الاتجاه المستقبلي للاستثمار في الطاقات المتجددة في الجزائر "دراسة قياسية–آفاق 2021".

أ. مداحي محمد جامعة 20 أوت 1955 – سكيكدة

الملخص:

تعد الطاقة من بين أهم ركائز التنمية في مختلف المجتمعات، إذ هي العنصر الأساسي لإدارة عجلة كافة قطاعات النشاط الاقتصادي من صناعة وزراعة ونقل، وخدمات متنوعة، وبالنظر إلى الدور الكبير الذي تلعبه الطاقة في مجالات الحياة كافة، فقد أصبح مؤشر استهلاكها بمثابة المقياس الدال على مستوى الرفاهية والنمو الاقتصادي الذي بلغته مختلف اقتصاديات الدول.

ومع التطور المتسارع الذي تشهده مختلف الاقتصادات، وازدياد الطلب على مصادر الطاقة، ولا سيما الأحفورية منها، والتي أصبحت تمثل تهديدا في نفس الوقت، في ظل التوسع الكبير الذي تشهده أنماط ومستويات استهلاك الطاقة، بفعل التوسع الصناعي، والزيادة الكبيرة في تعداد سكانها، والتوسع في تقديم الخدمات.

لذا سنحاول من خلال هذه الدراسة محاولة نمذجة سلسلة الطلب على الطاقة في الجزائر خلال الفترة 1971–2011 والتنبؤ به مستقبلا في آفاق 2021.

الكلمات المفتاحية: الطاقات المتجددة، النمذجة، التنبؤ، التجربة الجزائرية.

Résumé:

L'énergie est considérée comme l'un des piliers du développement dans les économies, elle représente l'élément principal du déroulement de tous les secteurs économiques, y compris l'industrie, l'agriculture, le transport et d'autres services. Par conséquent, son indice de consommation argumente le niveau de croissance et confort économique des économies.

Or, les économies connaissent un développement excessif dans tous les domaines, ce qui a augmenté la demande aux énergies, plus précisément les fossiles, qui présentent aujourd'hui une menace à l'échelle international, cela a révélé la nécessité de découvrir d'autres alternatives tel que les énergies renouvelables.

Donc, on va essayer dans cette étude de modéliser une chaine de demande sur les énergies renouvelables en Algérie dans une période donnée de 1971-2011, pour prévoir son évolution à l'horizon 2021.

Mots clés : *Les énergies renouvelables, Modélisation, Prévision, Algérie.*:

مقدمة: :تعتبر الطاقة عنصراً جوهرياً من عناصر تلبية جميع الاحتياجات الإنسانية، كما أنها تضطلع بدور هام في تحقيق الجوانب الاجتماعية والاقتصادية والبيئية المتعلقة بالتنمية المستدامة، كما تشكل الطاقة في العالم شريان الحياة ونمو اقتصادها لهذا يزداد الطلب العالمي عليها كل يوم، ومن أجل تلبية الطلب العالمي المتزايد على الطاقة سوف يتطلب من جميع البلدان تبني تكنولوجيات الجيل الجديد

في الوقت الذي تواصل فيه الاستثمار في فعالية الطاقة و في البدائل القابلة للتجديد للوقود الأحفوري (البترول و مشتقاته).

تعتبر مشكلتي نضوب مصادر الطاقة التقليدية والتلوث البيئي الناتج عن إفراط الدول في حرق النفط والفحم، إضافة إلى ارتفاع أسعارها وما يترتب على ذلك من مشاكل اقتصادية وخيمة لدول العالم النامي، وبالتالي دعت الضرورة إلى تبني مصادر جديدة للطاقة تحقق الحاجات اليومية للإنسان دون أن تكون هذه المصادر مدعاة للتلوث البيئي والضرر بالإنسان.

إن مصادر الطاقة المتجددة تعتبر أحد أهم البدائل الصديقة للبيئة والتي يمكن بتعظيم الاعتماد عليها بديلا عن الطاقة التقليدية غير المتجددة من خلال تقليل الأضرار التي تتعرض لها بيئة الكرة الأرضية بسبب استخدام مصادر الطاقة التقليدية غير المرشد، كما أن النمو السكاني الذي يشهده العالم يستهلك قدرا كبيرا من مصادر البيئة الطبيعية، لذلك فإنه من الضروري التوجه إلى الاستخدام العقلاني لمصادر الطاقة المتجددة بدلا من الطاقة التقليدية أصبح حتميا بهدف تقليل الأضرار البيئية التي تنتج عن استخدام الطاقة التقليدية وعدم التعدي على حق أجيال المستقبل في مصادر الطاقة والبيئة النظيفة الصحية الصالحة لحياة الإنسان.

كما استهدفت هذه الدراسة محاولة نمذجة سلسلة مستوى الطاقة المتجددة في الجزائر خلال الفترة 1971-2011 بالاعتماد على المقاربة الإحصائية أي دون الحاجة إلى معرفة المتغيرات التفسيرية المؤثرة في هذه الأخيرة وإنما فقط من المعلومات المتوفرة في ماضي هذه السلسة والهدف من ذلك محاولة التحكم في سلسلة مستوى الطاقة المتجددة من أجل التنبؤ بقيمها المستقبلية. ولتحقيق هذا الهدف تم تطبيق أدوات القياس الاقتصادي وبالأخص منهجية بوكس – جينكنز في تحليل السلاسل الزمنية، وخلصت الدراسة إلى أن الطاقات المتجددة في الجزائر ستشهد استقرارا خلال الفترة 2016-2021 في حدود 2597 كيلو طن مكافئ نفطي.

وسنحاول في هذه الورقة البحثية دراسة الإشكالية التالية: ما هو سلوك الطاقات المتجددة في الجزائر وما هي اتجاهاتها المستقبلية خلال آفاق 2021؟ ولمعالجة هذا الموضوع سوف نتطرق إلى:

أولا: مدخل معرفي للتوجه الدولي الحديث الى الطاقات المتجددة

1- الإطار النظري للطاقات المتجددة: عندما عرف الإنسان النار، عرف أول طريقة لاستغلال الطاقة واستخدامها في مختلف أغراضه الحياتية، مثل: طهي الطعام وتدفئة الكهف وإنارة الظلام، وهكذا كان الحجر هو أول مصدر خارجي للطاقة، ثم تلاه الخشب وغيره من أدوات إشعال النار، والحصول على الطاقة الحرارية.

وهناك تصنيف للطاقة ومصادرها يقوم على مدى إمكانية تجدد تلك الطاقة واستمراريتها، وهذا التصنيف يشمل:

- **الطاقة التقليدية أو المستنفذة:** وتشمل الفحم والبترول والمعادن والغاز الطبيعي والمواد الكيميائية، وهي مستنفذة لأنها لا يمكن صنعها ثانية أو تعويضها مجدداً في زمن قصير.

- **الطاقة المتجددة أو النظيفة أو البديلة:** وتشمل طاقة الرياح والهواء والطاقة الشمسية وطاقة المياه أو الأمواج والطاقة الجوفية في باطن الأرض وطاقة الكتلة الحيوية، وهي طاقات لا تنضب.

1-1- خصائص مصادر الطاقة البديلة: المقصود بالمصادر الحالية للطاقة تلك المصادر التي تزود البشر بالجزء الأساسي والأكبر من احتياجاتهم من الطاقة، فلحد الآن ما زال بعض الناس يعتمدون على أخشاب الأشجار في تلبية جزء من متطلباتهم من الطاقة كما أن بعضهم الآخر مازال يعتمد على الحيوانات في التنقل وحمل الحاجيات والحراثة، ونجد بعضهم يستخدم مصادر الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية والهوائية للحصول على بعض متطلباته من الطاقة، إلا أن هذه المصادر مجتمعة ليست ذات قيمة كمية تذكر بالمقارنة مع ما يستهلكه الإنسان من مصادر أخرى.[1]

وإن خصائص مصادر الطاقة المتجددة وطبيعتها عموما تفرض على الإنسان تطوير التكنولوجيا الملائمة لاستغلالها، ويتضح هذا بجلاء فيما لو نظرنا إلى مصادر الشائعة حاليا، فاستخراج النفط مثلا فرض على الإنسان تطوير تكنولوجيا الحفر، وأهم هذه الخصائص تتمثل في:[2]

إن مصادر الطاقة البديلة رغم ديمومتها على المدى البعيد إلا أنها لا تتوفر بشكل منتظم طول الوقت وعلى مدار الساعة، فهي ليست مخزونا جاهزا نستعمل منه ما نشاء متى نشاء فمصادر الطاقة البديلة تتوفر أو تختفي بشكل خارج قدرة الإنسان على التحكم فيها أو تحديد مقادير المتوفر منها، كالشمس وشدة الإشعاع.

إن شدة الطاقة في المصادر البديلة ليست عالية التركيز، وبالتالي فإن استخدام هذه المصادر يتطلب استعمال العديد من الأجهزة ذات المساحات والأحجام الكبيرة، والواقع أن هذا هو أحد أسباب ارتفاع التكلفة الولية لأجهزة الطاقة البديلة وهو ما يشكل في نفس الوقت أحد عوائق أمام انتشارها السريع.

تتوفر أشكال مختلفة من الطاقة في مصادر الطاقة البديلة الأمر الذي يتطلب استعمال تكنولوجيا ملائمة لكل شكل من الطاقة البديلة، فالطاقة الشمسية هي طاقة الموجات الكهرومغناطيسية المكونة لأشعة الشمس وتتجسد على الأرض بعدة أشكال منها الضوء والحرارة، أما الطاقة الهوائية ففي حركة الهواء نفسه وهي بدلك طاقة ميكانيكية.

1-2- مزايا استخدام الطاقة المتجددة وتكنولوجياتها: تتميز مصادر الطاقة المتجددة بتنوع وتعدد استخداماتها، حيث تستخدم في العديد من المجالات، مثل توليد الكهرباء، الاستخدامات المنزلية الصغيرة (الطبخ والتدفئة)، المجالات الصناعية، وتحليه المياه. لذلك فإن استخدام مصادر الطاقة المتجددة يحقق العديد من المزايا التالية:[3]

تنويع مصادر الطاقة، تحسين البيئة، توفير الطاقة الكهربائية ورفع مستوى المعيشة.

1-3- معوقات نشر الطاقة المتجددة: وتتمثل المعوقات التي تجابه نشر الطاقة المتجددة في الآتي:[4]

معوقات فنية: تتمثل أهمها في:

- الفجوة التقنية وغياب الجانب المعرفي في الدول النامية.
- معوقات تسويقية وغياب تعريف المستهلك بتطبيقات الطاقة المتجددة المنزلية (التسخين الشمسي للمياه، الإضاءة،..).
- انخفاضا مستوي خدمات ما بعد البيع (التشغيل والصيانة).

معوقات تشريعية: تتمثل أهمها في:

- فرض الضرائب الجمركية على معدات الطاقة المتجددة وقصور التمويل المحلى.
- محدودية مشاركة القطاع الخاص في إنشاء مشروعات لإنتاج واستخدم تطبيقات الطاقة المتجددة.
- التحديات التي تواجه توظيف الطاقات المتجددة على الصعيد الإقليمي:
- عدم وجود استراتيجيات ملائمة وشاملة على المستوى الحكومي أو القطاع الخاص لتمويل المشاريع المتعلقة باستخدامات الطاقات المتجددة كبديل للطاقة التقليدية التي ستنضب يوماً ما ولن تفي بمتطلبات الدول العربية في المستقبل .
- غياب التشريعات والسياسات للاستثمارات التي من شأنها أن تحقق أهداف تنمية مصادر الطاقة المتجددة، والقوانين التي من شأنها ضبط استنزاف الموارد الطبيعية التقليدية المستخدمة في توليد الطاقة.
- غياب التنظيم والتنسيق المؤسسي على المستوى الوطني والإقليمي للمشاريع التي تهدف للاستفادة من الطاقات المتجددة في بعض الدول العربية .
- عدم بروز دور الحكومات في تعزيز وترسيخ استخدام تقنيات الطاقات المتجددة، نظراً لاعتمادها أصلاً وبشكل كلي على الطاقات التقليدية في مشاريعها المختلفة .
- غياب البرامج التوعوية للمواطنين المبنية على أسس علمية وموضوعية حول ترشيد الكهرباء والماء، الهادفة إلى إحلال الطاقات المتجددة مكان استخدامات الطاقة التقليدية.

- ضعف دور القطاع الخاص في نشر تقنيات الطاقة المتجددة، المتمثل في عدم استثماره في مجال إنشاء مصانع الصناعات الخفيفة القائمة على تجميع وتركيب الأجهزة التي توظف الطاقات المتجددة في توليد الطاقة الكهربائية، وتوفيرها بسعر معقول للمستهلك .
- ندرة المشروعات التي تهدف إلى توظيف الطاقات المتجددة في الحياة اليومية العملية وفي المؤسسات والمصانع المختلفة، والتي من شأنها أن تقلل من التلوث البيئي الناجم عن استخدامات الطاقات التقليدية.
- ندرة بعض أنواع الطاقات المتجددة كالمياه وعدم ثبات البعض الآخر كالرياح يحول دون استثمارها، هذا إلى ارتفاع تكلفة استخدام بدائل الطاقات التقليدية حالياً.

1-4- فعالية تكنولوجيا الطاقة المتجددة في الوفاء بجميع أنواع متطلبات الطاقة:[5]

إمداد الشبكة الكهربائية بالطاقة: يمكن للطاقة المائية والطاقة الحرارية الأرضية وطاقة الرياح والطاقة الحيوية بالإضافة إلى الطاقة الشمسية أن تحل تدريجيًا محل مصادر الطاقة التقليدية، حيث يمكن من خلال المزج الملائم بين مصادر الكهرباء وتكنولوجيا التحكم في الشبكة الكهربائية الذكية ضمان استقرار الشبكة الكهربائية.

إمداد المناطق القروية بنظام التوليد الذاتي للطاقة: يقدر العدد بحوالي ملياري شخص في جميع أنحاء العالم يعانون من عدم القدرة على الوصول إلى شبكة الكهرباء العامة، وتتميز وحدات توليد الطاقة الذاتية التي تعتمد على مصادر الطاقة المتجددة بقدرتها على توفير الكهرباء في أي مكان يصعب فيه إنشاء شبكة كهربائية من الناحية الفنية أو الاقتصادية.

الإمداد بالحرارة اللامركزية: تقدم الطاقة الحيوية والطاقة الحرارية الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية الطاقة اللازمة لتوفير التدفئة والتبريد والمياه الساخنة للوحدات السكنية ومعالجة الحرارة في مجال الصناعة.

الوقود الحيوي لوسائل النقل: يمكن استخدام الكتلة الحيوية والمخزون الطبيعي من الطاقة الشمسية كوقود لجميع محركات وسائل النقل لضمان التنقل بطريقة مستدامة.

2- **الاهتمام الدولي بالطاقات المتجددة:** أفاد تقرير برنامج الأمم المتحدة للبيئة "يونيت" أنه على الرغم من زيادة حدة وصعوبة مساحة المنافسة، إلا أن الاستثمارات الكلية في مجال الطاقات المتجددة (باستثناء الطاقة المائية) قد تزايدت بنسبة 17% في سنة 2010 لتسجل 257 مليار دولار، وهو ما يعني زيادتها بمقدار ستة (6) أضعاف عن النسبة المسجلة في 2004، و94% عن النسبة الكلية لعام 2007 وهو العام الذي سبق الأزمة المالية العالمي

لقد تجاوزت الطاقة المتجددة مرحلة كونها "سلعة ذات مكانة" في العديد من البلدان، لتصبح حصة هامة سريعة النمو من إمدادات الطاقة، من خلال استمرارها في النمو بشكل سريع خلال سنة 2011 في كافة قطاعات الاستخدام النهائي، لتتزايد استخدامات مصادر الطاقة المتجددة بشكل ملحوظ تمثل في الإمداد بنحو 16.7% من الاستهلاك النهائي للطاقة على المستوى العالمي.

في سنة 2011 توسعت تقنيات الطاقة المتجددة في أسواق جديدة حيث قامت ما يقرب 50 دولة بتركيب قدرات جديدة من طاقة الرياح، كما تزايدت القدرات المركبة من الطاقة الشمسية والخلايا الكهروضوئية في دول وأقاليم جديدة، وتمثل الطاقات المتجددة أكثر من نصف الطاقة الكهربائية المضافة على مستوى العالم (نحو 208 جيغاوات سنة 2011)، مرتفعة من 8% في عام 2010، أي أكثر من 25% من قدرات توليد الطاقة الكهربائية عالميا (التي تقدر بنحو 5360 جيغاوات)، لتوفر حوالي 20.3% من الكهرباء.

هناك على الأقل 118 دولة (نصفهم تقريبا دول نامية) لديها أهداف في مجال الطاقة المتجددة منذ بداية 2012، مرتفعة عن 96 دولة في سنة 2011، يأتي ذلك على الرغم من التراخي الملحوظ من قبل الدول المتقدمة، وهو ما يمثل بدوره ضغوطا شديدة وخاصة أوروبا ومن بين التحولات الرائدة الذي شهدها مجال الطاقات المتجددة ما يلي:[6]

1- الولايات المتحدة الأمريكية: وفرت مصادر الطاقة المتجددة 12.7% من إجمالي الطاقة الكهربائية المحلية في عام 2011، حيث ارتفعت من 10.2% سنة 2010، و9.3% سنة 2009، وتقدر القدرة الكهربائية المضافة في سنة 2011 بنحو 39% من مصادر الطاقة المتجددة، معظمها من طاقة الرياح، وتمثل مصادر الطاقة المتجددة حوالي 11.8% من الطاقة الأولية المنتجة في الولايات المتحدة (مقارنة مع 11.3% من الطاقة النووية).

2- **الصين:** جاءت الصين في المرتبة الثانية عالميا في تركيبات توربينات الرياح، فقد زاد توليد الطاقة من الرياح بنسبة أكثر من 48.2% خلال العام، كما كانت أكبر منتج للطاقة المائية، والرائد في مجال تصنيع الوحدات الكهروضوئية في عام 2011.

3- الاتحاد الأوروبي: تمثل مصادر الطاقة المتجددة أكثر من 71% من إجمالي الطاقة الكهربائية المضافة في عام 2011، وتمثل الطاقة الكهروضوئية وحدها نحو نصف (46.7%) من القدرات الجديدة التي دخلت حيز التشغيل.

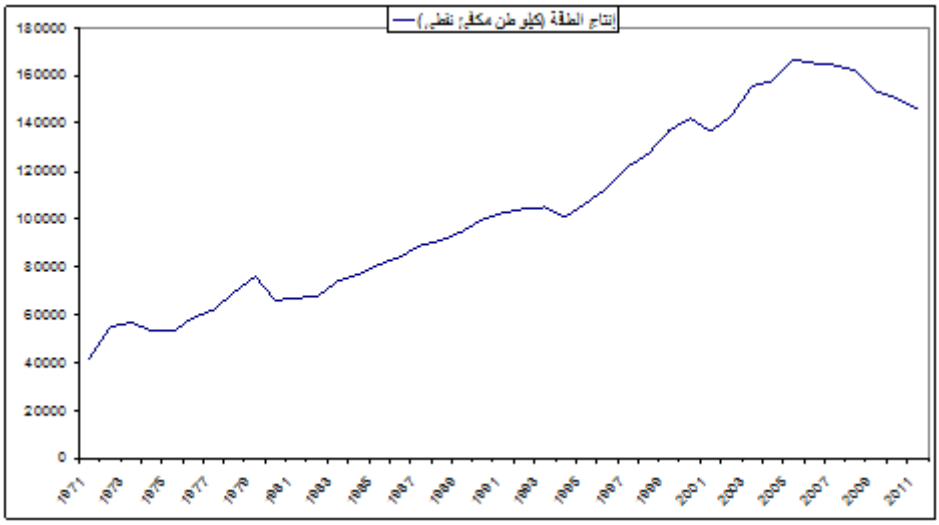
4- أمريكا اللاتينية: تبدو أمريكا اللاتينية الأقرب إلى الوصول إلى الطاقة بشكل كامل مقارنة بالمناطق النامية الأخرى، ولاسيما الكهرباء، فقد توسعت ستة (6) بلدان من دول أمريكا اللاتينية في تركيب نظام الطاقة الشمسية المنزلية مما أدى إلى تركيب أكثر من 113000 وحدة في عام 2011.

5- إفريقيا: تم تركيب 8432 محطة غاز حيوي جديدة في تسعة (9) بلدان خلال عام 2011، لترتفع معدلات إنتاج الغاز الحيوي بنسبة 100% مقارنة مع سنة 2010.

ثانيا:تحليل مؤشرات الطاقات المتجددة في الجزائر

1- تحليل تطور إجمالي إنتاج الطاقة: يشير إنتاج الطاقة إلى أشكال الطاقة والبترول الأولية (النفط الخام، وسوائل الغاز الطبيعي، والنفط المستخرج من المصادر غير التقليدية)، والغاز الطبيعي، وأنواع الوقود الصلب (الفحم، واللغنيت، والأنواع الأخرى من الوقود المستخرج)، وأنواع الطاقة المتجددة والمخلفات القابلة للاشتعال، وكذلك الكهرباء الأولية، والتي تتحول كلها إلى مواد مكافئة للنفط.

الشكل رقم 01: تطور إنتاج الطاقة في الجزائر خلال الفترة 1971-2011



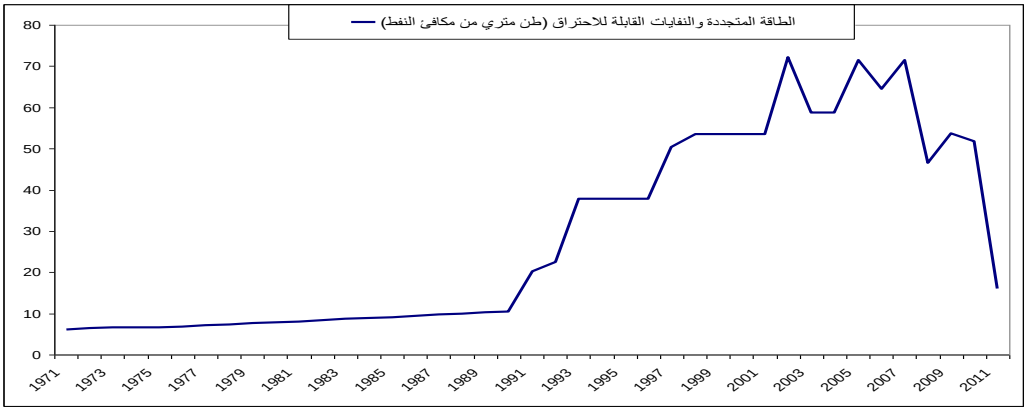
المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات البنك الدولي.

شهد قطاع إنتاج الطاقة على المستوى الدولي ارتفاعات مستمرة خلال الفترة 1971-2005 بمعدل نمو سنوي بلغ 4.39% وانخفاضات مستمرة خلال الفترة 2006-2011 بلغ معدل نموها -2.18%، حيث تضاعف إنتاج الطاقة على المستوى الدولي بأكثر من 3.5 مرة، إذ انتقل من 41506,078 كيلو طن مكافئ نفطي سنة 1971 إلى 145845,953 كيلو طن مكافئ نفطي سنة 2011.

2: تحليل استخدام الطاقة: يشير استخدام الطاقة إلى استهلاك الطاقة الأولية قبل تحويلها إلى أنواع وقود المستخدم النهائي الأخرى، وهو ما يعادل الإنتاج الأصلي مضافا إليه الواردات والتغيرات على

المخزونات ومخصوما منه الصادرات وكميات الوقود التي يتم توريدها إلى السفن والطائرات التي تشتغل بأنشطة النقل الدولية.

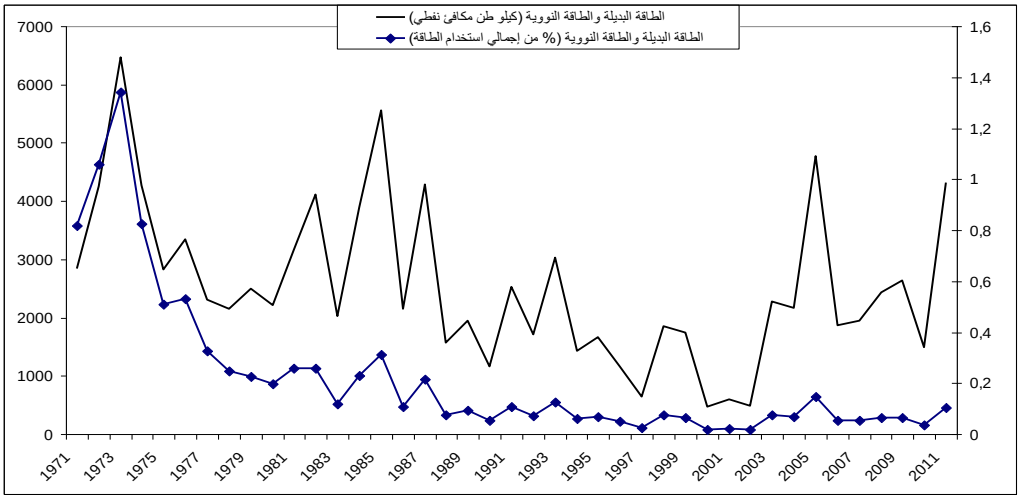
الشكل رقم 02: تطور الطاقة المتجددة والنفايات القابلة للاحتراق في الجزائر خلال الفترة 1971-2011



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات البنك الدولي.

3- تحليل تطور البديلة والطاقة النووية: الطاقة النظيفة هي الطاقة التي تتولد من مواد غير كربوهيدراتية ولا تنتج ثاني أكسيد الكربون عند إنتاجها. وهي تشمل على سبيل المثال لا الحصر الطاقة الكهرومائية والنووية والحرارية الأرضية والطاقة الشمسية.

الشكل رقم 03: تطور الطاقة البديلة والطاقة النووية في الجزائر خلال الفترة 1971-2011



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على قاعدة بيانات البنك الدولي.

عرف تطور الطاقة البديلة والطاقة النووية في الجزائر تذبذبات عدة خلال الفترة 1971-2011، وما يمكن ملاحظته من الشكل أن اتجاه التطور كان سالبا خلال الفترة 1971-2002 حيث انتقلت القيمة من 2838 كيلو طن مكافئ نفطي سنة 1971 إلى 490,2 كيلو طن مكافئ نفطي سنة 2002 بمعدل نمو سنوي بلغ 9.82%، ثم تحول إلى اتجاه عام تصاعدي خلال الفترة 2003-2011 حيث تطورت الطاقة البديلة والطاقة النووية في الجزائر من 2279 كيلو طن مكافئ نفطي سنة 2003 (نمو يقدر بـ حوالي 365% مقارنة بـ 2002) إلى 4317,2 كيلو طن مكافئ نفطي سنة 2011، بمعدل نمو سنوي بلغ 66.93%، حيث تضاعفت القيمة بحوالي 1.89 مرة.

ثالثا : منهجية النمذجة الاقتصادية سلوك الطاقات المتجددة في الجزائر

يعتبر كتاب الباحثين Box-Jenkins (1970) في تحليل السلاسل الزمنية من بين أهم كتب القياس الاقتصادي الحديثة، حيث يهتم بجمع بعض التقنيات المستعملة للمساعدة على تخصيص مراتب النموذج وتقدير معالمه، ثم اقتراح بعض الطرق للتأكد من صلاحية النموذج لأخذ شكله النهائي. ويرى كل من بوكس وجينكنز أن النماذج الديناميكية الخطية المقدرة والتحليلات النظرية المرافقة لها لا تعطينا شكل النموذج فقط، وإنما توفر أيضا المعالم المقدرة جيدا للنموذج الذي يختبر بواسطة تحليلات خاصة نابعة من البيانات.

هناك مجموعة من الخطوات التسلسلية والأساسية حسب بوكس وجينكنز لبناء نموذج لسلسلة زمنية واحدة بغرض التوقع والمراقبة، وتنحصر هذه الخطوات في أربع عناصر يتعين إتباعها حتى نستخدم منهجية بوكس –جينكنز في التنبؤ، تتمثل فيما يلي:

- ✓ مرحلة التعرف (التمييز) Identification
- ✓ مرحلة التقدير Estimation
- ✓ مرحلة الفحص (المراقبو و الضبط) التشخيصي Diagnostic
- ✓ مرحلة التنبؤ Prediction

عموما يمكن تبيين منهجية بوكس – جينكنز كما يلي :

نعلم أن أي سلسلة زمنية غير مستقرة ومتجانسة يمكن أن تُنمذج على الشكل $ARIMA(p,d,q)$ ويكون المشكل التطبيقي هو كيفية اختيار القيم الثلاثة (p,d,q)، ولتخصيص شكل هذا النوع من النماذج نختبر كلا من دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الذاتي الجزئية من اجل السلسلة الزمنية المعنية بالدراسة، فبمعرفة السلسلة الزمنية لـ ER_t (المطلوب نمذجتها و هي اختصار لكلمة *Energie Renouvelable*) يكون المشكل هو تحديد درجة التجانس d، أو عدد

الفترات التي نفرّق بها السلسلة من أجل الحصول على السلسلة المستقرة، ومنه لتحديد القيمة العددية المناسبة لـ d ، نستعمل الفكرة القائلة بان الارتباط الذاتي p_K بالنسبة للسلاسل الزمنية المستقرة، يجب أن يقترب تدريجيا من الصفر كلما كبر عدد التأخيرات K ، و لمعرفة ذلك نعتبر نموذج السيرورة $ARMA(p,q)$ ، حيث أن دالة الارتباط الذاتي للجزء $MA(q)$ تصبح صفرا عند $K\rangle q$ ، لأن هذا النمط له ذاكرة تساوي q فترة فقط، ومنه إذا كانت ER_t تتبع السيرورة $MA(q)$ فإن $p_K = 0$ من أجل $K\rangle q$ ،و من جهة أخرى نعلم كذلك أن دالة الارتباط الذاتي للجزء $AR(p)$ من السيرورة $ARMA(p,q)$ المستقرة هي ذات خاصية رطبة هندسيا، وأخيرا أن دالة الارتباط الذاتي للسيرورة الكاملة $ARMA(p,q)$ لها متوسط متحرك مميز من اجل الفترات $q-p$ الأولى، لكن بعد ذلك تكون منحدرة ذاتيا في التصرف وتأخذ خصائص $AR(p)$.الجدول التالي يلخص مختلف الحالات:

الجدول رقم 01: طبيعة النموذج وفق منحنى الارتباط الذاتي.

نوع النموذج	ACF	PACF
$MA(q)$	تنعدم بعد الفترة q	**غير منعدمة**
$AR(p)$	**غير منعدمة**	**تنعدم بعد فترة p**
$ARMA(p,q)$	**غير منعدمة**	**غير منعدمة**

المصدر: مولود حشمان، محددات الأجر في الجزائر،أطروحة دكتوراه دولة، غير منشورة، جامعة الجزائر، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، 2000، ص: 145.

تلي هذه المرحلة مرحلة تشخيص النموذج و ذلك بالاعتماد على مجموعة من الاختبارات أهمها تحليل دالة الارتباط الذاتي للبواقي من النموذج المقدر من أجل قبول أو رفض فرضية التشويش الأبيض للبواقي باستعمال اختبار (Box –Pierce) أو (Ljung–Box–Pierce)، حيث يعتبر النموذج المقدر مرفوضا إذا رفضنا فرضية العدم للتشويش الأبيض للبواقي، كمانه عند التقدير يتم المفاضلة بين النماذج المرشحة المختلفة للتقدير بالاعتماد على معايير كل من *AIC* و*SC* و*HQ* ، وأخيرا تأتي مرحلة التنبؤ كما سنرى لاحقا.

رابعا: نتائج النمذجة الاقتصادية لسلوك الطاقات المتجددة في الجزائر.

أولا: دراسة وصفية لبيانات السلسلة ER_t : تتكون السلسلة من 41 مشاهدة، ممتدة من 1971 إلى 2011 ، بمستوى متوسط (2542.45) وقيمة عظمى سجلت في سنة 1973 (6467.2) وقيمة صغرى سجلت سنة 2000 (464.4)،تعكس لنا هاتين القيمتين على الترتيب اكبر قيمة وأصغر قيمة عرفها حجم الطاقة المتجددة في الجزائر خلال فترة الدراسة، بينما ينصف هذه السلسلة مستوى وسيطي

2210.2، وتشتت في السلسلة عن متوسطها بانحراف معياري قدره 1369.95، وهو ما يعطينا فكرة حول درجة عدم تجانس مستويات السلسلة، حيث أن معامل الاختلاف[7] يساوي إلى $(c.d = \frac{1369.95}{2542.45} = 0.53)$.

ثانيا: دراسة استقرارية السلسلة ER_t باستخدام اختبار ديكي- فولر المطور *Dickey-Fuller Augmented (ADF) Test*: تكون السلسلة مستقرة إذا تذبذبت حول وسط حسابي ثابت، مع تباين ليس له علاقة بالزمن[8]، ولاختبار استقرارية السلسلة ER_t يوجد عدة أدوات إحصائية أهمها اختبار ديكي- فولر المطور.

الهدف من خلال اختبار *ADF* تأكيد استقرارية السلسلة ER_t بالاعتماد على برنامج *Eviews* 7.0 فان خطوات هذا الاختبار يمكن تلخيصها في الجدول التالي:

الجدول رقم 02: اختبار *ADF* لاستقرارية السلسلة ER_t

نوع النموذج	النموذج 1		النموذج 2		النموذج 3	
	$ADF\ t_{\hat{\phi}_j}$	القيمة الحرجة %5	$ADF\ t_{\hat{\phi}_j}$	القيمة الحرجة %5	$ADF\ t_{\hat{\phi}_j}$	القيمة الحرجة %5
اختبار ADF (للسلسلة ER_t)	**4.41 -**	- 3.52	**3.97 -** (الثابت غ م)[9]	2.93 -	1.79 - (الاتجاه غ م)	1.94 -

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على برنامج *Eviews 7.0*.

من خلال الجدول نلاحظ انه عند الفرق الأول للسلسة ER_t الإحصائية المحسوبة $\tau_{\hat{\phi}_1}$ تصبح اكبر (بالقيمة المطلقة) من الإحصائية المجدولة $\tau_{tabulè}$ في النماذج الثلاثة عند مستوى معنوية 5%، ومنه لا نقبل الفرضية $(H_0 : \lambda = 0)$ أو $(H_0 : \phi_1 = 1)$، وهذا يعني عدم وجود جذر وحدوي في السلسلة، وكذلك عدم معنوية الثابت و معامل الاتجاه، ومنه فإن السلسلة ER_t مستقرة من نوع *DS* بدون انحراف (*Sans dérivé*)، كما أنه من خلال كل من شكل السلسلة ودالة الارتباط الذاتي لها نلاحظ عدم وجود صورة منتظمة للمنحنى خلال فترات (سنوات) معينة وكذلك عدم وجود تغيرات فصلية في السلسلة مما يدل على خلو السلسلة ER_t من المركبة الفصلية.

ثالثا: نمذجة السلسلة ER_t: بعد ضمان الاستقرارية للسلسة ER_t نصل إلى مرحلة تحديد المراتب (p,q)للنموذج المختلط $ARMA$ المعرف لهذه للسلسلة، حيث تبقى هذه المرحلة الأصعب في بناء نماذج السلاسل الزمنية،لأنه يمكن للنموذج الأولي المختار أن يرفض في مرحلة متأخرة من التحليل.

1- تعريف النموذج المعرف للسلسة ER_t: تكون الصيغة الرياضية للسيرورة $ARMA(p,q)$ المعرفة للسلسة ER_t من الشكل:

$$ER_t = \alpha_1 ER_{t-1} + \alpha_2 ER_{t-2} + ... + \alpha_p ER_{t-p} + \delta + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - ..... - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

وبإدخال معامل التأخير L فان الصيغة تصبح:

$$\Rightarrow \left(1 - \alpha_1 L - \alpha_2 L^2 - ..... - \alpha_p L^p\right) \cdot ER_t = \delta + \left(1 - \theta_1 L - \theta_2 L^2 - ..... - \theta_q L^q\right) \cdot \varepsilon_t$$

من أجل تحديد النموذج المعرف للسلسة المستقرة ER_t ، ونظرا لأهمية هذه المرحلة، فسنحاول دراسة أكثر من صيغة رياضية مرشحة لنماذج $ARMA$ مختلفة حسب المراتب (p,q).

ويكون بذلك النموذج المختار هو الذي يعطي أحسن توفيقة بين المعايير Akaike،Schwarz،Hannan-Quinn، مع أخذ بعين الاعتبار مستوى معامل التحديد R^2 معنوية المعلم المقدرة وإحصائية DW.

- بعد تفحص كل النماذج المرشحة يمكننا اختيار النموذج $ARMA(1,2)$ لعدة اعتبارات منها:
  - أقل قيمة للمعايير Akaike،Schwarz،Hannan-Quinn.
  - مستوى أعلى لمعامل التحديد R^2 .
  - بالنظر إلى منحنيات دوال الارتباط (البسيطة والجزئية) للسلسلة ER_t (الملحق رقم 2) نلاحظ أن كل من معاملات الارتباط الأولى والثانية لدالة الارتباط الذاتي ومعامل الارتباط الأولى لدالة الارتباط الجزئية على التوالي ذات معنوية إحصائية، أما باقي المعاملات p_K فهي لا تختلف معنويا على الصفر (داخل مجال الثقة)، كمان المنحنيان عموما متشابهان، حيث نجد تناقص بشكل هندسي لمنحنى دالة الارتباط الذاتي والجزئية، وهي الحالة التي توافق نماذج $ARMA$ حيث أنه ممكن أن تكون: $p = 0 \vee 1$ و $q = 0 \vee 1 \vee 2$.
  - معنوية جيدة للمعالم المقدرة .
  - وفقا لهذه النقاط تكون الصيغة الرياضية المثلى للنموذج المعرف للسلسلة المستقرة ER_t من الشكل:

$$ER_t = \alpha_1 ER_{t-1} + \delta + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2}$$

وبإدخال معامل التأخير L فإن الصيغة تصبح:

$$(1-\alpha_1 L)\cdot ER_t = \delta + (1-\theta_1 L-\theta_2 L^2)\cdot \varepsilon_t$$

أي: $ER_t \rightarrow ARMA(1,2)$

2- تقدير النموذج المعرف للسلسلة ER_t: من خلال الاعتبارات السابقة فإن شكل النموذج الأمثل للسلسلة ER_t هو كما يلي:

الشكل رقم 04 :نتائج تقدير نموذج $ARMA$ للسلسلة ER_t.

Dependent Variable: ER
Method: Least Squares
Date: 09/26/14 Time: 07:55
Sample (adjusted): 1972 2011
Included observations: 40 after adjustments
Convergence achieved after 15 iterations
MA Backcast: 1970 1971

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2259.877	362.5932	6.232542	0.0000
AR(1)	0.129402	0.063924	2.024316	0.0565
MA(1)	-0.180706	0.033587	-5.380313	0.0000
MA(2)	0.953112	0.017614	54.10964	0.0000

R-squared	0.695599	Mean dependent var	2535.065
Adjusted R-squared	0.545232	S.D. dependent var	1386.575
S.E. of regression	1121.985	Akaike info criterion	16.97823
Sum squared resid	45318638	Schwarz criterion	17.14711
Log likelihood	-335.5645	Hannan-Quinn criter.	17.03929
F-statistic	7.854352	Durbin-Watson stat	1.745025
Prob(F-statistic)	0.000370		

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على برنامج *Eviews 7.0*.

ومنه يمكن صياغة النموذج $ER_t \rightarrow ARMA(1,2)$ رياضيا، على النحو التالي:

$$ER_t = 0{,}13\cdot ER_{t-1} + 2259{,}87 + \varepsilon_t - 0{,}18\cdot \varepsilon_{t-1} + 0.95\cdot \varepsilon_{t-2}$$

أو: $$(1-0{,}13L)\cdot ER_t = 2259{,}8 + (1-0{,}18L+0{,}95L^2)\cdot \varepsilon_t$$

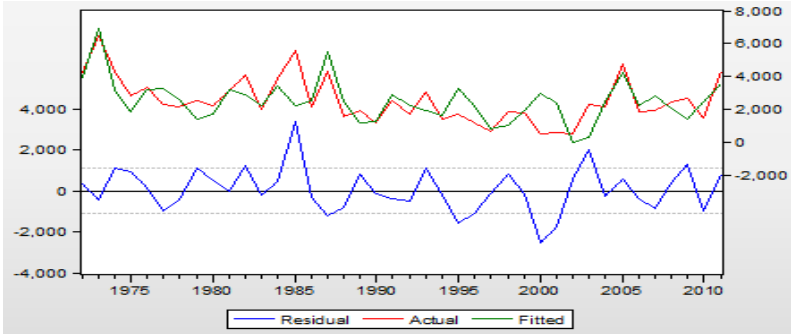
ثالثا: تشخيص النموذج: نهدف من خلال هذه المرحلة إلى اختبار قوة النموذج الإحصائي المختار ($ER_t \rightarrow ARMA(1,2)$) عبر النقاط التالية:

1- التحليل الإحصائي للنموذج: من خلال الشكل أعلاه نلاحظ أن كل معاملات المتغيرات المفسرة معنوية إحصائيا عند مستوى 5%، (الاحتمال المقابل لقيمة t_{cal} اقل من 0.05) ، إحصائية DW

تبين خلو النموذج من مشكل الارتباط الخطي، يدل كل هذا على جودة النموذج المقدر كمان قيمة معامل التحديد ($R^2 = 0,69$) تبين على قوة جودة توفيق النموذج.

2- مقارنة بيانات السلسلتين الأصلية و المقدرة: من خال الشكل يمكننا ملاحظة شبه المطابقة بين منحنيي السلسلة الاصلية (Actuel) ومنحنى السلسلة المقدرة (Fitted)،هذا من شانه ان يعطينا فكرة على مدى اهمية تعبير النموذج المقدر $ER_t \rightarrow ARMA(1,2)$ على بيانات ER_t.

الشكل رقم 05: مقارنة بيانات السلسلتين الأصلية و المقدرة.



المصدر:من اعداد الطالب بالاعتماد على برنامج *Eviews 7.0*.

3- تحليل دالة الارتباط الذاتي للبواقي: نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي، أن المعاملات المحسوبة من اجل كل الفجوات *k* معنويا لا تختلف عن الصفر (داخل مجال الثقة)، ولاثبات هذا نستعمل اختبار Ljung-Box .

الشكل رقم 06: دالة الارتباط الذاتي للبواقي.

Correlogram of Residuals

Date: 09/26/14 Time: 08:18
Sample: 1971 2011
Included observations: 39
Q-statistic probabilities adjusted for 4 ARMA terms

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.014	-0.014	0.0078	
		2	0.087	0.086	0.3322	
		3	-0.030	-0.028	0.3712	
		4	-0.100	-0.109	0.8309	
		5	-0.073	-0.072	1.0794	0.299
		6	0.326	0.351	6.2428	0.044
		7	-0.037	-0.028	6.3110	0.097
		8	0.047	-0.050	6.4268	0.169
		9	-0.079	-0.085	6.7623	0.239
		10	-0.166	-0.104	8.2875	0.218
		11	0.013	0.089	8.2975	0.307
		12	0.115	0.038	9.0743	0.336
		13	-0.049	-0.077	9.2225	0.417
		14	0.001	-0.083	9.2227	0.511
		15	-0.315	-0.314	15.836	0.147
		16	-0.170	-0.066	17.853	0.120

المصدر:من إعداد الباحث بالاعتماد على برنامج *Eviews 7.0*.

4- اختبار *Ljung-Box*: استعمل هذا الاختبار لدراسة المعنوية الكلية لمعاملات دالة الارتباط الذاتي ذات الفجوات أقل من 16 أعلاه حيث توافق إحصائية الاختبار المحسوبة (*LB*) آخر قيمة في العمود Q-Stat في الشكل أعلاه ، حيث[10] : $LB = 17.85$

القرار: لدينا الإحصائية المحسوبة $LB = 17.85$ أكبر من الإحصائية المجدولة $X^2_{0,05;41}$ ومنه نقبل فرضية التشويش الأبيض للسلسلة البواقي. أو بأن كل معاملات الارتباط الذاتي لا تختلف عن الصفر $(H_0 : P_1 = P_2 = ... = P_{16} = 0)$.

خامسا : التنبؤ بمستويات الطاقات المتجددة في الجزائر – أفاق 2021

يمكن التنبؤ بمستوى السلسلة ER_t الموافق لسنة 2012 من خلال المعادلة التراجعية التالية:

$$ER_t = 0{,}13 \cdot ER_{t-1} + 2259{,}87 + \varepsilon_t - 0{,}18 \cdot \varepsilon_{t-1} + 0.95 \cdot \varepsilon_{t-2}$$

ومنه: $$ER_{2012} = 0{,}13 \cdot ER_{2011} + 2259{,}87 + e_{2012} - 0{,}18 \cdot e_{2011} + 0{,}95 \cdot e_{2010}$$

حيث e_{2010}, e_{2011}:تمثل على التوالي أخر قيمة لبواقي التقدير و تساوي (- 968.03 ، 783.64) على التوالي.

$$ER_{2012} = 0{,}13 \cdot (4317{,}2) + 2259{,}87 + 0 - 0{,}18 \cdot (783{,}64) + 0{,}95 \cdot (-968{,}03) \simeq 1760{,}43$$

- بنفس الخطوات السابقة نستطيع حساب القيم التنبؤية لحجم الطاقة المتجددة للعشر سنوات المقبلة، والجدول التالي يبين القيم المتوقعة لمستويات الطاقة المتجددة في الجزائر ، على بعد 10 سنوات من نهاية فترة السلسلة محل الدراسة :

الجدول رقم 03: المستويات المتوقعة لمستوى الطاقة المتجددة في الجزائر بالآلاف للفترة 2012-2021.

السنوات	البواقي e_t	ER_t
2010	-968.03	1496.4
2011	783.64	4317.2
2012	0	1760.45
2013	0	3233.18
2014	0	2680.18
2015	0	2608.79
2016	0	2598.95
2017	0	2597.73
2018	0	2597.57
2019	0	2597.50
2020	0	2597.44
2021	0	2597.37

المصدر:من إعداد الباحث بالاعتماد على برنامج Eviews 7.0.

من خلال الدراسة النظرية والتحليلية والقياسية توصلنا إلى **النتائج التالية:**

- شهد إنتاج الطاقة على المستوى الدولي ارتفاعات مستمرة خلال الفترة 1971-2005 بمعدل نمو سنوي بلغ 4.39% وانخفاضات مستمرة خلال الفترة 2006-2011 بلغ معدل نموها -2.18%.
- تضاعف استخدامات الطاقة 4.8 مرة سنة 2011 مقارنة بسنة 1971، ونمت بمعدل سنوي بلغ 4.24%.
- شهد تطور الطاقة المتجددة والنفايات القابلة للاحتراق شهد ثلاث مراحل أساسية: تمثلت المرحلة الأولى في الفترة 1971-1989، حيث نمت القيمة بمعدل نمو سنوي بلغ 2.65% وتضاعفت القيمة بـ 1.65 مرة، وشهدت المرحلة الثانية 1990-2007 عدة تقلبات ونمت قيمتها بمعدل نمو سنوي بلغ 14.06% وتضاعفت القيمة بحوالي 6.8 مرة، في حين تميزت المرحلة الثالثة 2008-2011 انخفاضات حادة حيث انخفضت القيمة بمعدل نمو سنوي بلغ -22.98%.
- تطورت الطاقة البديلة والطاقة النووية في الجزائر خلال الفترة 2003-2011 من 2279 كيلو طن مكافئ نفطي سنة 2003 (نمو يقدر بـ حوالي 365% مقارنة بـ 2002) إلى 4317,2 كيلو طن مكافئ نفطي سنة 2011، بمعدل نمو سنوي بلغ 66.93%، حيث تضاعفت القيمة بحوالي 1.89 مرة.

– السلسلة محل الدراسة (حجم الطاقة المتجددة) مستقرة في المستوى وتتبع سيرورة مختلطة من الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة أي : $ER_t \rightarrow ARMA(1,2)$

– وجود أثر موجب ومعنوي لمستوى الطاقة المتجددة لفترة الماضية على مستوى الطاقة المتجددة الحالي.أي أن مستوى الطاقة المتجددة في الفترة (t) يرتبط مستوى الطاقة المتجددة في الفترات السابقة (t–i) و يتناسب طرديا معها، إن هذه العلاقة تظهر شيئا مهما وهو الطبيعة الحركية لمستوى الطاقة المتجددة أي أن مستوى الطاقة المتجددة الفترة الحالية يتوقف على مستوى الطاقة المتجددة للفترات السابقة.

– ستشهد الطاقات المتجددة في الجزائر استقرارا خلال الفترة 2016–2021 في حدود 2597 كيلو طن مكافئ

الهوامش

[1] –*Mc Mullan.,J,T, Morgan, R.Murray,* ***R.B.Energy Resource and sopply john wiley and sans****. London Energy* 1976*;pp:*66-93.

2- سعود يوسف عياش: "تكنولوجيا الطاقة المتجددة"، عالم المعرفة، سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، صدرت السلسلة في يناير 1978 بإشراف أحمد مشاري العدواني 1923-1990، سنة 1981، ص ص: 275-280.

3- الأمم المتحدة: "تنمية استخدامات الطاقة الجديدة والمتجددة"، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة، جوهانسبرغ، 26 سبتمبر 2002، http://www.escwa.un.org/arabic/information/meetings/events/wssd/pdf/

4- محمد مصطفي الخياط: "مشروع الإستراتيجية العربية للطاقة المتجددة"، دراسة بتكليف من جامعة الدول العربية، ماي 2009.

5- الوكالة الألمانية للطاقة: "الطاقة المتجددة: تقنيات الطاقة المتجددة قصة نجاح ألمانية"، الوزارة الاتحادية للاقتصاد والتكنولوجيا، ص: *www.renewables-made-in-germany.com.*

6- المركز التعاوني لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة "يونيب" لتمويل مشروعات المناخ والطاقة، ترجمة: محمد مصطفى محمد الخياط، نهلة فوزي الدرملي، الاستثمارات العالمية للطاقات المتجددة تسجل 257 مليار دولار، شبكة سياسة الطاقة المتجددة للقرن الواحد والعشرين، كلية فرانكفورت المالية والإدارية، 2011، ص ص:1-5.

7- معامل الاختلاف = الانحراف المعياري مقسوم على المتوسط ($c.d = \frac{std.dev}{mean}$) : و هو معيار يدل على درجة تجانس السلسلة بمعنى مدى تشتتها حيث نقول على السلسلة بأنها متجانسة بمعنى أن قيمها لا تخرج على مجال معين ضيق أو غير متشتتة إذا كان اقل من الواحد ($c.d\langle 1$)

[8] *Arture Charpentier,* ***cours des séries temporelles, Théorie et Application****, Dauphine, université de Parie, ENSAE, volume2 , 2005, p 6-7.*

9- غ م : تعني غير معنوي إحصائيا عند 5 %.

10 *Régis Bourbonnais,* ***économétrie****, 5 édition , édition Dunod , paris, Francs, 2004, p228-229.*