

Quelle relation existe entre les énergies renouvelables et les IDE ? Une investigation empirique sur l'économie africaine avec données de panel dynamique

SARSAR Lamiae, Université Mohammed V, Maroc

ECHAOUI Abdellah, Université Mohammed V, Maroc

ISSN : 2509-0399

Reçu le : 21 juin 2022

Date de mise en ligne : 30 septembre 2022

Évalué le : 05 août 2022

Pagination : 51-70

Accepté le : 03 septembre 2022

---

**Référence**

SARSAR, L., ECHAOUI, A., «Quelle relation existe entre les énergies renouvelables et les IDE ? Une investigation empirique sur l'économie africaine avec données de panel dynamique», *Revue "Repères et Perspectives Économiques"* [En ligne], Vol. 6, N° 2 / septembre 2022, mis en ligne le 30 septembre 2022.

## **What is the relationship between renewable energy and FDI? An empirical investigation on the African economy with dynamic panel data**

### **Abstract**

Foreign direct investment is an important element for the development of the energy sector, given its importance associated with the transfer of technology and expertise as well as the transfer of capital from home to host countries (Abe et al. 2017). In the literature, the link between FDI and renewable energy has been analyzed from different aspects, in this regard our paper aims to explore the cause and effect relationship existing between renewable energy consumption and foreign direct investment.

To assess the proposition of finding a link between FDI and renewable energy, our analysis is based on an econometric panel data study applied on data covering 52 African countries that span a period from 1990 to 2015. First, the results of the common unit root tests (Levin, Lin and Chu (LLC) and Breitung tests) that assume the existence of homogeneity across countries, the two variables FDI and REC are integrated at the  $I(0)$  level at the 1% risk threshold. Concerning the three Im, Pesaran and Shin (IPS), Augmented Dickey-Fuller (ADF) and Philippe-Perron (PP) tests that admit the existence of heterogeneity between countries, the two variables CER and FDI are still stationary at the level.

After checking that the two variables are integrated at the same order  $I(0)$ , the Fisher, Trace and Max-Eigen tests, based on Johansen's methodology, allow us to test the cointegration between the said variables. The two Fisher tests reject the null hypothesis of non-cointegration between the CER and FDI variables at the 1% threshold and accept the alternative hypothesis according to which the said variables are co-integrated. The ARDL Bound test confirms the results obtained by the two Fisher tests, namely the rejection of the null hypothesis of non-cointegration between FDI and CER at the 1% significance level. After confirming that the two variables are cointegrated in the long run, the Granger causality test to verify the hypothesis of the bidirectional relationship between the two variables CER and FDI reveals that there is a bidirectional causality between the two variables CER and FDI. Based on the above results, we estimate the long-run parameters, using two cointegration regression methods PDOLS and FMOLS, and the two panel methods Pooled and Grouped. The results confirm that FDI inflows positively impact the energy transition in African countries in the long run and that renewable energy consumption is a long-run determinant of FDI inflows in Africa. Finally, to dynamically analyze the short and long term causality, we used the Engle-

Granger test. The test confirms the positive impact of renewable energy consumption on FDI inflows to Africa in the long run. However, in the short run, REC has no impact on FDI. On the other hand, FDI inflows positively impact the energy transition in African countries in the long run, but in the short run, FDI inflows have no impact on the REC.

**Keywords:** Renewable energy consumption; Foreign direct investment; Sustainable development; Panel cointegration.

**JEL classification :** F21 ; C33 ; Q42

### **Résumé**

Cet article vise à explorer la relation cause à effet existant entre la consommation des énergies renouvelables et les investissements directs étrangers en Afrique. Pour évaluer la proposition de trouver un lien entre les IDE et les énergies renouvelables, notre analyse est fondée sur une étude économétrique des données de panel appliquée sur des données couvrant 52 pays africains qui s'étalent sur une période allant de 1990 à 2015. Les résultats de la causalité de Granger confirment l'impact positif allant de la consommation des énergies renouvelables vers les IDE à long terme, et aucun impact à court terme, et révèlent les mêmes résultats pour la causalité allant des investissements directs étrangers vers la consommation des énergies renouvelables.

**Mots clés :** Consommation des énergies renouvelables ; Investissements directs étrangers ; Développement durable ; Cointégration de panel.

## Introduction

D'après le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, les émissions de dioxyde de Carbone présentent dans les environs de 76% des émissions mondiales, et que 68% d'entre elles proviennent de la consommation d'énergie (GIEC, 2014). À cet égard la transition vers les énergies renouvelables est devenue une nécessité pour parvenir à l'objectif principal du développement durable, qui est le respect de l'environnement et l'atténuation des émissions de CO<sub>2</sub>. Par conséquent, les pays se concentrent sur l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique pour répondre à la demande croissante d'énergie tout en contribuant de manière significative à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> dans les économies développées et en développement. Les investissements directs étrangers constituent un élément important pour le développement du secteur de l'énergie, vu son importance associée au transfert technologique et d'expertise ainsi qu'au transfert de capitaux des pays d'origine vers les pays d'accueil (Abe et al. 2017).

Dans la littérature, le lien entre les IDE et les énergies renouvelables a été analysée sous différents aspects. A cet égard, l'objectif de notre étude est d'analyser empiriquement la relation cause à effet entre la consommation des énergies renouvelables et les investissements directs étrangers dans 52 pays Africains durant la période (1990-2015), afin de déterminer l'impact des flux entrants des investissements directs étrangers sur la consommation des énergies renouvelables et de l'effet d'une augmentation des énergies renouvelables en Afrique sur les entrées des IDE.

De ce fait, la problématique centrale de notre étude se formule comme suit : Est-ce qu'il y'a une causalité bidirectionnelle entre la consommation des énergies renouvelables et les IDE en Afrique ?

Nous formulons trois hypothèses de la recherche à partir de notre problématique centrale, ces hypothèses se présentent comme suit :

H1 : La consommation des énergies renouvelables en Afrique impact positivement les IDE à long terme ;

H2 : Les entrées des IDE impact positivement la consommation des énergies renouvelables en Afrique à long terme ;

H3 : Il y'a une relation bidirectionnelle entre la consommation des énergies renouvelables et les IDE en Afrique.

Pour répondre à notre problématique nous allons procéder à la démarche suivante : Dans une première partie une revue de littérature qui traite le lien de causalité entre la consommation des énergies renouvelables et les investissements directs étrangers. Puis une deuxième partie qui aborde le modèle empirique utilisé, la description des données et les résultats de l'étude.

## **1. Consommation d'énergie renouvelable et IDE : Revue de littérature et états des lieux**

### **1.1. Revue de littérature**

La plupart des études déjà faite se concentrent principalement sur la relation entre la consommation d'énergie, la croissance économique et les investissements directs étrangers, tandis que les études qui abordent la question du lien entre les IDE et la consommation d'énergie renouvelable et spécifiquement en Afrique sont peu étudiées.

La littérature existante qui étudie le lien entre la consommation d'énergie renouvelable et les investissements directs étrangers produit des résultats mitigés voire contradictoires, puisque l'effet peut être soit positif, négatif ou non significatif. Dans le cadre de notre étude pour examiner empiriquement la causalité existant entre la consommation des énergies renouvelables et l'IDE, nous nous appuyons en premier lieu sur des études déjà réalisées par d'autres chercheurs. On commence par l'étude effectuée par Doytch et Narayan (2015) dans 74 pays de 1985 à 2012 pour voir l'impact des IDE sur la consommation d'énergie renouvelable et non renouvelable en utilisant la méthode d'estimation de panel dynamique Bludell-Bond. Les résultats obtenus suggèrent globalement que les IDE totaux encouragent la consommation d'énergie renouvelable et découragent l'utilisation des énergies non renouvelables, ont ajoutant que l'ampleur varie en fonction des IDE sectoriels et du groupe de revenu, en prenons comme exemple les pays à revenu faible et moyen inférieur, les IDE totaux encouragent l'utilisation des pratiques de promotion de l'énergie verte et la réduction de l'utilisation d'énergie non renouvelable. Cependant l'étude n'a pas été en mesure de trouver un lien entre l'IDE minier ou tout autre secteur pour ces pays. Globalement, les résultats soutiennent l'effet de halo des IDE qui suggère que les investissements étrangers qui aident à réduire l'utilisation d'énergie non renouvelable. De même, Mert et Bölük (2016) soutiennent l'hypothèse du Halo qui confirme que les IDE exportent des technologies propres et conduit donc a amélioré les normes environnementales et réduit les émissions de CO2.

Khandker et al (2018) ont étudié le cas de Bangladesh sur la période de 1980 à 2015, ils ont eu recours au test de cointégration de johansen pour déterminer le lien entre la consommation des sources d'énergie renouvelable et les IDE, leurs résultats révèlent l'existence d'une relation bidirectionnelle à long terme entre les IDE et la consommation d'énergie

renouvelable, et pas de relation de causalité à court terme. Ils ont constaté que les entrées des IDE permettent d'attirer les investisseurs à s'investir dans les énergies renouvelables.

Azam et Hasseb (2021) ont étudié l'impact de l'énergie renouvelable et non renouvelable sur les flux d'IDE dans les pays du BRICS qui sont considérés relativement plus attirés par les IDE, d'une durée de 27 ans de 1990 à 2017, les résultats à long terme suggèrent que les deux sources d'énergie impactent positivement les entrées d'IDE et donc encouragent les flux d'IDE dans les pays du BRICS. Néanmoins la consommation d'énergie renouvelable attire les flux d'IDE plus profondément que la consommation d'énergie non renouvelable. Les résultats impliquent que les pays BRICS ont la capacité d'améliorer les sources d'énergies renouvelables à travers l'augmentation des flux d'IDE dans les projets d'énergie verte. De même, Kutan et al (2018) qui étudient les déterminants de la consommation d'ER dans les pays du BRICS ont montré que les IDE aussi jouent un rôle important dans l'amélioration de la consommation d'énergie renouvelable.

Ergun et al (2019) considère les investissements directs étrangers comme un facteur de développement des sources d'énergies renouvelables dans le cas de 21 pays Africains de 1990 à 2013. L'étude suggère que l'IDE est un déterminant qui permet d'améliorer les technologies utilisées dans les sources d'énergies renouvelables en Afrique, ce qui permettra d'augmenter à long terme la consommation d'énergie renouvelable dans le continent. Comme le soulignent Marque et Fuinhas (2012) pour que les pays Africains puissent passer des sources traditionnelles vers des sources d'énergies renouvelables modernes, ils ont besoin des investissements que les pays africains n'ont pas la capacité de se permettre par eux-mêmes.

Quelques études empiriques déjà faite par d'autres chercheurs ont rejeté la causalité positive entre les IDE et les ER. Khan et al (2021) ont étudié le cas de 69 pays de la BRI au cours de la période de 2000 à 2014 pour estimer l'impact à long terme des investissements directs étrangers ainsi que d'autres variables sur la consommation d'énergie renouvelable. Les résultats de l'étude ont révélé que l'IDE est un déterminant positif de l'énergie conventionnelle et négatif pour la consommation d'énergie renouvelable pour les pays BRI. Une autre étude faite par Lin et al (2016) en utilisant la méthode de cointégration de johansen et le modèle de correction des erreurs vectorielles d'une durée de 31 ans de 1980 à 2011 dans la chine. Les résultats nient le lien positif entre les investissements directs étrangers et les énergies renouvelables, D'après les résultats empiriques les IDE réduisent la part des énergies renouvelables dans la totalité de la consommation d'électricité en Chine. L'étude suggère que l'IDE peut augmenter la quantité d'énergie renouvelable, mais pas sa part dans la

consommation totale d'électricité. De même, l'étude réalisée par Kiliçarsalan (2019) pour déterminer l'impact des IDE sur la production d'énergie renouvelable en BRICS et la Turquie en résulte que les entrées d'IDE impactent négativement la production d'énergie renouvelable dans ces pays, en d'autres termes une augmentation des IDE conduit à une diminution des sources d'ER.

Salahuddin et al (2018) ont examiné empiriquement l'effet des IDE sur les émissions de CO<sub>2</sub> au Koweït entre 1980 et 2013, les résultats affirment que les IDE stimulent les émissions de CO<sub>2</sub> à la fois à court et à long terme. Ahmed et al (2019) ont démontré que les IDE contribuent aux émissions de CO<sub>2</sub>, par contre Paramati et al (2017) affirment que les entrées d'IDE permettent de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et favorisent la consommation d'énergie renouvelable.

Ghazouani (2018) a examiné le lien entre les IDE et ER à long terme, pour les 9 pays de la région MENA pour une durée de 1990 à 2015. Les résultats ont montré que l'utilisation des énergies renouvelables constitue un facteur important pour attirer les flux d'IDE en Egypte, Israël, Iran, Mauritanie, Tunisie et la Turquie, et que l'IDE est un déterminant essentiel de la consommation d'énergie renouvelable en Iran, Maroc et la Tunisie. L'étude de Sbia et al (2014) ont montré l'existence d'une relation de causalité bidirectionnelle entre l'IDE et l'énergie verte dans les Emirats Arabes Unis.

Keeley et Lkeda (2017) ont étudié l'efficacité des politiques de soutien aux ER pour attirer les entrées des IDE on se concentrant sur un secteur spécifique qui est le secteur de l'énergie éolienne dans 10 pays en développement pour la période 2008-2014. Les résultats révèlent l'importance d'avoir une politique de soutien économique aux ER, pour promouvoir l'investissement domestique. Cependant le soutien aux ER n'est pas suffisant pour créer un environnement qui attire les flux d'entrées d'IDE puisqu'ils doivent être complétés par des politiques crédibles et bien structurés pour attirer les IDE dans le secteur des énergies renouvelables.

**Tableau 1 :** Tableau récapitulatif de quelques études effectuées pour déterminer la relation entre les IDE et ER.

Auteurs	Pays	Durée	Méthodologies utilisées
<b>Azam et Haseeb (2021)</b>	BRICS	1990 à 2017	Moindres carrés ordinaires entièrement modifiés (F.M.O.L.S)
Résultats	Les deux sources d'énergie impact positivement les entrées d'IDE dans les pays du BRICS, néanmoins la consommation d'ER attire les flux d'IDE plus profondément que la consommation d'ENR.		
<b>Khan et al. (2021)</b>	69 pays du BRI	2000 à 2014	Estimateurs d'erreur standard et des estimateurs dynamiques GMM
Résultats	L'IDE est un déterminant négatif de la consommation d'ER pour les pays BRI.		
<b>Ergun et al. (2019)</b>	21 pays africains	1990 à 2013	Moindres carrés généralisés à effets aléatoires
Résultats	Le lien entre la consommation d'ER et les IDE est positif. Une augmentation des IDE en Afrique conduit à une amélioration des technologies des ER.		
<b>Kiliçarsalan. Z (2019)</b>	BRICS et turquie	2007 à 2015	Analyse ARDL en panel
Résultats	Les entrées d'IDE impact négativement la production d'ER.		
<b>Khandker et al. (2018)</b>	Bangladesh	1980 à 2015	Le test de cointégration de Johansen
Résultats	L'existence d'une relation bidirectionnelle à long terme entre les IDE et la consommation d'énergie renouvelable. Par contre pas de relation de causalité à court terme.		
<b>Ghazouani (2018)</b>	Région MENA	1990 à 2015	La méthode ARDL
Résultats	L'utilisation des ER est un facteur essentiel pour attirer les IDE en Egypte, Iran, Israël, Mauritanie, Tunisie et Turquie. IDE est un déterminant de la consommation des ER en Iran, Maroc et Tunisie.		
<b>Doytch et Narayan (2016)</b>	74 Pays	1985 à 2012	Estimateur de panel dynamique Blundell-Bond
Résultats	Les IDE totaux ont un effet de réduction de la consommation d'énergie non renouvelables et un effet d'augmentation de la consommation d'énergie renouvelables. L'ampleur et l'effet varient en fonction des IDE sectoriels et du groupe de revenu.		
<b>Lin et al. (2016)</b>	La chine	1980 à 2011	Cointégration de Johansen et le modèle de correction des erreurs vectorielles
Résultats	Les IDE réduisent la part des ER dans la totalité de la consommation d'électricité en Chine.		
<b>Sbia et al. (2014)</b>	Emirats Arabes Unis	1975 à 2011	Le test de frontière ARDL
Résultats	Il existe une relation de causalité bidirectionnelle entre l'IDE et l'énergie verte.		

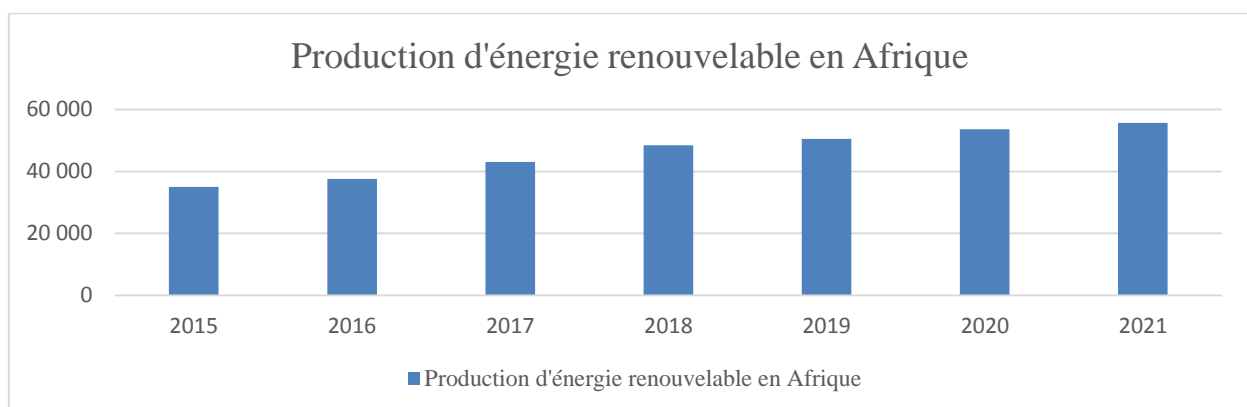
**Source :** élaboration des auteurs



## 1.2.État des lieux de la production d'énergie renouvelable en Afrique :

Pour répondre aux besoins énergétiques des pays Africains, tout en respectant l'environnement, et la pénurie des ressources énergétiques, la transition énergétique constitue une nécessité incontournable pour diminuer la dépendance énergétique et parvenir à la dégradation de notre planète qui est due à l'utilisation accrue des énergies fossiles. Dans notre deuxième partie de la revue de littérature nous allons voir l'évolution de la production totale d'énergie renouvelable ainsi que les différents types de production d'ER en Afrique, extrait de l'agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA).

**Figure 1 :** Evolution de la production totale d'énergie renouvelable en Afrique



**Source :** Agence internationale pour les énergies renouvelables : IRENA (2022)

**Tableau 2 :** L'évolution des différents types de production d'énergie renouvelable en Afrique

CAP (MW)	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Énergie éolienne</b>	3 320	3 826	4 579	5 472	5 529	6 485	7 334
<b>Solaire photovoltaïque</b>	1 931	2 988	4 711	7 210	8 415	9 704	10 302
<b>Solaire thermique</b>	325	425	525	985	1 085	1 085	1 085
<b>Hydroélectricité</b>	29 181	31 107	34 215	35 595	36 312	36 921	37 525

**Source :** Agence internationale pour les énergies renouvelables : IRENA (2022)

La figure ci-dessus exprimée en (MW) nous montre l'évolution de la production totale d'énergie renouvelable en Afrique de 2015 à 2021 extraits de l'Agence internationale pour les énergies renouvelables IRENA (2022). Nous remarquons d'après la figure que la production totale d'énergie de sources renouvelable en Afrique augmente de plus en plus avec

l'augmentation des années de 34 982 MW en (2015) à 55 705 MW en (2021), ce qui peut être expliqué par l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique total (substitution des combustibles fossiles par les énergies renouvelables).

## **2. Analyse empirique de la relation causale entre les investissements directs étrangers et la consommation d'énergies renouvelables en Afrique**

Dans le but de répondre à la problématique suivante, nous proposons le désigne de la recherche en employant une étude quantitative d'un modèle de cause à effet à l'aide de tests d'hypothèse. Les éléments de se désigne de recherche se présente comme suit :

### **2.1. Méthodologie : choix et analyse des deux modèles bivariés par le recours à la cointégration des données de panel**

#### **2.1.1. Le choix de la méthodologie**

Selon la revue de littérature, la consommation des énergies renouvelables est un déterminant de localisation des IDE. En effet, l'analyse de cointégration de panel ne vise pas à isoler les effets de la transition énergétique sur l'attractivité territoriale, en travaillant sur les canaux de transmission spécifique, mais au contraire, son objectif est de capturer les effets globaux. Cela fournit un argument majeur à la faveur de l'approche bivariée, et/ou bidirectionnelle, en évitant aussi des problèmes sérieux de l'estimation tels que l'autocorrélation, l'hétéroscédasticité et la multi-colinéarité et l'endogénéité. D'après la pratique courante de ladite approche, elle a été utilisée pour éviter les complications résultant de la causalité indirecte de ce que l'on appelle les variables auxiliaires qui ont été prises en compte dans un cadre multivarié.

Quant à la bidirectionnalité de ladite approche, la littérature reconnaît également la possibilité théorique de deux voies de rétroaction entre la consommation d'ER et les IDE ainsi que leurs dynamiques à long terme et à court terme.

#### **2.1.2. Méthodologie de l'analyse des deux modèles bivariés par le recours à la cointégration des données de Panel**

Conformément à la pratique courante des études employant l'approche de cointégration de panel, on recourt aux deux modèles bivariés sous la forme suivante :

Équation (1), représente la relation bidimensionnelle à long terme entre l'IDE et la consommation des énergies renouvelables :

$$IDE_{it} = \alpha_i + \beta_i CER_{it} + \varepsilon_{it}$$

(1)

$$CER_{it} = \alpha_i + \beta_i IDE_{it} + \varepsilon_{it}$$

D'où :

$CR_{it}$ : Les flux entrants nets des IDE en millions de dollars US dans le pays  $i$  dans l'année  $t$  ;

$CER_{it}$ : La consommation d'énergies renouvelable en % de la consommation totale d'énergie dans l'année  $t$  d'un pays  $i$  ;

De plus, on inclut :

$\alpha_i$  : (1, 2, 3, ..., 52) l'effet fixe spécifique à chaque pays africain pour contrôler les facteurs omis spécifiques au secteur qui sont relativement stables au fil du temps.

Équation (2) représente la causalité bidirectionnelle à court terme et à long terme entre les IDE et la consommation des énergies renouvelables, cette relation peut être obtenue par l'estimation du modèle de correction d'erreurs dynamique (DECM) comme le suivant :

$$\begin{aligned} \Delta IDE_{it} &= \alpha_{1i} + \lambda_{1i} \varepsilon_{it-1} + \sum_q \theta_{1iq} \Delta IDE_{it-q} + \sum_q \beta_{1iq} \Delta CER_{it-q} + \mu_{1it} \\ \Delta CER_{it} &= \alpha_{2i} + \lambda_{2i} \varepsilon_{it-1} + \sum_q \theta_{2iq} \Delta CER_{it-q} + \sum_q \beta_{2iq} \Delta IDE_{it-q} + \mu_{2it} \end{aligned}$$

(2)

Où :

$q$  : Elle se réfère à la longueur de retard optimal pour chaque secteur dans le panel ;

$\theta_i$  : C'est la vitesse d'ajustement vers le chemin d'équilibre à long terme ;

$\lambda_i$  : C'est l'effet à long terme de la CER sur l'IDE et vice versa ;

$\beta_i$  : L'effet à court terme de CER sur la l'IDE et vice versa ; et

$\mu_{it}$  : Terme d'erreur

## 2.2. Description et source des données

Pour évaluer la proposition de trouver une relation entre l'IDE et les énergies renouvelables, l'analyse empirique est fondée sur l'économétrie des données de panel appliquée sur des données couvrant 52 pays africains qui s'étalent sur une période allant de 1990 à 2015 (soit 26 ans), ce qui nous donne un panel cylindré de 1352 observations.

Concernant les énergies renouvelables, les données sont fournies à partir de la base de données de la Banque Mondiale dont la variable choisie est la consommation d'ER (% de la consommation totale d'énergie). Ce choix se justifie par le fait que la consommation en volume ne fournit pas une image réelle sur la transition énergétique d'un pays donné, la politique de conversion est calculée relativement par rapport à la consommation des énergies classiques à savoir énergies fossiles. De ce fait, il s'avère que l'évolution de la consommation d'ER par rapport à la structure globale de la consommation d'énergie est la plus avantageuse.

Quant à l'IDE, nous prenons les flux entrants nets dont les données sont fournies par CNUCED<sup>1</sup>.

## 2.3. Résultats et discussion

### 2.3.1. La stationnarité des séries : test de racine unitaire de panel

Cette étape consiste à examiner le niveau de la stationnarité des deux séries IDE et CER afin de pouvoir procéder à l'estimation de cointégration bivariée. Il s'agit de deux tests, LLC et Breitung, ayant objet de tester la stationnarité desdites séries en supposant l'homogénéité dans le panel et trois test, PP, ADF et IPS, ayant objet de tester la stationnarité desdites séries en supposant l'hétérogénéité dans le panel.

**Tableau 3** : Résultats des tests de racine unitaire commune de panel pour l'IDE et la CER

	Niveau	1 <sup>ère</sup> différence	Ordre d'intégration
<b>Variable : IDE</b>			
Levin, Lin et Chu (LLC)	-14.0886 (0.0000)	-	<b>I(0)</b>
Breitung	-10.3734 (0.0000)	-	<b>I(0)</b>
<b>Variable : CER</b>			
Levin, Lin et Chu (LLC)	-25.3208 (0.0000)	-14.4005 (0.0000)	<b>I(0)</b>
Breitung	-10.3734 (0.0000)	-6.93376 (0.0000)	<b>I(0)</b>

**Source** : Calcul des auteurs

**Note** : p-valeur sont entre les parenthèses (.). L'hypothèse nulle : une racine unitaire commune. On inclut dans l'équation des tests des interceptes individuelles comme un benchmark, sauf le test de Breitung (une intercepte individuelle et un trend). La sélection de maximum de retard est automatique par le logiciel en utilisant le CIS comme un benchmark.

Tout d'abord, on commence par les tests de racine unitaire commune qui supposent l'existence de l'homogénéité entre les pays. Selon les deux tests Levin, Lin et Chu (LLC) et Breitung, les deux variables IDE et CER sont stationnaires au niveau puisque l'hypothèse nulle d'une racine unitaire commune est rejetée au seuil de 1% et on accepte l'hypothèse alternative de la stationnarité de séries. Alors les deux variables IDE et CER sont intégrée au niveau I(0) au seuil de risque de 1%.

<sup>1</sup> <https://unctadstat.unctad.org/wds/ReportFolders/reportFolders.aspx>

**Tableau 4 :** Résultats des tests de racine unitaire individuelle de panel pour la CER et l'IDE

	Niveau	1 <sup>ère</sup> différence	Ordre d'intégration
<b>Variable : IDE</b>			
Im, Pesaran et Shin (IPS)	-22.4429 (0.00000)	-	<b>I(0)</b>
ADF :			
Fisher Chi-square	533.672 (0.0000)		<b>I(0)</b>
Choi Z-stat	-19.9834 (0.0000)	-	
Philippe et Perron (PP):			
Fisher Chi-square	919.3644 (0.0000)	-	<b>I(0)</b>
Choi Z-stat	-27.8636 (0.0000)		
<b>Variable : CER</b>			
Im, Pesaran et Shin (IPS)	-23.1611 (0.00000)	-	<b>I(0)</b>
ADF :			
Fisher Chi-square	533.309 (0.0000)		<b>I(0)</b>
Choi Z-stat	-20.7196 (0.0000)	-	
Philippe et Perron (PP) :			
Fisher Chi-square	789.421 (0.0000)	-	<b>I(0)</b>
Choi Z-stat	-25.5667 (0.0000)		

**Source :** Calcul des auteurs

**Note :** p-valeur sont entre les parenthèses (.). L'hypothèse nulle : une racine unitaire individuelle. On inclut dans l'équation des tests des interceptes individuelles comme in benchmark. La sélection de maximum de retard est automatique par le logiciel en utilisant le CIS comme un benchmark.

Maintenant, on admet l'existence de l'hétérogénéité entre les pays. Selon les trois tests Im, Pesaran et Shin (IPS), Dickey-Fuller Augmenté (ADF) et Philippe-Perron (PP), les deux variables CER et IDE sont encore stationnaires au niveau puisque l'hypothèse nulle d'une racine unitaire individuelle est rejetée au seuil de 1% et on accepte l'hypothèse alternative de la stationnarité de séries. **Également, les deux variables IDE et CER sont intégrée au niveau au seuil de risque de 1%.**

**Conclusion de la première étape :** selon les cinq tests de racine unitaire commune (LLC et Breitung) et individuelle (IPS, ADF et PP), les deux variables IDE et CER sont intégrée au même ordre I(0). D'après ces résultats, on est censé de vérifier la cointégration entre les deux variables en utilisant deux tests, celui de ARDL Bound et de Fisher (Johansen Combined).

### 2.3.2. Tester la cointégration de panel

Cette étape consiste à vérifier l'association à long terme entre les deux séries IDE et CER en se basant sur la méthode de Johansen-Fisher et ARD-Bound test présentées dans les deux tableaux ci-dessous :

**Tableau 5** : Résultats des tests de Fisher (Johansen combined) de cointégration de panel entre l'IDE et la CER

	Statistique de Fisher	P-value	Cointégration
<b>Test de Trace</b>			
Hypothèse Nulle : non cointégration	473.7	0.0000***	<b>Oui</b>
Hypothèse nulle : au plus 1 (une) relation de cointégration : $\leq 1$	52.84	0.4414	
<b>Test de Max-Eigen</b>			
Hypothèse Nulle : non cointégration	482.1	0.0000***	<b>Oui</b>
Hypothèse nulle : au plus 1 (une) relation de cointégration : $\leq 1$	52.84	0.4414	

**Source** : Calcul des auteurs

**Note** : \*\*\*, \*\*, \* indiquent une significativité respectivement au niveau de 1% ; 5% et 10%. L'intervalle des retards est 1-1.

Après la vérification que les deux variables sont intégrées au même ordre  $I(0)$ , les tests de Fisher, Trace et Max-Eigen, basés sur la méthodologie de Johansen nous permet de tester la cointégration entre lesdites variables. Tout d'abord, les deux tests de Fisher rejettent l'hypothèse nulle de non cointégration entre les variables CER et IDE au seuil de 1% et accepte l'hypothèse alternative selon laquelle lesdites variables sont cointégrées. De plus, les deux tests ne peuvent pas rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle il existe plus d'une relation de cointégration. Alors, on pourrait conclure, selon les deux tests de Fisher, que les variables CER et IDE sont cointégrées à savoir l'existence d'une association à long terme.

**Tableau 6** : Résultats de test d'ARDL Bound de cointégration de panel entre l'IDE et la CER

Hypothèse nulle : Non cointégration	Spécification du trend	
	Rien	Constante
Coefficient de cointégration	-0.719382 ***	-1.016241 ***

**Source** : Calcul des auteurs

**Note :** \*\*\*, \*\*, \*\* indiquent une significativité respectivement au niveau de 1% ; 5% et 10%. Les retards sont fixés à 4.

Le test d'ARDL Bound confirme les résultats obtenus par les deux tests de Fisher à savoir le rejet de l'hypothèse nulle de non cointégration entre IDE et CER au seuil de significativité de 1% pour les deux spécifications du trend.

**Conclusion de la deuxième étape :** selon les deux tests de cointégration, ARDL bound et Fisher (Johansen Combined), les variables CER et IDE sont cointégrées et associées à long terme, toute estimation de l'impact serait robuste et fiable tout en évitant une régression fallacieuse.

### 2.3.3. Vérification de la causalité bidirectionnelle entre IDE et CER

Cette étape sert à identifier le sens de causalité entre les deux variables en examinant la possibilité de la bidirectionnalité à travers le test de Granger comme suit :

**Tableau 7 :** Test de causalité au sens de Granger entre l'IDE et la CER

<b>Hypothèse nulle</b>	<b>F-statistique</b>	<b>P-value</b>	<b>Causalité</b>
IDE ne cause pas au sens de Granger CER	7.09491	0.00001***	<b>Oui</b>
CER ne cause pas au sens de Granger IDE	3.80289	0.0045***	<b>Oui</b>

**Source :** Calcul des auteurs

**Note :** \*\*\*, \*\*, \*\* indiquent une significativité respectivement au niveau de 1% ; 5% et 10%. Les retards sont fixés à 4. Le test utilisé est celui de Stacked test pour les coefficients communs.

Après la confirmation que les deux variables sont cointégrées à long terme, il convient d'utiliser le test de causalité au sens de Granger afin de vérifier l'hypothèse de la relation bidirectionnelle entre les deux variables CER et IDE. On peut rejeter, d'une part, l'hypothèse nulle que l'IDE ne cause pas au sens de Granger la CER au seuil de 1%, on accepte l'hypothèse alternative selon laquelle IDE cause la CER. Et d'autre part, on peut également rejeter l'hypothèse nulle que la CER ne cause pas au sens de Granger IDE au seuil de 1% et on accepte l'hypothèse alternative selon laquelle la CER cause IDE. On peut conclure qu'il existe une causalité bidirectionnelle entre les deux variables CER et IDE.

### 2.3.4. Détermination des paramètres d'estimateurs à long terme de cointégration

Après avoir vérifié la cointégration entre les deux séries IDE et CER et identifier une causalité bidirectionnelle entre les deux, cette étape a pour objet d'estimer les paramètres à long terme en recourant aux méthodes d'estimation de cointégration dynamiques à savoir PDOLS et

FMOLS en utilisant deux méthode de panel, Grouped et Pooled comme synthétisés dans le tableau suivant :

**Tableau 8** : Résultats des estimations de l'impact de l'IDE sur la CER

	IDE est la variable explicative d CER		CER est la variable explicative d'IDE	
	Méthode de panel		Méthode de panel	
Méthode d'estimation	<i>Grouped</i>	<i>Pooled</i>	<i>Grouped</i>	<i>Pooled</i>
PDOLS	0.128624 ***	0.044259 ***	6.307217 ***	6.057148 ***
FMOLS	0.074507 ***	0.027748 ***	6.731531 ***	6.368908 ***

**Source** : Calcul des auteurs

**Note** : L'hypothèse nulle : les estimateurs n'ont pas de signification ; \*\*\*, \*\*, \* indiquent une significativité respectivement au niveau de 1% ; 5% et 10%. Pour le PDOLS, la sélection des retards (lags) et décalages en future (leads) est automatique par le logiciel en utilisant le CIS comme un benchmark. La spécification du trend : rien.

En se basant sur les résultats susvisés, nous estimons les paramètres de long terme du modèle (1) en utilisant deux méthodes de régression de cointégration PDOLS et FMOLS, et deux méthodes de panel Pooled et Grouped. La régression de PDOLS est utilisée pour éviter les problèmes d'estimation liés à l'autocorrélation, l'hétéroscédasticité et la multi-colinéarité, alors que la régression de FMOLS est utilisée pour éviter les problèmes de la normalité des résidus liés à l'échantillon de petite taille, de l'endogénéité de la variable indépendante. Quant aux les méthodes de panel, la méthode de l'estimation de Pooled suppose que les interceptes sont homogènes entre les sections (les pays), alors que l'estimation de Grouped suppose que les interceptes sont hétérogène entre les pays.

En commençant par la vérification de l'impact de l'IDE sur la CER, l'estimateur de PDOLS est significativement positif au seuil de 1% pour les deux méthodes de panel, Grouped et Pooled. L'estimation de FMOLS présente les mêmes résultats que ceux de PDOLS. Alors les flux entrants des IDE impacte positivement à long terme la transition énergétiques dans les pays de l'Afrique.

Maintenant, on vérifie l'impact de la CER sur l'IDE. L'estimateur de PDOLS est positif au seuil de significativité de 1% pour les deux méthodes de panel, Grouped et Pooled. L'estimateur de FMOLS est également positif au seuil de significativité de 1%. Cela montre



que la consommation des énergies renouvelables est un déterminant à long terme des IDE entrants en Afrique.

### 2.3.5. Tester la causalité dynamique au sens d'Engle-Granger

La dernière étape consiste à estimer l'impact de la variable indépendante sur la variable dépendante en distinguant le court terme du long terme à travers la méthode de DECM expliquée ci-après.

**Tableau 9** : Résultats des tests de causalité de panel dynamique entre le PIB et l'IDE

Variable dépendante	Variable indépendante		
	$\Delta IDE$	$\Delta CER$	$\epsilon_{t-1}$
$\Delta IDE$	-	1.894358	-0.805416 ***
$\Delta CER$	0.001119	-	0.010219 ***

**Source** : Calcul des auteurs.

**Note** : L'hypothèse nulle : pas de causalité ; \*\*\*, \*\*, \* indiquent une significativité respectivement au niveau de 1% ; 5% et 10%. La méthode d'estimation est EGLS.

Le test d'Engle-Granger nous permet d'analyser dynamiquement la causalité conclue précédemment entre les deux variables, c.à.d. séparé entre le court terme et le long terme. En commençant par l'IDE comme variable dépendante et la CER comme variable explicative, il s'avère que la causalité de long terme allant de CER à IDE est confirmée par le test d'Engle Granger puisque la valeur de  $\epsilon_{t-1}$  est significativement positive au seuil de 1%, cela veut dire qu'incontestablement la consommation des énergies renouvelables impacte positivement les entrées des IDE en Afrique à long terme<sup>2</sup>. Cependant, à court terme, la CER n'a aucun impact sur les IDE.

D'une autre part, En prenant la CER comme variable dépendante et l'IDE comme variable explicative, il s'avère également que la causalité de long terme allant de IDE à CER est confirmée par le test d'Engle Granger puisque la valeur de  $\epsilon_{t-1}$  est significativement positive au seuil de 1%, cela veut dire qu'incontestablement l'IDE impacte positivement la consommation des énergies renouvelables en Afrique à long terme. Cependant, à court terme, les flux entrants des IDE n'ont aucun impact sur la CER.

<sup>2</sup> La valeur négative de  $\epsilon_{t-1}$  n'indique pas le sens de causalité mais qu'il y a un ajustement vers l'équilibre, le sens de causalité de long terme est déjà indiqué par les régresseurs de cointégration.

## **Conclusion**

Pour conclure, notre étude s'intéresse à analyser empiriquement la relation cause à effet entre les entrées des IDE et la consommation des énergies renouvelables, nous avons procédé à une étude économétrique des données de panel appliquée sur des données couvrant 52 pays africains d'une durée de 26 ans de 1990 à 2015, ce qui nous donne un panel cylindré de 1352 observations.

Les résultats selon les deux tests de cointégration révèlent que les deux variables CER et IDE sont cointégrées et associées à long terme. La relation de causalité a été confirmée dans les deux sens, ce qui nous amène à conclure qu'il existe une causalité bidirectionnelle entre les deux variables. De plus les résultats montrent le lien positif à long terme entre la transition énergétique et les entrées d'IDE, par contre pas de causalité à court terme. Les résultats confirment les hypothèses élaborées qui supposent l'existence d'un impact positif allant de la consommation des énergies renouvelables vers les IDE ainsi que la relation des IDE vers la consommation des énergies renouvelables à long terme en Afrique.

Les résultats obtenus de notre analyse sont conformes à la littérature qui indique que la consommation des énergies renouvelables est un déterminant important pour l'entrée des IDE à long terme, ce qui montre l'importance de s'investir davantage dans la transition énergétique dans les pays Africains pour attirer les entrées des investissements directs étrangers, qui a son tour conduit à une amélioration des technologies des énergies renouvelables.

## Références bibliographiques

- Abe, M., Branchoux, C., & Kim, J. (2017). Renewable energy sector in emerging Asia: Development and policies.
- Ahmad, M., Khan, Z., Rahman, Z. U., Khattak, S. I., & Khan, Z. U. (2021). Can innovation shocks determine CO<sub>2</sub> emissions (CO<sub>2</sub>e) in the OECD economies? A new perspective. *Economics of Innovation and New Technology*, 30(1), 89-109.
- Azam, M., & Haseeb, M. (2021). Determinants of foreign direct investment in BRICS- does renewable and non-renewable energy matter? *Energy Strategy Reviews*, 35, 100638.
- Doytch, N., & Narayan, S. (2016). Does FDI influence renewable energy consumption? An analysis of sectoral FDI impact on renewable and non-renewable industrial energy consumption. *Energy Economics*, 54, 291–301.
- Ergun, S. J., Owusu, P. A., & Rivas, M. F. (2019). Determinants of renewable energy consumption in Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(15), 15390-15405.
- Ghazouani, T. (2018). Re-examining the Foreign direct investment, Renewable energy consumption and Economic growth nexus: Evidence from a new Bootstrap ARDL test for Cointegration. University Library of Munich, Germany.
- Keeley, A. R., & Ikeda, Y. (2017). Determinants of foreign direct investment in wind energy in developing countries. *Journal of Cleaner Production*, 161, 1451–1458.
- Khan, A., Chenggang, Y., Hussain, J., & Kui, Z. (2021). Impact of technological innovation, financial development and foreign direct investment on renewable energy, non-renewable energy and the environment in belt & Road Initiative countries. *Renewable Energy*, 171, 479–491.
- Khandker, L. L., Amin, S. B., & Khan, F. (2018). Renewable energy consumption and foreign direct investment: Reports from Bangladesh. *Journal of Accounting*, 8(3).
- Kiliçarslan, Z. (2019). The relationship between foreign direct investment and renewable energy production: evidence from Brazil, Russia, India, China, South Africa and Turkey. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(4), 291–297.
- Kutan, A. M., Paramati, S. R., Ummalla, M., & Zakari, A. (2017). Financing Renewable Energy Projects in Major Emerging Market Economies: Evidence in the Perspective of Sustainable Economic Development. *Emerging Markets Finance and Trade*, 54(8), 1761–1777.
- Lin, B., Omoju, O. E., & Okonkwo, J. U. (2016). Factors influencing renewable electricity consumption in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 687–696.
- Marques, AC., Fuinhas, JA. (2012). Is renewable energy effective in promoting growth? *Energy Policy*, 46, 434–442.
- Mert, M., & Bölük, G. (2016). Do foreign direct investment and renewable energy consumption affect the CO<sub>2</sub> emissions? New evidence from a panel ARDL approach to Kyoto Annex countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(21), 21669–21681.
- Paramati, S. R., Mo, D., & Gupta, R. (2017). The effects of stock market growth and renewable energy use on CO<sub>2</sub> emissions: Evidence from G20 countries. *Energy Economics*, 66, 360–371.

- Renner, M., Garcia-Banos, C., Nagpal, D., & Khalid, A. (2018). Renewable energy and jobs—Annual review 2018. Abu Dhabi (United Arab Emirates) Int Renew Energy Agency.
- Salahuddin, M., Alam, K., Ozturk, I., & Sohag, K. (2018). The effects of electricity consumption, economic growth, financial development and foreign direct investment on CO 2 emissions in Kuwait. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2002–2010.
- Sbia, R., Shahbaz, M., & Hamdi, H. (2014). A contribution of foreign direct investment, clean energy, trade openness, carbon emissions and economic growth to energy demand in UAE. *Economic Modelling*, 36, 191–197.