تطبيق نماذج بوكس جنكينز للتنبؤ بإنتاج الطاقة الشمسية في الجزائرحتى آفاق 2030.

Applying box Jenkins modelling to for cast Algeria's solar energy production until 2030

مصطفى سطاح[1]، أنيسة بن رمضان [2]،

[1]جامعة وهران 2 محمد بن احمد،مخبر هندسة التنمية المستدامة مسؤولية الجامعة والاندماج الاجتماعي، الجزائر،settah.mustapha@univ-oran2.dz

[2]جامعة وهران 2 محمد بن احمد، مخبر هندسة التنمية المستدامة مسؤولية الجامعة والاندماج الاجتماعي، الجزائر،dr.benra@gmail.com

تاريخ الاستلام: 2024/05/19 تاريخ القبول: 2024/09/05 تاريخ النشر: 2024/09/15

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى التنبؤ بإنتاج الطاقة الشمسية في الجزائر حتى عام 2030 باستخدام تقنيات القياسية من خلال منهجية بوكس جنكينز**(Box-Jenkins)**على بيانات السلسلة الزمنية السنوية التي تمثل الكميات المنتجة من الطاقة الشمسية على المستوى الوطني خلال الفترة من 2006 الى 2021، بهدف تحديد وتوقع وتيرة التقدم في إنتاج الطاقة الشمسية في المستقبل.

وأظهرت النتائج الدراسة أن النموذج المناسب للتنبؤ هو نموذج **ARIMA (2.1.1)** وبناءا على ذلك تم التنبؤ بكميات الإنتاج السنوية من الطاقة الشمسية من عام 2022 الى 2030 و قد كانت القيم التنبؤية لإنتاج الطاقة الشمسية في تزايد مستمر لمواكبة الطلب المتزايد من قبل القطاعات المختلفة، بما في ذلك القطاع العائلي، الصناعي و التجاري.

الكلمات الرئيسية: الطاقة الشمسية، التنبؤ، نماذج بوكس جنكينز، السلاسل الزمنية.

تصنيفاتJEL: C150، C220 ،C530،C580، Q420

Abstract:

This study aims to forecastsolarenergy production in Algeria until 2030 using standard techniques through Box-Jenkins methodology on annual time series data representingsolarenergy production quantities at the national level during the period from 2006 to 2021, in order to identify and predict the pace of progress in solar energy production in the future.

The results of the study showed that the appropriate model for forecasting is the ARIMA model (2.1.1) and based on this, the annual solar production quantitieswerepredictedfrom 2022 to 2030 and the predictive values of solar energy production werecontinuouslyincreasing to keep up with the growing demand by different sectors, including household, industrial and commercial sectors.

Key words: Solar energy, Forecasting, Box-Jenkins models, Time series

JEL Classification Codes: C150، C220 ،C530،C580،Q420

1.مقدمة :

مع التركيز المتزايد على مصادر الطاقة المتجددة والجهود العالمية للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة، أصبحت الطاقة الشمسية واحدة من التقنيات الأكثر واعدة للمساهمة في تلبية الاحتياجات المتزايدة للطاقة بطريقة نظيفة ومستدامة في الجزائر. تتمتع البلاد بإمكانات هائلة لإنتاج الطاقة الشمسية، حيث تتلقى معظم مناطقها إشعاعًا شمسيًا وفيرًا على مدار العام ومع ذلك، فإن التقلبات في مستويات الإشعاع الشمسي تشكل تحديًا في التنبؤ الدقيق لإنتاج الطاقة الشمسية، وهو أمر بالغ الأهمية لتخطيط وإدارة شبكات الطاقة بكفاءة.

في هذا السياق، تكتسب نماذج بوكس جنكينز(**Box-Jenkins**) للسلاسل الزمنية أهمية كبيرة في مجال التنبؤ بإنتاج الطاقة الشمسية وتعتمد هذه النماذج على تحليل البيانات التاريخية لإنتاج الطاقة الشمسية لاكتشاف الأنماط والعلاقات الزمنية، ومن ثم بناء نماذج رياضية قادرة على التنبؤ بالقيم المستقبلية .

تتميز نماذج بوكس جنكينز(**Box-Jenkins**) بقدرتها على التعامل مع السلاسل الزمنية غير الخطية والمتقلبة، ممايجعلها مناسبة للتطبيق في مجال الطاقة الشمسية.

1.1 إشكالية الدراسة:

تواجه الجزائر تحديات كبيرة في تلبية الطلب المتزايد على الطاقة، وذلك نظرا لاستنزاف احتياطاتها النفط والغازالطبيعي. لذا أصبح من الضروري البحث عن مصادر طاقة بديلة ومستدامة، مثل الطاقة الشمسية. ومع ذلك، يتطلب تطوير قطاع الطاقة الشمسية في الجزائر التخطيط والتنبؤ الدقيق بإنتاج هذه الطاقة في المستقبل.
وتكمن اشكالية هذه الدراسة في محاولة الإجابة على السؤال التالي:

كيف يمكن تطبيق نماذج بوكس جنكينز (Box-Jenkins) للسلاسل الزمنية بشكل فعال للتنبؤ بإنتاج الطاقة الشمسية في الجزائر؟

2.1 فرضيات الدراسة:

للإجابة عن التساؤل المطروح اعتمدنا في دراستنا على مجموعة من فرضيات تتمثل في:

- نماذج بوكس جنكينز(**Box-Jenkins**) للسلاسل الزمنية، تمتلك القدرة على توفير تنبؤات دقيقة لإنتاج الطاقة الشمسية في الجزائر .
- تشهد الجزائر زيادة مستمرة في إنتاج الطاقة الشمسية بهدف تلبية احتياجات القطاعات المختلفة.

3.1 اهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة في الأساس إلى:

- يتم استخدام منهجية بوكس جنكينز (**Box-Jenkins**) للسلاسل الزمنية في هذه الدراسة لبناء نماذج تنبؤ فعالة لإنتاج الطاقة الشمسية في الجزائر حتى آفاق سنة 2030.
- يهدف هذا البحث الى فهم منحنى انتاج الطاقة الشمسية في الجزائر وتطوره.

4.1 منهجية الدراسة:

تم الاعتماد المنهج الوصفي في الجزء النظري من هذه الدراسة لتوضيح الاساسيات المتعلقة بالطاقة الشمسية في الجزائر، أما في الجزء التطبيقي تم الاعتماد على المنهج الكمي باستخدام طريقة قياسية تعتمد على منهجية بوكس جنكينز (**Box-Jenkins**)، وتم استخدام الإحصائيات المقدمة من قبلالوكالة الدولية للطاقات المتجددة (**IRENA**) للتنبؤ بالطاقة الشمسية من عام 2022 إلى غاية 2030.

2. أساسيات حول الطاقة الشمسية في الجزائر:

1.2 امكانيات الجزائر من الطاقة الشمسية:

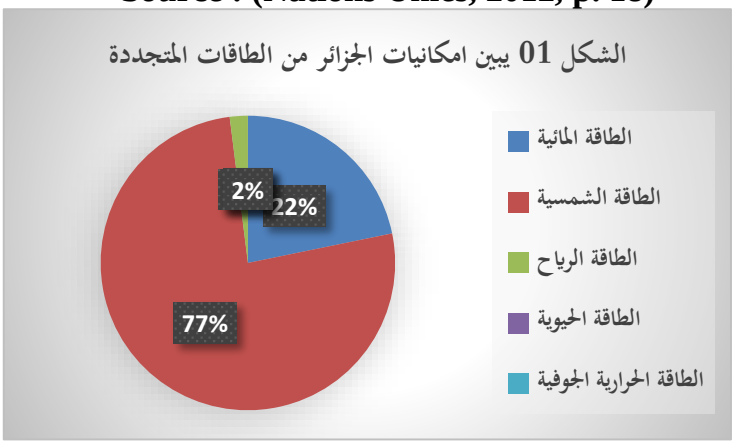
في الجزائر، يقدر متوسط سطوع الشمس السنوي بحوالي 2000 ساعة، ويبلغ متوسط كثافة الطاقة الشمسية في اليوم ب 6.57كيلو واط ساعة/متر مربع، وذلك على مساحة تقدر ب ٪ 86من الصحراء الكبرى، بفضل موقعها الجغرافي تعتبر الجزائر حاوية لأهم حقل شمسي في العالم.

إذا أردنا مقارنة الطاقة الشمسية بالغاز الطبيعي، فإن إمكانات الطاقة الشمسية للجزائر تعادل حجماً 37000مليار متر مكعب سنويا وهو أكثر من ثمانية أضعاف احتياطيات الغاز الطبيعي في البلاد، مع فارق إضافي يتمثل في كون موارد الطاقة الشمسية قابلة للتجديد، على عكس الغاز الطبيعي.**(Nations Unies, 2012, p. 18)**

الجدول الرقم (01): يبين المناطق الطاقة الشمسية في الجزائر

المناطق	الصحراء	الهضاب العليا	المنطقة الساحلية
المساحة%	86	10	4
قدرة التشمس في المتوسط (الساعة/السنة)	3500	3000	2650
الطاقة المتوفرة في المتوسط (كيلواط/ م2 /السنة)	2650	1900	1700

Source : (Nations Unies, 2012, p. 18)



Source : (IRENA , 2023)

يوضح المخطط البياني النسب المئوية لمختلف انواع مصادر الطاقة المتجددة في الجزائر، حيث تشكل الطاقةالشمسية

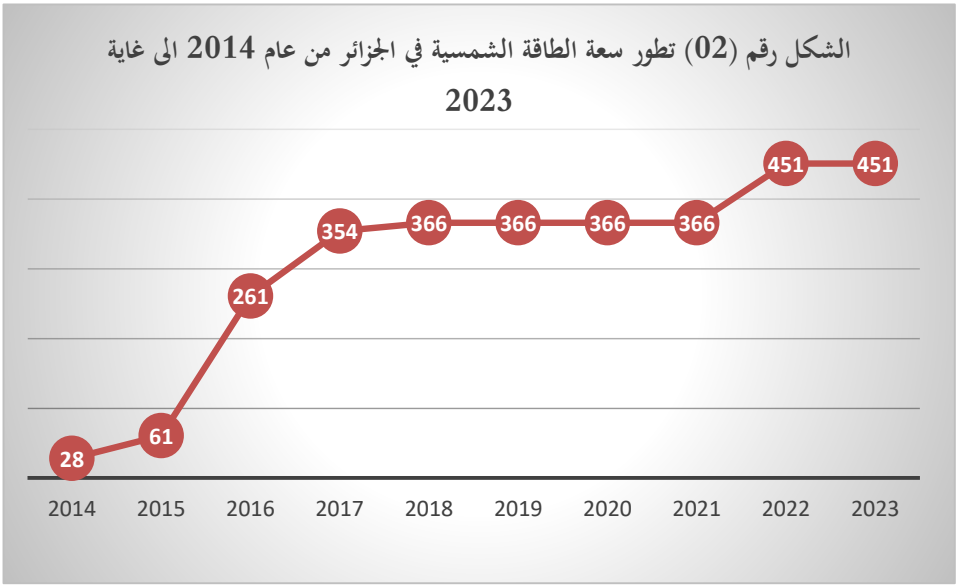
الغالبية العظمى من إمكانيات الطاقة المتجددة في البلاد وتليها الطاقة المائية، ويؤكد ذلك وجود إمكانات كبيرة في الجزائر لتوليد الطاقة من مصادر المتجددة، مما يساهم في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.

2.2 تطور سعة الطاقة الشمسية في الجزائر:

الجدول رقم (02) يبين تطور سعة الشمسية في الجزائر من عام 2014 الى غاية 2023

السنوات	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
سعة (ميغاوات)	28	61	261	354	366	366	366	366	451	451

Source : (Julian , et al., 2024, p. 2)



المصدر: من اعداد الباحثين بناءا على معطيات الوكالة الدولية للطاقات المتجددة (IRENA)

***التحليل:** تشير البيانات إلى زيادة ملحوظة في الطاقة الشمسية من 28 ميغاوات في عام 2014إلى 451 ميغاوات في عام 2023، وقد كانت الزيادة تدريجية في معظم السنوات، باستثناء عام 2016 حيث كانت الزيادة كبيرة من 61 ميغاوات إلى 261 ميغاوات وذلك بفضل تنفيذ 21 محطة تعمل بالطاقة الشمسية الكهروضوئية في الجنوب الجزائري والهضاب العليا بقدرة إجمالية تناهز 343 ميجاواط في الفترة من عام 2014 إلى عام 2017 .(**حنا، 2020**)

وتم التخطيط لبناء أربع محطات طاقة حرارية بقدرة تخزين إجمالية تبلغ حوالي 1200 ميغاوات في الفترة من عام 2016 إلى عام 2022، ثم 500 ميغاوات سنويًا حتى عام 2023 و600 ميغاوات سنويًا حتى عام 2030 وتعتبر هذه تطورات تحديًا لصناعة النفط. (**حسني، مالك، و زويوش، 2021، صفحة 6**)مما يشير إلى تحقيق الجزائر تقدمًا كبيرًا في تطوير الطاقة الشمسية خلال السنوات الماضية، و تشير التوقعات إلى استمرارية النمو في الطاقة الشمسية في المستقبل.

3. تطبيق منهجية بوكس جنكيز (Box-Jenkins) في تحليل السلاسل الزمنية للتنبؤ بكميات إنتاج الطاقة الشمسية للفترة من 2021 الى 2030:

سيتم القيام محاولة التنبؤ بإنتاج الطاقة الشمسية في الجزائر حتى عام 2030 من خلال هذه الدراسةالتطبيقية، باستنادها إلى

سلسلة زمنية لكمية الطاقة الشمسية المنتجة خلال الفترة من عام 2006 إلى عام 2021.

تعتبر هذه البيانات الفعلية للفترة ذات الفائدة في عملية التنبؤ، حيث تم الاعتماد في هذه الدراسة على منهجبوكس جنكينز (**Box-Jenkins**)، باستخدام برنامج.**minitab19**و **EVIEWS 13**

1.3 الطريقة والادوات:

1.1.3 تعريف منهجية بوكس جنكينز(Box-Jenkins):

وضح العالمان**Box Jenkins-George Gwilyn**سنة 1970 في كتابهما **Time seriesAnalysisForcasting& control**طريقةالتطبيقالعملي لمعالجة السلاسل الزمنية خاصة المعقدة منها، وفي الحالاتالتييكون فيها النموذجالابتدائي غير مطروح مسبقا، حيث تمتاز هذه الطريقة بالدقة، وتعتمد نماذج بوكس جنكينز(Box-Jenkins) على دالة الارتباط الذاتي واستخدام مبدأ المتوسطات المتحركة ومبدأ الانحدار الذاتي وتشترطهذه المنهجية استقراريه السلسلة، بمعنى أن يكون المتغير التابع له متوسط وتباين ثابتينخلال الفترة الزمنية موضع الدراسة، أما إذا كانت السلسلة غير ساكنة يتعين إجراء التعديلاتاللازمة حتى تستقر.(**زرواط و دين، 2019، صفحة 94**)

2.1.3 مراحلمنهجية بوكس جنكينز (Box-Jenkins) في تحليل السلاسل الزمنية:

- **مرحلة التعرف**: من خلال هذه المرحلة يتم تحديد درجة النموذج المناسب للسلسلة الزمنية وأهم الأساليب التي يتم الاعتماد عليها في هذه المرحلة هي دالة الارتباط الذاتي والجزئي؛
- **مرحلة التقدير** (تقدير المعالم) في المرحلة الثانية من مراحل هذه المنهجية هي مرحلة تقدير معالم النماذج المختارة.(**عتروس، 2018، صفحة 121**)
- **مرحلة التشخيص**: يتم تشخيص النماذج المقترحة للتأكد من مدى ملائمة النموذج المختار للبيانات المدروسة، واختبار قوته الإحصائية.
- **مرحلة التنبؤ**: يتم استخدام النموذج المختار في التنبؤ بالقيم المستقبلية للظاهرة المدروسة أو استبدال النموذج في حالة عدم ملائمته ودراسة النموذج البديل للوصول إلى النموذج الصحيح.(**بوهنة، 2021، صفحة 615**)

2.3 دراسة وصفية للبيانات:

تتكون السلسلة حجم الإنتاج الطاقة الشمسية في الجزائر من 16 مشاهدة من 2006 الى غاية 2021 ونرمز لها ب PROD، ويوضح الجدول التالي التغيرات السنوية في حجم الإنتاج الطاقة الشمسية :

الجدول رقم (3): الكميات المنتجة من الطاقة الشمسية للفترة من 2006 الى غاية 2021

(الوحدة القياس KW/H)

السنوات	PROD	السنوات	PROD
2006	3	2015	162
2007	3	2016	339
2008	3	2017	560

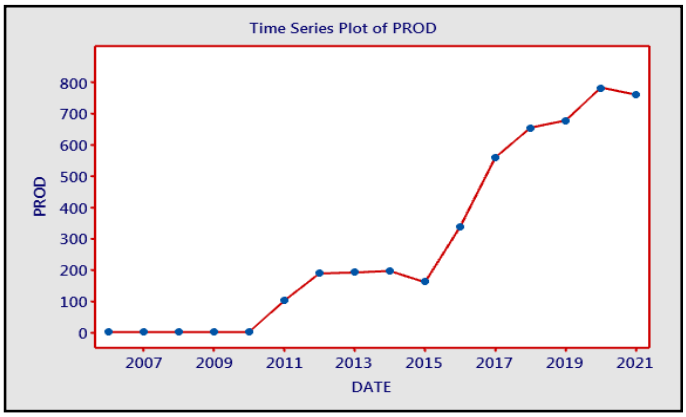
2009	3	2018	655
2010	3	2019	678
2011	103	2020	783
2012	190	2021	760
2013	193		
2014	198		

المصدر: من اعداد الباحثين بناءا على معطيات الوكالة الدولية للطاقات المتجددة (IRENA)

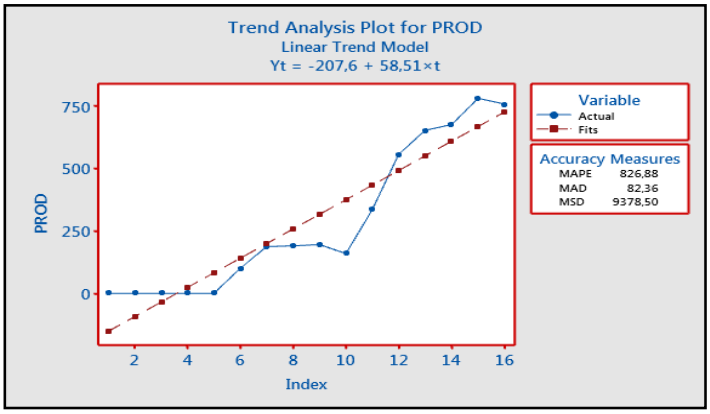
1.2.3 تمثيل البياني لمعطيات السلسلة الزمنية PROD:

نمثل بيانيا سلسلة الزمنية لإنتاج الطاقة الشمسية لغرض التعرف على الخصائص الأولية لها.

الشكل رقم (03): التمثيل البياني لكميات المنتجة من الطاقة الشمسية



الشكل رقم (04): التمثيل البياني الاتجاه العام لسلسلة الزمنية



المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج MINITAB19

من الرسم البياني السابق، يتبين لنا ان حجم انتاج الطاقة الشمسية في الجزائر يزداد بشكل مستمر بميل موجبخلال فترة الدراسة وهذا ما يدل على ان السلسلة غير مستقرة لاحتوائها على اتجاه عام.

3.3 دراسة استقراريه:

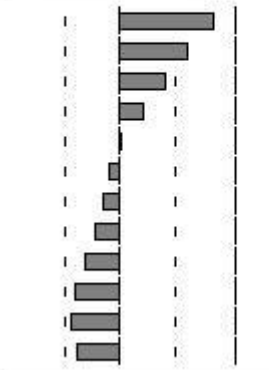
من أجل إجراء دراسة استقراريه لسلسلة الزمنية يتطلب الأمر تحليل دالة الارتباط الذاتي والجزئي بالإضافة الاختبار جذر الوحدة.

1.3.3 تحليل دالة الارتباط الذاتي والجزئي لسلسلة PROD:

يتطلب استقرار سلسلة الزمنية ان تكون معاملات الارتباط مساوية لصفر أي تقع داخل مجال الثقة، الشكل الموالي يوضح دالة الارتباط الذاتي البسيطة والجزئي للسلسلة **PROD**:

الشكل رقم (5): دالة الارتباط الذاتي والجزئي لسلسلة PROD

Date: 04/01/24 Time: 18:00
Sample: 2006 2021
Included observations: 16



Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.839	0.839	13.510	0.000
		2	0.620	-0.282	21.423	0.000
		3	0.420	-0.038	25.335	0.000
		4	0.213	-0.196	26.421	0.000
		5	0.020	-0.098	26.431	0.000
		6	-0.095	0.085	26.690	0.000
		7	-0.151	-0.005	27.422	0.000
		8	-0.229	-0.219	29.306	0.000
		9	-0.312	-0.142	33.312	0.000
		10	-0.409	-0.248	41.326	0.000
		11	-0.434	0.170	52.158	0.000
		12	-0.375	0.173	62.265	0.000

من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج EVIEWS 13

حسب شكل أعلاه نلاحظ ان للمعاملات الارتباط الذاتي المعنوية تختلف عن صفر عند مستوى المعنوية 5% وبالتالي نقبل فرضية بديلة ونرفض فرضية العدم أي ان سلسلة PRODغير مستقرة.

2.3.3 اختبارات الاستقرارية:

للتأكد من وجود مركبة الاتجاه العام في السلسلة**PROD**، يتم تنفيذ اختبار ديكي فولر المطور(**ADF**) وهذا باستخدام ببرنامج **Eviews 13**، أظهرت النتائج أن السلسلة الزمنية للإنتاج الطاقة الشمسية في الجزائرPRODغير مستقرة و تحتوي علىالجذر الوحدوي .

- **اختبار ديكي فولر لسلسلة PROD**:

الشكل رقم (6): اختبار ديكي فولر المطور باستعمال قاطع للسلسة PROD

Null Hypothesis: PROD has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		0.403920	0.9757
Test critical values:	1% level	-3.959148	
	5% level	-3.081002	
	10% level	-2.681330	

من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج EVIEWS 13

الشكل رقم (7): اختبار ديكي فولر المطور باستعمال قاطع واتجاه للسلسلة PROD

Null Hypothesis: PROD has a unit root Exogenous: Constant, Linear Trend Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)			
		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-2.454955	0.3407
Test critical values:	1% level	-4.800080	
	5% level	-3.791172	
	10% level	-3.342253	

من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج EVIEWS 13

الشكل رقم (8): اختبار ديكي فولر المطور بدون قاطع وبدون اتجاه للسلسلة PROD

Null Hypothesis: PROD has a unit root Exogenous: None Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)			
		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		1.924922	0.9816
Test critical values:	1% level	-2.728252	
	5% level	-1.966270	
	10% level	-1.605026	

من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج EVIEWS 13

من خلال تحليل النتائج، يتبين لنا أن جميع القيم الاحتمالية للنماذج الثلاثة لا تقل عن 0.05 وهذا يشير إلى عدم استقرار سلسلة زمنية واحتوائها علىالجذر الوحدوي.

- **اختبار فليب بيرون لسلسلة prod**:

توصلنا الى نتائج مماثلة للنتائج متوصل اليها بعد اجراء الاختبار ديكي فولر المطور كما هو موضح في شكل التالي:

الشكل رقم (9):اختبار فليب بيرون لسلسلة prod

Null Hypothesis: PROD has a unit root Exogenous: Constant Bandwidth: 1 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel			
		Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic		0.250692	0.9664
Test critical values:	1% level	-3.959148	
	5% level	-3.081002	
	10% level	-2.681330	

Null Hypothesis: PROD has a unit root Exogenous: None Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel			
		Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic		1.924922	0.9816
Test critical values:	1% level	-2.728252	
	5% level	-1.966270	
	10% level	-1.605026	

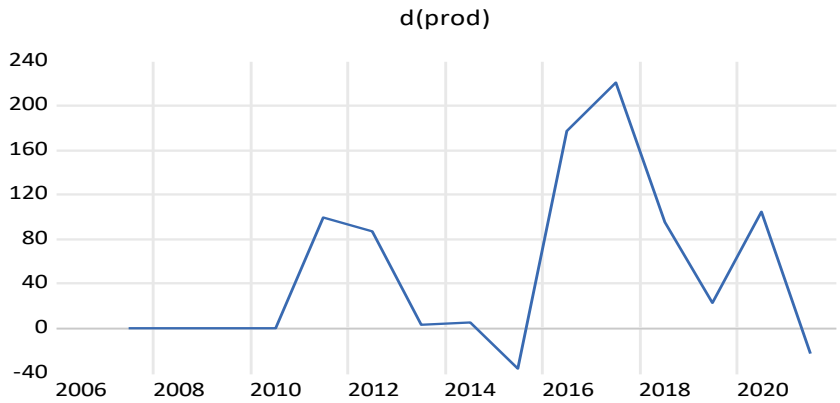
Null Hypothesis: PROD has a unit root Exogenous: Constant, Linear Trend Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel			
		Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic		-1.966165	0.5718
Test critical values:	1% level	-4.728363	
	5% level	-3.759743	
	10% level	-3.324976	

من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج EVIEWS 13

4. إزالة عدم استقراريه السلسة الزمنية prod:

لإزالة عدم استقراريه السلسة نقوم بإجراء فروقات من الدرجة الأولى للحصول على سلسلة dprod ،بعد اجراء الفروقات نحصل على الشكل البياني التالي:

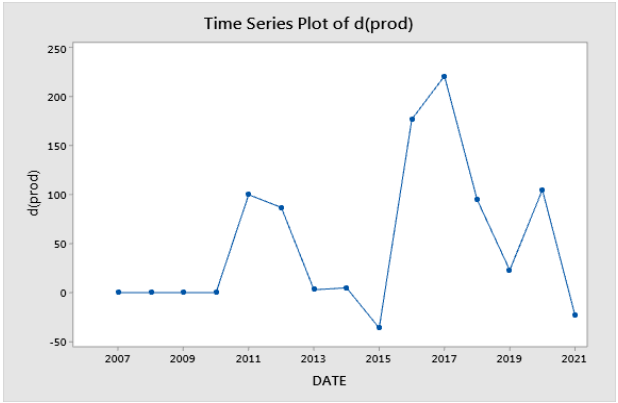
الشكل رقم (10):تمثيل البياني لسلسة dprod



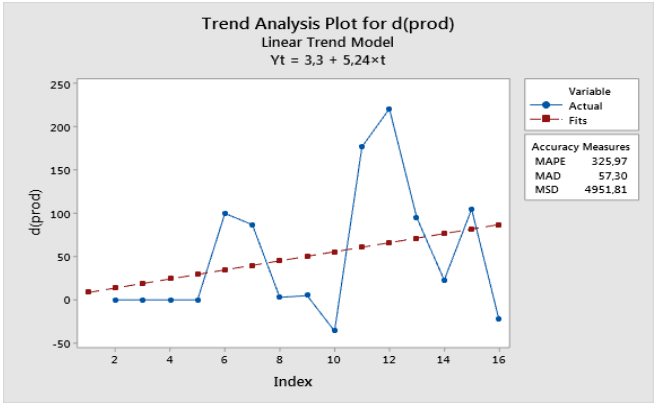
من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج EVIEWS 13

من خلال الرسم البياني للسلسلة المعدلة dprod، يتم إعطاء نظرة أولية حول استقرار السلسلة المعدلة**Dprod**ومن أجل التحقق من صحة النتائج التي تم الحصول عليها قررنا الاعتماد على برنامج **minitab 19**و التي اعطتنا النتائج تطابقت مع نتائج الدراسة السابقة كما هو موضح في شكل ادناه:

الشكل رقم (11): التمثيل البياني لسلسلةdprod



الشكلرقم (12): التمثيل البياني الاتجاه العام لسلسلة dprod



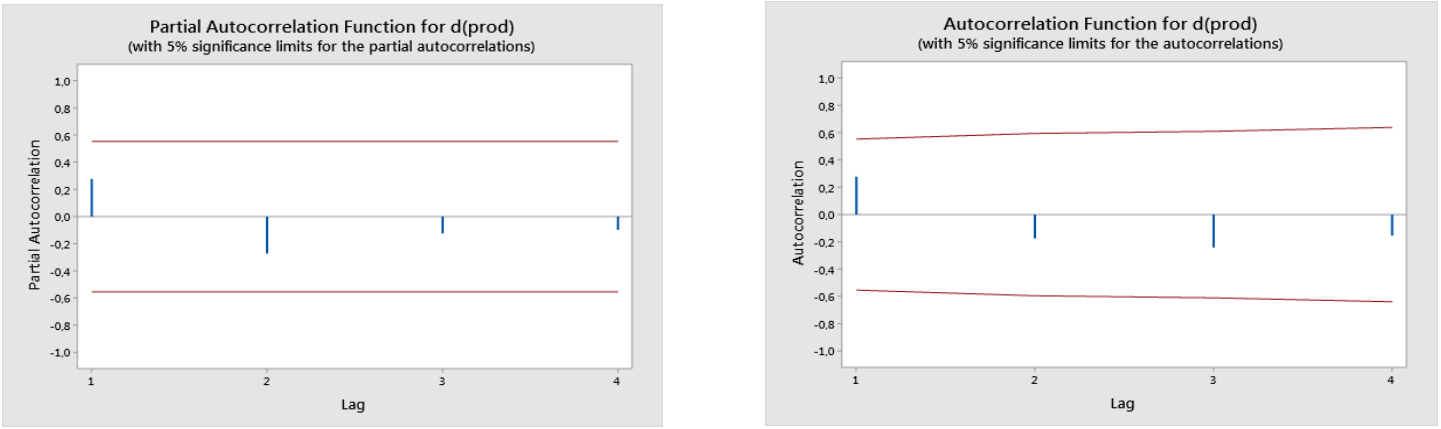
المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج MINITAB19

من النظر الى الشكل المعروض أعلاه، يمكننا ملاحظة استقرار سلسلة زمنية **dprod**بعد اجراء عملية الفرق الأول وعدم وجود اتجاه عام فيها.

5. اختبار دالة الارتباط الذاتي البسيط ودالة الارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة بعد إجراء الفرق الاول:

بعد إجراء الفرق الاول، يمكن لنا استخدام دالة الارتباط الذاتي البسيط ودالة الارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة لتحديد ما إذا كانت السلسلة بعد استقرارها تساعد في صياغة النموذج المناسب للتنبؤ يتم ذلك من خلال تحليل الشكل البياني الموالي:

الشكل رقم (13): دالة الارتباط الذاتي البسيطة ودالة الارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة بعد إجراء الفرقالاول



المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج MINITAB19

عند دراسة دالة الارتباط الفرق الأول في التمثيل، نلاحظ أن جميع معاملات الارتباط الذاتي السلسلة dprodتقع ضمن نطاق الثقة، أي انها تساوي معنويا الصفر مما يشير الى استقراريه السلسلة،وبناءا على العلاقتين السابقتين للارتباط فإن الارتباط الجزئي يمثل نموذج الانحدار الذاتي **AR**بينما الارتباط الذاتي يمثل النموذج المتوسطات المتحركة **MA**تم تجربة النماذج التالية:

ARIMA (1.1.0) ARIMA (1.1.1) ARIMA (0.1.1)
ARIMA (2.1.0) ARIMA (2.1.1) ARIMA (0.1.2) ARIMA (1.1.2)
ARIMA (2.1.2) ARIMA (3.1.0) ARIMA (0.1.3)

1.5 معايير اختيار النموذج الملائم:

الجدول رقم (4): النماذج المقدرة لسلسلة dprod

Type	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
AR 1	1,115	0,281	3,96	0,002
AR 2	-0,612	0,271	-2,26	0,045
MA 1	0,943	0,334	2,82	0,017
Constant	26,67	1,26	21,19	0,000

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج MINITAB19

توصلت الدراسة من خلال التحليل الموضح في الجدول أعلاه الى استنتاج يفيد بأن النموذج **ARIMA(2.1.1)**.المناسب والمقبول احصائيا وذلك بناءا على ان معالمه تحظى بقبول إحصائي،

2.5 اختبارLjung-Boxلنموذج ARIMA(2.1.1):

الجدول رقم(05): اختبارLjung-Boxلنموذج ARIMA(2.1.1).

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	5,34	*	*	*
DF	8	*	*	*
P-Value	0,721	*	*	*

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج MINITAB19

من خلال تحليل النتائج، يتبين لنا أن القيمة الاحتمالية **Ljung-Box**لنموذج **ARIMA (2.1.1)** أكبر عن 0.05 عند lag 12 وهذا يشير إلى أن المعاملات الارتباط الذاتي لسلسلة زمنية تساوي معنويا الصفر.

بناءا على ما سبق يمكن تقدير انتاج الطاقة الشمسية في الجزائر dprod وفقا للعلاقة التالية:

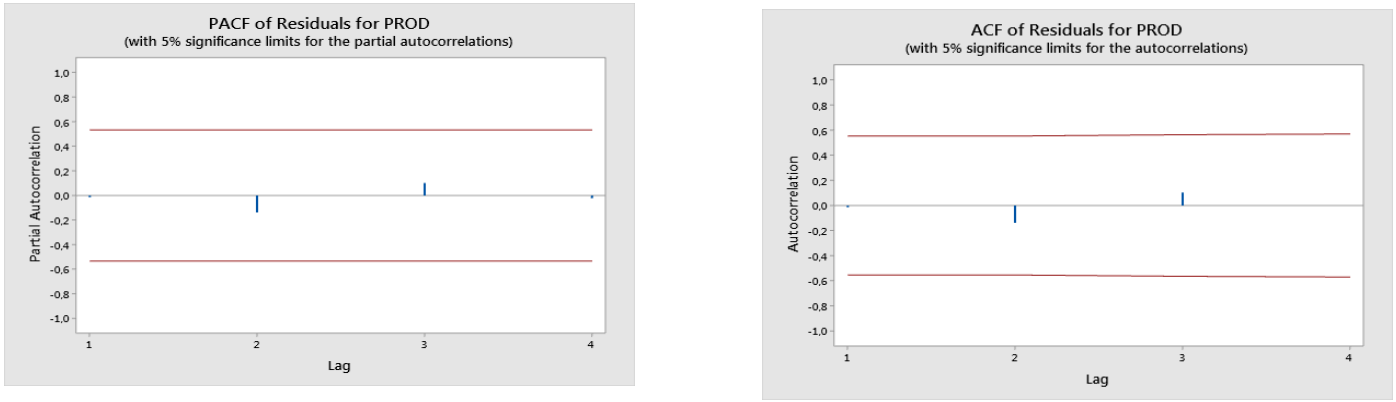
$$dprod=26.27+1.115dprod_{t-1}-0.612dprod_{t-2}+0.943\ e_{t-1}+\varepsilon_t$$

6. مرحلة اختبار والفحص: في هذه المرحلة يتم اجراء دراسة لتقييم مدى قبول النموذج المحدد بشكل نهائي، بهدف استخدامه في عملية التنبؤ، يتم ذلك من خلال تنفيذ مجموعة من الاختبارات:

1.6 اختبار دالة الارتباط الذاتي البسيط الجزئي لسلسة البواقي:

من خلال الشكل الموالي، يمكننا أن نستنتج أن سلسلة البواقي مستقرة، وذلك بسبب أن جميع معاملات الارتباط الذاتي تقع ضمن مجال الثقة.

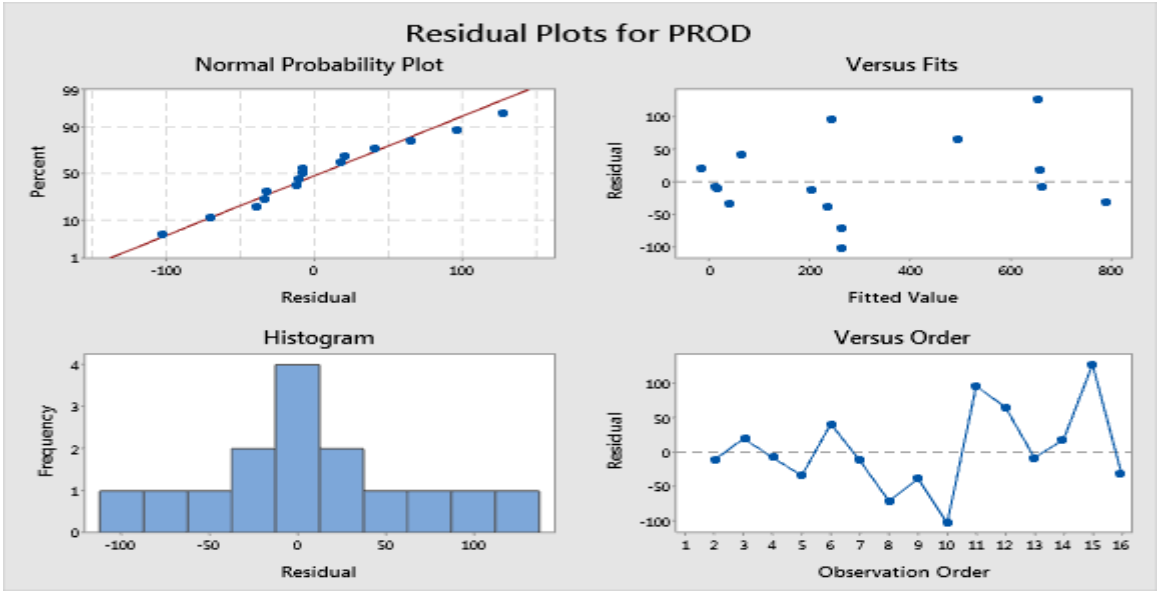
الشكل رقم (14): دالة الارتباط الذاتي البسيط والجزئي للسلسلة البواقي



المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج MINITAB19

2.6 اختبار التوزيع الطبيعي للبواقي: من خلال الشكل ادناه يتضح أن جميع البواقي تقع على خط الانحدار، وهذا يشير إلى ان البواقي تتبع توزيع الطبيعي.

الشكل رقم (15): اختبار التوزيع الطبيعي للبواقي

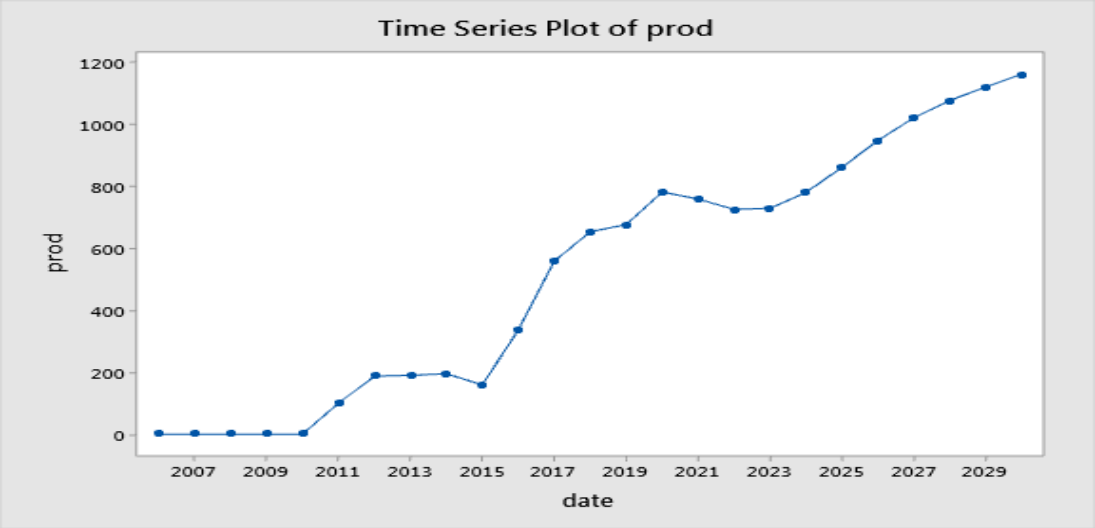


المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج MINITAB19

7. التنبؤ بحجم الإنتاج الطاقة الشمسية من 2022 الى غاية 2030:

بعد اختبار النموذج المقدر، يمكننا التنبؤ بكمية إنتاج الطاقة الشمسية باستخدام النموذج الذي تم الحصول عليه من **ARIMA(2.1.1)**، يجدر الإشارة إلى أن القيم التنبؤية تم حسابها من 2022 إلى غاية 2030.

الشكل رقم(16):القيم التنبؤية لحجم الإنتاج الطاقة الشمسية في الجزائر من 2022 إلى غاية 2030.



المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج MINITAB19

يظهر الرسم البياني اتجاها تصاعديا في توقعات إنتاج الطاقة الشمسية في الجزائر حتى عام 2030، يشير هذاالاتجاه إلى تحسن مستمر في القدرات الإنتاجية للطاقة الشمسية في الجزائر نتيجة للاستثمارات في البنية التحتية، والتحسينات التكنولوجية، وسياسات حكومية الفعالة تدعم القطاعات الإنتاجية.

الجدول رقم (6): القيم المتنبأ بها لكمية انتاج الطاقة الشمسية

السنوات	القيم انتاج الطاقة الشمسية (KW/H)
2022	726,77
2023	730,46
2024	781,57
2025	862,98
2026	949,17
2027	1022,15
2028	1077,47
2029	1121,18
2030	1162,75

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج MINITAB19

من خلال الجدول المعروض أعلاه، تم التنبؤ بكمية إنتاج الطاقة الشمسية في الجزائر من عام 2022 إلى عام2030 باستخدام نموذج بوكس جنكينز (Box-Jenkins)بعد تعديل سلسلة الزمنية وجعلها مستقرة. لوحظ أن كمية الطاقة الشمسية المنتجة تزداد بشكل مستمر على الرغم من التحديات التي قد تواجها الجزائر خلال هذه الفترة مثل: التكلفة الأولية المرتفعة لتركيب أنظمة الطاقة الشمسية، صعوبة الحصول على التمويل اللازم لتنفيذ مشاريع ونقص في الكفاءات البشرية في مجال الطاقة الشمسية.

8. خاتمة:

بعد اجراء دراسة نظرية وتطبيقية قياسية لتقدير الإنتاج المستقبلي للطاقة الشمسية في الجزائر، توصلنا الى النتائج التالية:

- يشهد استخدام المصادر الطاقة الشمسية في الجزائر زيادة مستمرة بهدف تلبية احتياجات القطاعات المختلفة ومن متوقع ان تترتب على هذه الزيادة آثار الاقتصادية متعددة نذكر منها:

- **تعزيز الأمن الطاقوي**: تزايد إنتاج الطاقة الشمسية سيساهم في تعزيز الأمن الطاقوي في الجزائر وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.
- **خلق فرص العمل**: سيؤدي قطاع الطاقة الشمسية إلى إيجاد فرص عمل جديدة في مجالات التصنيع والتركيب والصيانة.
- **جذب الاستثمارات**: من المتوقع أن يجذب زيادة إنتاج الطاقة الشمسية استثمارات أجنبية جديدة في هذا القطاع.
- **تحسين التوازن البيئي**: ستساهم الطاقة الشمسية في تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتحسين جودة الهواء.

- تمكنت منهجية بوكس جنكينز (**Box-Jenkins**) من التنبؤ بالقيم المستقبلية لإنتاج الطاقة الشمسية في الجزائر، وتم تحقيق ذلك بعد اختيار النموذج الملائم **ARIMA(2.1.1)** الذي اظهر نتائج تنبؤية جيدة.
- تعد منهجية بوكس جنكينز (**Box-Jenkins**) أسلوبا فعالا في تحليل السلاسل الزمنية، وذلك من خلال تطبيقها في تحليل سلسلة زمنية لإنتاج الطاقة الشمسية في الجزائر، بهدف التنبؤ بالقيم المستقبلية دون الحاجة الى تحديد العوامل المؤثرة على تطورها أو تفسير سلوكها في المستقبل، مثل عدم توفر معلومات كافية حول ظروف عمل اللوحة الشمسية.

1.8 التوصيات:

واستنادا إلى ما سبق، يمكن توجيه مجموعة من التوصيات على النحو التالي:

- العمل على إنشاء مراكز متخصصة في مجال التنبؤ والقدرة على التخطيط والرقابة، بالإضافة إلى ضرورة تنظيم دورات تدريبية تهدف الى تطوير المهارات واكتساب المعرفة في هذا المجال بهدف تطبيق عملية التنبؤ بشكل فعال.
- تشجيع الاستكشاف والتطوير في مجال التقنيات الشمسية المتقدمة بهدف تحسين كفاءة إنتاج الطاقة.
- يجب اقرار تشريعات وقوانين تحفز على تعزيز استخدام الطاقة الشمسية في القطاعات المنزلية والتجارية والصناعية.
- تعزيز استثمارات في مشاريع الطاقة الشمسية من خلال توفير حوافز مالية وضريبية للمستثمرين.
- تعزيز التعاون مع الدول الرائدة في مجال الطاقة الشمسية يهدف الى تبادل الخبرات والتكنولوجيا.

9. قائمة المراجع:

- **الأطروحات:**

- سهيلة عتروس. (2018). استخدام منهجية بوكس جنكنز والشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية بمؤسسة سونلغاز – دراسة حالة: ولاية بسكرة. *رسالة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم في علوم التسيير تخصص: الأساليب الكمية في التسيير*. جامعة محمد خيضر، بسكرة،الجزائر.

- **المقالات:**

- توفيق حسني، رضوان مالك، و نزيم زويوش. (2021). الجزائر 100% طاقة متجددة توصيات من أجل استرتجية وطنية للطاقات المتجددة. *مؤسسة فريدريش ايبرت*، 01-31.

- فاطمة الزهراء زرواط، و مختارية دين. (2019). التنبؤ بالطاقة الكهربائية المنتجة عن طريق الطاقة الشمسية في الجزائر باستخدام منهجية بوكس جينكيز. *مجلة الجزائرية للعولمة والسياسات الاقتصادية،المجلد/10*، 87-109.

- كلثوم بوهنة. (2021). التنبؤ بإنتاج الطاقة الكهربائية الحرارية في الجزائر حتى أفاق 2030 باستعمال منهجية بوكس جنكينز. *مجلة الاقتصاد الصناعي (خزارتك)،المجلد 11/العدد:01*، 608-631.

- Julian , P., Ahmed, I., Dennis , A., nazik , E., Gerardo , E., Akshay , J., . . . Adrian , W. (2024). RENEWABLE CAPACITY STATISTICS. *IRENA (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCEY) STA*, 01-285.

- Nations Unies. (2012). Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord Situation actuelle et perspectives. *Commission économique pour l'Afrique*.

- **المواقع الالكترونية:**

- ندروس حنا. (5 جانفي, 2020). *الجزائر: 390 ميجاواط من محطات الطاقة المتجددة في الجزائر حتى نهاية عام 2019*. تم الاسترداد من solarabic: https://solarabic.com/%D8%A3%D8%AE%D8%A8%D8%A7%D8%B1-%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%AA%D8%AC%D8%AF%D8%AF%D8%A9/2020/01/%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%AA%D8%AC%D8%AF%D8%AF%D8%A9-%D9%81%D9%8A-%D8%A7%D9

- IRENA . (2023, 08 08). *algeria-aferica*. Récupéré sur INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCEY STATISTICS: statistics@irena.org