



Analyse économique de l'énergie renouvelable : cas de Madagascar

TSIMANGATAKA Andriamampandra Tsimiovalaza ¹, HERILANTO Rovanirina Jeannine ²,
RATOVOSOA Jeannet Olivier ³

¹Laboratoire EDEN/UMG, Université de Mahajanga, Madagascar

²Laboratoire EDGVM/EDGVM, Université de Mahajanga, Madagascar

³Université EDSHS, Université d'Antananarivo, Madagascar

Résumé : Dans cet article nous avons étudié, la relation entre la transition énergétique, et la croissance économique. La revue de la littérature, permet de connaître la réalité sur l'utilisation de l'énergie fossile et l'énergie renouvelable à Madagascar, encore faible. Nous avons utilisé les variables comme la production de l'énergie renouvelable, la croissance économique réelle, le salaire réel et la valeur ajoutée industrielle. Nous avons utilisé le modèle économétrique de cointégration, qui permet de connaître la cointégration et la entre ces variables du court terme et du long terme. Nous avons terminé sur l'analyse de réaction de choc impulsif. Nous pouvons conclure que la production de l'énergie renouvelable joue un rôle très important à la croissance économique, malgré que le domaine de l'énergie renouvelable est en progression à Madagascar. Ces quatre variables sont significativement cointégrées. Ainsi la corrélation entre la production de l'énergie renouvelable et celle de la production brute réelle est très remarquable par rapport aux autres variables, c'est-à-dire leur réaction des chocs impulsifs est très forte.

Mots-clés : Énergie renouvelable, Croissance, Cointégration, Production, Corrélation.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.10435496>

1 Introduction

La transition énergétique, est une source de croissance économique. Ainsi elle est devenue un thème à la mode. Des grands rendez-vous internationaux aux meetings nationaux, tout le monde en parle. C'est normal car la transition énergétique s'inscrit dans la poursuite de l'objectif de développement durable ODD n°7 qui consiste à garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable. Elle conditionne également la réalisation de la majorité des 16 autres ODD car la problématique énergétique et plus particulièrement électrique, se trouve au cœur du sous-développement, quel que soit l'aspect sous lequel on le considère¹.

Car l'épuisement des ressources fossiles implique une réflexion stratégique sur le devenir énergétique. Ajoutons à cela, la croissance de la demande d'énergie et la volatilité des prix de l'énergie sur le marché international. Il est, ainsi important et nécessaire d'enclencher une transition vers un nouveau modèle énergétique où les énergies renouvelables occuperont une place prépondérante. Dans ce contexte, le développement durable du secteur énergétique consiste à remplacer les énergies fossiles non renouvelables par l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie hydroélectrique et la biomasse².

¹Ketakandriana RAFITOSON, *LA LENTE MARCHÉ VERS LA TRANSITION ENERGETIQUE A MADAGASCAR : ETAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES*, ZFRIEDRICH EBERT STIFTUNG, 2017, p7

² Thiziri Hammiche, *la transition énergétique en Méditerranée enjeux et perspectives : une approche macro-régionale*, open Edition Journals 2015, p4



Ainsi, des délégués de Madagascar, de Maurice, de l'Union des Comores et des Seychelles, pays de la région de l'Océan Indien membres de l'Organisation internationale de la Francophonie (OIF), ont pris part du 12 au 16 octobre 2015 à un atelier en vue de se préparer à la mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030, adopté lors du Sommet des Nations Unies le 25 septembre 2015. L'adoption du Programme de développement durable des Nations Unies à l'horizon 2030, qui comprend notamment les Objectifs de développement durable (ODD), soulève plusieurs enjeux dont l'élimination de la pauvreté partout et sous toutes ses formes, la lutte contre les inégalités entre et au sein des pays et la protection de la planète³.

Ensuite, Madagascar n'échappe pas à cette tendance et fait face à un double défi : augmenter l'accès de la population à l'électricité qui demeure pour l'instant un luxe pour la majorité des Malgaches, tout en assurant la transition énergétique, le passage progressif vers l'utilisation des sources d'énergie renouvelable (EnR), une démarche décidée par la Nouvelle Politique de l'Énergie (NPE) adoptée en 2015. Les deux défis se complètent et la transition énergétique semble constituer le pas décisif qui permettra de redresser ce secteur stratégique sur le long terme. Mais bien que la décision politique d'entamer cette transition. Comment poursuivre la croissance économique dans un contexte de transition énergétique⁴ ?

2 Revue de la littérature

La Nouvelle Politique Énergétique 2015-2030 de Madagascar, qui s'inscrit dans la mise en œuvre du Plan National de Développement (PND) 2015-2019, a été élaborée en 2015 avec l'assistance de l'Union Européenne à travers le programme EUEI-PDF. Elle ambitionne de « répondre aux défis d'urgence économique, sociale et environnementale du pays » et dans sa vision « recommande une combinaison d'approche technologique et de méthodes préservant et développant les ressources naturelles énergétiques du pays. Ce processus consiste à développer un mix énergétique associant les EnR (dont en particulier l'hydroélectricité), les hydrocarbures et autres ressources thermiques, en exploitant au mieux toutes les possibilités d'expansion et d'interconnexion de réseaux ainsi que de mini-réseaux sur la base des principes du moindre coût et de la neutralité technologique, pour atteindre les objectifs énergétiques définis⁵. »

Ces objectifs couvrent les trois sous-secteurs qui composent le secteur énergie, à savoir la biomasse, les hydrocarbures, l'électricité et concernent tous les domaines d'utilisation de l'énergie, aussi bien domestiques qu'industriels. Pour la cuisson, la NPE pose comme objectif le passage du taux d'adoption de foyers économes par les ménages de 4% (2015) à 70% (2030)⁶, la couverture des 50% des besoins en bois par des ressources forestières licites et durables, et l'application de techniques de transformation performantes comme la production de charbon « vert » avec un objectif de rendement supérieur à 20%⁷.

D'après la lettre de Politique Énergétique tirée de la NPE, en 2030, 70% des ménages devraient avoir un accès durable à l'électricité et à l'éclairage, aux moyens d'un mix énergétique utilisant 75% d'hydroélectricité, 5% d'éolien, 5% de solaire et 15% de thermique en appoint des EnR. En réalité, cet objectif et la composition de ce mix énergétique sont différents de ceux formulés dans le rapport de l'EUEI/PDF⁸ duquel découle la NPE et qui sont plus pertinents. Il serait plus cohérent de déclarer qu'en 2030, 70% des ménages seront connectés au réseau électrique, 20% seront connectés grâce au mini-réseau, 5% seront électrifiés grâce à des systèmes solaires décentralisés (SSD), et 5% utiliseront des lampes solaires.

³ Atelier régional pour l'Océan Indien sur les outils de mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030

⁴ Le Pr Hervé Jeanmart et Elise Dupont, doctorante, tentent d'offrir une piste de réponse à cette question, en étudiant le retour sur investissement énergétique des énergies renouvelables, et son impact sur la société

⁵ Ketakandriana RAFITOSON, *LA LENTE MARCHÉ VERS LA TRANSITION ÉNERGETIQUE A MADAGASCAR : ETAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES*, FRIEDRICH EBERT STIFTUNG, 2017, p8

⁶ L'utilisation de foyers économes est prévue réduire la consommation d'énergie de plus de 40 000 TJ en 2030.

⁷ Ceci devrait augmenter la valeur marchande du charbon de bois de l'ordre de près de 43 millions USD sur la période 2015-2030, et créer des bénéfices de préservation de la forêt naturelle estimés à 73 millions USD sur la même période. Il faut noter que le marché du charbon de bois générerait un chiffre d'affaires annuel de 400 Mds Ar (estimation GIZ-Eco, 2015).

⁸ Cf. EUEI/PDF, Politique et stratégie de l'énergie, 2015, §5 – Objectifs quantitatifs indicatifs, p.39.

Le mix énergétique en 2030 est détaillé par type de réseau dans les proportions suivantes :

- pour les réseaux interconnectés (RI): 75% hydro, 15% thermique, 5% éolienne, 5% solaire (soit 85% d'EnR) ;
- pour les mini-réseaux : 50% hydro, 20% biogaz, 25% diesel, 5% solaire (soit 75% d'EnR).

Pour atteindre le taux d'accès de 70% susmentionné, il faudra atteindre une production électrique de 7.900 GWh (en 2016, celle-ci était de 1.650GWh pour la JIRAMA). 60% des industries et des commerces mais aussi 60% des ménages devront appliquer des mesures d'efficacité énergétique en matière d'utilisation de l'électricité, à travers par exemple le recours à des lampes à basse consommation.

3 Methodologies

Nous avons modélisé notre travail par le modèle de cointégration qui a été introduite par Granger en 1981. Elle a connu depuis de très nombreux développements. Le lien entre le modèle à correction d'erreur a été explicité par Granger (1981, 1983), Granger et Weiss (1983) et Engle et Granger (1987). Préalablement à la définition de la cointégration, nous allons brièvement rappeler quelques définitions et propriété relatives à l'intégration.

Soient $y_t \rightarrow I(1), x_t$ et y_t sont indépendants, si on estime à l'aide des MCO le modèle suivant :

$$y_t = ax_t + b + \varepsilon_t$$

On obtient : $y_t - ax_t - b = \varepsilon_t \rightarrow I(1)$

$\varepsilon_t \rightarrow I(0)$, ε_t n'est pas stationnaire (le DW est ici très faible)

De plus, on aboutit à une régression dite fallacieuse ou illusoire « spurious regression », caractérisée par un R^2 et des t de Student très élevés alors que les deux variables n'ont aucun lien entre elle.

Nous pouvons éviter ce problème en passant les variables en différences premières afin de les rendre stationnaire

($\Delta y_t \rightarrow I(0)$ et $\Delta x_t \rightarrow I(0)$ si x_t et y_t sont des processus non stationnaires aléatoire et en effectuant la régression suivante :

$$\Delta y_t = a\Delta x_t + b + \mu_t$$

Par ailleurs, nous obtenons : $\Delta y_t - a\Delta x_t - b = \mu_t \rightarrow I(0)$

Toutefois, il arrive que l'on souhaite travailler avec des variables plutôt en niveau qu'en différences premières (donc plutôt avec des variables non stationnaires). Dans ce cas, comment savoir si la régression effectuée est fallacieuse ou non ? C'est alors que la notion de cointégration prend toute son importance ici. Nous n'avons pas

de régression fallacieuse lorsque les variables x_t et y_t sont cointégrées, c'est-à-dire lorsque l'on a $y_t - ax_t - b = \varepsilon_t \rightarrow I(0)$ alors $y_t \rightarrow I(1)$ et $x_t \rightarrow I(1)$

Ainsi, Granger a montré que si nous avons deux variables non stationnaires ($y_t \rightarrow I(1)$ et $x_t \rightarrow I(1)$) nous pouvons avoir :

$$y_t - ax_t - b = \varepsilon_t \rightarrow I(1) \text{ ou } y_t - ax_t - b = \varepsilon_t \rightarrow I(0)$$

Deux séries non stationnaires ($y_t \rightarrow I(1)$ et $x_t \rightarrow I(1)$) sont dites cointégrées si

$$y_t - ax_t - b = \varepsilon_t \rightarrow I(0)$$

Les séries x_t et y_t sont alors notés :

$$x_t, y_t \rightarrow CI(1,1)$$

Nous avons deux étape pour ce teste, pour l'ordre d'intégration et celle de l'estimation de long terme.

Etape 1 : Tester l'ordre d'intégration des variables :

Une condition nécessaire de cointégration est que les séries doivent être intégrées de même ordre. Si les séries ne sont pas intégrées de même ordre, elles ne peuvent être cointégrées.

Si les séries considérées ne sont pas intégrées de même ordre, il n'y a alors pas de risque de cointégration et la procédure s'arrête à cette première étape.

Etapes 2 : estimation de la relation de long terme :

Si nous avons : $x_t \rightarrow I(1)$ et $y_t \rightarrow I(1)$

Nous estimons par les moindres carrés Ordinaire MCO la relation de long terme : $y_t = ax_t + b + \varepsilon_t$

Pour qu'il y ait cointégration, il faut que le résidu e_t issu de la régression soit stationnaire :

$$e_t = y_t - \hat{a}x_t - \hat{b} \rightarrow I(0)$$

La stationnarité du résidu est testée à l'aide du test DF ou DAF.

Ainsi donc, l'emploi d'un modèle à correction d'erreur dans le cas de la cointégration permet d'obtenir des prévisions plus fiables que si nous avons utilisé la relation par la non stationnarité des séries.

4 Résultats et discussions

4.1 Résultats

4.1.1 Test de cointégration

Le terme cointégration a été introduit par Granger en 1981. Le test de cointégration permet de vérifier les relations d'équilibre à long terme qui existent entre les variables LPER(Production énergétique Renouvelable), LPIB-Réel, LS/R(Salaire réel), et LVAI(Valeur Ajouté Industrielle). La présence d'une relation d'équilibre entre ces variables est testée formellement à l'aide de procédures statistiques, dont les plus utilisées sont celles d'Engle et Granger (1987) et de Johansen (1988, 1991).

En effectuant les tests de stationnarité de Dickey-Fuller, nous avons obtenu les résultats résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Ordre d'intégration des variables du modèle

Variable	LPER	LPIB-Réel	LS/R	LVAI
ordre	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)

Toutes les variables ont le même ordre d'intégration, ce qui justifie l'utilisation du test de cointégration d'Engle et Granger. Une condition nécessaire d'utilisation de ce test est que toutes les variables doivent être du même ordre d'intégration. L'analyse de l'ordre d'intégration des variables justifie la présence d'une relation de long terme qui relate une tendance stochastique commune. Celle-ci sera testée par deux approches : l'approche de d'Engle et Granger et celle de Johansen.

4.1.2. Test de cointégration d'Engle et Granger :

L'hypothèse de cointégration sera testée sur les variables LPER, LPIB-Réel, LS/R, et LVAI qui sont intégrées d'ordre 1. Une combinaison linéaire de ces variables s'écrit :

$$LPER = \alpha_0 + \alpha_1 LPIBRéel_t + \alpha_2 LS/R_{2t} + \alpha_3 LVAI_{3t} + \varepsilon_t$$

Le vecteur $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ est appelé le vecteur de cointégration. Ce test est basé sur deux étapes. La première est une estimation par la méthode des moindres carrés ordinaires du modèle de long terme. La deuxième est un test ADF sur le résidu ε_t .

Etape 1 : Estimation par la méthode des moindres carrés ordinaires du modèle de long terme. Les résultats de l'estimation de la relation de long terme (2) sont présentés comme suit

Tableau 2. Estimation des moindres carrés ordinaires

Dependent Variable: PER				
Method: Least Squares				
Date: 17/08/22 Time: 14:51				
Sample (adjusted): 1990 2021				
Included observations: 30 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-959.6407	1192.717	-0.804584	0.4284
LPIB_REEL	-2.199036	0.810270	-10.29302	0.6525
LS_R	26.52520	9.583315	-2.767853	0.0103
LVAI	-4.927698	0.221064	-21.18247	0.0394
R-squared	0.539942	Mean dependent var		1385.187
Adjusted R-squared	0.486858	S.D. dependent var		1693.673
S.E. of regression	1213.244	Akaike info criterion		17.16355
Sum squared resid	38271016	Schwarz criterion		17.35038
Log likelihood	-253.4532	F-statistic		10.17153
Durbin-Watson stat	0.775416	Prob(F-statistic)		0.000131

Le modèle est globalement significatif ($R^2=54\%$). Les coefficients des variables du Salaire réel S/R, et de valeur ajouté industriel VAI sont significatifs (t-statistic > à 1.96) tandis que le produit intérieur brute PIB-Réel ne l'est pas. Ce résultat révèle que ces deux variables sont des facteurs exogènes. La qualité statistique du modèle (R^2 élevé et coefficients significatifs) est due au fait que les séries sont non stationnaires (puisque cointégrées)⁹.

Etape 2 : Test ADF sur le résidu.

La stationnarité du résidu ε_t issu de cette régression demeure la principale condition pour que la relation de cointégration soit acceptée. Elle sera testée à l'aide du test de Dickey-Fuller Augmenté sous les hypothèses suivantes :

H0 : Racine Unitaire sur le résidu ε_t (Non Cointégration)

H1 : Non Racine Unitaire sur le résidu ε_t (Cointégration)

L'équation du résidu ε_t représentée comme suit :

$$\varepsilon_t = LPER_t - \alpha_0 - \alpha_1 LPIBRéel_{1t} - \alpha_2 LS/R_{2t} - \alpha_3 LVAI_{3t}$$

La valeur estimée de la statistique ADF (-4,079728) est inférieure à la valeur critique (-0.0036) au seuil de 5%, l'hypothèse de stationnarité du résidu ε_t est acceptée. Nous en déduisons qu'il existe une relation d'équilibre à long terme entre production d'électricité renouvelable PER à la croissance économique réel PIB-Réel, salaire réel S/R et valeur ajouté industriel VAI. Ces variables génèrent des processus de type DS (Differency Stationnary) qui impliquent qu'un choc à un instant donné se répercute à l'infini sur les valeurs futures des séries; l'effet des chocs est donc permanent.

⁹Régis Bourbonnais, « Econométrie », 6ème édition, Dunod, Paris, 2005, p. 279.

4.1.3. Test de cointégration de Johansen

Johansen (1991, 1995) a proposé une approche multivariée fondée sur la méthode du maximum de vraisemblance. Elle sert à vérifier la cointégration des séries LPER (Production énergétique Renouvelable), LPIB-Réel, LS/R (Salaire réel), et LVAI (Valeur Ajouté Industrielle) par un test de rang de cointégration. Le test d'hypothèse est le suivant :

H_0 : Non cointégration (rang de cointégration vaut zéro)

H_1 : Cointégration (rang de cointégration supérieur ou égal à 1)

Tableau 3. Test de la Trace

Date: 08/17/22 Time: 13:22				
Sample (adjusted): 9 26				
Included observations: 18 after adjustments				
Trend assumption: Linear deterministic trend				
Series: LPER L PIB_REEL LS_R VAI				
Lags interval (in first differences): 1 to 1				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	1.000000	611.1843	47.85613	0.0001
At most 1	0.595196	28.11039	29.79707	0.0773
At most 2	0.465736	11.83204	15.49471	0.1652
At most 3	0.030010	0.548458	3.841466	0.4589
Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				

Les résultats du test de la trace figurant dans le tableau ci-dessus montrent que les variables LPER, LPIB-Réel, LS/R, et LVAI sont cointégrées au seuil de 5%. L'hypothèse nulle d'absence de cointégration est rejetée du fait que le test de la trace indique deux équations de cointégration. Nous en déduisons qu'il est possible d'identifier $(4-1)= 3$ impulsions persistantes et les trois autres sources d'aléas n'exercent nécessairement qu'un effet transitoire¹⁰. L'analyse des réponses impulsionnelles nous édifiera sur la nature des chocs mais surtout sur l'affectation des impulsions (persistantes et transitoires) comme des chocs de demande et d'offre. L'existence de relation de cointégration justifie l'adoption d'un modèle à correction d'erreur (Engle et Granger (1987). Ainsi, nous en déduisons que le log la production de l'électricité renouvelable, le produit intérieur brut réel, le salaire réel, et la valeur ajoutée industriel suivent des évolutions parallèles sur la période allant de 1990 à 2021.

¹⁰Pierre-Yves HENIN, « L'impact à long terme des chocs de demande », Revue économique, Vol. 45, N°3, p.886. Pierre-Yves HENIN souligne sur cet article que « si un ensemble de n variables non stationnaires admet k (k<n) relations de cointégration, alors on ne peut identifier que (n-k) impulsions persistantes et les k autres sources d'aléas n'exercent nécessairement qu'un effet transitoire. »

4.1.4. Résultats de simulation

❖ Résultat de simulation par choc impulsif sur la production de l'énergie renouvelable PER

Au niveau de la production de l'énergie renouvelable PER la réponse de réaction des chocs impulsif sur un intervalle de 10 périodes représente trois variations suivantes,

Premièrement à court terme du [1-3], le PER diminue brusquement jusqu'au niveau zéro et puis elle redescend encore à la période de [3-5] à inférieur zéro, et en fin de la période du [5-9], elle augmente. Les variations de PER représentent une variation de sens différent par rapport à les réactions impulsif des autres variables. Donc PER est une variable exogène.

Le PIB Réel et celle de valeur ajouté industriel VAI, ce deux variables sont variées presque de la même sens. Du [1- 3.5] représente une amélioration de l'évolution et puis entre [3.5-], ces variables ont des faibles de variation qui est en dessous de zéro. Et en fin entre [7.5-10], elles s'améliore d'une manière modeste.

Pour le salaire réel S/R, elle varie du sens opposé de PIB-Réel et celle de production de l'énergie renouvelable PER. Du premier période [1-4] se variation est en dessous de zéro, [4-7.5], du deuxième période, il y a une faible amélioration, et du dernière période [7.5-10], il redescend en dessous de zéro.

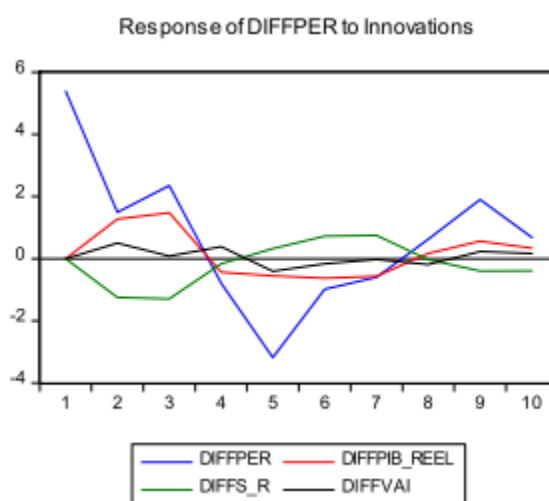


Figure 1. Fonction de réponse de choc impulsif sur la production de l'énergie renouvelable PER

❖ Résultat de simulation par choc impulsif du produit intérieur brut réel PIB-Réel

Le PIB-Réel varie de la forme oscillations, et ses réactions par rapport aux autres variables, représentent des innovations des chocs impulsif,

Pour le PIB-Réel et la production de l'énergie renouvelable PER représente de même sens des variations des innovations de chocs impulsif. Mais les variations de PER représentent d'une forte oscillation que celle du PIB-Réel. En effet, ces variations montrent qu'on a une forte corrélation du court terme et à long terme entre ce deux variables.

Pour le salaire réel S/R par rapport au PIB-Réel, elle varie de la forme faible en dessous de zéro que celle du PIB-Réel, sauf à la deuxième période [4-6] qu'on peut trouver une amélioration qui est au contraire du PIB-Réel. Et à long terme ces variations de ces quatre variables varient du même sens.

La valeur ajouté industriel VAI par rapport au PIB-Réel et des autres variables, elle oscille d'une manière modeste. Ensuite elle varie aussi du même sens à celle de PER, du début du période qu'à la fin du période, c'est-à-dire naturellement l'industrie a une corrélation très étroite à la production de l'énergie renouvelable de court terme que de long terme.

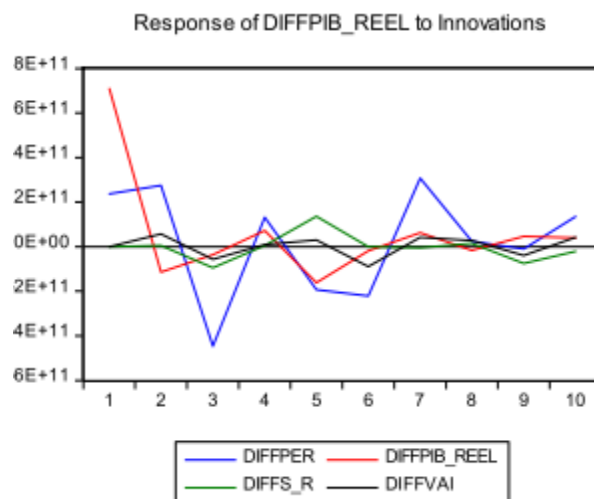


Figure 2. Fonction de réponse de choc impulsienne du produit intérieur brut réel PIB-Réel

❖ **Résultat de simulation par choc impulsienel du salaire réel S/R**

La réponse de choc impulsienel du salaire réel S/R représente une variation faible oscillations à court terme et à long terme. Et ces variations se réagissent par la réaction des autres variables,

La réaction de la production de l'énergie renouvelable PER a des fortes de réaction des chocs impulsienelle par rapport au salaire réel S/R, du début du période jusqu'à la fin du période. Entre ces deux variables représente de la forme exogène ou endogène à la réaction impulsienelle du court terme et à long terme.

Pour le produit intérieur brut PIB-Réel, montre une forte réaction de variation par rapport au S/R au début du période, mais à long terme se réaction, il varie d'une manière moyenne. C'est-à-dire ces deux variables sont corrélés du court et du long terme, car le salaire réel représente le pouvoir d'achat tandis que le PIB-Réel, est la richesse existant.

La réaction de valeur ajouté industrielle VAI par rapport à celle du S/R, elle réagisse de même variation du court terme et à long terme. Ces variations entre ces deux variables sont logiques car la richesse industrielle qui détermine le salaire. Mais ces variations ont une faible amélioration.

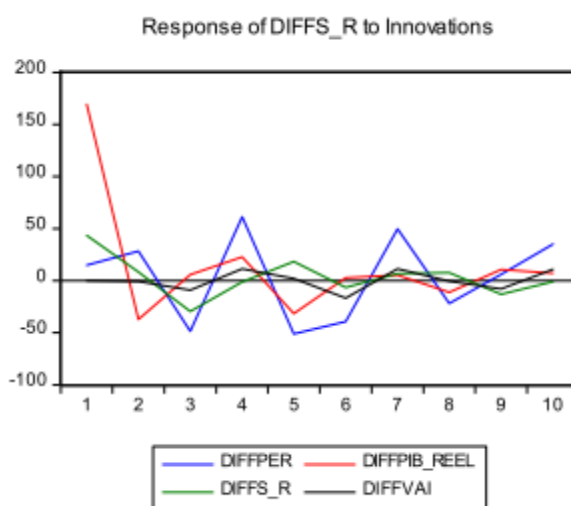


Figure 3. Fonction de réponse de choc impulsienne sur le salaire réel S/R

❖ **Résultat de simulation par choc impulsienel de la valeur ajouté industrielle VAI**

La réponse de réaction de choc impulsienelle de valeur ajouté industrielle VAI, se présente une forte oscillation par rapport à la réaction aux autres variables précédentes.

La réaction de la production de l'énergie renouvelable PER, elle représente une forte réaction impulsionnelle par rapport à la variation de valeur ajoutée industrielle VAI. Cette forte réaction du PER est de même sens à celle du VAI durant ce période. C'est-à-dire VAI est une variable endogée auprès du PER.

La réaction du PIB-Réel face au VAI est très forte variation impulsionnelle. Mais ces variations sont forte vers le bas au début du période, et s'améliore sur le long période. Ces deux variables sont corrélée et endogène car le PIB-Réel est fortement dépendante à la richesse industrielle.

La réaction du salaire réel S/R, elle réagit de même sens du niveau de variation à celle VAI. Ces variations montrent la réalité de corrélation entre ces deux variables du court terme et du long terme.

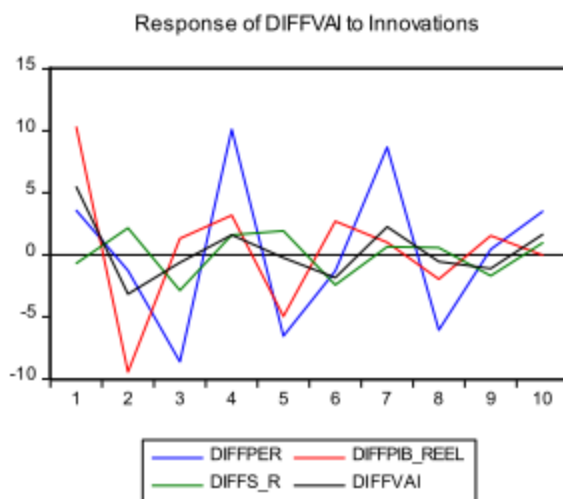


Figure 4. Fonction de réponse de choc impulsionnel sur la valeur ajoutée industrielle VAI

4.2. Discussions

Le résultat ci-dessus nous montre que l'énergie est inévitable à la croissance économique. Car la production de l'énergie renouvelable représente une forte réaction aux autres variables surtout au niveau du PIB réel, et celle de valeur ajoutée industrielle, malgré le secteur de l'énergie renouvelable à Madagascar est encore très en retard. Or la croissance économique réelle a besoin de forte énergie pour l'industrie. Si on voudrait améliorer la situation de l'emploi, il faut augmenter le nombre de l'industrie dans ce pays.

Par ailleurs, pour la programmation de l'énergie française, l'énergie est un facteur de compétitivité essentiel pour une partie des entreprises françaises faisant face à une concurrence importante au niveau européen, mais également souvent au niveau mondial. Ainsi, pour certaines activités industrielles (production d'aluminium, de chlore, de silicium ...), l'approvisionnement en électricité représente en effet jusqu'à 30 % des coûts de production et peut représenter plus de 100 % de la valeur ajoutée¹¹.

Pour le cas de Madagascar l'énergie, surtout l'électricité, est un bien à forte charge politique, c'est-à-dire que les politiciens tout comme les acteurs du secteur privé lui reconnaissent une valeur hautement politique, vu l'inadéquation entre la demande de la population et l'offre disponible, et n'hésitent pas à s'en servir pour manipuler les foules¹².

Par conséquent, Madagascar actuellement, se développe pour chercher de la solution en énergie renouvelable par l'atelier de l'Océan Indien. Car l'intégration des énergies renouvelables dans les systèmes électriques est de plus en plus incontournable pour les pays fortement dépendants des énergies fossiles comme les îles du sud-ouest de l'Océan Indien. Par le coût écologique et économique des combustibles fossiles, ces pays se doivent d'accélérer la transition énergétique et de miser davantage sur les énergies durables.¹³

¹¹ Programmation pluriannuelle de l'énergie, *Volet relatif aux impacts économiques et sociaux*, la transition énergétique pour la croissance verte, 2023 p20

¹² Ketakandriana RAFITOSON, *LA LENTE MARCHÉ VERS LA TRANSITION ÉNERGETIQUE A MADAGASCAR : ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES*, FRIEDRICH EBERT STIFTUNG, 2017, p7

¹³ Atelier régional pour l'Océan Indien sur les outils de mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030, 2019

5. Conclusion

Dans cet article, nous avons vu par la revue de la littérature que Madagascar est encore très en retard sur le développement de l'énergie renouvelable, malgré l'importance de la richesse existante que nous pouvons exploiter. Nous avons étudié, la relation entre la production d'énergie renouvelable, le produit intérieur brut réel, le salaire réel et la valeur ajoutée industrielle. Nous proposons un modèle économétrique comme modèle de cointégration qui peut expliquer la corrélation entre variables du court terme et du long terme.

Cette analyse nous montre que ces variables sont significativement cointégrées entre elles de l'ordre 1. Elles représentent ainsi de réaction des chocs impulsionsnels. C'est à partir de l'analyse de ces chocs impulsionsnels qu'on a remarqué que ces quatre variables sont réagissent entre elles. La production de l'énergie renouvelable PER est très réactive entre les trois variables. En particulier le PER et le PIB-Réel sont cointégrés, et réagissent dans le même sens de variation.

Ainsi, Madagascar a besoin d'énormes interventions dans le domaine de l'énergie, notamment dans l'énergie renouvelable. En effet l'énergie renouvelable, alimente l'industrie, crée des emplois, baisse le taux de chômage d'où amélioration de la croissance économique.

REFERENCES

- [1] Antsa R., « Exécution du 11e FED : Faible performance, Madagascar encore à la traîne », Midi Madagasikara du 13 mai 2016, <http://www.midi-madagasikara.mg/economie/2016/05/13/execution-du-11e-fed-faible-performance-madagascar-encore-a-la-traine/>
- [2] Brunnschweiler, C. N. and E. H. Bulte (2008): "The Resource Curse Revisited and Revised: A Tale of Paradoxes and Red Herrings, *Journal of Environmental Economics and Management* "55, 3: 248-264.
- [3] [COI 11] COI. 2011b. « Étude de vulnérabilité aux changements climatiques. Évaluation qualitative : Madagascar », Projet Acclimate, Commission de l'Océan Indien, 124 p.
- [4] Catherine Chaumet, « EDF est soupçonné d'avoir exporté du matériel amianté à Madagascar », 26 avril 2017, <https://passeurdalertes.org/2017/04/26/edf-soupconne-davoir-exporte-materiel-amiante-a-madagascar/>
- [5] Dueri S. 2017. "Impacts of climate change and ocean acidification on Indian ocean tunas, IDDRP", 38 p.
- [6] Hotelling, H. (1931): "The Economics of Natural Resources, *Journal of Political Economy*", 39, 2: 137-175.
- [7] Hossain, S. (2012). An econometric analysis for CO 2 emissions, energy consumption, economic growth, foreign trade and urbanization of Japan. *Low Carbon Economy*, 3, 92-105.
- [8] Hicks, John (1932): *The Theory of Wages*, Macmillan, London.
- [9] Ketakandriana RAFITOSON, *LA LENTE MARCHE VERS LA TRANSITION ENERGETIQUE A MADAGASCAR : ETAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES*, FRIEDRICH EBERT STIFTUNG, 2017, 45p
- [10] Navalona R. « Développement énergétique : Madagascar face aux enjeux de la valorisation de l'énergie verte », <https://midi-madagasikara.mg/2019/10/25/transition-energetique-validation-dune-strategie-regionale-en-vue/>, <https://www.ime.mg/actus/developpement.html> Economie 25 octobre 2019
- [11] Meadows D., D. L. Meadows, J. Randers, and W. W. Behrens (1972): *The Limits to Growth*, Universe Book.
- [12] Sachs, J. D. and Warner, A.M. (2001), "Natural Resource and Economic Development: The Curse of Natural Resources, *European Economic Review*", 45: 827-838.
- [13] Ketakandriana RAFITOSON, « *LA LENTE MARCHE VERS LA TRANSITION ENERGETIQUE A MADAGASCAR : ETAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES* », FRIEDRICH EBERT STIFTUNG, 2017, 44p

- [14] Pierre-Yves HENIN, « *L'impact à long terme des chocs de demande* », *Revue économique*, Vol. 45, N°3, p.886.1998,
- [15] Programmation pluriannuelle de l'énergie, *Volet relatif aux impacts économiques et sociaux*, la transition énergétique pour la croissance verte, 2023 345p
- [16] PRINET E. (2004), *Développer une économie écologique*, Notes pour l'association 4D, février, 8p. Accessible sur le lien suivant :
http://equitecho.org/IMG/pdf_Developper_une_economie_ecologique_-_4D.pdf
- [17] RISOU B. (1999), « Développement durable et analyse énergétique d'exploitation agricole », *Economie rurale*, vol 252, p. 16-27.
- [18] Ranaivo Lala Honoré , « *TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : Une stratégie régionale est-elle possible ?* » <https://www.agencemalagasydepresse.com/economie/transition-energetique-madagascar-est-sur-la-bonne-voie/> 24 octobre 2019 La rédaction
- [19] Régis Bourbonnais, « *Econométrie* », 6ème édition, Dunod, Paris, 2005, p. 279.
- [20] Thiziri Hammiche, « *La transition énergétique en Méditerranée* », *Rives méditerranéennes* [Online], 51 | 2015, Online since 15 October 2017, connection on 16 August 2022. URL : <http://journals.openedition.org/rives/4918> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/rives.4918>
- [21] Théo FORTIN , « *Atelier régional pour l'Océan Indien sur les outils de mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030* », 2019