دراسة قياسية تنبؤية لإنتاج الطاقة الكهرباء من الطاقة النووية بإستخدام منهجية بوكس جنكيز

–دراسة حالة فرنسا–

Predictive econometric study of the production of electricity of nuclear power origin using the Box - Jenkins method "Case study: France"

Étude économétrique prédictive de la production d'électricité d'origine nucléaire en utilisant la méthode Box – Jenkins « Étude de cas : France »

ميهوب سماح[1*]

تاريخ الإرسال: 2021/03/01 تاريخ القبول: 2021/10/20 تاريخ النشر: 2022/12/02

ملخص:

نهدف من خلال هذه الدراسة لتبيين واقع إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية في العالم وفي فرنسا بالتحديد، كما نهدف إلى معرفة النموذج القياسي الإستشرافي الأفضل لتنبؤ بحجم الإنتاج من الطاقة النووية في فرنسا خلال السنوات القادمة، لذلك تم اعتماد نموذج الإنحدار الذاتي المتكامل للمتوسطات المتحركة (ARIMA)، والمعروف بإسم منهجية بوكس جنكيز بإعتبارها من أحسن الطرق في الوقت الحالي لتنبؤ بالسلاسل الزمنية معتمدين في ذلك على سلسلة زمنية لإنتاج الكهرباء من الطاقة النووية من سنة 1960 الى سنة 2019، تحصلنا عليها من موقع وزارة التحول البيئي الفرنسية، وتوصلت الدراسة بعد تطبيق أهم مراحل الطريقة في الكشف عن أفضل نموذج لتنبؤ بأن نموذج ARIMA (3 ,1 ,0) هو النموذج الأفضل لتنبؤ .

الكلمات المفتاحية: . الطاقة الكهربائية، النووية، فرنسا، منهجية بوكس جنكيز

Abstract :

Through this study, we expose the reality of the production of electricity of nuclear power origin in the world and in France in particular. We also aim to know the best prediction econometric model to forecast the volume of nuclear energy production in France in the coming years. We use in time series analysis the Box - Jenkins ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) method to find the best fit of a predictive time series model to past values of a time series, recognized as the best method for predict time series. So, we are basing ourselves on a chronological series of the production of electricity of nuclear power origin, from 1960 to 2019 obtained on the site of the French Ministry of Transformation and the Environment. We conclude after applying the most important steps of the method (ARIMA), the model (0, 1,3) is the best prediction model.

Keywords: electrical energy, nuclear energy, France, Box-Jenkins method.

*المؤلف المراسل

[1] MIHOUB SAMEH , Abdelhamid Mehri-constantine2, Algeria, sameh.mihoub@univ-constantine2.dz-

Résumé :

À travers cette étude, nous exposons la réalité de la production d'électricité d'origine nucléaire dans le monde et en France en particulier. Nous visons également à connaître le meilleur modèle économétrique de prédiction pour prévoir le volume de production d'énergie nucléaire en France dans les années à venir .Nous utilisons dans l'analyse des séries chronologiques, la méthode Box - Jenkins ARIMA (moyenne mobile intégrée autorégressive) pour trouver le meilleur ajustement d'un modèle de série temporelle prédictive aux valeurs passées d'une série chronologique, reconnu comme la meilleure méthode pour prédire les séries chronologiques. Alors, nous nous basons sur une série chronologique de la production d'électricité d'origine nucléaire, de 1960 à 2019 obtenue sur le site du ministère français de la Transformation et de l'Environnement. Nous concluons après avoir appliqué les étapes les plus importantes de la méthode (ARIMA), le modèle (0, 1,3) est le meilleur modèle de prédiction.

Mots clés: énergie électrique, nucléaire, France, méthode de Box-Jenkins.

المقدمة

تعتبر الطاقة الكهربائية العنصر المحرك لإقتصاديات الدول والذي يعتمد عليه أي تطور، فالتطور و العصرنة التي تعرفها كل الجوانب التقنية والعلمية أوجبت على الدول إعتماد نظام طاقوي إستراتيجي يلبي إحتياجاتها الحالية و المستقبلية، وقد يجعل منها دخلا حقيقيا للدول التي لها فوائض في الإنتاج ما يساعد على إنتعاش إقتصاديتها وتطويرها وإزدهارها، ونظرا للأهمية الحيوية للطاقة الكهربائية فالدول تعمل جاهدة على تطوير و إستغلال كل مصادر إنتاجها، سواء من الطاقات التقليدية أو الطاقات المتجددة ، وتعتبر الطاقة النووية من بين أهم العناصر المستخدمة في إنتاج الطاقة الكهربائية في العديد من الدول على الرغم من إمتلاكها لرصيد مهم من المصادر الآخرى ، ومن بين الدول التي تعتبرها المصدر الرئيسي لها فرنسا، حيث أن الدولة تعتبرها من أهم مخططاتها الاقتصادية فهي تولي أهمية كبير لهذا القطاع وتعمل على تطويره و زيادة إنتاجه لتحقيق الإكتفاء الذاتي من جهة ولتصدير من جهة آخرى، ولكن على الرغم من خطورة إستغلالها إلا أن توفرها على البنية التحتية المهيئة للإنتاج تجعل منها دولة عظمى في المجال .

إن معرفة الدولة للتوقعات المستقبلية لحجم إنتاج الكهرباء من مختلف المصادر يجعل إستراتيجياتها في المجال واضحة ومحددة، وهذا يساعدها على إتخاذ القرارات الصحيحة والصائبة، بالتالي عمل الإقتصاديين والباحثين في مجال القياس الإقتصادي على إعتماد أدوات إستشرافية تساعد الدول في ذلك، ومن بين هذه الأدوات نماذج التنبؤ وتعتبر منهجية بوكس جنكيز من أهم المنهجيات في التنبؤ و سنحاول من خلال هذا الورقة البحثية تطبيق الطريقة على إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية في فرنسا حيث سيتم توضيح المنهجية من جهة وتحليل النتائج القياسية من جهة ثانية وربطها بأهداف الدولة وقراراتها المستقبلية .

1–إشكالية الدراسة

من خلال ما سبق تنبثق اشكالية البحث في السؤال الرئيسي التالي :

ما هو النموذج الأنسب لتنبؤ بإنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية في فرنسا، وما مدى كفاءته في التنبؤ ؟

2– فرضية الدراسة

بهدف الإجابة عن إشكالية البحث تم صياغة فرضيته كمايلي :

نماذج ARIMA من أفضل النماذج في التنبؤات القصيرة المدى الخاصة بإنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية في فرنسا .

3–أهداف البحث

–التعرف على مكانة الطاقة النووية كمصدر لإنتاج الكهرباء في العالم وفي فرنسا

–توضيح طريقة التنبؤ بإستخدام بوكس جنكيز وإثبات جدارتها في ذلك .

–تحديد النموذج الملائم لتطور كميات إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية والتنبؤ بكميات الطاقة حتى 2025

4–**منهج البحث** : لقد اعتمدنا في بحثنا على المنهج الوصفي التحليلي الذي يلائم طبيعة البحث ، كما اعتمدنا في الجانب التطبيقي على منهجية بوكس جنكيز حيث تم تطبيقها على احصائيات تم الحصول عليها من موقع وزارة التحول البيئي الفرنسية .

5–الدراسات السابقة

نظرا لقلت الدراسة في هذا الجانب فقط تم الاطلاع على عدد منها مرتبط بالموضوع يمكن سردها كمايلي :

- ✓ كتاب من إعداد مجموعة من الباحثين هم :

George EP Box, Gwilym M Jenkins, Gregory C Reinsel, and Greta M Ljung

بعنوان **TIME SERIES ANALYSIS Forecasting and Control** الصادر عن دار النشر ,Fifth Edition

يعتبر المرجع الرئيسي لطريقة التنبؤ ببوكس جنكيز، حيث أن أصحاب الطريقة يفسرون ويحددون شروط العمل بها وكيفية العمل بها بطريقة رياضية تقنية لتأكيد نجاعة الطريقة في التعرف على أفضل نموذج لتنبؤ .

- ✓ **مقال** من إعداد Lihua Ma, Chao Hu, Rongchao Lin and Yanben Han ، تحت عنوان

ARIMA model forecast based on EViews software ، في مجلة الوطنية للارصدة الفلكية ،

الأكاديمية الصينية للعلوم، بكين ، سنة 2017 ، حيث تم استخدام منهجية بوكس جنكيز في التنبؤ بالناتج المحلي الاجمالي للصين ، وتوصل الباحثين الى أفضل نموذج للتنبؤ هو النموذج ARMA (1,0) .

- ✓ بحث علمي من طرف الباحث Yves GRENIER ، تحت عنوان Modèles ARMA â coefficients dépendant du temps estimateurs et applications. ARMA models with time-dependent coefficients:

.estimators and applications ، في مجلة Traitement du Signal، مجلد 3 العدد 4 ، حيث تم تلخيص كل أعماله في هذا المقال المرتبطة بطريقة اعتماد نموذج ARMA، وتبيين الحالات الافضل لتطبيق النموذج .

- ✓ مقال قامت به كل من أحلام أحمد جمعة وهالة فاضل حسين بعنوان تحليل خصائص نماذج السلاسل الزمنية على بيانات القطاع النفطي في العراق خلال الفترة 1958-2008 في مؤتمر العلمي الثامن ، جامعة كربلاء ، سنة 2013 بعد تحليل السلسلة توصلت الدراسة باستخدام منهجية بوكس جنكيز تبين أن نموذج ARIMA (1 ,0 ,1)
- ✓ مقال من اعدا د محمود أحمد اشتيوي ، سالمة عمر بلعيد المقرحي ، عبد السلام محمد قنديلة مقال بعنوان ، تطبيق نماذج الانحدار الذاتي المتكاملة والمتوسطات المتحركة ARMA على إنتاج مصنع الاسمنت خلال الفترة 1993-2013، في مجلة العلوم الانسانية والعلمية والاجتماعية ، جامعة المرقب ، في العدد الرابع ، سنة 2017، حيث تم توضيح مراحل استخدام منهجية بوكس-جينكنز السنوية في التنبؤ على المستوى النظري والتطبيقي ، وذلك من خلال بناء نموذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بإنتاجية العمل السنوية بمصنع إسمنت المرقب. خلال الفترة الزمنية (1993 - 2013). حيث تم تحليل البيانات باستخدام البرنامج الإحصائي (MINTAB) وتوصل البحث إلى أن السلسلة الزمنية للإنتاج بالمصنع غير ساكنة، وأن النموذج المناسب لتقدير إنتاجية العمل السنوية الخاصة بمصنع الإسمنت المرقب هو نموذج ARIMA(1 ,2,1) وعليه نوصي الجهات المختصة باستخدام نموذج للتنبؤ بإنتاج.

6-هيكل البحث

بهدف الإجابة على إشكالية البحث والوقوف على النتائج الخاصة بأفضل نموذج لتنبؤ بإنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية في فرنسا، قسم البحث إلى ثلاثة محاور رئيسية، أولهما مدخل إلى الطاقة النووية، وثانيها واقع إنتاج الكهرباء في العالم وفي فرنسا ، أما المحور الآخير هو دراسة قياسية تنبؤية و إختيار أفضل نموذج بإستخدام بوكس جنكيز .

المحور الأول : مدخل إلى الطاقة النووية

نظر للتوسع والتطور الهائل الذي يشهده العالم اليوم في جميع المجالات والحاجة المتزايدة للطاقة الكهربائية من مصادرها المختلفة فقد باتت الطاقة النووية من المصادر المهمة لإنتاجها في العديد من الدول

1-تعريف الطاقة النووية

الطاقة النووية هي الطاقة التي تنطلق أثناء إنشطار أو اندماج الأنوية الذرية ،حيث تشكل الطاقة النووية 16% من الطاقة المولدة بالعال (بدوي،وآخرون، 2016)، فالعلماء يرون أنها مصدر حقيقي متجدد لا ينضب، وما يجعل هناك صعوبة في تبنيها من طرف كل الدول هو تكلفتها النسبية وكذا المخاوف المتعلقة بسلامتها الناتجة عن المخلفات الاشعاعية العالية ومخاطرها .

بدأت أولى المحطات التجارية في مجال انتاج الطاقة الكهربائية في الخمسينات من القرن الماضي،حيث توفر الآن حوالي 10% من الكهرباء في العالم بإستخدام حوالي 440 مفاعل نووي موزعة على أكثر من 50 دولة منها ما يستخدم في مجال البحث وكذا الصناعة والطب بمقدار 220 مفاعل نووي، وتعتبر الطاقة النووية ثاني مصدر للطاقة منخفض الكربون في العالم 29% من الاجمالي في سنة 2018 فهناك العديد من الدول ترى فيها الاستراتيجية الوحيدة للحد من الغازات الدفئة (الذرية، 2016)

2–طريقة عمل محطات الطاقة النووية

تولد محطات الطاقة النووية الكهرباء بطريقة مماثلة للمحطات التقليدية، إلا أن الاختلاف يكمن في نوع الوقود المستخدم. فجميع المحطات تولد الكهرباء عن طريق إنتاج الحرارة التي تحول الماء إلى بخار، ثم يعمل البخار على تدوير المحركات أو التوربينات الموصولة بالمولدات لإنتاج الكهرباء، تستخدم اليورانيوم وقودا لمفاعلات الطاقة النووية، و اليورانيوم هو عنصر طبيعي مشع يتواجد في الطبيعة

حيث تجري عملية الانشطار التي تؤدي إلى انقسام ذرات اليورانيوم إلى أجزاء صغيرة عن طريق تغيير هيكلها الجزيئي؛ وتتولد كمية من الطاقة أثناء هذا الانقسام، الأمر الذي يؤدي إلى إنتاج حرارة كافية لإنتاج البخار الذي يستخدم بواسطة التوربين لتوليد الكهرباء.وتعتبر عملية الانشطار وسيلة فعالة جدًا لتوليد الطاقة، فالطاقة المتولدة من قطعة يورانيوم بحجم أنملة الإصبع تعادل الطاقة الناتجة عن 480 لتر من النفط، أو طن واحد من الفحم.وتعد الطاقة النووية من أكثر الوسائل الصديقة للبيئة المستخدمة لتوليد الطاقة، نظرًا لأن المحطات النووية لا تحرق الوقود الأحفوري، وبالتالي لاتنتج إنبعاثات ضارة بالبيئة (محمود نصرالدين، 2006، الصفحات ص 16-17)

3–أنواع المفاعلات النووية المستخدمة في توليد الكهرباء

هناك ثلاثة أنواع رئيسية للمفاعلات النووية المستخدمة في توليد الكهرباء وتتمثل فيما يلي (عبدالصبور، 2002، الصفحات ص53-59)

3–1–مفاعلات الماء العادي : تستعمل الماء العادي مهدئا ومبردا وناقلا للحرارة وتنقسم حسب دورة الماء في نقل الحرارة الى التوربينات إلى مفتعلات الماء المغلي ومفاعلات الماء المضغوط

3–2–مفاعلات الماء الثقيل : تستخدم الماء الثقيل الذي يحتوي على الديوتيريوم بدلا من الهيدروجين مهدئا ومبردا والماء العادي ناقلا للحرارة وتم تطوير هذه المفاعلات في كندا وتسمى ب CANDU

3–3–مفاعلات التبريد الغازي : يتم استعمال الجرافيت مهدئا وثاني أكسيد الكاربون مبردا، أما فيما يخص عدد المفاعلات العاملة عبر الدول أنحاء العالم فيمكن ادراجها من خلال الجدول التالي

جدول رقم (1) : عدد المفاعلات العاملة في جميع أنحاء العالم

السنوات	1987	1996	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
العدد	407	438	438	441	441	435	439	438	437	441
السنوات	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
العدد	434	436	433	437	440	446	447	449	442	442

المصدر : بالاعتماد على إحصائيات الجمعية العالمية للطاقة النووية**(WNA, 2020)**

يبين الجدول أعلاه التطور البسيط والمتزايد في عدد المفاعلات النووية في العالم، حيث بلغ سنة 1987 قيمة 407 مفاعل في حين بلغ سنة 2020 ما يقدر بـ 442 مفاعل، أي زيادة قدرها 35 مفاعل في ظرف 33 سنة والتطور البطئ يرجع من جهة للسياسة العالمية والإجراءات الصارمة في انشاء مفاعلات نووية ومن جهة آخرى صعوبة الناجمة عن توفير الظروف للحفاظ عليه وحماية من مخاطره، كما نلاحظ تراجع من سنة 2019 بقيمة 7 مفاعلات، وهذا يرجع الى التوجه نحو الطاقات المتجددة والاستثمار فيها خاصة مع انخفاض تكلفتها مقارنة بالنووية من جهة، وكذا انعدام مخاطرها على البشر والطبيعة مقارنة بالنووية، فهناك العديد من الدول تتجه نحو غلق بعض مراكز الانتاج من الطاقة النووية .

4- مخاطر إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية

تعتبر الطاقة النووية من أغلى وأخطر الطاقات بالرغم من ذلك يستخدمها العديد من الدول في إنتاج الكهرباء، ومن بين مخاطرها ما يلي :

4-1-اشعاعات المخلفات النووية

تعتبر المخلفات النووية من الوقود المستهلك أكثر إشعاعًا بملايين المرات من الوقود "الطازج" لليورانيوم وتبقى كذلك لآلاف السنين، ويقدر أن كمية المخلفات عالية الإشعاع ستبلغ بحلول 2020 نحو 445 ألف طن .

4-2- تشكل النفايات المتراكمة

تشكل النفايات المتراكمة خطرًا وشيكًا يتمثل في إمكانية تسرب المواد المشعة إلى البيئة من جراء سوء التخزين أو الحوادث أو أسباب أخرى، هناك سجل حافل لحالات تم التخلص فيها من مخلفات نووية بطريقة خاطئة أو تفتقر إلى القواعد الصحيحة، حيث تم تقديم عدد من الإقترحات لتخلص من النفايات النووية ، فمنها من اقترح المحيطات العميقة، التخزين تحت الأرض في طبقات مستقرة، ترحيل النفايات الى الفضاء بإستعمال المركبات الفضائية ولكن هذا مكلف حيث أن الإتفاق يدور حول طريقة آمنة واقتصادية (حردان، 2011، ، صفحة 212)

4-3- الإخفاءات التقنية والأخطار البشرية

المفاعلات النووية خطرة بطبيعتها، ففي أي لحظة قد يؤدي مزيج غير متوقع من الإخفاقات التقنية أو الأخطاء البشرية أو الكوارث الطبيعية إلى خروج المفاعل عن السيطرة، وأهمها ما يعرف بحوادث فقدان المبرد وما ينتج عنه من إطلاق مخرون مدمر من المواد المشعة في الجو ، أو انفجار انابيب الضغط العالي (الدملوجي، 2010، صفحة 275)

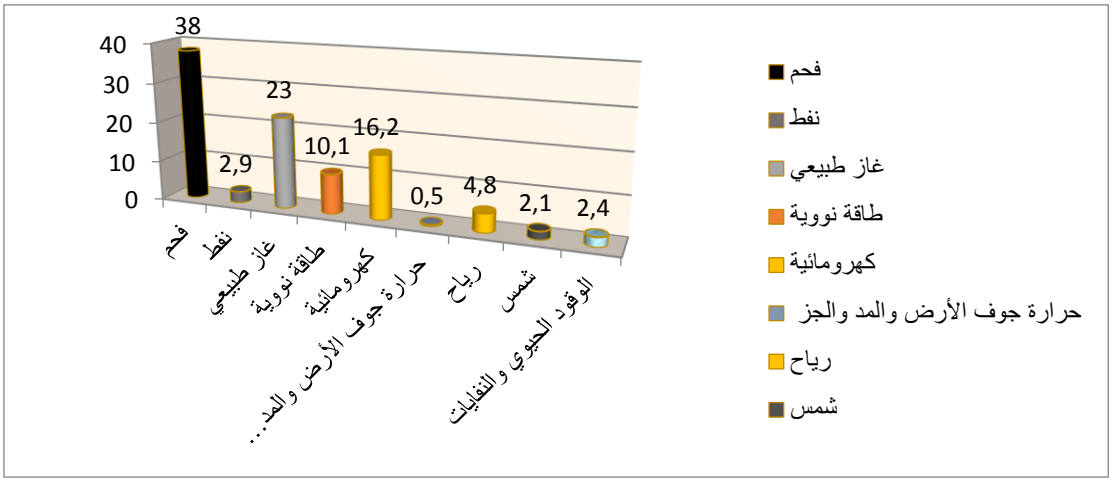
ثانيا : واقع إنتاج الكهرباء في العالم وفي فرنسا

بإعتبار انتاج الطاقة الكهربائية من العناصر الأساسية التي تولى لها الدول مخططات واسعة التطبيق، حيث تعمل على إستقطابها من مختلف المصادر سواء كانت متجددة أو غير متجددة ،كما تعمل على توسيع حجم الإستثمار في كل المجالات المرتبطة .

1- إنتاج الكهرباء من مصادرها المختلفة في العالم

هناك العديد من الخيارات المتاحة لتلبية إحتياجات العالم من الكهرباء يمكن تلخيص حجم الإنتاج لكل مصدر من خلال الشكل التالي :

شكل رقم (1) نسبة إنتاج الكهرباء من مصادرها المختلفة في العالم لسنة 2018



المصدر :من إعداد الباحثة بالاعتماد على احصائيات الوكالة الدولية للطاقة ,(IEA, july 2020)

نلاحظ من خلال الشكل تعدد خيارات إنتاج الكهرباء، وتأتي على رأس هذا الخيارات مصادر الطاقة الأحفورية، المتمثلة في الفحم بنسبة 38%، تلتها بعد ذلك طاقة الغاز بنسبة 23%، وعلى الرغم من عيوبها و كذا أنه من المتوقع أن تنفد مصادر الوقود الأحفوري بعد عدة عقود من الزمن لازالت تحتل مكانة كبير في العديد من الدول في إنتاج الكهرباء، أما بالنسبة للطاقات المتجددة نلاحظ نسب ضعيفة، حيث بلغت أعلى قيمة في طاقة الكهرومائية بنسبة 16.2% ،تلتها بعد ذلك طاقة الرياح بنسبة 4.8%، أما الطاقة الشمسية وفقد بلغت نسبة 2.1% ، وعلى الرغم من أنها الأبقى والأرخص والأكثر أمانًا وإستدامة على البيئة نتيجة لوفرتها وعدم نضوبها ، إلا أن لم تصل لحد الطاقات الأحفورية وهذا يرجع من

جهة إلى حداثتها ومن جهة ثانية صعوبة إستغلالها في بعض الدول نتيجة لتكلفتها، إلا أنه الملاحظ في الفترة الأخيرة تصدرها جميع أنواع الطاقة في جذب الإستثمارات، ومن المتوقع تطوير وسائل تخزين فعالة في المستقبل القريب ستتغلب على تفاوت إنتاج الكهرباء في العالم في السنوات القليلة القادمة .

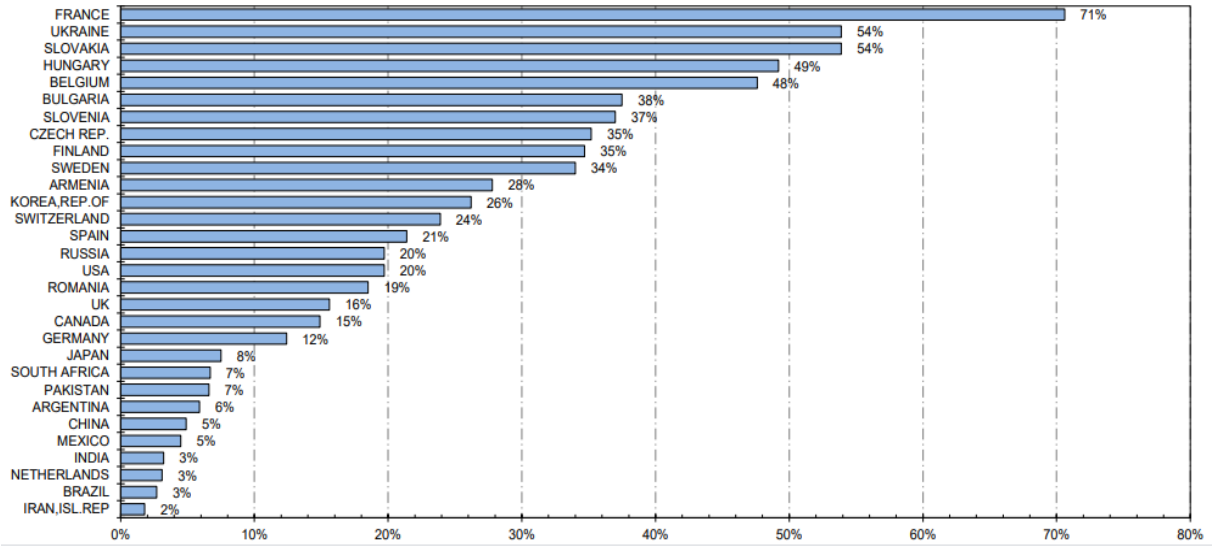
أما بالنسبة لإستخدام الطاقة النووية فقد إحتلت المرتبة الرابعة في إنتاج الكهرباء بنسبة 10.1% عالميا على الرغم من أنه تستخدمها 31 دولة فقط في العالم، حيث أن خمسة دول منها تولد 70% من إجمالي الطاقة النووية الكلية .

2-إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية في العالم

بلغ حجم إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية سنة 2019 أعلى قيمة له في الولاية المتحددة الأمريكية بقيمة 809.4 تيراوط ساعي، تلتها بعد ذلك فرنسا بقيمة 382.4 تيراوط ساعي ، وفي المرتبة الثالثة حققت الصين مايقدر ب 330.1 تيراوط ساعي (WNA, 2020)

يبين لنا الشكل التالي حجم إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية في العالم وعبر كل الدول المتبنية لهذا المصدر وذلك كما يلي:

شكل رقم (2):حصة انتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية لسنة 2019 عبر العالم،



Source : (Internation Atomic Agency, 2020, p. P78)

من المعروف أنه يوجد 442 مفاعل نووي ما جعل محطات الطاقة النووية تنتج 2657 تيراواط ساعي عام 2019،حيث أنتجت 12 دولة سنة 2019 ما لا يقل عن ربع إحتياجاتها من الكهرباء من الطاقة النووية .وتحصلت فرنسا على حوالي ثلاثة أرباع من هذه النتيجة، حيث نلاحظ أنها إحتلت المرتبة الأولى بنسبة 71% من كهربائها مصدرها الطاقة النووية، كما تحصلت سلوفاكيا وأوكرانيا على أكثر من الصف، بينما تحصل المجر، بلجيكا، السويد، سلوفينيا، بلغاريا، سويسرا، فنلندا وجمهورية التشيك على الثلث أو أكثر، وتحصلت كوريا الجنوبية على 28% من الكهرباء من الطاقة النووية.

بينما في الولايات المتحدة والمملكة المتحدة، إسبانيا، رومانيا وروسيا ، يأتي حوالي 5% الكهرباء من الطاقة النووية. أما بالنسبة لليابان فهي إعتادت على الطاقة النووية لأكثر من ربع إحتياجاتها من الكهرباء، ومن المتوقع أن تعود إلى مستوى قريب من هذا المستوى .

أثبتت الطاقة النووية كفاءتها وأصبحت جزءاً لا يتجزأ من توازن الطاقة العالمية. حيث يوجد الآن 440 وحدة توليد طاقة قيد العمل في العالم، وتنتشر معظم وحدات توليد الطاقة في الولايات المتحدة ويقدر عددها ب 103 وحدة، أما فرنسا قدر عددها ب58، في حين نجد اليابان لها 54 وحدة والصين 48 وحدة، أما وروسيا 31، المملكة المتحدة 19 وكندا 17 وألمانيا 17 ، حيث يفوق إجمالي قدرة توليد الطاقة بمحطات الطاقة النووية 369 جيجا وات (مون، 2014، ص16). وطبقاً للتوقعات، سوف تزداد القدرة الإنتاجية العالمية لتوليد الطاقة النووية بنسبة 88% وذلك بحلول عام 2030، حيث تساهم المفاعلات النووية النشطة في إمداد العالم بالطاقة، كما تعزز النمو الاقتصادي وتتيح تجنب انبعاث 700 مليون طناً من غاز ثاني أكسيد الكربون.

لقد نشرت وكالة الطاقة الدولية التابعة لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية سيناريوهات سنوية متعلقة بالطاقة والتنمية المستدامة، بأنه سيزيد توليد الطاقة الكهربائية عالميا من الطاقة النووية بنسبة 55% بحلول 2040 ليصبح 4320 تيراوط ساعي للحد من الثلوث وإزالة الكاربون (WNA, 2020)

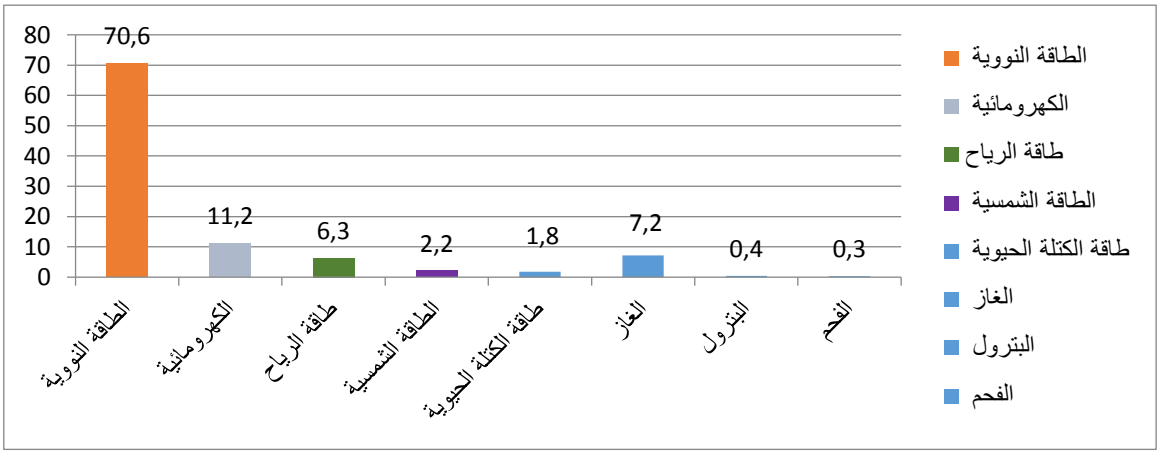
3 – واقع انتاج الكهرباء في فرنسا

نهدف من خلال هذا المحور لتعريف بواقع إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية في فرنسا وكذا إستراتجيات الدولة في المجال .

3-1-إنتاج الكهرباء من مصادرها المختلفة في فرنسا

تنتج فرنسا الكهرباء من عدد من المصادر لتحقيق إحتياجاتها المختلفة والشكل التالي يبين ذلك

شكل رقم(3) : نسبة إنتاج الطاقة الكهربائية من مصادرها المختلفة في فرنسا لسنة 2019



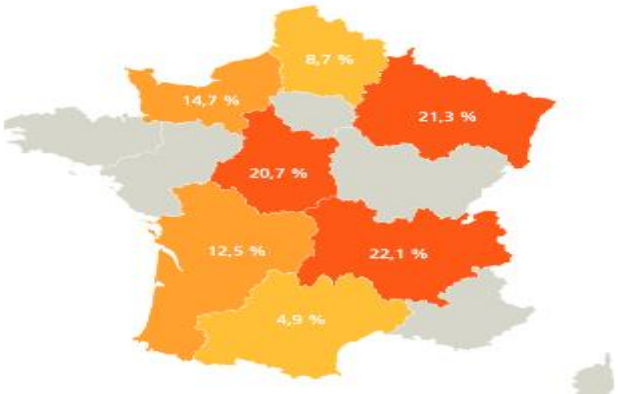
SOURCE : **(EDF, 2019)**

يبين الشكل بوضوح أن إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية حقق أعلى نسبة قدرت ب 70.6%، تلتها بعد ذلك الطاقة الكهرومائية بنسبة 11.2%، تلتها بعد ذلك طاقة الغاز و طاقة الرياح بنسبة 7.2% و 6.3%على التوالي، أما باقي الطاقات فنسبتها ضعيفة جدا لم تتجاوز 2.5%، ما يؤكد على أهمية الطاقة النووية في تغطية الاستهلاك من الكهرباء والذي بلغ ما يقارب قيمة 474 تيراواط ساعة سنة 2019 محققة انخفاض قدره 1% مقارنة بالسنة الماضية ، وقدم تم تفسير هذا الانخفاض إلى إعتدال درجات الحرارة وحجم نمو اقتصادي أقل ، وما لوحظ على استهلاك الكهرباء في فرنسا أنه يعرف نوع من الاستقرار النسبي منذ 2010 .

3-2-إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية في فرنسا

من الشمال إلى الجنوب على الخارطة الفرنسية تقع مفاعلات نووية تستعمل لأغراض إنتاج الطاقة الكهربائية، عددها الإجمالي يصل إلى 58 مفاعلا، ما يجعل فرنسا المنتج الثاني في العالم للطاقة النووية بعد الولايات المتحدة الأمريكية. فإنتاج الكهرباء عبر النووي يوفر لفرنسا ولبعض جيرانها إحتياجاتهم من الكهرباء، ويسد الثغرات في فاتورة الطاقة، التي تلتهب كلما ارتفعت أسعار البترول، إلا أنها تطرح بالمقابل إشكالات بيئية ومخاوف من كارثة بيئية، ما يدفع جزءا من المجتمع الفرنسي (أكثر من 50% حسب بعض استطلاعات الرأي) إلى طرح سؤال التحول إلى مصادر بديلة، والمطالبة بالتخلص تدريجيا من المفاعلات النووية. موقف لا تتخذه فقط المنظمات المدنية بل صار يوجد في صلب النقاش السياسي وفي برامج المرشحين للانتخابات الرئاسية خاصة في أوساط اليسار، حسب احصائيات سنة 2018 فإن أكثر من نسبة 60% من إنتاج الكهرباء يتم الحصول عليه من المصدر نووي متأتي من ثلاثة مناطق l'Auvergne-Rhône-Alpes (22,1 %) ، le Grand Est (21,3 %) و le Centre val-de-Loire (20,7 %.) ، وباقي النسبة موزعة على عدد من المناطق يمكن توضيحها من خلال الشكل التالي :

شكل رقم(4) : المناطق الجغرافية لإنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية



المصدر :بالاعتماد على التقرير السنوي لمؤسسة RTE (RTE, 2017)

نلاحظ من خلال الشكل توزع وحدات الإنتاج على كافة التراب الفرنسي، ما ساهم في زيادة الانتاج فقد بلغ سنة 2019 70.6نسبة 70.6 %من الكهرباء من الطاقة النووية ، حيث قدر الانتاج بقيمة 537.7 تيراواط ساعي أي أقل من 2018 بنسبة 2%، ويرجع هذا الإنخفاض الى إنخفاض إنتاج القطاعين الرئيسيين الطاقة النووية بنسبة 3% والكهرومائية من 12.5%إلى 11.2% وهذا يرجع للظروف الجوية غير المواتية، ما أدى إلى زيادة انتاج محطات الفحم 9.8% على الرغم من أنه مبرمج اغلاقها مع حلول سنة 2022.

ثالثا: منهجية بوكس جنكيز في التنبؤ بإنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية في فرنسا

يعرف هذا النموذج التنبؤي بنموذج الإنحدار الذاتي المتكامل للمتوسطات المتحركة، ويرمز له بالرمز ARIMA، ويعتبر العلمان Gwilyn Jenkins-George Box أول من إستخداما هذا النموذج في مجال تحليل السلاسل الزمنية، ويقوم على عدة مراحل ، أولها إختبار إستقرار السلسلة الزمنية، التعرف على النموذج، تقدير النموذج،فحصه، التنبؤ به (Vandaele W. &., 1983)

ويمكن إدراج مراحل الطريقة فيما يلي :

1-إستقرار السلسلة الزمنية

قبل البدأ في تحديد معلمات نموذج الدراسة لابد علينا من معرفة أو الكشف عن إستقرار السلسلة الزمنية من عدمها، وعرض نتائج إستقرار السلسلة الزمنية (Box, 1979)

قبل عرض نتائج الاستقرار سنعرض كمية الكهرباء المنتجة سنويا من الطاقة النووية والجدول التالي يبين ذلك

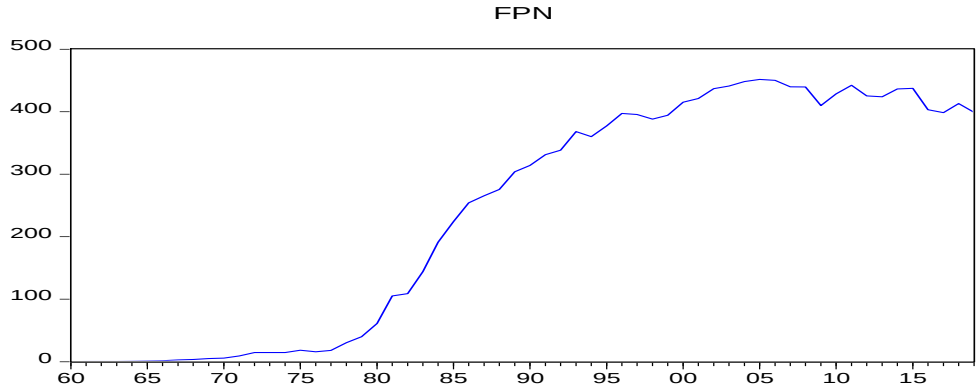
جدول رقم (2) : كمية الكهرباء المنتجة سنويا من الطاقة النووية بالتيراوط ساعي في فرنسا مابين سنة1960-2019(TWH)

السنوات	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
الكميات	0,146001392	0,271001795	0,472998148	0,466001656	0,654999041	1,053000785	1,605999958	2,920998825	3,539000510	4,955999245
السنوات	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
الكميات	5,710998609	9,335998782	14,591998990	14,741001620	14,695000550	18,248001720	15,777998370	17,985999800	30,483000490	39,959999880
السنوات	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
الكميات	61,250999590	105,325999700	108,918999400	144,261000100	191,233998500	224,100001000	254,154998900	265,519999400	275,520998800	303,930999800
السنوات	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
الكميات	314,081000000	331,340000000	338,445000000	368,188000000	359,981000000	377,231000000	397,340000000	395,483000000	387,990000000	394,244000000
السنوات	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
الكميات	415,162000000	421,076000000	436,760000000	441,070000000	448,241000000	451,529000000	450,191000000	439,730000000	439,447000000	409,736000000
السنوات	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
الكميات	428,521000000	442,387763000	425,406017000	423,684671000	436,479009000	437,427808000	403,195482000	398,359129000	412,941812000	399,011587000

المصدر : بالاعتماد على التقرير السنوي لوزارة التحول البيئي (Ministère de la Transition écologique, 2020)

سنعرض التمثيل البياني للسلسلة كمية الكهرباء المنتجة من الطاقة النووية في فرنسا والتي سنرمز لها بالرمز FPN، بهدف معرفة خصائصها وذلك كما يلي :

شكل رقم(5): كميات الكهرباء من الطاقة النووية مابين 1960-2019 في فرنسا



المصدر : مخرجات البرنامج الاحصائي Eviews

نلاحظ من خلال الشكل بوضوح أن السلسلة غير مستقرة في المستوى لإحتوائها على مركبة الاتجاه العام ، حيث نلاحظ أنها في تزايد مستمر منذ سنة 1965 ، وهذا يرجع لزيادة الطلب على الكهرباء ما أدى بالدولة إلى تطوير الإنتاج من خلال الزيادة السنوية لعدد محطات التحويل، وكذا زيادة عدد المفاعلات النووية، حيث بلغ سنة 2019 ما يقدر ب 58 مفاعلا، ما يجعل فرنسا المنتج الثاني في العالم للطاقة النووية بعد الولايات المتحدة الأمريكية.

وبهدف حل مشكلة مركبة الاتجاه العام كان لازما علينا إعتماد طريقة الفروقات من الدرجة الأولى أو الثانية ، حيث أنه توجد هناك عدة إختبارات تعتمد في الكشف عن إستقرار السلسلة الزمنية ، إلا أن إختبار ديكي فولار الموسع هو الأكثر إستخدام (Vandaele W. &., 1983) يمكن إدراجها فيما يلي :

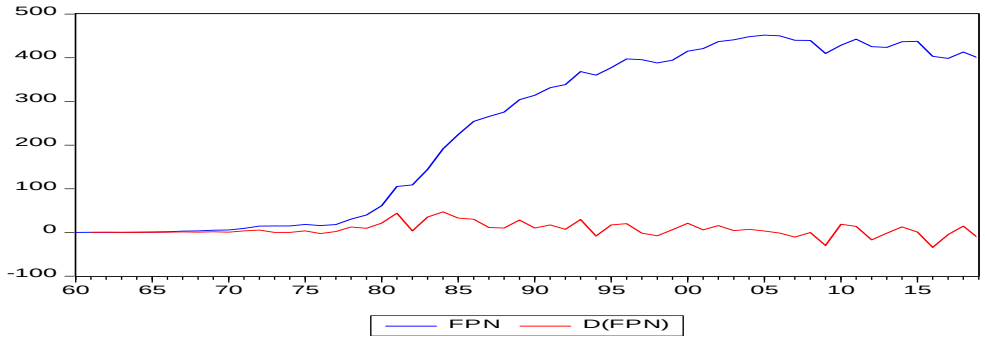
جدول رقم (3): نماذج اختبار الاستقرارية

المستوى				الفرق الاول			القرار
البيان المتغير	Intercept القاطع	Trend et Intercept قاطع ومتجه	None بدون	Intercept القاطع	Trend et Intercept قاطع ومتجه	None بدون	
القيمة الحرجة عند %5	-2.914	-3.487	-1.946	**-2.914**	**-3.489**	**-1.946**	**I(1)**
FPN	-1.452	0.222	-0.120	**-2.033**	**-5.315**	**-1.735**	
مستوى الدلالة	0.550	0.997	0.637	**0.271**	**0.0003**	**0.0783**	

المصدر : من اعداد الباحثة اعتمادا على مخرجات البرنامج الإحصائيEviews

من خلال الجدول الذي يوضح النماذج الثلاثة المعتمدة في دراسة الإستقرارية، حيث نلاحظ أن القيمة الجدولية أكبر من القيمة المحسوبة في كل النماذج عند المستوى ما يجعلنا نقر بعدم إستقرارية السلسلة عند المستوى ، وما يؤكد ذلك هو عدم معنوية إختبار ديكي فولور في النماذج الثلاثة عند المستوى، أما بالنسبة للاستقرار عند الفرق الأول نلاحظ أن القيمة الجدولية أكبر من القيمة المحسوبة في كل من نموذج بوجود قاطع وكذا بدون قاطع ومتجه وما يؤكد ذلك قيمة مستوى دلالة الإختبار التي نلاحظ أنها أكبر من 0.05 ، أما في نموذج بوجود قاطع ومتجه فإننا نلاحظ أن القيمة الجدولية أقل من المحسوبة وكذا معنوية الإختبار ما يؤكد على إستقرار السلسة في الفرق الأول من خلال النموذج الثاني ، و يمكن توضح السلسلة بعد إجراء الفروقات من الدرجة الأولى من خلال الشكل التالي :

شكل رقم (6) التمثيل البياني للسلسلة عند المستوى وعند الفرق الأول



المصدر : مخرجات البرنامج الإحصائيEviews

نلاحظ من خلال الشكل أن السلسلة عند الفرق الأول مستقرة، حيث نلاحظ أنها تظهر بصورة واضحة ما يؤكد على أن الصدمات المؤقتة تتلاشى عبر الزمن .

2-الإرتباط الذاتي والجزئي للسلسلة DFPN

حتى نتمكن من معرفة النموذج الملائم لابد علينا من معرفة دالة الارتباط الذاتي والجزئي للسلسلة، بهدف تحديد القيم التي تكون خارج مجال الثقة (Nelson, 1973) ، والجدول التالي يبين لنا ذلك :

جدول رقم(4): الارتباط الذاتي والجزئي للسلسة DFPN

Sample: 1960 2019
Included observations: 58

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.429	-0.429	11.249	0.001
		2	-0.228	-0.505	14.469	0.001
		3	0.188	-0.290	16.695	0.001
		4	0.129	-0.007	17.773	0.001
		5	-0.125	0.069	18.797	0.002
		6	-0.093	-0.033	19.381	0.004
		7	0.114	-0.037	20.267	0.005
		8	-0.001	-0.073	20.267	0.009
		9	-0.066	-0.078	20.575	0.015
		10	0.039	-0.004	20.686	0.023
		11	-0.021	-0.052	20.718	0.036
		12	0.117	0.162	21.758	0.040
		13	-0.133	0.042	23.119	0.040
		14	-0.095	-0.190	23.826	0.048
		15	0.284	0.076	30.333	0.011
		16	-0.205	-0.122	33.810	0.006
		17	-0.037	-0.062	33.926	0.009
		18	0.116	0.023	35.104	0.009
		19	0.088	0.167	35.790	0.011
		20	-0.220	-0.020	40.222	0.005
		21	0.067	-0.006	40.549	0.006
		22	0.184	0.086	43.935	0.004
		23	-0.208	-0.074	48.217	0.002
		24	0.008	-0.011	48.223	0.002

المصدر : مخرجات البرنامج الإحصائيEviews

نلاحظ من الشكل الذي يمثل السلسلة عند الفرق الأول أن درجات الإرتباط الذاتي الجزئي والإرتباط الذاتي أن التوءات خرجت عن مجال الثقة عند التأخير واحد في الإرتباط الذاتي وعند 1، 2، 3 في الإرتباط الذاتي الجزئي، وهذا يعني وجود الكثير من الاحتمالات لنماذج ARIMA المحتملة والتقديرية وسيتم اختيار أفضل نموذج يناسب المعطيات لتنبؤ به .

3– تقدير النموذج

بينت نتائج الإختبار للنماذج أنه يوجد8 نماذج إلا أن أفضل نموذج ARIMA(3,1,0) وقيمة معيار المفاضلة AIC له تقدر بـ 7.96905190144

ويمكن عرض خصائص النماذج المقترحة من خلال الجدول التالي :

جدول رقم (5) : نماذج ARIMA المقترحة لسلسلة التنبؤية

Sample: 1960 2019
Included observations: 59

Model	LogL	AIC*	BIC	HQ
(3,0)(0,0)	-234.071557	7.969052	8.143581	8.037320
(3,1)(0,0)	-233.255947	7.975198	8.184633	8.057120
(1,1)(0,0)	-236.252396	8.008413	8.148036	8.063027
(2,1)(0,0)	-236.076784	8.035893	8.210422	8.104161
(1,0)(0,0)	-239.833258	8.094442	8.199159	8.135403
(2,0)(0,0)	-239.027193	8.100906	8.240529	8.155521
(0,1)(0,0)	-240.439574	8.114652	8.219370	8.155613
(0,0)(0,0)	-243.109192	8.170306	8.240118	8.197614

المصدر : مخرجات البرنامج الإحصائيEviews

سوف يتم التعرف على نتائج أربع نماذج الأولى في جدول ومقارنتها كمايلي :

عند حساب كل نموذج على حدى تم إستباعد النماذج غير المعنوية والمتمثلة في ARIMA(3 , 1,1) ARIMA(2 ,1 ,1)

أما بقية النماذج فجاءت معالمها معنوية، ويمكن إدراج خصائصها من خلال مايلي :

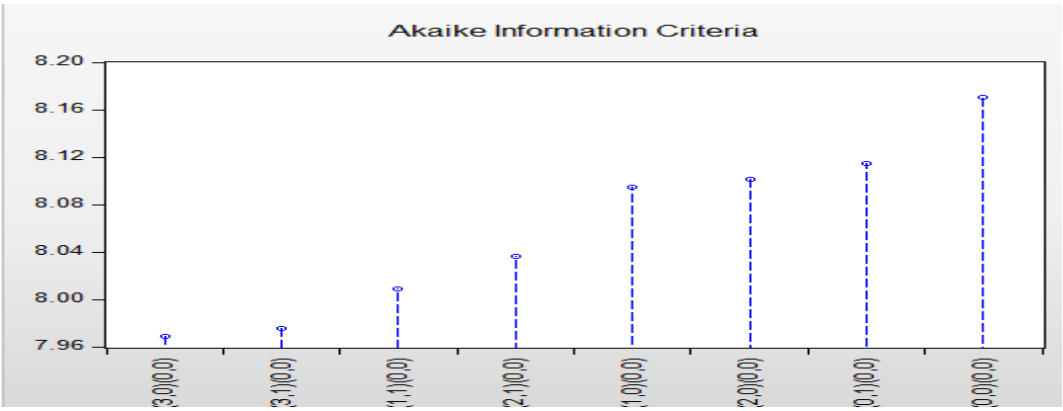
جدول رقم (6) تحديد أفضل نموذج من خلال المقارنة مابين النماذج

نماذج ARMA	(3,0)	(1,1)	(1,0)	(2 ,0)	(0 ,1)
SIG	3	3	3	3	3
$Sigma^2$	172.6304	174.7976	198.3718	207.0627	202.5743
R^2	0.2227	0.2129	0.1068	0.0676	0.0879
AIC	8.1029	8.1441	8.2316	8.2749	8.2521
sc	8.2086	8.2849	8.3372	8.3805	8.3578

المصدر : من إعداد الباحثة بالإعتماد على مخرجات البرنامج الإحصائيEview

يبين الجدول بوضوح أن نموذج ARMA(3,1,0) هو أفضل نموذج نظرا لتحققه لشروط الأفضلية حيث أن مؤشر Akaike أقل وقيمة schawarz هي الآخرى أقل كما أن $Sigma^2$ هي الآخر كنت أقل في هذا النموذج،كما حقق معامل التحديد أعلى قيمة قدرت ب 0.2227، ويمكن توضيح الأفضلية في الترتيب من خلال الشكل التالي :

شكل رقم (7): نماذج ARIMAالمقترحة حسب الافضلية



المصدر : مخرجات البرنامج الإحصائيEviews

يبين الشكل بوضوح أن الفروقات بين القيم الحقيقة والمتوقعة في مجموعها أقل في نموذج ARIMA(3,1,0) عن باقي النماذج ، ما يؤكد على أفضليته في التنبؤ .

4– تقدير نموذج التنبؤ بكميات إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية في فرنسا

يمكن عرض معالم النموذج التنبؤي الأفضل من خلال الجدول التالي :

جدول رقم (7) تقدير أفضل نموذج ARIMA(3,1,0)

Sample: 1961 2019
Included observations: 59
Convergence achieved after 10 iterations
Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.164452	3.258837	1.891611	0.0637
AR(3)	0.462587	0.129593	3.569554	0.0007
SIGMASQ	172.6304	28.14450	6.133717	0.0000

R-squared	0.222724	Mean dependent var	6.760434
Adjusted R-squared	0.194964	S.D. dependent var	15.03083
S.E. of regression	13.48623	Akaike info criterion	8.102968
Sum squared resid	10185.19	Schwarz criterion	8.208606
Log likelihood	-236.0376	Hannan-Quinn criter.	8.144205
F-statistic	8.023233	Durbin-Watson stat	1.726765
Prob(F-statistic)	0.000863		

Inverted AR Roots	.77	-.39+.67i	-.39-.67i

المصدر : مخرجات البرنامج الإحصائيEviews

يبين الجدول معنوية إختبار سودنت لكل من الثابت عند مستوى الدلالة 0.01، وكذا معنوية *AR(3)*، وهو ما جعل هناك معنوية في إختبار فيشر المقدرة قيمته ب 8.023 والبالغة معنويته 0.000863، وهو ما يؤكد على صلاحية النموذج لتنبؤ بقيمة الطاقة الكهربائية المنتجة من الطاقة النووية وبهدف تأكيد ذلك لابدا من فحصه وتبين عدم تعرضه لمشاكل القياس المعروفة.

5-فحص النموذج (دراسة المشاكل القياسية للنموذج)

بعد تحديد أفضل نموذج ألا وهو ARIMA(3,1,0) نختبر البواقي لهذا النموذج المرشح لمعرفة مدى تطابق المشاهدات مع القيم المحسوبة من النموذج المختار و نتأكد من سلامة النموذج من خلال مايلي :

5-1-إختبار إستقرار البواقي

لقد تم إختبار إستقرار البواقي من خلال عرض دالة الإرتباط والإرتباط الجزئي والجدول التالي يبين ذلك

جدول رقم (8) : نتائج اختبار استقرار البواقي انتاج الكهرباء من الطاقة النووية في فرنسا

Sample: 1960 2019
Included observations: 59

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.128	0.128	1.0093	0.315
		2	0.103	0.089	1.6834	0.431
		3	0.011	-0.012	1.6914	0.639
		4	0.104	0.097	2.3929	0.664
		5	-0.074	-0.101	2.7612	0.737
		6	-0.006	-0.002	2.7633	0.838
		7	0.175	0.201	4.8728	0.675
		8	-0.073	-0.142	5.2481	0.731
		9	0.045	0.064	5.3954	0.799
		10	-0.101	-0.107	6.1418	0.803
		11	-0.058	-0.095	6.3904	0.846
		12	-0.085	0.025	6.9444	0.861
		13	-0.017	-0.035	6.9662	0.904
		14	-0.090	-0.093	7.6104	0.909
		15	-0.047	0.025	7.7948	0.932
		16	-0.001	-0.030	7.7949	0.955
		17	-0.057	-0.012	8.0732	0.965
		18	-0.077	-0.047	8.5930	0.968
		19	-0.136	-0.138	10.267	0.946
		20	-0.158	-0.136	12.580	0.895
		21	-0.135	-0.055	14.301	0.856
		22	0.010	0.039	14.310	0.890
		23	0.005	0.025	14.313	0.918
		24	0.066	0.066	14.764	0.927

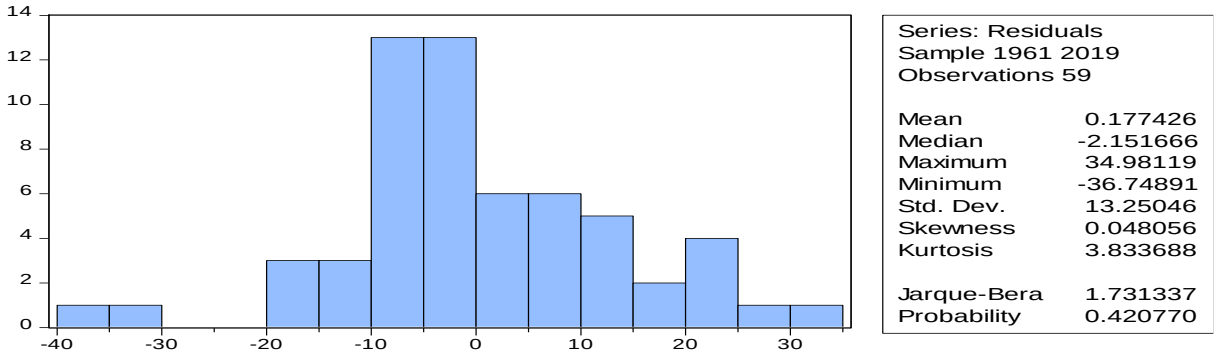
المصدر : مخرجات البرنامج الإحصائيEviews

نلاحظ من الشكل أن كل الأعمدة من دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الجزئي تقع في مجال الثقة، بالتالي سلسلة بواقي النموذج المختار مستقرة .

5-2-التوزيع الطبيعي للبواقي

تم تفحص التوزيع الطبيعي للبواقي من خلال الشكل التالي :

شكل رقم (8): التوزيعي الطبيعي للبواقي انتاج الكهرباء من الطاقة النووية في فرنسا



المصدر : مخرجات البرنامج الإحصائيEviews

نلاحظ من خلال الجدول والشكل أن البواقي تتبع التوزيع الطبيعي نتيجة لبلوغ مستوى دلالة الاختبار قيمة قدرت بـ 0.420،حيث أنها أكبر من 0.05 ما يؤكد على قبول الفرض الصفري الذي يقر بتوزع بواقي النموذج المقترح طبيعا.

5-3-إختبار ثبات تباين البواقي

تم إختبار ثبات تباين البواقي من خلال إستعمال إختبار ARCH والجدول التالي يبين نتائج الإختبار

جدول رقم (9) : ثبات تباين البواقي انتاج الكهرباء من الطاقة النووية في فرنسا

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	0.934304	Prob. F(1,56)	0.3379
Obs*R-squared	0.951793	Prob. Chi-Square(1)	0.3293

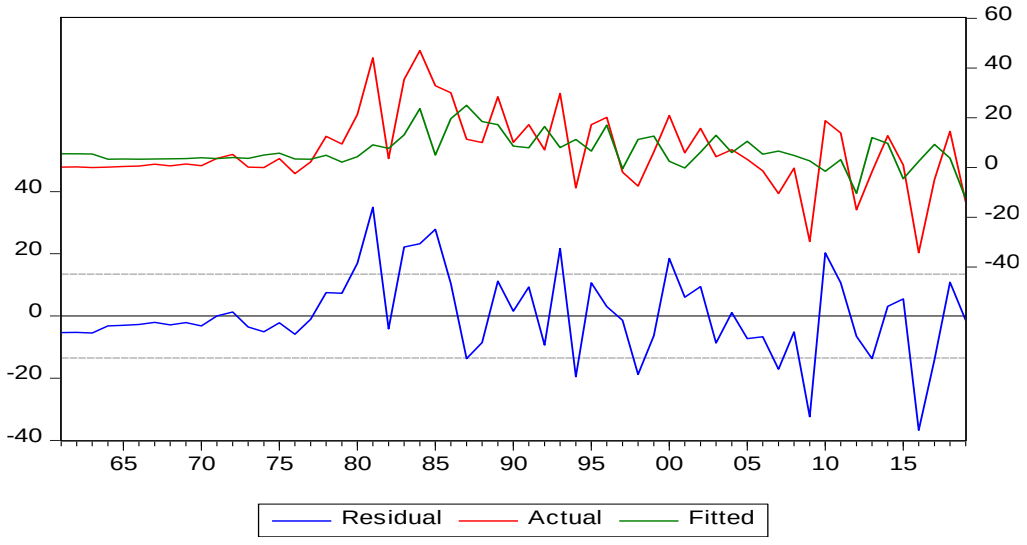
المصدر : مخرجات البرنامج الإحصائيEviews

نلاحظ من خلال الجدول أن النموذج لا يعاني من مشكل عدم ثبات تباين البواقي، لأن القيمة الإحتمالية لإختبار كاي مربع قدرت بـ 0.3293 وهي أكبر من 5% ما يؤكد ثبات تباين البواقي، وما يزيد تأكيد ذلك هو عدم معنوية إختبار فيشر، حيث قدرت ب 0.3379 وهي أكبر من 0.05 ما يؤكد على حصة الفرضية الصفرية التي تقر بثبات التباين .

5-4-نتائج التنبؤ باستخدام النموذج المقترح

سيتم عرض مقارن لقيم الحقيقية لإنتاج الكهرباء مع القيم المتوقعة بالنموذج المختار وكذا بواقي النموذج من خلال الشكل التالي :

شكل رقم (9) مقارنة القيم إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية الحقيقة والمتوقعة والبواقي



المصدر : مخرجات البرنامج الإحصائيEviews

بين الشكل المقارنة بين القيم الحقيقية والقيم المتوقعة بالنموذج المختار ، حيث نلاحظ التقارب الكبير بين السلسلة المقدرة والسلسلة الحقيقية ما يجعلنا نقر بجودة النموذج في التنبؤ .

5-5-التنبؤ بالنموذج حتى سنة 2025

سيتم التنبؤ بالنموذج للسنوات القادمة من خلال الجدول التالي :

جدول رقم(10):التنبؤ بإنتاج الكهرباء من الطاقة النووية في فرنسا بالتيراواط ساعي

السنوات	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
كمية الانتاج	336,1968	342,3612	348,5257	354,6901	360,8546	367,0190	373,1835	379,3479

المصدر : من إعداد الباحثة بالإعتماد على مخرجات البرنامج الإحصائيEviews

يتضح من خلال الجدول أعلاه التزايد المستمر والطفيف لإنتاج الكهرباء من الطاقة النووية في السنوات القادمة، ما يؤكد على الإستقرار النسبي له وهذا ما يقودنا لتوقع على مواصلة فرنسا الإعتماد على الطاقة النووية في إنتاج الكهرباء كمصدر رئيسي لها وتدعيمه بالمصادر الآخرى، وما يزيد تأكيد ذلك بالإضاقة إلى نتائج النموذج المقترح،هو التراجع عن قرار وزير الطاقة بخفض حصة البلاد من الإنتاج النووي إلى 50٪ بحلول عام 2025 (Gouvernement, 16 aout 2018)، وقد تم تأجيل هذا الهدف حتى عام 2035، ما هو ما يؤكد على إستمرار الإنتاج من خلال هذا المصدر، كما أن النموذج المقترح نتائجه تتوافق إلى حد كبير مع ما حققته فرنسا فعلا في سنة 2020، حيث نلاحظ من خلال الجدول أن كمية إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية المتوقعة من خلال النموذج قدرت ب 336.1968 ، في حين أعلن EDF أن حجم الإنتاج الحقيقي للكهرباء من الطاقة النووية قد بلغ قيمة أكثر من 335 تيراواط ساعي سنة 2020 (Rateau, Publié le 04/01/2021)

إن النموذج المختار من خلال المنهجية المتبعة في الدراسة أعطى نتائج أفضل بكثير من نماذج المعتمدة من طرف الحكومة الفرنسية فتوقعاتهم كانت تشير إلى بلوغ الإنتاج قيم مابين 375-390 تيراواط ساعي (Rateau, Publié le 04/01/2021) والنموذج المقترح بطريقة بوكس جنكيز توقعاته حققت قيمة 336 تيراوط ساعي وهي قريبة جدا من الواقع كما ذكرنا سابقا ، **وهو ما يؤكد على صحة فرضية البحث** التي تنص على أن طريقة ARIMA هي من أفضل النماذج في التنبؤ بإنتاج الكهرباء من الطاقة النووية في فرنسا .

تبقى نتائج النموذج التنبؤي المتوصل إليه من خلال الدراسة صحيحة في ظل الظروف العادية وفي حالة عدم حدوث تغيير أو طوارئى في محطات الإنتاج الحالية في فرنسا وكذا عدم وضع خطط لتغيير السياسة الطاقوية في البلاد .

الخاتمة

تعتبر الطاقة الكهربائية عام حيوي وإستراتيجي لكل الدول لذلك فإستراتيجياتها مرتبطة بمدى قدرتها على تطوير حجم الإنتاج وكذا التحكم فيه وتنويع مصادره ، ولقد لاحظنا من خلال ما سبق أن الدول تستغل كل المصادر في إنتاج الكهرباء وذلك بهدف التحكم في العوامل غير المتوقعة وخاصة تلك المرتبطة بالطاقات المتجددة كالرياح، الشمس والرياح والتي يتحكم فيها عامل الظروف الجوية، وكذا الطاقات الأحفورية التي تتحكم فيها الأسعار المتغيرة حسب الأوضاع الدولية، ومن ثم فإمتلاك فرنسا للبنية التحتية النووية ومفاعلات نووية من جهة وفقرها من جهة ثانية إلى المواد الأحفورية يجعل من الطاقة النووية هي الأسلوب الأكيد لتوزيدها بالكهرباء حسب قدرات محطاتها،ولكن هذا لم ينعكس على إستثمارها في الطاقات المتجددة والسبب في ذلك يرجع الى المخاوف الناتجة عن الطاقة النووية ورفض الشعب لها والمطالبة بالتقليص في التعامل بها ، لذا نجد أن نتائج النموذج الأفضل في التنبؤ بحجم إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية في فرنسا أعطى نتائج لقيم الانتاج المتوقعة تقريبا مستقرة ، وهذا ما يؤكد على أن الدولة من جهة لن تتخلى على هذه المحطات ولكن ممكن تقلص في الانتاج من خلالها وتعوضه من الطاقات المتجددة، وحتى أن الطاقة الكهربائية المنتجة عن طريق الفحم بالرغم من إعلان الدول عن وقف الإنتاج إبتداء من 2022 إلا أن هذا العام ونتيجة لظروف الطبيعة والأوضاع الصحية الخاصة بإنتشار الكرونا وإنعاكستها على كل المجالات قررت الدول إعادة الإنتاج من خلالها.

النقطة الأساسية التي نخرج بها من خلال هذا البحث هو أنه على الدول الحفاظ على المصادر الأكيدة الإنتاج حتى تستطيع تغطية الإحتياجات المتزايدة والمرتبطة من جهة بعدد السكان وتطور حجم الإستهلاك، وكذا مواجهة مختلف الأوضاع غير المتوقعة، فمثلا حادثة كرونا جعلت الدول تغيير في إستراتيجيات و تفكيرها، حيث أصبح عامل تحقيق الإكتفاء الذاتي المحلي بغض النظر عن تكلفته كتفاءها من الموارد الضرورية للحياة ومنها الكهرباء أهم عنصر للحفاظ على إقتصاديتها من جهة وسلامة مواطنيها من جهة ثانية ففتح مستشفيات جديدة واستعمال مكثف للتقنيات والأدوات الكهربائية زاد من حجم الاستهلاك من جهة المسشفيات أو العائلات فوجود بنى تحتية سيسهل على الدول الحفاظ على التوازن والاستقرار في كل القطاعات .

إن نماذج التنبؤ في الأوضاع العادية أو الإستثنائية مهمة جدا لتعريف الدول بمختلف الجوانب الخاصة بإتخاذ قرارتها وتوجيه إستثماراتها فدراسات الجدوى المبنية على الإستشراف باستخدام النماذج القياسية من بين أهم المؤشرات المعتمدة من طرف الدول .

- ✓ **نتائج الدراسة**

إن هذه الدراسة خلصت بمجموعة من النتائج يمكن ذكرها فيما يلي :

– فرنسا من بين الدول المتطورة و المصنعة ما يجعل هناك زيادة في الطلب على الطاقة .

–النموذج المتنبئ به الأفضل لإنتاج الكهرباء من الطاقة النووية هو ARIMA(3,1,0)ونلاحظ من خلال نتائجه أن إنتاج الكهرباء لن يعرف في السنوات القادمة تطور كبيرة .

–فرنسا ستوسع في إنتاج الكهرباء من المصادر الآخرى مع الحفاظ على محطاتها النووية فهي لاتعتبرها بديل بل مكمل لإنتاجها النووي .

✓ **المقترحات**

– العمل على تطوير إنتاج الطاقة من المصادر النظيفة من خلال القيام بشركات في المجال .

– التفكير في طريقة ناجعة لتخلص من فضلات الطاقة النووية وتطوير البحث في المجال لما لها من مخاطر .

–تقليص المحطات النووية والمحافظة إلا على المحطات الاستراتيجية بعد توسيع الإستثمار في الطاقات المتجددة .

–التفكير في تطوير تكنولوجيات استغلال الطاقات المتجددة لتساعدها في تطوير الشراكة مع الدول التي تزخر بالطاقات المتجددة.

قائمة المراجع

المراجع باللغة العربية

1-رفاء نور الهادي، ستنا جمال بدوي،وآخرون. (2016). *توليد الطاقة الكهربائية بإستخدام الطاقة النووية*. جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.

2-صباح صديق الدملوجي. (2010). *مدخل الى الطاقة ، المصادر، التكنولوجيا والمجتمع*. الرياض: لمنظمة العربية للترجمة.

3-فيصل حردان. (2011،). *شحن مستقبلنا بالطاقة، مدخل الى الطاقة المستدامة، ال*. بيروت لبنان: الطبعة 1، مركز دراسات الوحدة العربية.

4-لودوفيك مون. (2014، ص16). *الطاقة النفطية والطاقة النووية –الحاضر والمستقبل*. الرياض: الطبعة الأولى .

5-جلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية. (2016). *تغير المناخ، تغيير الوضع بإستخدام التكنولوجيا النووية*.

6-مصباح ضو سعد، محمود نصرالدين. (2006). *مستقبل توليد الكهرباء بالطاقة النووية*. تونس: الهيئة العربية للطاقة الذرية.

7-ممدوح فتحي عبدالصبور. (2002). لطاقة النووية وانتاج الطاقة. *مجلة أسيوط للدراسات البيئية العدد 22*.

المراجع باللغة الأجنبية

1-Box, G. a. (1979). *Time Series Analysis, Forecasting and Control.* Sanfransiscow, Holden-Day.

2-EDF. (2019). *Production nucléaire en France ;*. Récupéré sur https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/investisseurs-actionnaires/performances-financieres-et-extra-financieres/production-nucleaire#production-nucleaire-en-france.

3-Gouvernement. (16 aout 2018). *Des mesures pour réduire la part du nucléaire à 50% à l'horizon 2025.* SITE https://www.gouvernement.fr/des-mesures-pour-reduire-la-part-du-nucleaire-a-50-a-l-horizon-2025.

4-IEA. (july 2020). *Electricity Information Overview, site.* statictic raport: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-gross-electricity-production-by-source-2018.

5-Internation Atomic Agency, A. I. (2020, Reference Data Series N2). *Nuclear Power Reactors in the World*. Récupéré sur site : https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/RDS-2-40_web.pdf.

6-Ministère de la Transition écologique, M. (2020, 12 14). *ÉNERGIE Bilan énergétique de la France en 2019*. Récupéré sur –https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/bilan-energetique-de-la-france-en-2019-synthese.

7-Nelson, G. (1973). *Applied Time Series Analysis For Managerial Forecasting".* Holden-Day, Inc.

8-Rateau, O. (Publié le 04/01/2021). *EDF a atteint en 2020 son objectif de production d'origine nucléaire.*

9-RTE. (2017). *Bilan electrique.*

10-Vandaele, W. &. (1983). *"Applied Time Series and Box-Jenkins Models.* John Wiley.

11-Vandaele, W. (1983). *Applied Time Series and Box-Jenkins Models.* John Wiley.

12-WNA, w. N. (2020, November). *Nuclear Power in the World Today.* Récupéré sur https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx.