محددات استخدام الطاقة الشمسية كأحد مصادر الطاقة المتجددة في مصر

Determinants of the use of solar energy as one of renewable energy sources in Egypt

دكتوره/ سهام عقل عبد الله على عاشور(*)

ملخص :

لقد تزايد الطلب على المصادر المتجددة للطاقة ، ويرجع ذلك إلى المزايا العديدة التي توفرها هذه المصادر وعلى رأسها الحد من إنبعاثات الغازات السامة والضارة بصحة الإنسان. وتلعب الطاقة الشمسية على وجه الخصوص ـ كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة ـ دوراً واعداً في كل من الدول النامية والمتقدمة على حد السواء. فهي من ناحية مصدر نظيف للطاقة وصديق للبيئة لأنه يمكن استخدامها في توليد الكهرباء دون أن يصاحب ذلك انبعاث للغازات الدفيئة أو الغازات السامة مثل ثاني أكسيد الكربون وأكسيد النيتروجين وغيرها، ومن ناحية أخرى فإنه من السهولة بمكان تركيب الخلايا الشمسية على أسطح المنازل وبالتالي يمكن أن تكون وسيلة لإنتاج كهرباء نظيفة في المناطق الريفية. وعلى الرغم من المزايا التي توفرها الطاقة الشمسية إلا أن استخدامها في توليد الكهرباء في مصر ـ مازال محدوداً للغاية ولا يتناسب على الإطلاق مع الإمكانات المتوفرة في مصر ـ من هذا المصدر من مصادر الطاقة المتجددة.

(*) مدرس الاقتصاد – كلية التجارة بنات بتفهنا الأشراف - جامعة الأزهر.

Abstract

The demand for renewable sources of energy is increasing due to the many advantages provided by these sources, mainly the reduction of toxic and harmful emissions of human health. Solar energy in particular - as a source of renewable energy - plays a promising role in both developing and developed countries. It is a clean source of energy and environmentally friendly because it can be used to generate electricity without accompanying emissions of greenhouse gases or toxic gases such as carbon dioxide, nitrogen oxides and others. On the other hand, it is easy to install solar cells on rooftops and thus can be a means to produce clean electricity in rural areas. Despite the advantages offered by solar energy, its use in generating electricity in Egypt is still very limited and is in no way commensurate with the potential available in Egypt from this source of renewable energy sources.

مقدمة:

أصبحت قضية استخدام الطاقة الجديدة والمتجددة وخاصة الطاقة الشمسية من القضايا البارزة على الساحة العالمية والإقليمية والمحلية باعتبارها أحد الخيارات الاستراتيجية لتلبية الاحتياجات المستقبلية من الطاقة، ذلك أن هذا النوع من الطاقة لا ينضب لأنها تتجدد باستمرار، كما أنها طاقة رخيصة إذا ما قورنت بالوقود الأحفوري، فضلاً عن كونها طاقة نظيفة وصديقة للبيئة حيث لا يترتب على استخدام هذا النوع من الطاقة تلوث للبيئة مما يجعلها تتمشى مع التوجه العالمي السائد للاهتمام بقضايا البيئة لتحقيق التنمية المستدامة. ولقد زاد الاهتمام بهذا النوع من مصادر الطاقة مع زيادة الطلب على الطاقة زيادة كبيرة في الوقت الذي تتجه فيه احتياطيات الطاقة نحو الانخفاض بسبب اعتماد مصر على الوقود الأحفورى وهو من المصادر الناضبة للطاقة، مما استدعى البحث عن مصادر أخرى للطاقة لا تتصف بالنضوب هذا من ناحية. ومن الناحية الأخرى يعتبر قصور مصادر الطاقة عن تلبية الاحتياجات في الحاضر والمستقبل من أهم القضايا التي تتصل اتصالاً مباشراً بالأمن القومي في جميع دول العالم.

وفى هذا الصدد تأتى أهمية الطاقة الشمسية من كونها طاقة هائلة يمكن استغلالها في أي مكان وتشكل مصدراً مجانياً للوقود لا ينضب، إلا أن جهود الاستفادة من الطاقة الشمسية في مصر يواجهها بعض التحديات ويكتنفه الكثير من الصعاب منها تأثير الأتربة وعدم وجود دعم حكومي كاف لبرامج الطاقة الشمسية وغيرها.

ومن هنا تأتى أهمية قيام الحكومة بتقديم الدعم المادي والمعنوي وتنشيط حركة البحث في مجالات الطاقة الشمسية لتزويد صانعي السياسات

بالأدوات اللازمة لتعظيم الاستفادة من الإمكانات المتوفرة من الطاقة الشمسية في مصر وإنشاء بنك معلومات للطاقة الشمسية والتبادل العلمي مع الدول العربية والأجنبية، ودراسة إمكانية إنشاء صندوق لدعم مشاريع الطاقة الشمسية وسن القوانين المحفزة للاستثمار في المجالات المتعلقة بالطاقة الشمسية.

مشكلة البحث:

تُعد مصر من الدول الغنية بالطاقة الشمسية حيث يتراوح متوسط الإشعاع الشمسي المباشر العمودي ما بين ٢٠٠٠-٣٢٠٠ ك.و.س/م٢/ السنة، ويتراوح معدل سطوع الشمس بين ٩-١١ ساعة/يوم، وهو ما يعنى توافر فرص الاستثمار في مجال تطبيقات الطاقة الشمسية المختلفة، ومع تزايد الطلب على الطاقة في الوقت الذي ينخفض فيه العرض من مصادر الطاقة التقليدية المتمثلة في الوقود الأحفوري كان من الضروري البحث عن مصادر أخرى للطاقة تتسم بالتجدد والتي منها الطاقة الشمسية وتعزيز استخدامها. وعلى الرغم مما تتمتع به مصر من إمكانات تتعلق بتوافر الطاقة الشمسية بها إلا أن استخدام الطاقة الشمسية في مصر اقتصر على استخدامها في تسخين المياه والهواء وحتى هذا الاستخدام للطاقة الشمسية ما زال محدوداً ويكاد يقتصر على استخدامها في تسخين المياه بالمنازل دون باقي الاستخدامات الأخرى.

وعليه تتمثل مشكلة البحث في التعرف على العوائق الرئيسية التي تقف حجراً عثراً وتحول دون أن تلعب الطاقة الشمسية ـ كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة والبديلة للوقود الأحفوري ـ دوراً رائداً في المستقبل. فعلى الرغم من أن تكلفة توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية انخفضت وبشكل

سريع في الوقت الحالي، ومن المتوقع أن تنخفض أكثر في المستقبل إلا أن تكلفة استخدام الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء ما زالت مرتفعة مقارنة باستخدام تقنيات الوقود الأحفوري المتوفرة.

الهدف من البحث:

يهدف هذا البحث إلى التعرف على مصادر الطاقة المتجددة بالتركيز على الطاقة الشمسية والتطبيقات المختلفة لتكنولوجيا الطاقة الشمسية عالمياً ومحلياً والعوامل المحددة لاستخدامها في المجالات المختلفة وعلى رأسها توليد الكهرباء والتي تعتبر بمثابة تحديات تحد من استخدامها والوصول إلى معدل الاستخدام المستهدف، أيضاً التعرف على المناطق التي تتوافر بها الطاقة الشمسية أكثر من غيرها والتي تعتبر مناسبة للتوسع في استخدام الطاقة الشمسية بها.

أهمية البحث:

في ظل تزايد الطلب على الطاقة في الوقت الذي ينخفض فيه العرض من مصادر الطاقة التقليدية بسبب محدودية الاحتياطيات المتوفرة من هذه المصادر تبرز أهمية البحث عن مصادر متجددة للطاقة ومنها الطاقة الشمسية، وعليه تنبع أهمية البحث من أهمية قضية الطاقة بوجه عام والطاقة المتجددة على وجه الخصوص كما تتجلى أهمية البحث من عدة جوانب منها:

- تعتبر الطاقات المتجددة والتي منها الطاقة الشمسية هي البديل للمصادر التقليدية التي تتسم بالنضوب، بل أنها ستصبح المصدر الوحيد لتمويل عملية التنمية الاقتصادية في حالة نفاذ المصادر التقليدية.

- يُعتبر هذا النوع من الطاقة طاقة نظيفة وغير ملوثة للبيئة مما يكسبها أهمية كبيرة في تحقيق التنمية المستدامة.

– إن استخدام الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء يعتبر عنصراً ضرورياً في أي استراتيجية تهدف وبشكل جدي إلى التخفيف من حدة التغيرات المناخية العالمية.

– إن توفير مصادر طاقة متجددة (غير متقطعة) كالطاقة الشمسية يعنى ضمان استدامة الطاقة وهو ما يحقق بالتالي أمن الطاقة والتي تعتبر مسألة حيوية نظراً لارتباطها بقضية التبعية في مجال الطاقة.

خطة البحث:

يشتمل البحث على العناصر التالية:

١ – ماهية الطاقة المتجددة ومصادرها.

١/١: مفهوم الطاقة المتجددة.

٢/١ : مصادر الطاقة المتجددة عالمياً.

٣/١ : مصادر الطاقة المتجددة المتاحة في مصر.

٢ : الوضع الحالي للطاقة الشمسية في مصر.

١/٢: إمكانات الطاقة الشمسية في مصر.(موارد الطاقة الشمسية المتاحة في مصر).

٢/٢: أهم التطبيقات لتكنولوجيا (استخدامات)الطاقة الشمسية في مصر.

٣/٢ : محددات استخدام الطاقة الشمسية في مصر.

٤/٢: الخطة التنفيذية للطاقة الشمسية في مصر (٢٠١٦/١٥-٢٠٢٦/٢٥).

وتفصيل ذلك على النحو التالي:

١- ماهية الطاقة المتجددة ومصادرها

تعتبر الطاقات المتجددة غير محدودة حيث إن المعروض منها يتجدد باستمرار. فعلى سبيل المثال نجد أن المعروض من الطاقة الشمسية يتجدد يومياً وكذا الرياح وغيرها ، ولكن هذه المصادر المتجددة تعتبر محدودة إذا نظرنا لها من ناحية أن توافرها يختلف من مكان لآخر ومن وقت لآخر. ونتناول في هذا الجزء المقصود بالطاقة المتجددة وأهم مصادرها على الصعيدين العالمي والمحلي.

١/١ مفهوم الطاقة المتجددة

الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد أو التي لا يمكن أن تنفذ، وتحتاج فقط إلى تحويلها من طاقة طبيعية إلى أخرى يسهل استخدامها بواسطة تقنيات العصر- وبالتالي فإن معدل إنتاج هذه الطاقات أكبر من استهلاكها. وتتميز هذه الطاقة عن تلك المستخرجة من الوقود الأحفوري (البترول والفحم والغاز الطبيعي) في أنه لا ينشأ عنها مخلفات ضارة بالبيئة مثل ثاني أكسيد الكربون أو الغازات الضارة التي تساعد على زيادة ظاهرة الاحتباس الحراري[١] وتشير التوقعات إلى أن الطاقة المتجددة ستلعب دوراً متزايداً في المستقبل، وهو ما يدفع جميع الدول إلى الاهتمام بالتطورات العلمية التي يتم تحقيقها في هذا المجال، والتي من شأنها دون شك أن تلعب دوراً رياديا في تحقيق التنمية المستدامة لاقتصادياتها[٢].

(١) نيفين كمال وآخرون، إطار لرؤية مستقبلية لاستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية رقم (٢٦١)، (القاهرة: معهد التخطيط القومي، أغسطس ٢٠١٥م) ص ١٤.

(٢) مداحي محمد «فعالية الاستثمارات في الطاقات المتجددة كاستراتيجية لما بعد المحروقات=>

ولقد قدم البعض مفهوماً للطاقات المتجددة يتفق مع تعريف كل من منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية ومعهد الأبحاث التطبيقية مضمونه أن الطاقات المتجددة هي مجموع الموارد التي يتم الحصول عليها من مصادر طاقة يتكرر وجودها في الطبيعة بشكل دوري تلقائي، أي أنها كما ذكرنا الطاقة المكتسبة من مصادر طبيعية متجددة باستمرار(١).

٢/١: مصادر الطاقة المتجددة عالمياً

على الرغم من أن المصادر المتجددة للطاقة تتسم بطبيعتها بأنها تتجدد باستمرار بمعنى أن المعروض منها غير قابل للنفاذ كما هو الحال في المصادر الناضبة للطاقة والمعروفة بالوقود الأحفوري ولكن لا ينبغي أن يتبادر للأذهان أنها مصادر غير محدودة حيث تعتبر هذه المصادر محدودة إذا نظرنا لها من ناحية أن توافرها يختلف من مكان لآخر ومن وقت لآخر.

فبعض مناطق العالم مناسبة إلى حد بعيد لإنتاج طاقة الرياح و/ أو الطاقة الشمسية وغيرها من مصادر الطاقة المتجددة بينما تكون مناطق أخرى أقل مناسبة لإنتاج بعض أو معظم هذه الطاقات. فعلى سبيل المثال تكون إمكانات إنتاج الطاقة الشمسية مرتفعة في مناطق مثل جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية، الشرق الأوسط، وشمال أفريقيا وبعض المناطق في استراليا. أما المناطق الغنية بطاقة الرياح فتشمل شمال أوروبا، الجزء الجنوبي لأمريكا الشمالية ، منطقة البحيرات العظمى بالولايات المتحدة وغيرها. وبالنسبة للطاقة الجوفية الحرارية فإنها متوفرة أكثر في أيسلندا والفلبين. فكل

=في تحقيق التنمية المستدامة – حالة الجزائر» مجلة الباحث الاقتصادي، العدد ٤ (الجزائر: جامعة ٢٠ أوت، ديسمبر ٢٠١٥م) ص ١١٢.

(١) المرجع السابق ، نفس الصفحة.

منطقة في العالم لديها بعض من المصادر المتجددة للطاقة التي تختلف من دولة لأخرى من حيث مدى توافرها وتكلفة استخدامها(١).

و يمكن بوجه عام حصر المصادر المتجددة للطاقة والمتاحة عالمياً في المصادر التالية:

١/٢/١: طاقة الرياح

استخدمت طاقة الرياح منذ آلاف السنيين في دفع المراكب على سطح الماء وفي طحن الحبوب والري وفي ضخ المياه إلى جانب بعض التطبيقات الميكانيكية الأخرى. تتولد الرياح نتيجة لامتصاص أسطح الأرض والبحار والمحيطات لأشعة الشمس بنسب متفاوتة. فعند سقوط أشعة الشمس على سطح ما يتأثر الغلاف الجوي ويسخن الهواء مما يؤدي إلى انخفاض كثافته، وهو عكس ما يحدث في المناطق التي ينخفض فيها مقدار الإشعاع الشمسي، وتبعا لذلك ينتقل الهواء من منطقة الضغط المرتفع، حيث يقل الإشعاع الشمسي، إلى منطقة الضغط المنخفض، حيث الإشعاع الشمسي الأكثر- وهو ما يؤدي إلى نشوء الرياح(٢).

تراجع الاعتماد على الرياح مع اختراع الآلة البخارية في نهاية القرن الثامن عشر. ثم عاد الاهتمام بها كأحد مصادر الطاقة النظيفة بعد ارتفاع أسعار النفط وظهور مشاكل بيئية ناتجة عن حرق الوقود الأحفوري، وقد وجد أن طاقة الرياح تمتلك إمكانية توليد قدرات كبيرة من الطاقة من دون

(1) David Timmons, Jonathan M. Harris, and Brian Roach , "The Economics of Renewable Energy" Global Development And Environment Institute, Tufts University, 2014 ,P. 5.

(٢) محمد مصطفى محمد الخياط ، الطاقة ، مصادرها- أنواعها - استخداماتها ، القاهرة ، يوليو ٢٠٠٦م، ص ص ٥٠-٥١.

التعرض لمشاكل التلوث التي تُحدثها المصادر التقليدية[١]، حيث وجد أن الطاقة التي يمكن الحصول عليها من الرياح تتناسب طردياً مع مكعب سرعة الرياح وهذا يعنى أن مضاعفة سرعة الرياح يترتب عليها زيادة الطاقة المستمدة من الرياح بـ ٨ مرات (٢×٢×٢=٢ ٣). ويعنى زيادة حجم الطاقة الممكن الحصول عليها انخفاض تكلفة الحصول على حجم معين من الطاقة[٢]. وعليه فإن الأماكن التي تتوافر بها الرياح وبسرعات عالية أفضل من تلك التي تقل فيها سرعة الرياح.

واليوم تستخدم طاقة الرياح في توليد الكهرباء، عن طريق تحويل طاقة الحركة الموجودة في الرياح إلي طاقة كهربية، وتُسمي الماكينات التي تعمل في توليد الكهرباء توربينات الرياح بخلاف تلك المستخدمة في طحن الحبوب والتي يطلق عليها طواحين الرياح. ولقد وصلت تكنولوجيا تصنيع توربينات الرياح في العشرين عاماً الأخيرة مستوي عالياً من النضج ظهر في جودة وكفاءة التوربينات إلى جانب انخفاض تكلفة الإنتاج[٣].

وتأتى الصين في مقدمة الدول من حيث إجمالي القدرات المركبة في هذا المجال حيث تحتل وحدها حوالي (٣٣,٦٪) من إجمالي القدرات المركبة تليها الولايات المتحدة (١٧,١٪)، ألمانيا (١٠,٤٪)، الهند (٥,٨٪) ، أسبانيا (٥,٣٪)، المملكة المتحدة (٣,١٤٪) ، كندا (٢,٦٪) ، فرنسا(٢,٤٪) ، إيطاليا(٢,١٪) ، البرازيل (٢,٧٪) من إجمالي القدرات المركبة بنهاية عام ٢٠١٥م[٤].

(١) المرجع السابق ، نفس الصفحة.

(2) David Timmons and etals., op. Cit, PP.5-6.

(٣) محمد مصطفى محمد الخياط ، مرجع سبق ذكره ، ص ص ٥٠-٥١.

(4) Renewables 2016 ,Global Status Report 2016, P.14

٢/٢/١ : الطاقة الجوفية الحرارية

تعتبر الأرض خزاناً ضخماً للحرارة التي يُعتقد بأن لها مصدرين: الأول هو أن الأرض كانت كتلة غازية ساخنة جدا ومع مرور الزمن بردت قشرتها وتصلبت نتيجة تماسها المباشر مع الفضاء الخارجي، أما الجزء الداخلي فمازالت حرارته عالية جدا. والاحتمال الثاني هو أن حرارة الأرض هي الحرارة الناتجة من تحلل المواد المشعة الموجودة بمقادير صغيرة نتيجة لتحلل عناصر مثل اليورانيوم وغيره من المواد المشعة الموجودة بنسب متفاوتة في هذه الصخور. ويرجع تاريخ وجود الطاقة الجوفية الحرارية إلى زمن نشأة الأرض، حتى أن اسمها مشتق من كلمة «Geo» وتعني أرض، أما «Thermal» فتعني حرارة، وبالتالي فإن الترجمة الحرفية لكلمة «Geothermal» هي حرارة الأرض، والطاقة الحرارية المختزنة في الطبقات الصخرية مصدرها التحلل الطبيعي للعناصر المشعة في القشرة الأرضية والحرارة الكامنة في الصخور المنصهرة.

ويمكن استخدام الطاقة الجوفية الحرارية بشكل مباشر وذلك باستخدامها في التسخين والتبريد كما يمكن استخدامها في توليد الكهرباء حيث يمكن استخدام الماء الساخن أو البخار الصادر من باطن الأرض في توليد الكهرباء، وتُعد الولايات المتحدة الأمريكية أحد أشهر الدول التي تستخدم الطاقة الجوفية الحرارية ، حيث تحتل المرتبة الأولى من حيث إجمالي القدرات المركبة في هذا المجال حيث تحتل وحدها (٢٧,٢٧٪) من إجمالي القدرات المركبة، ففي كاليفورنيا وحدها توجد أربعة عشر منطقة تعتمد في إنتاج الكهرباء علي الطاقة الحرارية من باطن الأرض، هذا إلي جانب وجود

مناطق أخري توجد بها ينابيع وفوارات ساخنة لم تستغل بعد[1]. وتأتى الفلبين في المرتبة الثانية (١٤,٣٩٪) ، تليها إندونيسيا (١٠,٦٪)، المكسيك (٨,٣٣٪)، نيوزلندا (٧,٥٨٪) ايطاليا (٦,٨٪)، أيسلندا (٥,٣٪) تركيا (٤,٦٪) كينيا (٤,٦٪) واليابان (٣,٨٪) من إجمالي القدرات المركبة بنهاية عام ٢٠١٥م[2].

٣/٢/١ : طاقة المحيطات

تشير طاقة المحيطات إلى الطاقة التي يمكن الحصول عليها من المحيطات باستخدام الأمواج (طاقة الأمواج) أو المد والجزر (طاقة المد والجز) أو فروق درجات الحرارة (الطاقة الحرارية للمحيطات). ولقد بلغ حجم الطاقة العالمية التي أمكن الحصول عليها من طاقة المحيطات حوالي ٥٣٠ ميجاوات تأتي معظمها من المد والجزر في نهاية عام ٢٠١٥. وبالنسبة للسوق التجارية لتكنولوجيا طاقة المحيطات فمازالت في مراحل مبكرة وتكاد تقتصر على تلك المستمدة من المد والجزر. وتوجد بعض المحطات الصغيرة التي تعتمد في إنتاج الكهرباء على طاقة المحيطات ولعل أكبر مشروعين للاستفادة من طاقة المحيطات هما: محطة لارنس La Rance tidal power station في فرنسا عام ١٩٦٦ بقدرة ٢٤٠ ميجاوات ومصنع سيهوا Sihwa في جمهورية كوريا بقدرة ٢٥٤ ميجاوات والذي تم الانتهاء منه في عام ٢٠١١ وكلاهما يعتمد على الطاقة المستمدة من المد والجزر. ولقد شهدت تكنولوجيا الاستفادة من طاقة المحيطات تطورات عدة اعتباراً من عام ٢٠١٥ حيث تم تبنى عدد من مشروعات الاستفادة من طاقة المحيطات في المملكة المتحدة

(١) محمد مصطفى محمد الخياط ، مرجع سبق ذكره ، ص ص ٦٤-٦٦.

(2) Renewables 2016 ,Global Status Report 2016, P.143.

وهولندا واسكتلندا وألمانيا وغيرها. ولقد شهدت هذه التكنولوجيا العديد من قصص النجاح لعل أهمها النجاح الملحوظ في التحول إلى الاستفادة من طاقة الأمواج بإنشاء مصنع ميوتريكيو Mutriku بأسبانيا وهو أول مصنع يستفيد بطاقة الأمواج في أوروبا، والذي استمر في العمل منذ إنشائه في عام ٢٠١١ حتى تمكن من توليد أكثر من ١ جيجاوات. ساعة من الكهرباء مع أوائل عام ٢٠١٦. وتوالت التطورات بعد ذلك في هذا المجال وفى أماكن متفرقة من العالم ، ففي شرق آسيا قامت اليابان بتأسيس عدة مواقع للاستفادة من طاقة المحيطات حيث قامت بإنشاء مشروعين في عام ٢٠١٥ ، أحدهما عبارة عن وحدة للاستفادة من طاقة المد والجزر Tidal stream unit في شيوجاما Shiogama بقدرة ٥ كيلووات والآخر للاستفادة من طاقة الأمواج wave energy project في كوجى Kuji بقدرة ٤٣ كيلووات، كما اتجهت الصين أيضاً نحو تبنى هذين النوعين من تكنولوجيا طاقة المحيطات حيث أقامت العديد من المشروعات بقدرة ١٠,٧ ، ومن بين مشروعات تنمية الاستفادة من طاقة المحيطات التي تبنتها الصين يأتي مشروع إيجل Sharp Eagle wave energy converter لتحويل طاقة الأمواج بقدرة ١٠٠ كيلووات والذي تبنته في عام ٢٠١٥م[1].

٤/٢/١ : الطاقة المائية (الكهرومائية) من السدود وانسياب الأنهار

تتجمع المياه في أعالي الجبال نتيجة للأمطار، ثم تنساب بعد ذلك إلى البحار والمحيطات وهو ما يجعل الجبال تعمل كمساقط للمياه وبالتالي نحصل منها على شغل، ومن المعروف أن الطاقة هي القدرة علي بذل شغل، وحيث

(1) Renewables 2016 ,Global Status Report 2016, PP 57-59.

إن المياه المتساقطة أو المنحدرة من مكان مرتفع تحتوي علي طاقة حركة فإننا يمكن أن نحولها إلى كهرباء. والطاقة المائية من أرخص وأنظف المصادر لتوليد الطاقة الكهربية، لذا فهي تستخدم حاليا في العديد من بلدان العالم التي يتوافر فيها مصادر لهذه الطاقة، ويبلغ مشاركة الطاقة المائية ٢٠٪ من الإنتاج العالمي الكلي من الطاقة الكهربية، وشهدت تكنولوجيا توليد الكهرباء تطوراً كبيراً تدرج من استخدام معدات بسيطة بدائية إلى استخدام توربينات ومولدات تصل سرعة دورانها إلى ١٥٠٠ دورة في الدقيقة وينتج عنها طاقة كهربية بكفاءة تصل إلى ٩٠٪[١]. وتأتي الصين في مقدمة الدول من حيث إجمالي القدرات المركبة في هذا المجال حيث تحتل وحدها ٢٧,٩٪ من إجمالي القدرات المركبة تليها البرازيل (٨,٦٪) الولايات المتحدة (٧,٥٪)، كندا (٧,٤٪)، روسيا (٤,٥٪)، الهند (٤,٤٪) النرويج (٢,٧٪) حيث تصل مساهمة هذه الدول مجتمعة ٦٣٪ من إجمالي القدرات المركبة بنهاية عام ٢٠١٥م[٢].

ويمتاز استخدام الطاقة المائية بعدم انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، إلا أن إنشاء المحطات المائية يسهم في تغيير أنماط المعيشة بالمناطق التي تقام بها، حيث يتسبب إنشاء السدود والخزانات في تهجير السكان من مناطق إقامتهم التي اعتادوها إلى مناطق أخري، أيضا تتغير طبيعة العمل بتلك المناطق من مناطق تعتمد علي الزراعة إلى مناطق تعتمد على الصيد، بالإضافة إلى أن خزن المياه في خزانات ضخمة يؤدي إلى رفع نسبة التبخر في تلك

(١) محمد مصطفى محمد الخياط ، مرجع سبق ذكره ، ص ص ٥٦-٥٨.

(2) Renewables 2016 ,Global Status Report 2016, P 148.

المناطق مما يؤدي لارتفاع درجة الحرارة والرطوبة وبالتالي تغير طبيعة المناخ(١).

٥/٢/١: طاقة الكتلة الحيوية

يطلق على أي وقود مستمد من المخلفات النباتية في الماضي بالوقود الحيوي، وهو يشمل الخشب، الحبوب، بقايا الحبوب ومخلفات الحيوانات.. إلخ. وتعتبر طاقة الكتلة الحيوية المصدر الرئيسي للحصول على الطاقة منذ اكتشاف النار. وما زالت طاقة الكتلة الحيوية تمثل حوالي ١٠٪ من عرض الطاقة الأولية على مستوى العالم. وهى أكبر مصدر للطاقة المتجددة في العالم حيث لازال معظم سكان العالم يستخدم الخشب، الفحم، القش أو روث الحيوانات كوقود للطهي(٢).

وتُعرف طاقة الكتلة الحيوية بتكنولوجيا إنتاج البيوجاز، وتقوم هذه التكنولوجيا على التخمر اللاهوائي للمخلفات الصلبة والسائلة والتي تضم مخلفات الصرف الصحي والمخلفات الزراعية النباتية والحيوانية والقمامة، ويتولد عن عملية التخمر إنتاج غاز البيوجاز والذي يمكن استخدامه بأمان كوقود في أغراض طهي الطعام، الإنارة ، وتشغيل الأجهزة المنزلية والمزرعية، كما يتولد عنها أيضاً سماد عضوي جديد غنى في محتواه من المادة العضوية والعناصر السمادية الكبرى والصغرى بالكميات الملائمة للنبات، فضلاً عن احتوائه على الهرمونات النباتية والفيتامينات ومنظمات النمو، وخلوه من المكونات المرضية والتجمعات والبويضات وبذور الحشائش (حيث تهلك

(١) محمد مصطفى محمد الخياط ، مرجع سبق ذكره ، ص ٥٩.
(2) David Timmons, Jonathan M. Harris, and Brian Roach., op. Cit., PP.5-6.

أثناء عملية التخمر) مما يجعل منه سماداً نظيفاً غير ملوث للبيئة[1]. وتستخدم الكتلة الحيوية أيضاً في توليد الكهرباء وتعتبر الولايات المتحدة الأمريكية أكبر منتج للكهرباء من مصادر الكتلة الحيوية (٦٩ تيراوات.ساعة) تليها ألمانيا (٥٠ تيراوات. ساعة) فالصين (٤٨ تيراوات.ساعة) والبرازيل (٤٠ تيراوات.ساعة) واليابان (٣٦ تيراوات.ساعة) ثم المملكة المتحدة والصين[2].

٦/٢/١ : الطاقة الشمسية

تُعرف الشمس على أنها كرة هائلة من الغازات الساخنة، وبنسب الوزن نجد أن الهيدروجين يمثل ٧٠٪ والهليوم ٢٥٪ والكربون والنيتروجين والأكسجين ١,٥٪ لكل منهم، وتمثل باقي العناصر ٠,٥٪. تصل درجة حرارة الشمس إلى ٥٠٠٠ درجة مئوية على السطح وحوالي ١٥,٠٠٠درجة مئوية في اللُب (المركز). ومتوسط المسافة بينها وبين الأرض ١٥٠ مليون كيلومتر يقطعها ضوء الشمس في ثماني دقائق ونصف، أما قطرها فيبلغ ١,٤ مليون كيلومتر أي أنها أكبر من كوكب الأرض ١٠٩ مرة، وهو ما يعني أن الشمس تتسع لحوالي مليون كوكب في حجم الأرض ، فالعرض اليومي من الطاقة الشمسية يعتبر كافياً من الناحية النظرية لمواجهة جميع احتياجات الإنسان من الطاقة لسنة كاملة. والشمس هي أقرب النجوم إلينا وبدونها لا تستمر الحياة على كوكب الأرض، فنحن نستخدم الطاقة الصادرة من الشمس في العديد من الاستخدامات اليومية. فالنباتات تستخدم ضوء الشمس لتنمو، والحيوانات تأكل النباتات لتستفيد من الطاقة الكامنة بها وتحولها إلي طاقة

(١) محمد مصطفى محمد الخياط ، مرجع سبق ذكره ، ص ٤٠.

(2) Renewables 2016 ,Global Status Report 2016, P.46.

تستفيد منها، كما أن النباتات والحيوانات التي ماتت ودفنت منذ ملايين السنيين تحولت إلي فحم وبترول وغاز طبيعي، ونحن نستخدمها اليوم في تسيير المركبات والآلات، إذا فالوقود الأحفوري هو في حقيقته ضوء شمس أُختزن لملايين السنيين(١).

ويمكننا القول أن الشمس هي المصدر الرئيسي للأنواع الأخرى للطاقة التي نستخدمها في الوقت الراهن، فمعظم الطاقات المتجددة تأتى من طاقة الشمس. فيمكن استخدام الطاقة الشمسية مباشرة في توليد الحرارة أو الكهرباء. كما أن الطاقة المائية التي تأتى من تساقط المياه تحدث نتيجة قيام الطاقة الشمسية بتبخير المياه عند الارتفاعات المنخفضة والتي تسقط بعد ذلك في صورة أمطار عند ارتفاعات عالية . كما أن الشمس هي التي تخلق طاقة الرياح أيضاً من خلال التسخين التفاضلي لسطح الأرض. وطاقة الكتلة الحيوية التي تأتى من المخلفات النباتية والتي تكونت بفعل عملية البناء الضوئي والتي تعتمد على طاقة الشمس بصفة أساسية. هذا يعنى أن طاقة الكتلة الحيوية، طاقة الرياح، الطاقة المائية ليست إلا مصادر ثانوية للطاقة الشمسية. أما مصادر الطاقة المتجددة غير الشمسية فتشمل الطاقة الجوفية الحرارية والتي تأتى من لب الأرض (باطن الأرض)، وفى بعض المجموعات من الطاقة المتبقية والمتجددة والتي تأتى من انشطار العناصر النووية(٢).

وتأتى الصين في مقدمة الدول من حيث إجمالي القدرات المركبة في مجال تكنولوجيا استخدام الخلايا الفوتوفولطية Photovoitalcs (PV) حيث تحتل وحدها (١٩,٢٪) من إجمالي القدرات المركبة تليها ألمانيا(١٧,٤٩٪)، اليابان

(١) محمد مصطفى محمد الخياط ، مرجع سبق ذكره ، ص ٤١.
(2) David Timmons, Jonathan M. Harris, and Brian Roach., op. cit., PP.5-6.

(١٥,١٥٪)، الولايات المتحدة (١١,٢٨٪)، ايطاليا (٨,٣٣٪)، المملكة المتحدة (٤٪)، فرنسا (٢,٩١٪)، أسبانيا (٢,٣٨٪)، الهند (٢,٢٩٪)، واستراليا (٢,٢٥٪) من إجمالي القدرات المركبة على مستوى العالم بنهاية عام ٢٠١٥، بينما تأتى أسبانيا في مقدمة أعلى عشر دول من حيث إجمالي القدرات المركبة في مجال تكنولوجيا الإشعاع الشمسي. المركز Concentrating Solar Thermal Power(CSP) حيث تحتل وحدها (٤٨,٣٧٪) من إجمالي القدرات المركبة تليها الولايات المتحدة (٣٦,٥٥٪) الهند (٤,٧٣٪)، المغرب (٣,٨٪)، جنوب أفريقيا (٣,١٥٪)، الإمارات العربية المتحدة (٢,١٪) الجزائر (٠,٥٣٪) مصر (٠,٤٢٪)، استراليا (٠,٢٥٪)، تايلاند (٠,١١٪) من إجمالي القدرات المركبة على مستوى العالم بنهاية عام ٢٠١٥م[1].

٣/١: مصادر الطاقة المتجددة المتاحة في مصر :

تشمل مصادر الطاقة المتجددة التي أمكن استغلالها في مصر- وإن كان هذا الاستغلال لا يتناسب مطلقاً مع الإمكانات المتوافرة- الطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية وطاقة الكتلة الحيوية أما المصادر الأخرى للطاقة المتجددة السابق الحديث عنها فلا يوجد ما يشير إلى استغلالها على نطاق تجارى في مصر. مثل الطاقة الجوفية الحرارية وطاقة المحيطات فبالنسبة للطاقة الجوفية الحرارية فعلى الرغم من توافرها في مصر- في أماكن متفرقة تتركز حول خليج السويس في ثلاث مناطق (العين السخنة، حمام موسى، حمام فرعون) والعيون الارتوازية بواحات الصحراء الغربية والواحات الخارجة والمنطقة المحيطة بوادي غدير وغيرها إلا أن هذه المناطق تستغل للسياحة والاستشفاء فقط ولا توجد مشاريع خاصة باستغلالها على نطاق

(1) Renewables 2016, Global Status Report 2016, PP.144-146.

تجارى، أما عن طاقة المحيطات فنجد أنه من الصعب الاستفادة منها بأنواعها المختلفة، حيث يصعب استغلال طاقة المد والجزر لانخفاضها على الشواطئ عن الحد اللازم لاستغلاله، كذلك الحال بالنسبة لطاقة الأمواج حيث نجد أن ارتفاع أمواج البحر المتوسط عند الشاطئ تقل عن الحد الأدنى اللازم لإمكان توليد الكهرباء من الأمواج وقدره ثلاثة أمتار، وعلى الرغم من أن ارتفاع الموج في البحر الأحمر يصل إلى الحد الأدنى بل ويزيد عنه إلا أن هناك العديد من المصاعب التي تحول دون استخدامها ومنها اختلاف قوة الرياح وسرعتها من وقت لآخر مما يجعله مصدر غير مستقر ومتقطع للطاقة، بالإضافة إلى صعوبة تخزين هذه الطاقة والحاجة إلى تكنولوجيات عالية واستثمارات باهظة لا تتوافر حالياً ، كذلك يصعب الاستفادة من الطاقة الناتجة عن فروق درجة الحرارة لأن التكوين الجغرافي للبحار المصرية ليس عميقاً بدرجة كافية لينتج عنها اختلاف في درجات الحرارة بين السطح والأعماق[1]. ونتناول فيما يلي بشيء من الإيجاز أهم المصادر المتجددة الأخرى للطاقة في مصر .

١/٣/١ : الطاقة الكهرومائية

بدأ عصر إنتاج الطاقة الكهربية في مصر من المصادر المائية في عام ١٩٦٠ بعد توليد الكهرباء من خزان أسوان الذي تم إنشائه للتحكم في مياه الري، وفي عام ١٩٦٧ بدأ تشغيل محطة توليد السد العالي (المحطة الأولى) التي تتكون من ١٢ توربينة قدرة الواحدة ٧٥ ميجاوات ليصل إجمالي القدرة إلى ٢١٠٠ ميجاوات، وفي عام ١٩٨٥ تم تنفيذ محطة كهرباء خزان أسوان

(١) راجية عابدين خير الله وآخرون، «سياسات إدارة الطاقة في مصر في ظل المتغيرات المحلية والإقليمية والعالمية»، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية رقم (٢٠٢) (القاهرة: معهد التخطيط القومي، أغسطس ٢٠٠٧) ص ص ١٦٨-١٧١.

(الثانية) بقدرة ٥٥٠ ميجاوات وتلاها في عام ١٩٩٣ تم إنشاء محطة «إسنا» المائية بقدرة ٩٠ ميجاوات. وقد بلغ إجمالي الكهرباء المنتجة من المحطات المائية ١٣٠١٩ جيجاوات ساعة في عام ٢٠٠٤، كما تصل نسبة مشاركة القدرات المركبة من الطاقة المائية ١٥٪ من إجمالي القدرات المركبة، وتتميز الطاقة المنتجة من المحطات المائية بعدم انبعاث ملوثات نتيجة تشغيل المحطات إلى جانب التكلفة المنخفضة للكهرباء المنتجة(١).

كما ينتظر إنشاء محطات كهرومائية صغيرة على الرياحات والترع الرئيسية وقناطر زفتى وعلى فرع دمياط للاستفادة من فرق المنسوب وتصرفات المياه أمام الخزانات والسدود الموجودة على طول مجرى نهر النيل، كما أن هناك بعض المواقع يمكن استغلالها عن طريق بناء محطات ضخ وتخزين المياه لتوليد الطاقة الكهربائية في أوقات ذروة الأحمال الكهربية إلا أنه يشترط في هذه المواقع أن توافر مصدر مائي لخزان سفلى بالقرب من مرتفع جبلي حتى يتسنى إنشاء خزان علوي عليه لاستغلال سقوط المياه عليه لتوليد الكهرباء في أوقات ذروة الأحمال الكهربية، ويتوافر ذلك في مواقع سلسلة جبال عتاقة والجلالة البحرية على خليج السويس وجبال نجع حمادي على نهر النيل(٢).

٢/٣/١: طاقة الرياح:

يشير أطلس الرياح – الذي تم إصداره في ديسمبر ٢٠٠٥ بالتعاون مع معامل ريزو الدنماركية وهيئة الأرصاد الجوية ـ إلى أن مصر تتمتع بسرعات

(١) محمد مصطفى محمد الخياط ، مرجع سبق ذكره ، ص ٥٩.
(٢) راجية عابدين خير الله وآخرون، مرجع سبق ذكره، ص ص٢٧-٢٨.

رياح عالية في مناطق كثيرة مما يجعلها من أكثر دول العالم وفرة في مصادر الطاقة من الرياح[١].

تتوافر طاقة الرياح بسرعات قابلة للاستخدام الاقتصادي في مصر في ثلاث مناطق هي مناطق البحر الأحمر (وعلى وجه الخصوص خليج السويس ورأس غارب والزعفرانة وأبو دراج) والساحل الشمالي ومنطقة شرق العوينات بالصحراء الغربية[٢].

حيث تتراوح سرعة الرياح مابين عالية جداً تصل سرعتها في المتوسط من ٧-١٠ م/ث (وذلك كما في معظم مناطق البحر الأحمر)، وعالية تتراوح سرعتها ما بين ٧-٨ م/ث (وذلك كما في مناطق الصحراء الشرقية والغربية) وتقل سرعة الرياح نسبياً عن ذلك في باقي المناطق التي تتوافر فيها[٣].

وتستخدم طاقة الرياح حالياً في مصر كمصدر للطاقة الكهربائية، ولكن بقدرات محدودة جداً وبالتكامل مع الوقود الأحفوري، وتهدف الاستراتيجية المصرية للطاقة الكهربائية - التي أقرها المجلس الأعلى للطاقة في فبراير ٢٠٠٨ - إلى رفع مساهمة المصادر المتجددة للطاقة لتصل إلى حوالي ٢٠٪ من إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة بحلول عام ٢٠٢٠، والتي تساهم فيها طاقة الرياح بنسبة ١٢٪[٤].

٣/٣/١: طاقة الكتلة الحيوية :

تعتبر المخلفات العضوية الصلبة والسائلة النباتية والحيوانية والداجنة

(١) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة ، التقرير السنوي، أبريل ٢٠١٥، ص ١٧.
(٢) راجية عابدين خير الله وآخرون، مرجع سبق ذكره، ص ٣٠.
(٣) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة ، التقرير السنوي، ٢٠١١ /٢٠١٢، ص١١.
(٤) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة ، التقرير السنوي، أبريل ٢٠١٥، ص ص ١١-١٢.

والآدمية والصناعية الغذائية ومخلفات الصرف الصحي وورد النيل مصدراً للكتلة الحيوية في مصر. ويمكن الاستفادة من هذه المخلفات إما لإنتاج مواد سمادية مخصبة للتربة أو كمصدر متجدد للطاقة يمكن الاستفادة منه في تطبيقات عديدة تساهم في تحقيق استدامة الطاقة وبالتالي التنمية المستدامة(١).

وعلى الرغم من أن هذه التكنولوجيا معروفة في مصر منذ عقود طويلة مضت إلا أن تنفيذها بقى عند نطاق ضيق حيث انحصر في بعض المراكز البحثية والجامعات، ولقد بدأ في الوقت الحالي الاهتمام بإعداد برامج ومشروعات تهدف إلى ترويج ونشر هذه التكنولوجيا في المناطق الريفية، ومن أمثلة هذه المشروعات مشروع الطاقة الحيوية للتنمية الريفية المستدامة الذي تنفذه وزارة البيئة بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، ومرفق البيئة العالمية، وبالتنسيق مع الوزارات المعنية (البترول والطاقة والتعاون الدولي والتنمية المحلية ....)(٢).

١/٣/٤: الطاقة الشمسية:

رأينا أن الاستراتيجية المصرية للطاقة الكهربائية ـ التي أقرها المجلس الأعلى للطاقة في فبراير ٢٠٠٨ ـ تهدف إلى رفع مساهمة المصادر المتجددة للطاقة لتصل إلى حوالي ٢٠٪ من إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة بحلول عام ٢٠٢٠ ، والتي تساهم فيها طاقة الرياح بحوالي ١٢٪، في حين تساهم المصادر الأخرى للطاقة المتجددة ومنها الطاقة الشمسية بحوالي ٨٪.

وتمتاز مصر بتوافر إمكانات هائلة من الطاقة الشمسية يمكن الاستفادة

(١) نيفين كمال وآخرون ، مرجع سبق ذكره ، ص ١١٠.
(٢) محمد مصطفى محمد الخياط ، مرجع سبق ذكره ، ص ٤٠.

منهـا للوصـول إلى المعـدل المسـتهدف لمسـاهمة الطاقـة الشمسـية حسـب الاستراتيجية المصرية للطاقة الكهربائية.

٢-الوضع الحالي للطاقة الشمسية في مصر

يستعرض هـذا الجـزء مـوارد الطاقـة الشمسـية المتاحـة لمصر- وأمـاكن وجودهـا وهيكـل توليـد الكهربـاء مـن المصـادر المختلفـة والتـي منهـا الطاقـة الشمسية وكذلك أهم استخدامات الطاقة الشمسية في مصر والتحديات التي تحول دون استغلالها الاستغلال الأمثل الذي يتناسب مع الإمكانات المتوفرة منها.

١/٢: إمكانات الطاقة الشمسية في مصر- (موارد الطاقة الشمسية المتاحة في مصر)

تُعتبر مصر- إحدى دول منطقة الحزام الشمسي- الأكثر مناسبة لتطبيقات الطاقة الشمسية، ولقد تم إصدار أطلس شمس مصر مشتملاً على قراءات تم حصر-ها على مدى سنوات لجميع مناطق الجمهورية، ومتضمناً أيضاً عام نمطي يتم فيه تمثيل البيانات المتوقعة لكل أيام العام مثل الإشعاع الشمسي- وساعات سطوع الشمس[١].

تُظهر نتائج الأطلس تراوح متوسط الإشعاع الشمسي- المباشر العمودي ما بين ٢٠٠٠-٣٢٠٠ ك.و.س/م٢/ السنة، وتراوح معدل سطوع الشمس بين ٩-١١ ساعة/يوم، وهو ما يعنى توافر فرص الاستثمار في مجال تطبيقات الطاقة الشمسية المختلفة. ولقد أوضحت الأبحاث التي أجريت عن سطوع الشمس زيادة عدد ساعات سطوع الشمس في مصر- بالاتجاه من الشمال إلى

(١) وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة ، هيئة تنمية الطاقة الجديدة والمتجددة ، ص ص ٣١-٣٢.

الجنوب أي أن عدد ساعات سطوع الشمس يتزايد بتناقص درجة خط العرض في مصر- بسبب العوامل المناخية، وتصل هذه الزيادة لأقصاها في الصيف حيث يبلغ معدل سطوع الشمس ١٢ ساعة/اليوم. أما عن كمية الإشعاع الشمسي- فتبلغ أقصاها في شهري يونيو ويوليو حيث تتراوح بين ٧,٥-٨,٤ ك.و./م٢/يوم وفى جميع الأرجاء، كما تصل كمية الإشعاع لأدناها ٢,٧-٤,٣ ك.و.س/م٢/يوم. وعلى الرغم من وجود تباين في عدد ساعات سطوع الشمس حسب خط العرض وفصول السنة إلا أن المتوسط الشهري لعدد ساعات السطوع الشمسي- يسمح باستغلال الطاقة الشمسية في كل أرجاء الدولة بأمان لاسيما في مصر. الوسطى والعليا بما يوفر في حدود ٢٤٠٠ -٢٩٠٠ ك.و.س/م٢ سنوياً يمكن تحويلها إلى طاقة كهربائية أو حرارية حسب التطبيق المستخدم[١].

ويوضح الجدول رقم (١) الطاقة الشمسية المتوفرة في المناطق المختلفة في مصر ومجالات استخدامها.

(١) الجهاز المركزى للتعبئة العامة والإحصاء ، دراسة مستقبل الطاقة الشمسية فى مصر ، مارس ٢٠١٥ ، ص ٩.

جدول رقم (١)

التوزيع الجغرافي للطاقة الشمسية المتوفرة في مصر ومجالات استخدامها

المنطقة	مجالات الاستخدام
الساحل الشمالي	الإنارة ـ التسخين ـ ضخ المياه للري ـ تحليه مياه البحر
الدلتا	التسخين في القطاع المنزلي والتجاري والصناعي
ساحل البحر الأحمر	تحليه المياه، الإنارة، المواصلات السلكية واللاسلكية، توليد الكهرباء في المناطق النائية مثل القصير ومرسى علم
منطقة شرق العوينات بالصحراء الغربية	استخدام الخلايا الشمسية في توليد الكهرباء والإنارة
منطقة الواحات بالصحراء الغربية	استخدام الخلايا الشمسية في توليد الكهرباء والتبريد والمواصلات السلكية واللاسلكية
شمال وجنوب الصعيد	توليد الكهرباء، تجفيف المحاصيل والتسخين والطهي

المصدر: الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، دراسة مستقبل الطاقة الشمسية في مصر، مارس ٢٠١٥، ص ٨ وكما يتضح من الجدول فإن الطاقة الشمسية تتوافر في جميع أنحاء الجمهورية وبدرجات متفاوتة ، لذلك تتفاوت مجالات استخدامها من منطقة لأخرى باختلاف معدل السطوع وكمية الإشعاع الشمسي الذي يمكن الحصول عليه.

ويمكننا التعرف على الوضع الحالي لاستخدام الطاقة الشمسية في مصر. من خلال التعرف على مساهمة الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء حيث يوضح الجدول رقم (٢) هيكل مصادر توليد الطاقة في مصر ـ في عام ٢٠١٦/١٥ مقارنة بعام ٢٠١٥/١٤.

جدول رقم (٢)

حجم الطاقة المولدة والمستهلكة في مصر خلال عامي ٢٠١٤/١٥، ٢٠١٥/١٦

الطاقة المولدة	٢٠١٤/٢٠١٥		٢٠١٥/٢٠١٦		معدل التغير (٪)
	القيمة (مليار ك.و.س)	النسبة (٪)	القيمة (مليار ك.و.س)	النسبة (٪)	
طاقة حرارية	١٥٨.٣	٩١.٢٤	١٧٠.٠	٩١.٥٩	٧.٤
طاقة مائية	١٣.٨	٧.٩٥	١٣.٥	٧.٢٧	-٢.٢
طاقة الرياح	١.٤	٠.٨١	٢.٠	١.٠٧	٤٢.٩
الطاقة الشمسية	-	٠	٠.١٣	٠.٠٧	١٠٠
إجمالي الطاقة المولدة	١٧٣.٥	١٠٠	١٨٥.٦	١٠٠	٧.٠
إجمالي الطاقة المستهلكة	١٤٦.٧	١٠٠	١٥٥.٥	١٠٠	٦

المصدر : وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة

وباستقراء بيانات الجدول يتضح الآتي:

١- ارتفع إجمالي الطاقة المولدة من المصادر المختلفة من ١٧٣,٥ مليار ك.و.س في عام ٢٠١٤/١٥ إلى ١٨٥,٦ مليار ك. و.س في عام ٢٠١٥/١٦ وبنسبة زيادة قدرها ٦,٩٧٪ .

٢- تستحوذ المصادر الحرارية على النصيب الأكبر في هيكل توليد الطاقة الكهربائية خلال العامين المشار إليهما حيث تصدرت جميع المصادر الأخرى المولدة للطاقة حيث بلغت مساهمتها في توليد الطاقة حوالي ٩١,٢٤٪ من إجمالي الطاقة المتولدة في عام ٢٠١٤/١٥ ، وارتفعت مساهمتها في توليد الطاقة إلى ٩١,٥٩٪ من إجمالي الطاقة المولدة في عام ٢٠١٥/١٦ تليها المصادر المائية في المركز الثاني بنسبة ٧,٢٧٪ في عام ٢٠١٥/١٦ مقارنة

بـ ٧,٩٥٪ عام ٢٠١٥/١٤ وبنسبة انخفاض قدرها ٨,٥٥٪ ثم طاقة الرياح في المركز الثالث، وأخيراً تأتى الطاقة الشمسية في المركز الأخير حيث بلغت مساهمتها ٠,١٣٪ في عام ٢٠١٦/١٥ بينما انعدمت مساهمتها في توليد الطاقة في عام ٢٠١٥/١٤ ، وهذا يعنى محدودية بل وتدنى مستوى الاستفادة من الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء .

٣- على الرغم من أن الطاقة المولدة تغطى الطاقة المستهلكة حيث يزيد معدل نمو توليد الطاقة عن معدل نمو استهلاك الطاقة، ولكن الفارق بينهما لم يكن كبيراً، كما أنه في تراجع مستمر، وهذا يعنى أنه لو استمر هذا الوضع قد لا تتمكن الطاقة المولدة من تغطية الطاقة المطلوبة لأغراض الاستهلاك المختلفة وهذا ما حدث فعلاً حيث تراجعت نسبة تغطية الطاقة المولدة للطاقة المطلوبة لأغراض الاستهلاك المختلفة بسبب ارتفاع معدل النمو الاقتصادي المستهدف وزيادة عدد السكان وبالتالي زيادة الطلب على الطاقة في الوقت الذي يتراجع فيه عرض الطاقة بسبب الاعتماد على الوقود الأحفوري والذي يرتبط المعروض منه بالاحتياطي الموجود منه والذي يتناقص مع ارتفاع معدلات الاستهلاك، هذا فضلاً عن اتجاه الدولة نحو التخلي عن سياسة دعم الطاقة وما تبعه من ارتفاع أسعار الطاقة، وهذا يهدد أمن الطاقة ويستدعى تنمية مصادر الطاقة المتجددة المتاحة والتي منها الطاقة الشمسية .

٢/٢: أهم التطبيقات لتكنولوجيا (استخدامات) الطاقة الشمسية في مصر:

تعتبر الطاقة الشمسية أحد أهم مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر، وقبل استعراض التطبيقات المختلفة لتكنولوجيا الطاقة الشمسية في مصر نستعرض أولاً أهم المجالات التطبيقية لتكنولوجيا الطاقة الشمسية

عالمياً حتى نتعرف على موقف مصر من هذه التطبيقات وتتمثل أهم المجالات التطبيقية لتكنولوجيا الطاقة الشمسية عالمياً فيما يلي:

- **استخدام الطاقة الشمسية في تحليه المياه:**

يمكن استخدام تكنولوجيا الطاقة الشمسية لإنتاج المياه العذبة من المياه المالحة بصفة عامة أو من مياه البحر حيث تستخدم الطاقة الشمسية لتحليه المياه بطريقتين، الطريقة الأولي تعتمد علي الاستخدام المباشر للطاقة الشمسية والطريق الثانية من خلال الاستخدام غير المباشر، وفى حالة الاستخدام المباشر يكون جهاز تجميع الطاقة الشمسية هو نفسه جهاز التحليه وذلك من خلال المقطرات الشمسية بأنواعها المختلفة ، أما الاستخدام غير المباشر للطاقة الشمسية فيعنى تجميع الطاقة الشمسية وتحويلها إما إلى الصورة الحرارية (باستخدام المسخنات والمركزات الشمسية) ثم استخدام هذه الطاقة الحرارية لتشغيل وحدات التحليه الحرارية الاعتيادية أو تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية (باستخدام الخلايا الشمسية) واستخدام الطاقة الكهربائية في إدارة وحدات التحلية[1].

- **استخدام الطاقة الشمسية في الزراعة**

تعتبر الطاقة أحد المتطلبات الرئيسية للزراعة وتنمية المناطق الريفية، كما أن النباتات تستخدم ضوء الشمس وثاني أكسيد الكربون والماء لتحولها إلى طاقة تنمو بها، ويمكن لمصادر الطاقة المتجددة أن تحل بعض مشاكل المناطق الريفية مثل تحويل المخلفات الزراعية إلي غاز حيوي، إلي جانب استخدام

(١) مركز الدراسات والبحوث ـ غرفة الشرقية، اقتصاديات الطاقة الشمسية في المملكة العربية السعودية، أبريل ٢٠١٠، ص ٤.

الطاقة الشمسية في ضخ المياه، والصوب الزراعية وتجفيف المحاصيل وكذلك في طهي الأطعمة.

- **استخدام الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء**

حيث تستغل الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء من خلال أي من النظاميين التاليين[1]:

أ- النظم الشمسية الحرارية :

تعمل هذه التكنولوجيا على توليد بخار ماء لتشغيل التوربينات البخارية التقليدية لتوليد الكهرباء، حيث تستخدم الطاقة الحرارية للشمس في تسخين المياه والارتفاع بدرجة حرارتها إلى المستويات المنتجة للبخار والذي يستخدم بدوره في إدارة التوربينات المولدة للكهرباء، وذلك على نهج مماثل لإنتاج الكهرباء بالمحطات التقليدية للطاقة، ويقوم هذا النظام على استخدام مجموعة كبيرة من المرايا العاكسة لأشعة الشمس في اتجاه وحدة استقبال خاصة ترفع حرارتها إلى درجة عالية تنقل إلى مولد البخار ومن ثم تشغيل التوربينات. ويستخدم هذا النظام في المشروعات الكبيرة وإن ظل استخدامه حتى الآن على نطاق ضيق بسبب ارتفاع التكلفة بما يصل لثلاثة أضعاف تكلفة توليد الكهرباء باستخدام الفحم. وتتضمن تكنولوجيا التسخين الشمسي عدة أنواع منها[2]:

(١) عبد القادر محمد دياب ، الطاقة المتجددة بين نتائج وابتكارات البحث العلمي والتطبيق الميداني في الريف المصري، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية رقم (٢٦٤)، (القاهرة: معهد التخطيط القومي، أبريل ٢٠١٦) ص ٢٤.

(٢) راجية عابدين خير الله وآخرون، مرجع سبق ذكره، ص ص ١٤٥-١٤٦.

١- تكنولوجيا التسخين الشمسي لدرجات الحرارة المنخفضة حتى ٨٠ درجة مئوية :

ويستخدم هذا النوع في تسخين المياه للأغراض المنزلية والتجارية العامة. كما يمكن تسخين الهواء بواسطة هذا النوع واستخدامه في تجفيف الحاصلات الزراعية والتدفئة كما يشمل أيضاً تكنولوجيات الزراعية المحمية والعمارة والبرك الشمسية، بالإضافة إلى المقطرات الشمسية لتحليه المياه. وتجدر الإشارة إلى أنه في بعض الأحيان قد يضاف لسخانات المياه الشمسية سخان كهربائي مساعد يركب داخل الخزان الشمسي لمواجهة الطوارئ.

٢- تكنولوجيا التسخين الشمسي لدرجات الحرارة المتوسطة (٨٠° م – ١٥٠°م): ويستخدم هذا النوع من التكنولوجيا في إنتاج الحرارة للعمليات الصناعية في صورة بخار أو مياه ساخنة.

٣- تكنولوجيا التسخين الشمسي- لدرجات الحرارة العالية (أكثر من٣٠٠°م): ويستخدم هذا النوع في إنتاج الكهرباء من محطات بخارية، تستبدل فيها تكنولوجيا التسخين الشمسي- كبديل للغلاية في المحطات التقليدية.

ب- استخدام تكنولوجيا الخلايا الشمسية الفوتوفلطية:

وهنا يتم تحويل الأشعة الضوئية المباشرة إلى كهرباء مباشرة، وتستخدم هذه التكنولوجيا السيليكون المستخرج من الرمال النقية كأشباه موصلات حيث تتكون الخلايا الضوئية إما من مادة بلورية سميكة كالسيليكون البلوري أو مادة لا بلورية رقيقة كالسيليكون اللابلوري. وتختلف قدرة هذه الخلايا

الضوئية على التقاط الطاقة ومن ثم قدرتها على تحويلها إلى كهرباء تبعاً لنوعية المادة المصنعة منها(١).

أما بالنسبة لمصر- فتعتبر تكنولوجيا الطاقة الشمسية الحرارية أكثر التكنولوجيات تطوراً وانتشاراً ولقد بدأت مصر في إدخال هذه التكنولوجيا إلى نظم توليد الكهرباء من خلال إنشاء محطة لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وهى المحطة الشمسية الحرارية بالكريمات بقدرة ١٤٠ ميجاوات منها ٢٠ م.و/ مكون شمسي-، ولقد بلغت نسبة التصنيع المحلى في المكون الشمسي- حوالى ٥٠٪، ويعتبر هذا المشروع أحد ٣ مشروعات تم تنفيذها وتشغيلها على مستوى قارة أفريقيا في المغرب والجزائر ومصر-، ولقد بدأ تشغيل المحطة تجارياً اعتباراً من ٢٠١١/٧/١ وكان لها الفضل في تكوين الكوادر الفنية الوطنية القادرة على التعامل مع هذه التقنية ويُقدر الوفر السنوي في استهلاك الوقود البترولي بما يعادل ١٠ آلاف طن بترول مكافئ(٢). وتم تطبيق هذه التكنولوجيا في عدة مجالات أهمها(٣):

١/٢/٢ : الاستخدام المنزلي:

لتوفير المياه الساخنة عند درجة تتراوح بين ٥٠°م – ٩٠°م ، من خلال سخان الماء الشمسي- سواء على مستوى العائلات المنفردة أو على مستوى المجمعات السكنية أو الفنادق والمستشفيات.

(١) عبدالقادر محمد دياب ، مرجع سبق ذكره ، ص ٢٦.
(٢) المرجع السابق ، ص ص ٣٣-٣٤.
(٣) راجية عابدين خير الله وآخرون، مرجع سبق ذكره، ص ص ١٤٨-١٥٠.

٢/٢/٢ : الاستخدام الصناعي:

حيث تستخدم تكنولوجيا الطاقة الشمسية في إمداد العمليات الصناعية بالمياه الساخنة والهواء الساخن وفى توليد البخار اللازم للصناعة ونذكر في هذا الصدد :

أ- مشروع المحطة الشمسية الحرارية بالكريمات وقدرتها حوالي ١٥٠ ميجاوات ، وسيتم استخدام تكنولوجيا مركزات القطع المكافئ الأسطواني بالارتباط بالدورة المركبة التي تستخدم الغاز الطبيعي كوقود، ومن المخطط الانتهاء من تنفيذ المشروع في منتصف عام ٢٠٠٩ .

ب- مشروع التسخين الشمسي وترشيد الطاقة بشركة النصر للكيماويات الدوائية، وتم الانتهاء من تنفيذ وتشغيل المشروع التجريبي للتسخين الشمسي لدرجات الحرارة العالية (١٧٥ درجة مئوية) بالتعاون مع بنك التنمية الإفريقي، ويجرى حالياً تقييم الأداء في ظل الظروف الجوية السائدة بالموقع .

ج- مشروع صيانة عدد ٣٣ سخان شمسي بمبنى الهيئة الرئيسي واستراحات الهيئة بالزعفرانة والغردقة ، بهدف توفير مياه ساخنة بسعة إجمالية تبلغ حوالي ١٩٠٠٠ لتر مكعب / اليوم .

هذا بالإضافة إلى تقديم الاستشارات الفنية لتزويد المركز الطبي العالمي الواقع في طريق القاهرة ـ الإسماعيلية بنظام شمسي لتسخين المياه للأغراض الخدمية بسعة تصل إلى ١٤٠٠٠ متر مكعب /اليوم . ومن المخطط الانتهاء من التنفيذ والتشغيل في يونيو ٢٠٠٧ .

٣/٢/٢ : استخدام الطاقة الشمسية في المجال الزراعي

حيث تستخدم في تجفيف المنتجات الزراعية وفى الصوبات الزجاجية. وتم إنشاء عدد من وحدات المجففات الشمسية لأغراض تجفيف الحاصلات الزراعية على مستوى الحقل منها وحدة بمديرية الزراعة بمحافظة الفيوم، ولتفادى الفقد في المحاصيل الزراعية. ومن أهم مشاريع الاستفادة من الطاقة الشمسية في مجال الزراعة الآتي:

أ- مشروع التسخين الشمسي واسترداد الحرارة المفقودة بالمجزر الآلي، في هليوبوليس، ويشمل مجمعات شمسية مسطحة لمساحة ٣٥٦ متر مربع لتسخين المياه اللازمة لأحواض السمط، بطاقة ٢٨م٣ مياه عند درجة حرارة ٦٠ درجة مئوية، بالإضافة للاستفادة من الحرارة المفقودة بتجميع البخار المتكاثف من عمليات السمط وطهي المخلفات واستخدامها لتوليد جزء من البخار المطلوب للعمليات المختلفة، وقد ساهم المشروع في توفير ٣٤٥ طن بترول مكافئ سنوياً.

ب- مشروع التسخين الشمسي- واسترداد الحرارة المفقودة في شركة مصر- حلوان للغزل والنسيج. ويشمل المشروع استخدام مجمعات شمسية مسطحة مساحتها ٣٥٦ متر مربع لتوليد حوالى ٢٦م٣ من المياه الساخنة عند درجة حرارة مابين ٥٠ ° - ٦٠°م بالارتباط بمنظومة لاستعادة الحرارة المفقودة عن طريق مبادل حراري لتوفير المياه الساخنة اللازمة لعمليات التسخين والغسيل للمنسوجات بطاقة ٤٨ م٣ في الساعة عند درجة حرارة ٦٥°م . ويساهم المشروع في توفير ١٤٥٠ طن بترول مكافئ سنوياً.

وبالنسبة لتكنولوجيا الطاقة الشمسية الضوئية (الخلايا الفوتوفولطية)

فقد تراوح حجم سعة الخلايا المركبة في مصر بين ٤,٥-٥,٢٤ ميجاوات قصوى حتى عام ٢٠٠٦ وذلك لأغراض الإنارة بأنواعها وضخ المياه وتشغيل وحدات الاتصال اللاسلكية والتبريد وكذلك استخدمت فى إنارة لوحات الإعلانات وفى تشغيل محطات التليفون المحمول بالمناطق النائية والبعيدة عن الشبكة.

وتتضمن خطة الهيئة المستقبلية حتى عام ٢٠١٨/٢٠١٧ إنشاء قدرات مركبة من الطاقة الشمسية حوالي ٢٥٨٠م. و باستخدام نظم الخلايا الفوتوفولطية وذلك على النحو التالي[١]:

أ- مشروع محطة توليد كهرباء بواسطة الخلايا الشمسية قدرة ٢٠ ميجاوات بالغردقة بالتعاون مع الوكالة اليابانية للتعاون الدولي (JICA).

ب- مشروع محطة توليد كهرباء بواسطة الخلايا الشمسية قدرة ٢٠ ميجاوات بكوم أمبو بالتعاون مع الوكالة الفرنسية للتنمية للتعاون الدولي AFD، وتبلغ الطاقة المتوقع إنتاجها حوالي ٣٢ جيجاوات ساعة توفر حوالي ٧ آلاف طن بترول مكافئ، والحد من انبعاث نحو ١٧ ألف طن ثاني أكسيد الكربون.

ج- مشروع إنشاء عدد عشر محطات توليد كهرباء بواسطة الخلايا الشمسية بواسطة القطاع الخاص بنظام (BOO) بقدرة ٢٠ ميجاوات لكل مشروع بكوم أمبو.

٣/٢ : محددات استخدام الطاقة الشمسية في مصر

رغم أن الطاقة الشمسية قد أخذت تتبوأ مكانة هامة ضمن البدائل

(١) راجية عابدين خير الله وآخرون، مرجع سبق ذكره ، ص ٣٨.

المتعلقة بالطاقة المتجددة كما تتعدد استخداماتها في مصر إلا استخدامها مازال دون المستوى حيث لا يتناسب على الإطلاق مع موارد الطاقة الشمسية المتاحة لمصر. ويرجع ذلك إلى الصعوبات التي تحد من استخدامها التي تمثل تحديات تقف حجراً عثراً وتحول دون أن تلعب الطاقة الشمسية ـ كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة والبديلة للوقود الأحفوري ـ دوراً رائداً في المستقبل ومن أهمها[1]:

- نقص التمويل الموجه لاستثمارات الطاقة الشمسية سواء من القطاع الحكومي أو الخاص خاصة لأنواع متعددة للطاقة الشمسية .
- عدم الاستفادة الكاملة من المنح الخارجية لصناعة الطاقة الشمسية من المؤسسات التمويلية خاصة الموجهة للشمال الإفريقي ومنها مصر.
- توجيه الاستثمار في أنواع الطاقة الشمسية ذات التكلفة المرتفعة مثل إقامة المحطات الشمسية وإغفال الأنشطة ذات التكلفة المنخفضة مثل إنارة القرى النائية.
- عدم وجود استراتيجيات ملائمة وشاملة على المستوى الحكومي والخاص لتمويل المشاريع المتعلقة باستخدامات الطاقات المتجددة والاستراتيجية المصرية تنصب على توجيه الاستثمارات على مختلف أنواع الطاقات المتجددة دون هدف واضح .
- غياب التنظيم والتنسيق المؤسسي على المستوى الوطني والإقليمي.
- غياب برامج التوعية للمواطنين المبنية على أسس علمية وموضوعية حول ترشيد الكهرباء والماء .

(١) الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، مرجع سبق ذكره، ص ص ٤١-٤٢.

- ضعف دور القطاع الخاص في نشر تقنيات الطاقة المتجددة ومنها الطاقة الشمسية المتمثل في عدم استثماره في مجال إنشاء مصانع الصناعات الخفيفة المرتبطة بالطاقة الشمسية وتوفيرها للمستهلك بسعر مناسب وإنشاء مراكز البحوث المتخصصة للاستفادة منها في التصنيع المحلى للإحلال محل الواردات مما يكون له عظيم الأثر على خفض تكلفة الاستثمار في مجال الطاقة الشمسية .
- عدم وجود سياسات تمويلية لجذب الاستثمار في مجال الطاقة الشمسية ودعم مشروعات الاقتصاد الأخضر.

ويمكن تقسيم هذه التحديات إلى تحديات مالية واقتصادية تتعلق بتكلفة تأسيس مشروعات الطاقة الشمسية وتحديات فنية تتعلق بالجوانب الفنية لتشغيل وصيانة أجهزة ومعدات الطاقة الشمسية وتحديات مؤسسية وهذه تتعلق بالأطر التنظيمية التي تكفل اجتذاب الاستثمارات في مجال مشروعات الطاقة الشمسية وتلك المتعلقة بحقوق حماية المستهلك وغيرها من التحديات مثل عدم الوعي الجماهيري بالطاقات المتجددة ونتناول هذه الأنواع من التحديات والاستراتيجات الملائمة لعلاجها بشيء من الإيجاز في الجزء التالي.

١/٣/٢ : التحديات الاقتصادية والمالية :

وتشمل هذه التحديات تلك المتعلقة بالتكاليف الاستثمارية ودعم مصادر الطاقة وآليات التمويل وتتمثل في الآتي[١]:

١ – ارتفاع التكلفة الاستثمارية الأولية: حيث تعتبر تكلفة المواد الأولية

(١) الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، مرجع سبق ذكره ، ص ص ٢٦-٢٧.

لأجهزة استخدام الطاقة الشمسية أهم عائق يحول دون استخدامها بالإضافة إلى المساحة الكبيرة المطلوبة لوضع هذه الأجهزة المجمعة لأشعة الشمس غير المركزة .

ويضاف إلى ذلك أيضاً أن الاعتماد على الخبرات الأجنبية في مشاريع الطاقة الشمسية بما في ذلك إعداد دراسات الجدوى الكاملة والتصميم الهندسي والإنشاء والتركيب لضعف الخبرات الوطنية المتخصصة ونقص المعرفة والمهارات الفنية، خاصة فيما يتعلق بالأساليب المتقدمة التي تعتمد على برامج الحاسب الآلي يزيد من تكلفة هذه المشاريع(١). ولكن هذا لا ينفى وجود بعض الاستخدامات للطاقة الشمسية تعتبر اقتصادية في الوقت الحاضر، منها تسخين المياه والاستعمالات الأخرى في المناطق النائية مثل توليد الكهرباء وضخ المياه وتحليه المياه والإشارات الضوئية والبث اللاسلكي والحماية الكاثودية وغيرها.

٢- قيام الدولة بدعم مصادر الطاقة التقليدية (الغاز والكهرباء) .

٣- عدم وجود آليات تمويل مشجعة للاستثمار في مجال الطاقة المتجددة ومنها الطاقة الشمسية مقارنة بالدول الأخرى متضمنة بعض الدول العربية .

٤- عدم وجود آلية مناسبة لتمويل ودعم راغبى الحصول على السخان الشمسي- من خلال قروض ميسرة وأقساط شهرية تعادل قيمة الوفر المحقق.

٥- قصور في الرؤية بعيدة المدى المتضمنة تنمية السوق المحلى لصناعة

(١) اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، لجنة الطاقة، الدورة التاسعة، (الكويت، ١٢-١٣ يونيو ٢٠١٣)، ص ١٧.

تكنولوجيات الطاقة المتجددة عامة والشمسية على وجه الخصوص وفتح أسواق خارجية في مناطق غير تقليدية[١].

٦- محدودية الموازنات المخصصة للبحث العلمي عامة وبحوث الطاقة المتجددة ومنها الطاقة الشمسية خاصة مما يؤثر على فرص نقل وأقلمة تكنولوجيات الطاقة المتجددة التي تتناسب مع الظروف السائدة ونقص الاهتمام بتطوير المؤسسات الأكاديمية والمراكز البحثية وربطها بالشبكات العالمية وعدم مواكبة مناهج التعليم للتطورات العلمية وإهمال التعليم الفني وعدم الأخذ في الاعتبار متطلبات صناعة التكنولوجيات ذات الصلة للانطلاق منها في وضع استراتيجيات وخطط وسياسات وطنية ذات أهداف واضحة ضمن إطار زمني محدد[٢].

وهذا النوع من التحديات يمكن التغلب عليه من خلال الاستراتيجيات التالية[٣]:

١- التمويل بشروط ميسرة: التمويل بشروط ميسرة له دوراً رئيسياً في تعزيز مشاريع الطاقة المتجددة في دول البحر المتوسط الشريكة، وتكمن المساهمة الرئيسية لتطوير الطاقة المتجددة في الحد من التكاليف للطاقة التقليدية وتوجيها للطاقة المتجددة.

يعتمد المجتمع الدولي لتشجيع الطاقة المتجددة على آليات أو تسهيلات مالية مختلفة. أحد الأمثلة على ذلك هو مرفق الجوار للاستثمار للاتحاد الأوروبي من خلال المؤسسات المالية الأوروبية، وتوفر الدعم المالي لمشاريع

(١) المرجع السابق ، نفس الصفحة.
(٢) المرجع السابق ، ص ١٨.
(٣) الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء ، مرجع سبق ذكره ، ص ص ٢٧-٢٨.

الطاقة المتجددة في الدول المتوسطية الشريكة، وثمة مثال آخر هو صندوق التكنولوجيا النظيفة التابع للبنك الدولي (CTF) والذي يوفر التمويل المشترك لمشاريع كبرى في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (MENA). بالإضافة إلى أنه في يونيو ٢٠٠٩، أطلق بنك الاستثمار الأوروبي، الوكالة الفرنسية للتنمية، بنك التنمية الألماني آلية التعاون حول الخطة الشمسية لدول البحر المتوسط MSP حيث خصصت نحو ٥ مليار يورو لتعزيز وتطوير مشاريع الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة للسنوات الخمس المقبلة التي بدأت منذ عام ٢٠١٠.

٢- صناعة الطاقة المتجددة محلياً: إن إنشاء المزيد من الشركات المصنعة لمعدات الطاقة المتجددة المحلية والتوسع في تكنولوجيا الطاقة المتجددة من شأنه أن يزيد الإنتاج ويحقق الابتكار ويعمل على الحد من تكاليفها على المدى الطويل. على سبيل بدأت مصانع السويدي في مصر. تصنيع مكونات مزارع الرياح مثل أبراج الرياح، وريش الدوار، والمكونات الكهربائية المطلوبة للاتصال بالشبكة.

٣- الدعم المالي المباشر: وذلك بتوفير الدعم من قبل القطاع الخاص والمستثمرين وذلك نظراً لضخامة التمويل.

٢/٣/٢: التحديات المؤسسية

وتتمثل أهم التحديات في هذا المجال في غياب التشريعات المناسبة لجذب الاستثمارات[١] حيث يتطلب تنفيذ مشاريع الطاقة المتجددة المساعدة التقنية لإعداد المشروع فضلاً عن تقديم الدعم

(١) اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، مرجع سبق ذكره، ص ١٨.

لاعتماد أطر تنظيمية مناسبة. والتي يجب أن تكون حاسمة لجذب الاستثمارات في قطاع الطاقة المتجددة .

وتشمل الاستراتيجيات التنظيمية اللازمة لمواجهة التحديات التنظيمية في الآتي:

١- تشجيع مشاركة القطاع الخاص : ولقد شجعت الدولة مشاركة القطاع الخاص في توليد الكهرباء من خلال ثلاث طرق رئيسية هي:

- الاستهلاك الذاتي مع إمكانية بيع الفائض عنه لاستهلاك الشبكة .
- اعتبارها منتج مستقل للطاقة لبيع الكهرباء إلى مشترى واحد
- توليد كهرباء من القطاع الخاص للتصدير .

٢- التعلم بالممارسة: سمح تنفيذ مشاريع الطاقة المتجددة بتحديد التطبيقات الجيدة والمناسبة للدولة، حيث تُعد تكنولوجيا الطاقة الشمسية في خطواتها الأولى في المنطقة. قد قامت دول مثل مصر. والمغرب بإنشاء محطات لإنتاج الكهرباء من طاقة الرياح ٥٥٠ ميجاوات و٢٢٠ ميجاوات على التوالي، وإنتاج ٢٠ ميجاوات من خلال مشاريع رائدة للطاقة الشمسية، ولقد تم إنشاء أول محطة طاقة شمسية متكاملة ودورة مجمعة بقدرة ١٤٠ ميجاوات في الكريمات (جنوب محافظة الجيزة)

٣- جهود التعاون الأورومتوسطية حول الطاقة المتجددة: وهناك العديد من المبادرات على المستوى الإقليمي تهدف إلى تطوير الخبرات في مجال الطاقة المتجددة. وعلى الرغم من أنها تشكل علامة إيجابية ، إلا أنها تظل محدودة مع التحديات التي تواجه المنطقة .

٤- التحسين المؤسسي: وقد اتخذت الدول المتوسطية الشريكة خطوات

مهمة لتحسين الأطر المؤسسية والتنظيمية لتطوير الطاقة المتجددة حيث أنشأت جميع البلدان تقريباً وكالات متخصصة لتعزيز الطاقة المتجددة .

٣/٣/٢ : التحديات الفنية :

١ – تنظيف أجهزة الطاقة الشمسية: إن أهم مشكلة تواجه الباحثين في مجالات استخدام الطاقة الشمسية هي وجود الغبار ومحاولة تنظيف أجهزة الطاقة الشمسية منه وقد برهنت البحوث الجارية حول هذا الموضوع أن أكثر من ٥٠ ٪ من فعالية الطاقة الشمسية تفقد في حالة عدم تنظيف الجهاز المستقبل لأشعة الشمس لمدة شهر. إن أفضل طريقة للتخلص من الغبار هي استخدام طرق التنظيف المستمر أي على فترات لا تتجاوز ثلاثة أيام لكل فترة وتختلف هذه الطرق من بلد إلى آخر معتمدة على طبيعة الغبار وطبيعة الطقس في ذلك البلد.

٢ – مشكلة تخزين الطاقة الشمسية: من المعروف أن مدى الاستفادة من الطاقة الشمسية يرتبط بوجود أشعة الشمس طيلة وقت الاستخدام أسوة بالطاقة التقليدية. وعليه يبدو أن المطلوب من تقنيات ـ بعد تقنية تطوير التحويل الكهربائي والحراري للطاقة الشمسية ـ هو تقنية تخزين تلك الطاقة للاستفادة منها أثناء فترة احتجاب الإشعاع الشمسي. أي أثناء الليل أو الأيام الغائمة أو الأيام المغبرة، ويعتمد تخزين الطاقة الشمسية على طبيعة وكمية الطاقة الشمسية، ونوع وفترة الاستخدام بالإضافة إلى التكلفة الإجمالية لطريقة التخزين ويعتبر موضوع تخزين الطاقة الشمسية من المواضيع التي تحتاج إلى بحث علمي أكثر واكتشافات جديدة .

لذلك تعد بحوث تخزين الطاقة الشمسية من أهم مجالات التطوير

اللازمة في تطبيقات الطاقة الشمسية وانتشارها على مدى واسع، حيث إن الطاقة الشمسية رغم أنها متوفرة إلا أنها ليست في متناول اليد وليست مجانية بالمعني المفهوم. فسعرها الحقيقي عبارة عن المعدات المستخدمة لتحويلها من طاقة كهرومغناطيسية إلى طاقة كهربائية أو حرارية، وكذلك تخزينها إذا دعت الضرورة. ورغم أن هذه التكاليف حالياً تفوق تكلفة إنتاج الطاقة التقليدية إلا أنها لا تعطي صورة كافية عن مستقبلها بسبب أنها أخذة في الانخفاض المتواصل بفضل البحوث الجارية والمستقبلية. ويعتبر تخزين الحرارة بواسطة الماء والصخور أفضل الطرق الموجودة في الوقت الحاضر. أما بالنسبة لتخزين الطاقة الكهربائية فما زالت الطريقة الشائعة هي استخدام البطاريات السائلة (بطاريات الحامض والرصاص) وتوجد حالياً أكثر من عشر طرق لتخزين الطاقة الشمسية كصهر المعادن والتحويل الطورى للمادة وطرق المزج الثنائي وغيرها.

٣- حدوث التآكل في المجمعات الشمسية بسبب الأملاح الموجودة في المياه المستخدمة في دورات التسخين وتعتبر الدورات المغلقة واستخدام ماء خال من الأملاح فيها أحسن الحلول للحد من مشكلة التآكل والصدأ في المجمعات الشمسية .

ومن الاستراتيجيات التي يمكن بها التغلب على المعوقات الفنية[١]:

١ - التعاون الإقليمي وتزامن الجهود: هناك أمثلة مختلفة من مبادرات التعاون والتزامن لشبكات نقل الكهرباء في منطقة البحر المتوسط في الوقت الحاضر، ومنها ٤٠٠-٥٠٠ كيلو فولت ربط أنظمة الطاقة الوطنية لدول

(١) الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، مرجع سبق ذكره ، ص ٢٩.

مصر، العراق، الأردن، لبنان، ليبيا، سوريا، تركيا، وإيران وهى شبكة كهرباء إقليمية في النظام متزامنة مع الشبكة الأوروبية لمشغلي نظام ناقل الحركة للكهرباء (E-ENTSO) موجود بين الاتحاد الأوروبي وبلدان شمال أفريقيا، وهناك أيضاً شبكة الكهرباء الإقليمية التي تربط بين ثمانية بلدان في منطقة المشرق .

٢- الخطط الحالية لقدرات الربط البيئي مع أوروبا: يعتبر الوضع الحالي لشبكات الربط مع أوروبا متواضع نسبياً، هناك أمثلة محدودة بين بعض الدول الإفريقية والدول الأوروبية مثل أسبانيا والمملكة المغربية.

٣- نشر الطاقة المتجددة: يؤدى إلى تشجيع الصناعات الجديدة والأعمال في المنطقة ونشر التكنولوجيا الحديثة في هذه المجالات ومن أمثلتها المشروعات التجريبية للمحطة الشمسية بالمدينة العلمية للأبحاث والتطبيقات التكنولوجية بمدينة برج العرب بالإسكندرية.

٤/٣/٢ : تحديات أخرى

١- عدم تنظيم حملات إعلامية موجهة للتعريف بأهمية استخدام الطاقة الشمسية وخاصة السخانات الشمسية المنزلية ومزاياها وتوضيح الإجراءات الخاصة بتشغيلها وصيانتها .

٢- عدم التوسع في إنشاء منافذ عرض وبيع السخانات الشمسية المنزلية بالأسواق والمعارض بمختلف محافظات الجمهورية مع مراعاة مراقبة الجودة الفنية من الجهات المختصة .

٣- عدم التعاون بين الجهات المختصة لدراسة تصنيع سخان شمسي منزلي ذو كفاءة عالية وبأقل تكلفة ممكنة .

٤/٢: الخطة التنفيذية للطاقة الشمسية في مصر (٢٠١٦/١٥-٢٠٢٦/٢٥)[١]:

من المخطط الوصول بالقدرات المركبة من الطاقة الشمسية إلى حوالي ٣٠٠٠ ميجاوات خلال الفترة (٢٠١٦/٢٠١٥- ٢٠٢٦/٢٠٢٥) موزعة على عدد من المشروعات وبقدرات مختلفة طبقاً للتطور التقني والتكنولوجي المختلفة للطاقة الشمسية الحرارية والكهروضوئية موزعة كالتالي:

أ- محطات الطاقة الشمسية الحرارية CSP:

تتميز محطات الطاقة الشمسية بإمكانية تخزين الحرارة الناتجة من المركزات الشمسية واستخدامها وقت الحاجة والأحمال العالية .

يقترح زيادة القدرات الإجمالية من محطات الطاقة الشمسية الحرارية إلى نحو ٢٤٠٠ ميجاوات عام ٢٠٢٦/٢٠٢٥ وذلك من خلال تنفيذ ٢٧ مشروع بقدرات تتراوح بين ٥٠-٢٠٠ ميجاوات تولد ١٠,٨ تيراوات. ساعة سنوياً. تكون جميعها مرتبطة بنظم تخزين حراري للوفاء بالمتطلبات المطلوبة في فترات الذروة وباستخدام التكنولوجيا المثبت جدواها عالمياً وذلك بالنسبة للحقل الشمسي- أو نظم وفترات التخزين الحرارية. هذا ويمكن أيضاً استخدام تلك المحطات نظم تحليه المياه طبقاً للاحتياجات وموقع المحطة.

ب- محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية PV :

يقترح الوصول بالقدرات الإجمالية إلى نحو ٦٠٠ ميجاوات وتصل إجمالي الطاقة المولدة منها نحو ٠,٩ تيراوات. ساعة سنوياً عام ٢٠٢٦/٢٠٢٥، وذلك من خلال تنفيذ ٣٠ مشروع بقدرات تتراوح بين

(١) الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، مرجع سبق ذكره، ص ص ٣٦-٣٩.

١٠-٤٠ ميجاوات كما يمكن إضافة نظم تخزين (حينما تتوافر تكنولوجيا مناسبة للقدرات الكبيرة) وكذلك نظم مركزات الخلايا الكهروضوئية PV حال ملاءمتها للظروف المصرية . وهناك عدة متطلبات ضرورية لتنفيذ الخطة الشمسية ومنها ما يلي:

أ) الواقع والأرض اللازمة:

تتطلب مشروعات الطاقة الشمسية مساحات من الأراضي الصحراوية مستوية غير مأهولة بالسكان تقدر بنحو ٢٠ ألف متر مربع / ميجاوات بالنسبة لمشروعات المحطات الشمسية الكهروضوئية، أما بالنسبة للمحطات الحرارية فإن المساحة تتضاعف لاستخدام نظم تخزين وتختلف باختلاف عدد ساعات التخزين وبذلك نحتاج إلى نحو ١٣٠ كم لتحقيق القدرات المركبة المخطط لتنفيذها، وهذه المساحة يمكن توافرها في عدة مناطق منها:

- ساحل البحر الأحمر لربط مناطق حلايب وشلاتين بالغردقة مروراً بمرسى علم والقصير وسفاجا كما يمكن إقامة وحدات لتحليه المياه لتوفير المياه العذبة لتلك المناطق.
- منطقة الساحل الشمالي الغربي والواحات والوادي الجديد .
- المناطق الجنوبية وشرق العوينات ومنطقة توشكي.
- مناطق شمال وجنوب سيناء.

ب) تنمية الصناعة المحلية:

يتوقف التوسع في إنشاء المحطات الشمسية على انخفاض التكلفة لمكوناتها ومعداتها التي لن يتحقق إلا من خلال نقل التكنولوجيا وتصنيعها وإنشاءها محلياً على مستوى كبير، وذلك لتوفير المكونات وقطع الغيار اللازمة

للمحطات المقترحة، وكذلك للمشروعات المزمع إنشاءها في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

تتميز جميع تكنولوجيات الطاقة الشمسية بأنها تتكون من عناصر أساسية يمكن البدء في تصنيع بعضها محلياً في الوقت الحالي ونقل تكنولوجيا باقي المكونات على مراحل طبقاً للتوسع في مجال إنشاء محطات التوليد وذلك على النحو التالي:

(١) الهياكل المعدنية: وتمثل حوالي ٣٠٪-٤٠٪ من تكلفة إنتاج المحطات، وقد تم إنتاجها محلياً في أولى مشروعات مصر بالكريمات.

(٢) الخلايا الكهروضوئية والمرايا العاكسة: والتي يمكن تصنيعها بسهولة في مصر- نظراً لتوفر مستلزمات الإنتاج في منطقة الساحل الشمالي الغربي بأفضل أنواع الرمال التي تتطلبها هذه الصناعة.

(٣) نظم التحكم والكابلات الكهربائية: وتعتبر مصر- من الدول المتقدمة في تلك الصناعات.

ويرجع أهمية البدء في عمليات التصنيع المحلى لمكونات نظم المركزات الشمسية إلى الأهمية التي توليها جميع دول المتوسط سواء أوروبية أو عربية للتوسع في إنشاء محطات شمسية، حيث إن الإمكانات المصرية في هذا المجال تجعلها مركزاً هاماً لتصنيع وتوفير المكونات الأساسية لهذه المحطات وستكون لها الدور الهام في خفض التكلفة لهذه التكنولوجيا. كما يمكن جذب الاستثمارات في مجال التصنيع المحلى للمكونات وخلق فرص عمل في صناعات جديدة.

ج) توفير التمويل المطلوب :

يعد مشاركة القطاع الخاص في تنفيذ هذه المشروعات عامل أساسي في تحقيق المستهدف من هذه المحطات وذلك لأن تنفيذها يحتاج إلى استثمارات كبيرة.

د- المشاركة في المبادرات الإقليمية والدولية مثل ديزرتك، الخطة الشمسية المتوسطية.

هـ- تفعيل خطوط الربط الكهربي مع المشرق والمغرب ودول الخليج وإفريقيا

النتائج والتوصيات

أولاً: النتائج:

١- تتمتع مصر بتوافر العديد من مصادر الطاقة المتجددة والتي أهمها الطاقة الكهرومائية والطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة الكتلة الحيوية.

٢- تتمتع مصر بإمكانات عالية من الطاقة الشمسية حيث يتراوح متوسط الإشعاع الشمسي- المباشر العمودي ما بين ٢٠٠٠-٣٢٠٠ ك.و.س/م٢/السنة ويتراوح معدل سطوع الشمس بين ٩-١١ ساعة/يوم، وهو ما يعنى توافر فرص الاستثمار في مجال تطبيقات الطاقة الشمسية المختلفة.

٣- تستغل الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء من خلال أحد نظاميين: النظم الشمسية الحرارية **CSP**، استخدام تكنولوجيا الخلايا الشمسية الفوتوفلطية **PV** وتعتبر تكنولوجيا الطاقة الشمسية الحرارية أكثر التكنولوجيات تطوراً وانتشاراً.

٤- بدأت مصر في إدخال تكنولوجيا الطاقة الشمسية الحرارية إلى نظم توليد الكهرباء من خلال إنشاء محطة لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وهي المحطة الشمسية الحرارية بالكريمات بقدرة ١٤٠ ميجاوات منها ٢٠م.و./ مكون شمسي.

٥- على الرغم من توافر المقومات الأساسية لاستخدام الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء في مصر. إلا أن مساهمتها بلغت ٠,١٣٪ في عام ٢٠١٦/١٥ بينما انعدمت هذه المساهمة في عام ٢٠١٥/١٤، مما يشير إلى تدنى مستوى الاستفادة من الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء في مصر.

٦- يعتبر استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياه والهواء هو الاستخدام الشائع لها في مصر، وحتى هذا الاستخدام للطاقة الشمسية مازال محدوداً ويكاد يقتصر على استخدامها في تسخين المياه بالمنازل دون باقي الاستخدامات الأخرى وربما يرجع ذلك إلى غياب المبادرات المصرية في هذا المجال.

٧- تراجعت نسبة تغطية الطاقة المولدة من المصادر المختلفة للطاقة المستهلكة بسبب ارتفاع معدل النمو الاقتصادي المستهدف وزيادة عدد السكان وبالتالي زيادة الطلب على الطاقة في الوقت الذي يتراجع فيه عرض الطاقة بسبب الاعتماد على الوقود الأحفوري والذي يرتبط المعروض منه بالاحتياطي الموجود منه والذي يتناقص مع ارتفاع معدلات الاستهلاك، هذا فضلاً عن اتجاه الدولة نحو التخلي عن سياسة دعم الطاقة وما تبعه من ارتفاع أسعار الطاقة، وهذا يهدد أمن الطاقة ويستدعى تنمية مصادر الطاقة المتجددة المتاحة والتي منها الطاقة الشمسية.

٨- يواجه استخدام الطاقة المتجددة في مصر عدد من التحديات التي تقف حجراً عثراً وتحول دون أن تلعب الطاقة الشمسية ـ كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة والبديلة للوقود الأحفوري ـ دوراً رائداً في المستقبل.

٩- يمكن تقسيم التحديات التي تواجه استخدام الطاقة الشمسية في مصر إلى تحديات مالية واقتصادية وأهمها ارتفاع التكلفة الاستثمارية لمشروعات الطاقة الشمسية وتحديات فنية تتعلق بالجوانب الفنية لتشغيل وصيانة أجهزة ومعدات الطاقة الشمسية وتنظيفها وكذلك تخزين الطاقة الشمسية للاستفادة منها أثناء فترة احتجاب الإشعاع الشمسي. وتحديات

مؤسسية وهذه تتعلق بالأطر التنظيمية التي تكفل اجتذاب الاستثمارات في مجال مشروعات الطاقة الشمسية وتلك المتعلقة بحقوق حماية المستهلك وغيرها من التحديات مثل عدم الوعي الجماهيري بالطاقات المتجددة والتي منها الطاقة الشمسية.

ثانياً: التوصيات:

وفي ضوء النتائج التي تم التوصل إليها توصى الباحثة بالآتي:

١- الدعم المادي والمعنوي وتنشيط حركة البحث في مجالات الطاقة الشمسية.

٢- إدخال برامج التعليم عن بعد في مجال تكنولوجيات الطاقات المتجددة لتمكين كافة المهتمين بالمجال باكتساب الخبرة والمعرفة أثناء عملهم.

٣- الاهتمام بالتعليم الفني، وتحديث مناهج التعليم وتضمينها مواضيع الطاقة المتجددة، وكفاءة الطاقة، وقضايا تغير المناخ.

٤- ربط دراسات الماجستير والدكتوراه بالموضوعات الخاصة بتحديات انتشار الطاقات المتجددة بمصر ومنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، ليشمل التعليم الفني والتدريب المهني وإدراج مناهج خاصة بتجميع وتركيب وصيانة مختلف أنظمة الطاقات المتجددة.

٥- تشجيع القطاع الخاص على الاستثمار في مجال الطاقة الشمسية، من خلال وضع حزمة من التشريعات والحوافز كإعفاء بعض المعدات المستوردة التي ليس لها مثيل محلي من الجمارك وضريبة المبيعات، وتوفير مدخلات الإنتاج والخبرات اللازمة لصناعة تكنولوجيات الطاقة الشمسية، وإتاحة

أراضي الدولة لمشاريع الطاقة الشمسية مجاناً أو بأسعار رمزية، وإتاحة الربط على الشبكة مجاناً أو مقابل رسوم بسيطة، وإعفاء المشاريع المنفذة في المناطق الريفية والنائية من الضريبة على الأرباح والاستفادة من آلية التنمية النظيفة .

٦- ابتكار آليات تمويل محلية غير تقليدية تتسم بالمرونة والبساطة، مع إمكانية ربطها بمخطط الدولة لدفع عجلة التنمية، خاصة في الريف، لتشجيع القطاع الخاص على تنفيذ مشاريع الطاقة الشمسية في المناطق الريفية والنائية.

٧- نشر وتنمية الوعي العام في النواحي التالية:

- التوعية بأهمية استخدام تطبيقات الطاقة الشمسية باعتبارها أداة تساهم في تأمين الإمداد بالطاقة وتحسن ظروف الحياة في المناطق الريفية والنائية، وتحد من آثار تغير المناخ.

- تعزيز دور المنظمات غير الحكومية ومنظمات المجتمع المدني في نشر ثقافة الحفاظ على البيئة والحد من آثار تغير المناخ لدى المواطن المصري، والترويج لنشر استخدام الطاقة المتجددة.

- تضمين المناهج التعليمية برامج حول أهمية الحفاظ على البيئة وإحداث تغيير إيجابي في السلوكيات الاجتماعية في هذا الشأن.

المراجـــــع

١- الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، دراسة مستقبل الطاقة الشمسية في مصر، مارس ٢٠١٥م.

٢- تقرير اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، الطاقة لأغراض تحقيق التنمية المستدامة في المنطقة العربية، إطار العمل، برنامج الأمم المتحدة للبيئة.

٣- اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، لجنة الطاقة، الدورة التاسعة (الكويت، ١٢-١٣ يونيو ٢٠١٣م).

٤- راجية عابدين خير الله وآخرون، «سياسات إدارة الطاقة في مصر- في ظل المتغيرات المحلية والإقليمية والعالمية»، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية رقم (٢٠٢) (القاهرة: معهد التخطيط القومي، أغسطس ٢٠٠٧م).

٥- عبد القادر محمد دياب وآخرون، «الطاقة المتجددة بين نتائج وابتكارات البحث العلمي والتطبيق الميداني في الريف المصري»، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية رقم (٢٦٤) (القاهرة: معهد التخطيط القومي، أبريل ٢٠١٦م).

٦- محمد مصطفى محمد الخياط، الطاقة، مصادرها - أنواعها - استخداماتها، القاهرة يوليو ٢٠٠٦م.

٧- مركز الدراسات والبحوث - غرفة الشرقية، اقتصاديات الطاقة الشمسية في المملكة العربية السعودية، أبريل ٢٠١٠م.

٨- مداحي محمد «فعالية الاستثمارات في الطاقات المتجددة كاستراتيجية لما

بعد المحروقات في تحقيق التنمية المستدامة ـ حالة الجزائر «مجلة الباحث الاقتصادي، العدد ٤ (الجزائر: جامعة ٢٠ أوت، ديسمبر ٢٠١٥م).

٩- نيفين كمال وآخرون، «إطار لرؤية مستقبلية لاستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة»، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية رقم (٢٦١)، (القاهرة: معهد التخطيط القومي، أغسطس ٢٠١٥م).

١٠- وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة ، هيئة تنمية الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوي، ٢٠١٢/١١م.

١١- وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، هيئة تنمية الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوي، أبريل ٢٠١٥م.

12- David Timmons, Jonathan M. Harris, and Brian Roach, «The Economics of Renewable Energy» Global Development And Environment Institute, Tufts University, 2014

13- International Energy Agency, international Statistics, Key world Energy Statistics, 2016.

14- Loraima Jaramillo-Nieves 1 and Pablo del Río, «Contribution of Renewable Energy sources to the Sustainable Development of Islands: An Overview of the Literature and a Research Agenda», **Sustainability**, **Vol.2** , March 2010.

15- Renewables 2016, **Global Status Report 2016**.

16- Sunday Olayinka Oyedepo, «Energy and Sustainale Development in Nigeria: the way forward» **Energy, Sustainability and Society**, 2012.