BP Statistical Review for World Energy 2014**, London, June 2014
136. Breyer, C., A. Gerlach, J. Mueller, H. Behacker, and A. Milner (2009). **Grid-parity analysis for EU and US regions and market segments - Dynamics of grid-parity and dependence on solar irradiance, local electricity prices and PV progress ratio**. In: Proceedings of the 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference. 21-25 September 2009, Hamburg, Germany, pp. 4492-4500.
137. Bromley, C.J., M.A. Mongillo, B. Goldstein, G. Hiriart, R. Bertani, E. Huenges, H. Muraoka, A. Ragnarsson, J. Tester, and V. Zui (2010). **Contribution of geothermal energy to climate change mitigation: the IPCC renewable energy report**. In: Proceedings of the World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia April 2010. Available at: [www.geothermal-energy.org/pdf//](http://www.geothermal-energy.org/pdf//)
138. BTM Consult ApS (2010). **International Wind Energy Development**. World Market.
139. Christopher B.Field, J. ElliottCampbell and David B.Lobell. **Biomass energy: the scale of the potential resource**. Trends in Ecology & Evolution, Volume 23, Issue 2, February 2008, Pages 65-72.
140. Cotter, B. and Hannan, K. (1999) **Our Community Our Future: A Guide to Local Agenda 21**. Commonwealth of Australia. Canberra. (Environs Australia), pp171 – 172.
141. Darmawi, Riman Sipahutar et al. **Renewable energy and hydropower utilization tendency worldwide**. Renewable and Sustainable Energy Reviews 17 (2013) 213–215.
142. David Grey and Claudia W. Sadoff. **Sink or Swim? Water Security for Growth and Development**. Water Policy, vol. 9, no. 6, 2007, pp. 545-571.
143. Dennis Church. **Building Sustainable Communities: An opportunity and A vision for a future that works**. EcolQ Web site, 2/12/98. P. 3.
144. DLR, **Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region** (2005).
145. Don Geis and Tammy Kutzmark. **Developing Sustainable communities**. The future is Now, Center of Excellence for Sustainable Development Web, 2/12/1998, p.2.
146. Edenhofer Ottmar, et. al. **Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, Paris, 2012, P 33.

147. EIA (2009). **2006 Energy Consumption by Manufacturers -Data Tables - Energy Information Administration**. US Department of Energy, Washington, DC, USA. Available at: [eia.doe.gov/emeu/mecs/mecs2006/2006tables.html](http://eia.doe.gov/emeu/mecs/mecs2006/2006tables.html).
148. *ETSAP (2010b). Marine Energy Technology Brief E13 - November, 2010*. Energy Technology Systems Analysis Programme, International Energy Agency, Paris, France.
149. **Four nuclear plants with a total capacity of 5.6GW are expected to be completed between 2017 and 2020 in Abu Dhabi**. Federal Authority for Nuclear Regulations, UAE Government (White Paper on Nuclear Energy), 2008.
150. **Global Status Report on Local Renewable Energy Policies**, A Collaborative Report by: REN21Renewable Energy Policy Network for the 21st Century Institute for Sustainable Energy Policies (ISEP) ICLEI—Local Governments for Sustainability.
151. *Global Tracking Framework 2017: Progress Towards Sustainable Energy* (World Bank, 2017);
152. Hagerman, G., G.Scott, and P. Jacobson. **Mapping and Assessment of the United States Ocean Wave Energy**. EPRI Tech. Report: 1024637. Palo Alto, CA: Electric Power Research Institute (EPRI), Dec 2011.
153. Hilal M.S Almaamary et. al. **The impact of oil price fluctuations on common renewable energies in GCC Countries**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 75, August 2017, Pages 989-1007.
154. **Hydropower Status Report**. International Hydropower association, May 2019.
155. IEA (2007). **Renewables for Heating and Cooling – Untapped Potential**. International Energy Agency, Paris, France, 209 pp.
156. IEA (2008b). **Energy Technology Perspectives 2008. Scenarios and Strategies to 2050**. International Energy Agency, Paris, France, 646 pp..
157. IEA (2009). **Technology Roadmap - Wind Energy**. International Energy Agency, Paris, France, 52 pp.
158. IEA (2010b). **Technology Roadmap, Concentrating Solar Power**. International Energy Agency, Paris, France.
159. IEA (2010d). **Renewable Energy Essentials: Hydropower**. International Energy Agency, Paris, France.
160. *IEA (2010d). Renewable Energy Essentials: Hydropower*. International Energy Agency, Paris, France. 4 pp.
161. IEA, **Key World Energy Statistics and the Economist Intelligence , The GCC in 2020**.

162. Imen Jeridi Bachellerie, **Framework for a Renewable Energy Transition in the GCC: Finding the Right Paradigms**, The Gulf Monitor 3, no. 3 (March 2010)..
163. J.S. Wallace, **Increasing Agricultural Water Efficiency to Meet Future Food Production**. Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol. 82 (2000), pp. 105-119.
164. James's Square, **BP Review of World**, London, 64th edition, June 2015, p.42
165. Jayant Sathaye, Oswaldo Lucon, Atiq Rahman. **Renewable Energy in the Context of Sustainable Development**. Chapter 9 in In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Paris, France, 2011.
166. Katy Hogg and Ronan O'Regan, **Renewable energy support mechanisms: an overview report of Price water house Coopers LLP**.
167. Kerr, D. (2007). **Marine energy**. Philosophical Transactions of the Royal Society London, Series A (Mathematical, Physical and Engineering Sciences), 365 (1853) pp. 971-92.
168. **Kyoto Protocol - Targets for the first commitment period**. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period>.
169. L. Kitzing, C. Mitchell, and P. E. Morthorst. **Renewable energy policies in Europe: Converging or diverging?** *Energy Policy*, vol. 51, pp. 192–201, 2012.
170. Naji Abi-Aad. **Natural Gas in the Arab World**. Paper presented for the 8th Arab Energy Conference, Amman, May 2006.
171. Neij, L. (2008). **Cost development of future technologies for power generation – A study based on experience curves and complementary bottom-up assessments**. *Energy Policy*, 36(6), pp. 2200-2211..
172. NREL (2011a). **Solar PV Manufacturing Cost Model Group: Installed Solar PV System Prices**. Presentation to SEGIS\_ADEPT Power Electronic in Photovoltaic Systems Workshop, Arlington, VA, USA, 8 February 2011. NREL/PR-6A20-50955.
173. Paul A.J. Bonar, alan G. Brydenb, Alistair G.L.Borthwick. **Social and ecological impacts of marine energy development**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 47, July 2015, P 486-495.
174. Project Finance EMEA: **Saudi Arabia's Renewable Energy Plans: Strong Rationale, Untested Framework**, Moody's Investors Service, April 2017
175. **Renewable Energy Market Analysis GCC 2016**, IRENA, Abu Dhabi, 2016.
176. **Renewable Energy Market Analysis GCC 2019**, IRENA, Abu Dhabi, 2019.
177. **Renewable Energy Statistics 2019**. IRENA, Abu Dhabi, 2019.
178. **Renewable energy statistics 2019**. IRENA.

179. **Renewables 2019 Global Status Report**, Paris, REN21.
180. *REthinking Energy 2017: Accelerating the Global Energy Transformation* (International Renewable Energy Agency, 2017); <http://go.nature.com/2yDr6Ge>
181. Seifried D, Witzel W. **Renewable energy - the facts**. First edition. London Washington, DC: Earthscan Publishing for a sustainable future; 2010 pp. 114–20
182. Sharma, A. (2011). **A comprehensive study of solar power in India and world**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(4), pp. 1767-1776.
183. Sharma, A. (2011). **A comprehensive study of solar power in India and world**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(4), pp. 1767-1776.
184. Sufang Zhanga, Philip Andrews-Speedd and Sitao Lia. **To what extent will China's ongoing electricity market reforms assist the integration of renewable energy?** Energy Policy 114 (2018) 165 -172.
185. *Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development* A/RES/70/1 (UN General Assembly, 2015).
186. V. Mathiesena, H. Lundb, D.Connolly. **Smart Energy Systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions**. Applied Energy Volume 145, 1 May 2015, Pages 139-154.
187. W.E. Alnaser, N.W. Alnaser. **Solar and Wind Energy Potential in GCC Countries and Some Related Projects**, Journal of Renewable and Sustainable Energy 1, no. 2 (2009): 1-28.
188. W.E. Alnaser, **The status of renewable energy in the GCC countries**, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 3074– 3098.
189. W.E. Alnaser, N.W. Alnaser, **The status of renewable energy in the GCC countries**. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 3074– 3098.
190. **World energy outlook 2018**. At: <https://webstore.iea.org/>
191. **World leaders adopt Sustainable Development Goals**. United Nations Development Program.
192. Xiaodong Liang. **Emerging Power Quality Challenges Due to Integration of Renewable Energy Sources**. IEEE Transactions on Industry Applications (Volume: 53 , Issue: 2 , March-April 2017) p 855 - 866.
193. Yemane Wolde-Rufael a , Kojo Menyah. **Nuclear energy consumption and economic growth in nine developed countries**. Energy Economics 32 (2010) 550–556.





194. Zeineb Abdmouleh n, Rashid A. M. Alammari ,Adel Gastli, **Recommendations on renewable energy policies for the GCC countries**. Renewable and Sustainable Energy Reviews 50 (2015) 1181–1191.
195. Zeineb Abdmouleh, Rashid A. M. Alammari Adel Gastli, **Review of policies encouraging renewable energy integration & best practices**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 45, May 2015, Pages 249-262.
196. IEA (2012a). **Key World Energy Statistics**. International Energy Agency (IEA), Paris.

## دوريات ومواقع الانترنت

١٩٧. ارتباط العملات الخليجية بالدولار.. في الميزان، مقال بصحيفة العرب اللندنية، ٢٠١٦/٢/٢.
١٩٨. أزمة النفط تنتقل للبنوك، الاقتصادية ٢٠١٦/٣/٥
١٩٩. استثمار الخليج في الطاقة المتجددة ١١٦ بليون دولار خلال ١٠ سنوات، صحيفة الحياة اللندنية، ٢٠١٧/١/٦.
٢٠٠. استثمارات دول الخليج في الطاقة المتجددة ستصل إلى ١٦ مليار دولار سنوياً بحلول ٢٠٢٠، صحيفة مال الاقتصادية السعودية، ٢٠١٨/٦/٦.
٢٠١. اكتمال تمويل محطة دومة الجندل لطاقة الرياح بالسعودية، العربية نت، ٢٠١٩/٧/٢٣.
٢٠٢. ألمانيا تقترب من سد نصف احتياجات الطاقة من الشمس والرياح، تقرير موقع دويتشه فيله (الإذاعة الألمانية) الرسمي على الانترنت، ٢٠١٨/١١/٢.
٢٠٣. ألمانيا: نجاح في اعتماد الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء، تقرير موقع دويتشه فيله (الإذاعة الألمانية) الرسمي على الانترنت، ٢٠١٣/٣/١.
٢٠٤. أوروبا تخزن طاقة الرياح بتحويلها إلى هيدروجين، موقع مؤسسة دبي للمستقبل.
٢٠٥. البحرين تستعرض خططها للطاقة المتجددة مع وفد صندوق النقد، عبيد السهبي، صحيفة الشرق الأوسط، ٢٠١٨/١/٢٦.
٢٠٦. تقرير: BP العطش للنفط في العالم يفقد ذروته بحلول ٢٠٤٠، سي إن إن العربية، ٢٠١٨/٢/٢٢.
٢٠٧. خطوة جديدة نحو اكتمال مشروع سكاكا للطاقة الشمسية، العربية نت، ٢٠١٨/١١/٢٢.
٢٠٨. هيثم باحيدرة (دكتور). ما معنى (كفاءة الطاقة)؟. مقال بصحيفة الاقتصادية السعودية، بتاريخ ٢٠١٥/٨/١٠م.
٢٠٩. هيثم باحيدرة (دكتور)، دول الخليج .. واقتصاديات الطاقة المتجددة، صحيفة الاقتصادية السعودية، ٢٠١٧/٥/٨.
٢١٠. دبي تدرش أكبر مشروع للطاقة الشمسية المركزة في العالم، العربية نت، ٢٠١٨/٣/٢٠.
٢١١. دراسة: احتياطي النفط العالمي يبلغ ٢.١ تريليون برميل.. ويكفي ٧١ عامًا مقبلة، صحيفة الشرق الأوسط، ٢٠١٦/٧/٧.

٢١٢. ربط العملات الخليجية بالدولار يعاني من أسعار النفط المتدنية، مقال بصحيفة الحياة اللندنية، ٢٠١٦/٣/٧.
٢١٣. متى تطالب الدول النامية بالمدىونية البيئية من الدول الصناعية؟، باتر محمد علي وردم، موقع الحوار المتمدن، ٢٠٠٤/١/٢٩.
٢١٤. الطاقة المتجددة في الكويت.. حلم استشرافي يتحقق ويحاكي لغة العالم، صحيفة الأنباء الكويتية، ٢٠١٨/١٢/١٨.
٢١٥. عبد الحي محمد، ١٠ % حصة الطاقة المتجددة بالإمارات في ٢٠١٧، صحيفة البيان الإماراتية، ٢٠١٦/١٢/٢٦.
٢١٦. غاز الحرية يشعل حرباً أميركية روسية بأسواق الطاقة، العربية نت، ٢٠١٩/٦/٨.
٢١٧. الغاز الطبيعي، http://www.openoil.net، ٢٠١٣/٠٥/٢٢.
٢١٨. غالب درويش. تحولات في خريطة صناعة الغاز الطبيعي وسط زيادة الاستثمارات، الاندبندنت العربية، ٢٠١٩/٦/٢١.
٢١٩. الغرب يدعو الجيش الليبي للانسحاب فوراً من موانئ النفط، موقع العربية نت بتاريخ ٢٠١٧/٩/١٣.
٢٢٠. الفحم الحجري.. الوقود الأكثر استهلاكاً في العالم بحلول ٢٠٢٠، موقع قناة روسيا العربية، ٢٠١٣/١٠/١٥.
٢٢١. القضاء على الفقر، مقال بموقع منظمة الأمم المتحدة، عبر هذا الرابط: <https://www.un.org/ar/sections/issues-depth/poverty>
٢٢٢. كهرباء من باطن الأرض، العربية نت، ٢٠١٨/٣/٢٥، نقلاً عن مجلة القافلة الصادرة عن مجلة أرامكو السعودية.
٢٢٣. مات ماغرات، تأثيرات خمسة لانسحاب الولايات المتحدة من اتفاقية باريس للتغير المناخي، تقرير لبي بي سي العربية، ٢٠١٧/٦/٢.
٢٢٤. مجلة التحلية، الصادرة عن المؤسسة العامة للتحلية السعودية، عدد ٦٧، أبريل ٢٠١٥.
٢٢٥. مريم زيدون. ظاهرة الفقر في العالم. معضلة تنذر بالخطر، موقع الجزيرة نت، ٢٠٠٤/١٠/٣.
٢٢٦. مستقبل الطاقة المتجددة في قطر، أرابيان بيزنس، ٢٠١٥/٨/٢٣.
٢٢٧. المصادر المتجددة تهيمن على سوق الطاقة في العالم، صحيفة الاتحاد الإماراتية، ٢٠١٨/١٠/٩.
٢٢٨. معدل البطالة في العالم عند مستوى ما قبل الأزمة المالية، مجلة الاقتصادية، ٢٠١٩/٢/١٣.
٢٢٩. مقدم مصطفى، بحث حول النمو الاقتصادي، عبر الموقع الإلكتروني [www.startimes.com](http://www.startimes.com).
٢٣٠. ملخص الدراسة بموقع هارفارد بيزنس ريفيو، ٢٠١٧، تحت عنوان: بحث علمي: تقلبات أسعار النفط والإنفاق الحكومي في المملكة العربية السعودية.
٢٣١. منظمة اليونسكو (unesco)، متاح على: [http://www.unesco.org/most/sd\\_arab/fiche2b.htm](http://www.unesco.org/most/sd_arab/fiche2b.htm)
٢٣٢. المؤتمر الإسلامي الأول لوزراء البيئة، الإعلان الإسلامي للتنمية المستدامة، المنعقد في جدة في الفترة من ١٠ إلى ١٢ يونيو ٢٠٠٢، منظمة الإيسيسكو.
٢٣٣. الموقع الإحصائي الدولي عبر هذا الرابط: <https://ar.actualitix.com/country/wld/ar-coal-proved-reserve.php>

٢٣٤. الموقع الإلكتروني للوكالة الدولية للطاقة [www.iea.org](http://www.iea.org).
٢٣٥. موقع مكتب تطوير مشاريع الطاقة المتجددة على شبكة الانترنت: [www.powersaudiarabia.com.sa](http://www.powersaudiarabia.com.sa).
٢٣٦. نبي خالد. بالخرائط والإحصاءات: استهلاك الطاقة في العالم، موقع ساسة بوست، ٢٧/١٢/٢٠١٤.
٢٣٧. وليد خدوري، استهلاك الطاقة في دول الخليج: الواقع والأخطار والحلول، العربية نت، ١٥/١١/٢٠١٥.
٢٣٨. يهدد بفرض عقوبات نفطية على السودان. نص القرار ١٥٦٤، جريدة المستقبل اللبنانية في ٢٠/٩/٢٠٠٤.
٢٣٩. أهداف التنمية المستدامة والتنمية المستدامة للطاقة في أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي، مجلة وقائع الأمم المتحدة، مجلد ٥٢، عدد ٣، ٢٠١٥.
٢٤٠. ٧,٨ تريليون دولار استثمارات الطاقة المتجددة المتوقعة عالميًا حتى ٢٠٤٠، مقال بصحيفة الشرق الأوسط، ١٨/٦/٢٠١٦.
٢٤١. إبراهيم العثيمين (دكتور)، الشراكة السعودية الأفريقية في مجال الطاقة المتجددة، صحيفة اليوم السعودية، ٢٠/٩/٢٠١٩.
٢٤٢. غيرو روتير. التحول للطاقة البديلة بحلول عام ٢٠٥٠: الفرص والإمكانيات، مقال بموقع دويتشه فيله - الإذاعة الألمانية، ويستعرض فيه دراسات فريق علماء دوليين بجامعة (لابينزانتا للتكنولوجيا) بفنلندا. حول اتجاهات الطاقة البديلة حتى عام ٢٠٥٠.

243. water-shortages, [waterfilteranswers.com](http://waterfilteranswers.com), 9/9/2018.
244. [www.unesco.org/most/sd\\_arab/fiche2b.htm](http://www.unesco.org/most/sd_arab/fiche2b.htm)
245. [www.unep.org](http://www.unep.org).
246. [http://www.moroc-ecologie.net/article.php?id\\_article](http://www.moroc-ecologie.net/article.php?id_article)
247. <http://go.nature.com/>
248. <https://mostaqbal.ae/europe-renewable-energy-converting-hydrogen>
249. <https://www.alarabiya.net/ar/north-africa/2016/09/13>
250. <https://www.albankaldawli.org/ar/topic/energy/publication/rise-2018>
251. <https://www.hrw.org/ar/news/2017/01/27/299604>
252. <https://www.independentarabia.com/node/298>
253. <https://www.zmescience.com/other/feature-post/how-long-fossil-fuels-last>
254. <https://data.oecd.org/energy/renewable-energy.htm>



# فهارس الدراسة

- فهرس الأشكال والجداول
- فهرس الموضوعات





## فهرس الأشكال والجداول

رقم الصفحة	الموضوع
٢٠	جدول (١): استهلاك الطاقة تاريخيا
٢٣	جدول (٢): التركيب الكيميائي النموذجي للغاز الطبيعي والنفط
٢٥	شكل (١): التنمية البشرية والاستهلاك السنوي للكهرباء
٣٤	شكل (٢): مصادر الطاقة المتجددة
٥٤	جدول (٣): تطور مفهوم ومحتوى التنمية الاقتصادية منذ نهاية الحرب العالمية الثانية
٦٠	شكل (٣): أهداف التنمية المستدامة
٦٥	جدول (٤): مؤشرات قياس الاستدامة
٩٣	شكل (٤): حصة الاستهلاك الأولية العالمية من الطاقة من ١٨٠٠ إلى ٢٠١٥
٩٤	شكل (٥): معدل استهلاك الطاقة من ١٩٨٩ إلى ٢٠١٤
٩٥	شكل (٦): تصاعد الطلب العالمي على الطاقة خلال العقود الثلاثة المنصرمة
٩٦	شكل (٧): توقعات استهلاك الطاقة في العالم حتى عام ٢٠٤٠
٩٩	شكل (٨): توقعات الاستهلاك العالمي للطاقة حسب المصدر حتى عام ٢٠٣٠
١٠٠	شكل (٩): أكبر عشر دول في احتياطي النفط الخام المؤكد لعام ٢٠١٦
١٠٣	شكل (١٠): الاحتياطي العالمي من الفحم الحجري (مليون طن)
١١١	شكل (١١): منحى هوبرت وتوقعه ذروة النفط عند وتيرة إنتاج ٢٠٠ ألف برميل سنويا
١١٢	شكل (١٢): توقعات وكالة الطاقة العالمية لذروة النفط باستخدام نموذج هوبرت سنة ٢٠٠٠
١١٥	جدول (٥): انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لمصادر الطاقات التقليدية في الفترة من ٢٠٠٥ - ٢٠٠٩
١١٨	جدول (٦): أهم التأثيرات البيئية لمصادر الطاقة التقليدية
١١٩	شكل (١٣): توزيع الطلب العالمي على النفط وفق المجموعات الدولية من ٢٠١٣ إلى ٢٠١٧
١٢٤	شكل (١٤): مزيج الطاقة العالمي (الإنتاج والاحتياطي) عام ٢٠١٠
١٢٥	شكل (١٥): مزيج استهلاك الطاقة في مناطق جغرافية مختارة لعام ٢٠١٦
١٢٨	شكل (١٦): تطور الطلب على الطاقة في الوطن العربي من ٢٠١٠ إلى ٢٠١٤
١٢٨	شكل (١٧): معدل استهلاك الكهرباء في دول مجلس التعاون الخليجي من ١٩٧٢ إلى ٢٠١٢
١٣١	شكل (١٨): الإنتاج العالمي المتوقع للنفط
١٣٧	شكل (١٩): متوسط أسعار النفط خام برنت في العامين الأخيرين
١٣٨	شكل (٢٠): معدل العرض والطلب العالمي على النفط من ٢٠٠٩ م إلى ٢٠١٥ م
١٤٢	جدول (٧): توزيع النسب المئوية لاستهلاك الطاقة العالمية في الفترة من ١٩٧٠ إلى ٢٠١٠
١٤٧	شكل (٢١): حصة مصادر الطاقة المتجددة في مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة
١٤٨	شكل (٢٢): الاستثمار العالمي في الطاقة المتجددة ٢٠٠٤ - ٢٠١٠

١٥٣	جدول (٨): التطور التراكمي لقدرات الطاقة الشمسية حتى ٢٠٢٠
١٥٥	شكل (٢٣): قدرة الكهرياء الحرارية الأرضية المركبة حسب البلدان في ٢٠٠٩
١٥٦	شكل (٢٤): قدرات توليد الطاقة الحرارية الأرضية من ٢٠١٧ إلى ٢٠٢٣
١٥٧	جدول (٩): النشر المحتمل للحرارة الأرضية لأغراض الكهرياء والاستخدامات المباشرة في ٢٠٢٠ وحتى ٢٠٥٠
١٥٩	شكل (٢٥): توقعات نمو الطاقة الكهرومائية حتى ٢٠٣٠
١٦٥	شكل (٢٦): الإضافات السنوية لقدرة طاقة الرياح حسب الأقاليم
١٦٦	شكل (٢٧): الإمداد العالمي من الطاقة الأولية المستمدة من طاقة الرياح في السيناريوهات طويلة الأجل
١٦٨	شكل (٢٨): التفاعلات الدينامية المعقدة بين المجتمع والطاقة والبيئة المرتبطة بالطاقة الأحيائية
١٧٠	شكل (٢٩): (أ) الإمداد العالمي من الطاقة الأولية المستخلصة من الكتلة الأحيائية (ب) إنتاج الوقود الحيوي عالميا في سيناريوهات المدى البعيد
١٧٩	شكل (٣٠): التكلفة المقومة التقديرية الحديثة والقريبة الأمد للطاقة المائية
١٨٢	شكل (٣١): التكلفة الإجمالية المقومة المقدرة لطاقة الرياح البرية والبحرية، ٢٠٠٩
١٨٤	شكل (٣٢): الإمداد العالمي من الطاقة الأولية المستمدة من طاقة الرياح في السيناريوهات طويلة الأجل
١٨٦	شكل (٣٣): التكلفة الإجمالية المقومة النموذجية الحديثة العهد لخدمات الطاقة من أنظمة الطاقة الحيوية
١٩٠	جدول (١٠): مقارنة الطاقة المتجددة بالطاقات التقليدية
١٩١	جدول (١١): مقارنة تكلفة إنتاج الكيلوواط/ساعي بالدولار للطاقة المتجددة وغير المتجددة
١٩٣	شكل (٣٤): وعاء مجمّع لتقنية تركيز الطاقة الشمسية
١٩٥	شكل (٣٥): مخطط جهاز أشباه الموصلات الضوئية للتحويل المباشر من الطاقة الشمسية إلى كهرياء
١٩٧	شكل (٣٦): انبعاثات غازات الدفيئة من دورات الحياة للوحدات الفولتضوئية
٢٠١	شكل (٣٧): مخططات تبين موارد (حرارية مائية) حملية
٢٠٣	شكل (٣٨): مخططات تبين موارد (النظم الحرارية الأرضية الموجهة) موصلة.
٢٠٧	شكل (٣٩): فئة من محولات طاقة الأمواج وطريقة عملها: نبائط عمود الماء المتذبذب
٢٠٨	شكل (٤٠): فئة من محولات طاقة الأمواج وطريقة عملها: النبيلة العلوية
٢٠٩	شكل (٤١): عملية تناضح ضغط مثبّط
٢١٠	شكل (٤٢): النمو في حجم توربينات الرياح التجارية النموذجية
٢١٢	شكل (٤٣): تصميمات أسس توربينات الرياح البحرية
٢١٣	شكل (٤٤): مخطط يوضح تنوع مسارات الطاقة الأحيائية التجارية
٢١٦	شكل (٤٥): نطاقات ناتج انبعاثات غازات الدفيئة
٢٢٧	جدول (١٢): مستهدفات الطاقة المتجددة (RE) المستقبلية في دول مجلس التعاون
٢٢٩	شكل (٤٦): إمكانات الطاقة البديلة والمتجددة في المملكة العربية السعودية
٢٤٧	شكل (٤٦): الطاقة الكهربية المولدة من الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون من ٢٠١٤ إلى ٢٠١٨
٢٤٨	شكل (٤٦): أهداف دول مجلس التعاون للطاقة المتجددة في السنوات المقبلة
٢٤٥	جدول (١٣): الإمكانات الاقتصادية للطاقة الشمسية والإمكانات الساحلية في دول المجلس
٢٤٩	جدول (١٤): السعة الكهربية للطاقة المتجددة القائمة والمتوقعة في دول المجلس لعامي ٢٠٢٠ و ٢٠٣٠



٢٥٦	شكل (٤٧): مؤشرات سوق الأسهم
٢٥٧	شكل (٤٨): حجم الاستثمارات في الدول النامية والمتقدمة في الطاقات المتجددة ٢٠٠٤ - ٢٠١٤
٢٦٢	شكل (٤٩): شروط الاعتماد على بدائل الطاقة التقليدية
٢٧٠	شكل (٥٠): دول العالم وأهدافها في قطاع الطاقة المتجددة
٣١٠	شكل (٥١): نسبة وفورات الطاقة الأحفورية في دول مجلس التعاون عام ٢٠٣٠
٣١٩	شكل (٥٢): التفاعلات الدينامية المعقدة بين المجتمع والطاقة والبيئة المرتبطة بالطاقة الأحيائية
٣٥٢	جدول (١٥): نسبة المياه المعالجة بتقنية (تحلية المياه) من إجمالي احتياجات المياه لأغراض غير زراعية في دول مجلس التعاون.
٣٥٢	شكل (٥٣): قدرات تحلية مياه البحر في دول مجلس التعاون الخليجي من ٢٠٠٦ إلى ٢٠٢٠
٣٥٤	جدول (١٦): قدرات تحلية مياه البحر طبقا لكل تقنية في دول مجلس التعاون عام ٢٠١٤.



## فهرس الموضوعات

رقم الصفحة	الموضوع
٢	إهداء
٣	مقدمة
٦	الفصل الأول: الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة.. قضايا تأسيسية
٧	المبحث الأول: مدخل إلى الدراسة
٧	أهمية الدراسة
٩	تساؤلات الدراسة
٩	صعوبات الدراسة
١٠	الدراسات السابقة
١٢	منهج الدراسة
١٣	خطة الدراسة
١٤	ماذا تضيف هذه الدراسة؟
١٥	المبحث الثاني: الطاقة - الطاقة المتجددة
١٥	الطاقة والطاقة المتجددة.. إطار مفاهيمي
١٥	تعريف الطاقة (Energy)
١٦	الطاقة الناضبة (غير المتجددة)
١٧	الطاقة المتجددة
١٨	كفاءة الطاقة
١٨	الطاقة عبر العصور
١٩	أولاً: الغذاء مصدر الطاقة
١٩	ثانياً: اكتشاف النار
٢٠	ثالثاً: الزراعة
٢٠	رابعاً: الفحم الحجري
٢١	خامساً: النفط
٢٣	سادساً: الغاز الطبيعي
٢٤	سابعاً: الطاقة النووية
٢٥	ثامناً: الطاقة المتجددة
٢٧	علاقة الطاقة بالتنمية
٢٩	أهمية الطاقة المتجددة وخصائصها

٣٠	أهمية الطاقة المتجددة
٣١	خصائص الطاقة المتجددة
٣١	أولاً: مميزات الطاقة المتجددة
٣٣	ثانياً: عيوب الطاقة المتجددة
٣٤	مصادر الطاقة المتجددة
٣٥	(١) الطاقة الشمسية Solar Energy
٣٧	(٢) طاقة الرياح Wind Energy
٣٨	(٣) الطاقة المائية (الكهرومائية) Hydropower Energy
٣٩	(٤) الطاقة البحرية Marine Energy
٤٠	(٥) الطاقة الحرارية الأرضية (الجيوحرارية) – Geothermal Energy
٤١	(٦) طاقة الكتلة الحيوية (الكتلة الأحيائية) - Biomass Energy
٤٢	تقنيات الطاقة المتجددة واستخداماتها
٤٣	أولاً: الطاقة المتجددة وإنتاج الكهرباء
٤٥	ثانياً: الطاقة المتجددة وتطور الاستخدامات
٤٨	المبحث الثالث: التنمية - التنمية المستدامة
٤٨	التنمية - التنمية المستدامة (إطار مفاهيمي)
٤٨	النمو والتنمية الاقتصادية
٥١	التنمية المستدامة Sustainable Development
٥٥	أهمية التنمية المستدامة وأهدافها وخصائصها
٥٥	أولاً: أهمية التنمية المستدامة
٥٨	ثانياً: أهداف التنمية المستدامة
٦١	ثالثاً: خصائص التنمية المستدامة
٦٣	مؤشرات التنمية المستدامة وأبعادها
٦٣	أولاً: مؤشرات التنمية المستدامة
٦٣	المؤشرات الاقتصادية:
٦٣	المؤشرات الاجتماعية:
٦٤	المؤشرات البيئية:
٦٦	مؤشر التنمية البشرية:
٦٧	المؤشرات المؤسسية
٦٧	ثانياً: أبعاد التنمية المستدامة
٦٨	البعد الاقتصادي



٧٠	البعد الاجتماعي
٧١	البعد البيئي
٧٢	البعد التقني
٧٣	البعد السياسي
٧٣	البعد الثقافي
٧٤	تحديات التنمية المستدامة ومتطلبات تحقيقها
٧٤	أولاً: تحديات التنمية المستدامة
٧٥	الفقر والديون
٧٦	النمط الاستهلاكي
٧٦	التلوث
٧٦	التغيرات المناخية
٧٧	التصحر وندرة المياه
٧٨	ثانياً: متطلبات تحقيق التنمية المستدامة
٧٨	(١) توزيع الأدوار
٧٨	دور الفرد في التنمية المستدامة :
٧٨	دور الأسرة والمجتمع في التنمية المستدامة:
٧٩	دور المرأة في التنمية المستدامة:
٨٠	دور القطاع الخاص في التنمية المستدامة:
٨١	الدور الحكومي في التنمية المستدامة:
٨١	(٢) اتباع توجهات المنظمات الدولية المعنية
٨٣	(٣) عناصر نظرية التنمية المستدامة
٨٣	أولاً: الحاجات الأساسية
٨٣	ثانياً: ضبط حجم السكان
٨٣	ثالثاً: الحفاظ على الموارد الطبيعية:
٨٤	رابعاً: توجيه التقنية:
٨٤	المراحل التاريخية لتطور مفهوم التنمية المستدامة
٨٤	أولاً: ما قبل (التنمية المستدامة)
٨٥	ثانياً: تاريخ التنمية المستدامة
٨٨	علاقة الطاقة بالتنمية المستدامة
٨٨	أولاً: الارتباط بين الطاقة والتنمية المستدامة
٩٠	ثانياً: دور الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة

٩٠	التنمية الاقتصادية:
٩١	التنمية الاجتماعية:
٩٢	التنمية البيئية:
٩٤	الفصل الثاني: واقع الطاقة عالميا وخليجيا
٩٥	المبحث الأول: الواقع العالمي للطاقة.. أزمة أم وفرة
٩٥	الاستهلاك العالمي للطاقة
١٠١	الاحتياطي العالمي للطاقة
١٠٥	الطاقة والسياسة الدولية
١٠٨	التنافس الدولي لتأمين الطاقة
١١٠	عالم ما بعد النفط وتحديات النضوب
١١٠	أولا: عالم ما بعد النفط.. حقيقة أم خيال؟
١١٢	ثانيا: تحديات نضوب الطاقة التقليدية
١١٦	الطاقة التقليدية واختلال التوازن البيئي
١١٦	أولاً: تلوث الهواء
١١٩	ثانيا: التلوث المائي
١٢٠	العالم وتقليل الاعتماد على الطاقة التقليدية
١٢٤	المبحث الثاني: الواقع الخليجي للطاقة
١٢٤	وفرة في مصادر الطاقة التقليدية
١٢٧	ارتفاع الاستهلاك الخليجي للطاقة
١٣٣	مشكلات هيكلية في الاقتصاد الخليجي
١٣٣	أولاً: الاقتصاد الريعي ومشكلاته
١٣٥	ثانيا: ارتباط العملات الخليجية بالدولار
١٣٨	ثالثاً: آثار انخفاض أسعار النفط وتقلباتها
١٤١	الضغوط الدولية لحماية البيئة
١٤٢	أولاً: سياسات الدول المستهلكة للطاقة
١٤٥	ثانيا: الاتفاقيات الدولية لحماية البيئة
١٤٨	الفصل الثالث: عالم الطاقة المتجددة.. الاقتصاديات. التقنيات. التطبيقات
١٤٩	المبحث الأول: اقتصاديات الطاقة المتجددة
١٤٩	أولاً: الاستثمار العالمي في مشروعات الطاقة المتجددة
١٥٣	ثانيا: أسواق الطاقة المتجددة وإمكانات انتشارها
١٥٤	(١) أسواق الطاقة الشمسية وإمكانات انتشارها



١٥٤	الطاقة الحرارية الشمسية
١٥٥	الطاقة الشمسية الكهروضوئية (الفولتضوئية):
١٥٥	مركزات الطاقة الشمسية
١٥٦	إنتاج وقود الطاقة الشمسية
١٥٧	(٢) أسواق الطاقة الحرارية الأرضية وإمكانات انتشارها
١٦١	(٣) أسواق الطاقة المائية وإمكانات انتشارها
١٦٤	(٤) أسواق الطاقة البحرية وإمكانات انتشارها
١٦٧	(٥) أسواق طاقة الرياح وإمكانات انتشارها
١٧٠	(٦) أسواق الطاقة الحيوية وإمكانات انتشارها
١٧٥	ثالثا: اتجاهات التكلفة
١٧٦	(١) التكلفة الإجمالية
١٧٧	(٢) اتجاهات تكلفة الطاقة الشمسية
١٨٠	(٣) اتجاهات تكلفة الطاقة الحرارية الأرضية
١٨٢	(٤) اتجاهات تكلفة الطاقة المائية
١٨٣	(٥) اتجاهات تكلفة الطاقة البحرية
١٨٤	(٦) اتجاهات تكلفة طاقة الرياح
١٨٧	(٧) اتجاهات تكلفة طاقة الكتلة الأحيائية
١٩١	المبحث الثاني: الطاقة المتجددة.. تطور التقنيات والتطبيقات
١٩١	مقارنة بين الطاقة التقليدية والطاقة المتجددة
١٩١	التجدد
١٩١	الأثر البيئي للطاقة
١٩٢	التوطين
١٩٣	التطور
١٩٤	المردود الاقتصادي
١٩٥	تقنيات وتطبيقات الطاقة المتجددة
١٩٦	أولا: تقنيات وتطبيقات الطاقة الشمسية
١٩٦	(١) آلية التحويل الحراري
١٩٨	(٢) آلية التوليد الكهروضوئي
٢٠١	(٣) توليد الكهرباء من تركيز الطاقة الشمسية
٢٠٢	(٤) إنتاج وقود شمسي
٢٠٣	ثانيا: تقنيات وتطبيقات الطاقة الحرارية الأرضية

٢٠٧	ثالثا: تقنيات وتطبيقات الطاقة المائية
٢١٠	رابعا: تقنيات وتطبيقات الطاقة البحرية
٢١٣	خامسا: تقنيات وتطبيقات طاقة الرياح
٢١٦	سادسا: تقنيات وتطبيقات طاقة الكتلة الأحيائية
٢٢٠	<b>الفصل الرابع: التحول الخليجي نحو الطاقة المتجددة. الواقع والتحديات</b>
٢٢١	المبحث الأول: الواقع الخليجي للطاقة المتجددة
٢٢١	السياسات والأهداف الاستراتيجية
٢٢١	أولا: نظرة على الوضع العالمي
٢٢٤	ثانيا: الوضع الخليجي
٢٢٥	السياق التاريخي
٢٢٦	الأطر التنظيمية
٢٣١	المشروعات والاستثمارات
٢٣٣	المملكة العربية السعودية
٢٣٦	الإمارات العربية المتحدة
٢٣٧	مدينة (مصدر)
٢٣٩	تطبيقات الطاقة الشمسية
٢٤١	دولة الكويت
٢٤٣	مملكة البحرين
٢٤٤	سلطنة عمان
٢٤٦	دولة قطر
٢٤٨	إمكانات الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون
٢٤٨	أولا: موارد الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون الخليجي
٢٥٣	ثانيا: كفاءة الطاقة المتجددة في دول مجلس التعاون الخليجي
٢٥٦	<b>المبحث الثاني: تحديات التحول نحو الطاقة المتجددة</b>
٢٥٧	أولا: التحديات الاقتصادية
٢٥٧	ارتفاع التكلفة ودعم الوقود الأحفوري
٢٦٠	تراجع أسعار النفط
٢٦٣	معوقات التمويل ومخاطر سوق الطاقة المتجددة
٢٦٥	ثانيا: التحديات التوعوية والتقنية
٢٦٦	تحديات الوعي
٢٦٩	التحديات التقنية



٢٧٢	ألمانيا: رائدة تقنيات الطاقة المتجددة
٢٧٣	ثالثا: التحديات المؤسسية والتشريعية
٢٧٤	التحديات المؤسسية
٢٧٥	التحديات التشريعية
٢٨٠	الفصل الخامس: نحو نموذج طاقة خليجي مستدام
٢٨١	المبحث الأول: السياسات والتمويل
٢٨١	نمو سياسات الطاقة المتجددة
٢٨٤	دعم السياسات والاتفاقات الدولية للطاقة المتجددة
٢٨٧	الاتجاهات الحالية للسياسات والتمويل
٢٨٩	عوائق السياسات والتمويل وحلولها
٢٨٩	أولا: عوائق السياسات والتمويل
٢٩٠	ثانيا: حلول لعوائق السياسات والتمويل
٢٩١	دعم سياسات البحوث والتطوير
٢٩٢	دعم سياسات نشر الطاقة المتجددة
٢٩٤	السياسات المحلية الداعمة للطاقات المتجددة
٢٩٥	دعم سياسات نشر الطاقة المتجددة في القطاعات المتخصصة
٢٩٥	أولا: سياسات النشر الخاصة بالكهرباء
٢٩٧	ثانيا: السياسات الخاصة بنشر التدفئة والتبريد
٢٩٨	ثالثا: سياسات النشر الخاصة بالنقل
٢٩٩	تكامل عناصر السياسات وأثارها على الاقتصاد والبيئة والمجتمع
٣٠١	المبحث الثاني: تحقيق أهداف التنمية المستدامة
٣٠٢	دعم أوجه التفاعل بين التنمية المستدامة والطاقة المتجددة
٣٠٣	أولا: التنمية الاجتماعية والاقتصادية
٣٠٤	ثانيا: الاستفادة من الطاقة
٣٠٥	ثالثا: أمن الطاقة
٣٠٦	رابعا: تخفيف أثر تغير المناخ والحد من الآثار البيئية والصحية
٣٠٩	تأثير مسارات التنمية المستدامة على الطاقة المتجددة
٣٠٩	أولا: الأثر على التنمية الاجتماعية والاقتصادية
٣١٠	ثانيا: الأثر على الاستفادة من الطاقة
٣١٢	ثالثا: الأثر على أمن الطاقة
٣١٣	رابعا: الآثار على تغير المناخ والبيئة والصحة

٣١٣	عوائق وفرص استخدام الطاقة المتجددة في سياق التنمية المستدامة
٣١٤	العوائق الاجتماعية والثقافية
٣١٤	عوائق المعلومات والوعي
٣١٥	العوائق الاقتصادية والمالية
٣١٦	مدى إسهام الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة
٣١٦	أولاً: تحقيق أبعاد التنمية المستدامة (الاقتصاد - البيئة - المجتمع)
٣١٩	ثانياً: تلافى الآثار البيئية والاجتماعية
٣١٩	الطاقة الشمسية
٣١٩	الآثار البيئية
٣٢٠	الآثار الاجتماعية
٣٢١	طاقة الرياح
٣٢١	الآثار البيئية
٣٢٢	الآثار الاجتماعية
٣٢٣	الطاقة الحرارية الأرضية
٣٢٣	الآثار البيئية
٣٢٤	الآثار الاجتماعية
٣٢٤	طاقة الكتلة الأحيائية
٣٢٥	الآثار البيئية
٣٢٧	الآثار الاجتماعية
٣٢٧	الطاقة المائية
٣٢٧	الآثار البيئية
٣٢٨	الآثار الاجتماعية
٣٢٩	الطاقة البحرية
٣٢٩	الآثار البيئية والاجتماعية
٣٣٠	الفصل السادس: آليات تحفيز قطاع الطاقة المتجددة
٣٣١	المبحث الأول: إدماج الطاقة المتجددة في نظم الطاقة القائمة
٣٣١	فرص إدماج الطاقة المتجددة في نظم الطاقة
٣٣٥	دمج الطاقة المتجددة في نظم الطاقة الكهربائية
٣٣٧	زيادة مرونة التوليد
٣٣٧	تدابير جانب الطلب
٣٣٧	تخزين الطاقة الكهربائية

٣٣٨	تحسن أساليب التشغيل/الأسواق وأساليب التخطيط
٣٣٨	دمج الطاقة المتجددة في شبكات التدفئة والتبريد
٣٤٠	دمج الطاقة المتجددة في شبكات الغاز
٣٤٢	دمج الطاقة المتجددة في الوقود السائل
٣٤٣	دمج الطاقة المتجددة في النظم المستقلة (خارج الشبكات المركزية)
٣٤٤	دمج الطاقة المتجددة في قطاعات الاستخدام النهائي
٣٤٤	أولاً: النقل
٣٤٧	ثانياً: المباني والأسر
٣٤٨	ثالثاً: الصناعة
٣٥٠	رابعاً: الزراعة والحراجه وصيد الأسماك
٣٥٢	المبحث الثاني: خطوات نحو المستقبل
٣٥٣	تأسيس أسواق لا مركزية للطاقة المتجددة
٣٥٤	أنظمة كهربائية قابلة للتحويل نحو الطاقة المتجددة
٣٥٥	الطاقة الشمسية السطحية
٣٥٦	كهربة قطاع النقل
٣٥٧	الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة
٣٥٨	الطاقة المتجددة وتحلية المياه
٣٦٢	تطوير البحث العلمي في الطاقة المتجددة
٣٦٥	الشراكات الداعمة لقطاع الطاقة المتجددة
٣٦٧	خاتمة
٣٧١	مراجع الدراسة
٣٧٢	مراجع باللغة العربية
٣٧٩	مراجع باللغة الانجليزية
٣٨٤	دوريات ومواقع الانترنت
٣٨٧	فهارس الدراسة
٣٨٨	فهرس الأشكال والجداول
٣٩١	فهرس الموضوعات





جائزة يوسف بن أحمد الكنوع  
Yusuf Bin Ahmed Kanoo Award

التحول الخليجي نحو الطاقة المتجددة لتحقيق الطاقة المستدامة



جائزة يوسف بن أحمد كانو

Yusuf Bin Ahmed Kanoo Award

جائزة يوسف بن أحمد كانو  
ص. ب. 1170 - المنامة - مملكة البحرين

رقم الهاتف: 17226153

البريد الإلكتروني: [Kanoo.award@kanoo.com](mailto:Kanoo.award@kanoo.com)

الموقع الإلكتروني: [www.ybakanooaward.com](http://www.ybakanooaward.com)