

La transition énergétique en République Démocratique du Congo : un dilemme entre croissance économique et justice environnementale

The energy transition in the Democratic Republic of Congo: a dilemma between economic growth and environmental justice

BANDI BISELELE Joseph

Assistant Scientifique

Faculté d'Économie et Développement de l'Université Catholique du Congo
République Démocratique du Congo

SUMATA MOTUKULA Claude

Professeur à l'Université Catholique du Congo

Membre du comité scientifique à l'Observation de la Francophonie Economique de l'Université de
Montréal
République Démocratique du Congo

Date de soumission : 18/11/2025

Date d'acceptation : 30/12/2025

Pour citer cet article :

BANDI BISELELE. J. & SUMATA MOTUKULA. C. (2026) « La transition énergétique en République Démocratique du Congo : un dilemme entre croissance économique et justice environnementale », Revue Française d'Économie et de Gestion « Volume 7 : Numéro 1 » pp : 463- 488.

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons

Attribution License 4.0 International License



Résumé

Cet article analyse les défis et les opportunités de la transition énergétique en République Démocratique du Congo (RDC), en mettant en évidence la tension entre la nécessité de stimuler la croissance économique grâce à l'exploitation des ressources minérales et les impératifs de protection de l'environnement et de justice sociale. L'étude, basée sur un modèle ARDL et des tests de causalité, révèle que la croissance économique et la part des énergies renouvelables restent fortement liées aux activités émettrices de CO₂. L'article souligne également l'importance d'améliorer la gouvernance, de réglementer le secteur minier et de promouvoir une répartition équitable des bénéfices.

Mots-clés : Transition énergétique ; République Démocratique du Congo (RDC) ; Croissance économique ; Justice environnementale ; Exploitation minière ; Développement durable.

Abstract

This paper analyzes the challenges and opportunities of the energy transition in the Democratic Republic of Congo (DRC), highlighting the tension between the need to stimulate economic growth through the exploitation of mineral resources and the imperatives of environmental protection and social justice. Based on an ARDL model and causality tests, the study reveals that economic growth remains strongly linked to CO₂-emitting activities. The paper also emphasizes the importance of improving governance, regulating the mining sector, and promoting equitable benefit-sharing.

Keywords: Energy transition, Democratic Republic of Congo (DRC) ; Economic growth ; Environmental justice ; Mining ; Sustainable development.

Introduction

La transition énergétique mondiale, marquée par une accélération de la décarbonisation et un essor des énergies vertes, ouvre des perspectives considérables pour l'Afrique. La demande croissante en véhicules électriques et en systèmes de stockage d'énergie, alimentés par des batteries lithium-ion, stimule le développement des énergies solaires et éoliennes. Dans ce contexte, la République Démocratique du Congo (RDC), riche en minerais stratégiques tels que le cobalt, le cuivre et le lithium, se positionne comme un acteur clé de cette transition énergétique et de la lutte contre le changement climatique contraste nettement avec la vulnérabilité des populations congolaises face aux impacts du changement climatique et à l'injustice structurelle dans le partage des richesses et de la prospérité générées par les minerais stratégiques du pays.

La RDC détient près de 70% (BloombergNEF, 2021) de la production mondiale de cobalt, avec des réserves estimées à plus de 25 millions de tonnes, soit les deux tiers des réserves mondiales. Cette abondance de ressources, combinée aux importantes réserves africaines de manganèse, de graphite et d'autres minéraux essentiels, offre à l'Afrique l'opportunité de s'établir au cœur de la chaîne de valeur des batteries, des véhicules électriques et des énergies renouvelables.

Cependant, la RDC, à l'instar de nombreuses économies africaines, demeure principalement un exportateur de matières premières, captant seulement 3% de la valeur mondiale de cette chaîne, estimée à 8,8 mille milliards de dollars d'ici 2025 (BloombergNEF, 2021). Cette situation expose l'économie congolaise à la volatilité des prix et aux chocs externes, limitant son potentiel de développement.

Dans ce contexte, ce papier se propose d'analyser les tensions entre les aspirations de croissance économique de la RDC, liées à l'exploitation de ses ressources minérales, et les impératifs de protection de l'environnement et de justice sociale. D'où, nous nous interrogeons sur Comment concilier ces objectifs apparemment contradictoires ? Quels sont les enjeux spécifiques de la RDC dans cette transition énergétique ? Et quelles pistes de réflexion peuvent être envisagées pour une transition plus juste et durable ?

En croisant les perspectives de l'économie écologique, du développement durable et de la justice environnementale, cet article vise à apporter des éléments de réponse à ces questions, en s'appuyant sur une analyse économétrique des impacts de l'exploitation minière et de la transition énergétique en RDC.

1. Revue de la littérature et Cadre contextuel

1.1. Revue de la littérature

La transition énergétique mondiale, caractérisée par un basculement vers les énergies renouvelables et les technologies propres, place la République Démocratique du Congo (RDC) au cœur de nouveaux enjeux. Riche en minerais stratégiques, notamment le cobalt et le lithium, essentiels à la fabrication des batteries, la RDC est appelée à jouer un rôle central dans cette transformation. Cependant, l'exploitation de ces ressources soulève de nombreuses questions liées à la durabilité, à la justice sociale et à la gouvernance.

La transition énergétique et ses implications économiques, environnementales et sociales ont fait l'objet d'un important corpus théorique, mobilisant des approches pluridisciplinaires. L'analyse de ce phénomène dans le contexte des pays riches en ressources naturelles, tels que la République Démocratique du Congo, requiert une articulation entre les théories de l'économie écologique, les modèles de croissance-environnement et les approches institutionnelles.

L'économie écologique constitue un cadre théorique central pour l'analyse des interactions entre activité économique et environnement. Contrairement à l'économie néoclassique, elle postule que l'économie est un sous-système du capital naturel et qu'elle est contrainte par des limites biophysiques irréductibles. Les travaux de Daly mettent en évidence l'impossibilité d'une croissance matérielle illimitée dans un monde fini, en distinguant la croissance quantitative du développement qualitatif. Cette approche est complétée par les contributions de Georgescu-Roegen, qui introduit la loi de l'entropie dans l'analyse économique, soulignant le caractère irréversible de la dégradation des ressources naturelles liée aux processus de production. Dans cette perspective, l'exploitation intensive des ressources minérales génère des externalités environnementales persistantes, remettant en cause la soutenabilité à long terme des trajectoires de croissance extractives.

Les travaux de Costanza et de ses collaborateurs enrichissent cette approche en mettant en évidence la valeur économique des services écosystémiques, souvent absente des indicateurs traditionnels de performance économique. L'intégration de ces services dans l'analyse économique souligne que la dégradation environnementale induite par l'exploitation minière et industrielle peut engendrer des coûts sociaux supérieurs aux gains économiques à court terme. Ce cadre théorique est particulièrement pertinent pour les économies dépendantes des ressources naturelles, où la surexploitation du capital naturel peut compromettre le bien-être intergénérationnel.

L'hypothèse des courbes environnementales de Kuznets constitue une autre référence théorique et empirique majeure dans l'analyse des relations entre croissance économique et dégradation environnementale. Selon cette hypothèse, la pollution augmente dans les premières phases du développement économique avant de diminuer lorsque le niveau de revenu atteint un certain seuil. Cette relation non linéaire est souvent interprétée comme le résultat combiné des effets d'échelle, de composition et de technique. Toutefois, de nombreux travaux soulignent que cette hypothèse repose sur des conditions institutionnelles et technologiques spécifiques, rarement réunies dans les pays en développement fortement dépendants des activités extractives. Dans ces contextes, la croissance économique peut rester durablement associée à une augmentation des émissions polluantes, en l'absence de politiques environnementales efficaces.

Les théories de la justice environnementale apportent une dimension normative essentielle à l'analyse de la transition énergétique. Elles mettent en lumière les inégalités dans la répartition des coûts et des bénéfices liés à l'exploitation des ressources naturelles et à la transition vers des économies bas carbone. Dans les pays riches en minerais stratégiques, la transition énergétique mondiale peut paradoxalement renforcer les pressions environnementales locales, tout en offrant des retombées économiques limitées aux populations. Cette approche souligne l'importance de la gouvernance et des institutions dans la gestion équitable des ressources naturelles et dans l'orientation des politiques publiques vers un développement durable et inclusif.

1.2. Contexte général sur la transition énergétique

La transition énergétique représente un défi global majeur, consistant en un changement fondamental de nos modes de production et de consommation d'énergie. Elle implique un passage progressif des sources fossiles, reconnues comme polluantes et non renouvelables, vers des alternatives propres, durables et renouvelables. Cette transformation est impérative pour atténuer le changement climatique, réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et préserver l'environnement pour les générations futures.

À l'échelle mondiale, la transition énergétique est guidée par des accords internationaux, notamment l'Accord de Paris. Cet accord ambitieux vise à limiter le réchauffement climatique à un maximum de 2°C, idéalement 1,5°C, par rapport aux niveaux préindustriels. Pour atteindre cet objectif, les nations du monde entier se sont engagées à réduire leurs émissions de GES et à investir massivement dans les énergies renouvelables.

La transition énergétique ne suit pas une voie unique. Les stratégies divergent quant au rôle des différentes sources d'énergie :

- **Énergies renouvelables** : Certains prônent une transition rapide vers une production énergétique basée presque exclusivement sur des sources renouvelables (solaire, éolien, hydraulique, biomasse).
- **Nucléaire** : D'autres soutiennent le maintien d'une part significative de l'énergie nucléaire dans le mix énergétique.
- **Combustibles fossiles et capture du CO₂** : Une troisième approche envisage le maintien des combustibles fossiles, à condition de les associer à des technologies de capture et de stockage du CO₂ (CSC).

Les stratégies de réduction de la consommation divergent également, oscillant entre la promotion de la sobriété énergétique, axée sur les changements de comportement, et l'amélioration de l'efficacité énergétique, combinant l'isolation thermique et le développement de solutions technologiques avancées. Les décisions politiques, les contraintes économiques et techniques, ainsi que l'urgence environnementale, façonneront la trajectoire de cette transition. Cependant, la transition énergétique n'est pas sans défis Elle nécessite des investissements massifs dans les infrastructures, la recherche et le développement, ainsi que des changements profonds dans les modes de production et de consommation De plus, elle soulève des questions de justice sociale et de répartition équitable des coûts et des bénéfices

1.2.1. Opportunités économiques pour les pays riches en minerais : La RDC comme exemple

L'Afrique, riche en ressources naturelles et en potentiel d'énergies renouvelables, se trouve à un carrefour crucial de la transition énergétique mondiale. Le continent peut jouer un rôle majeur, mais il est impératif de garantir une transition juste et équitable, qui tienne compte des besoins et des aspirations des populations locales.

La RDC en particulier possède un potentiel considérable pour contribuer à la transition énergétique mondiale. Grâce à ses vastes réserves de minerais stratégiques, tels que le cobalt, le cuivre et le lithium, essentiels à la fabrication de batteries et de technologies propres, la RDC peut devenir un acteur clé dans la chaîne de valeur des batteries et des véhicules électriques. Toutefois, la gestion durable et responsable de ces ressources est essentielle, minimisant les impacts environnementaux et assurant une répartition équitable des bénéfices avec les communautés locales.

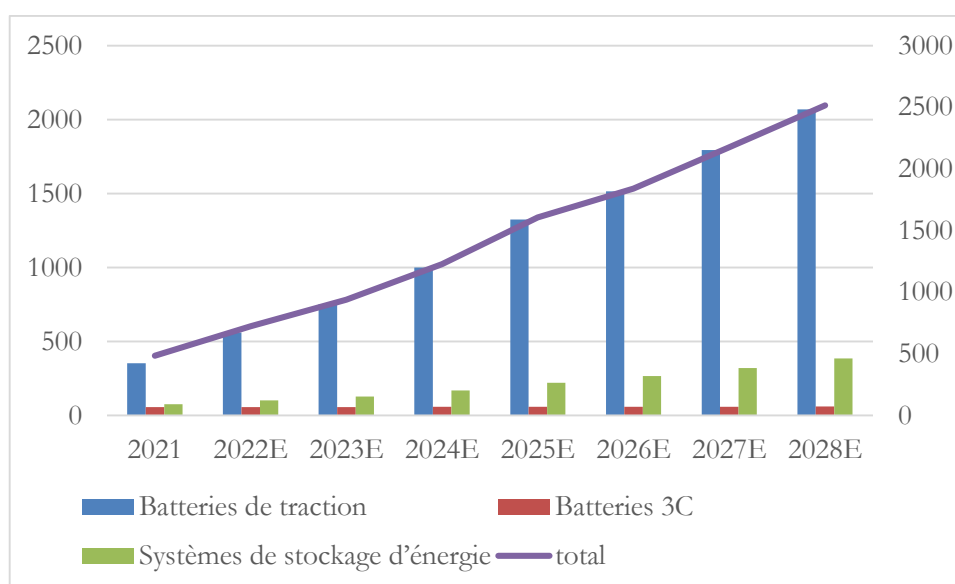
Plusieurs axes stratégiques doivent être considérés pour que la RDC tire pleinement parti de ses ressources minérales :

- **Diversification économique :** Au-delà du secteur extractif, il est crucial d'investir dans d'autres secteurs économiques, notamment les énergies renouvelables, pour assurer un développement durable et inclusif.
- **Intégration dans les chaînes de valeur mondiale :** La RDC, comme d'autres économies africaines riches en ressources naturelles, doit briser le cycle de la dépendance à l'exportation de matières premières. L'amélioration des liens entre le secteur extractif et les autres secteurs de l'économie locale, la localisation de la chaîne de valeur de l'approvisionnement, et la promotion d'une industrialisation axée sur les ressources naturelles sont des étapes clés.

Comme souligné par BloombergNEF, la production de précurseurs de batteries (271 milliards de dollars US d'ici 2025), de cellules de batteries (387 milliards de dollars US d'ici 2025), l'assemblage de cellules (1,18 trillion de dollars US d'ici 2025) et, enfin, les véhicules électriques (7 trillions de dollars US d'ici 2025) représente un potentiel de croissance considérable.

Ce graphique suivant illustre la croissance prévue du marché mondial des batteries (en GWh) :

Graphique n°1. Prévision de la demande du marché mondial des batteries unité : GWh



Source : Auteurs à partir du rapport d'United Nations Conference on Trade and Development

Ce tableau met en évidence la croissance rapide attendue du marché des batteries de traction, essentielles pour les véhicules électriques, ainsi que des batteries utilisées dans les appareils électroniques grand public ("3C") et les systèmes de stockage d'énergie. Cette expansion représente une opportunité majeure pour la RDC de valoriser ses ressources minérales et de se positionner comme un acteur clé de cette filière.

La transition énergétique en RDC représente un défi complexe, mais aussi une opportunité unique de promouvoir la croissance économique, la protection de l'environnement et la justice sociale.

Dans l'ensemble, la littérature empirique converge vers l'idée que la transition énergétique et la réduction des émissions de CO₂ dans les pays riches en ressources naturelles ne peuvent être atteintes par la seule croissance économique. Elles requièrent des investissements soutenus dans les énergies renouvelables, une amélioration de la qualité institutionnelle et une régulation efficace des activités extractives. Cette convergence empirique justifie l'approche économétrique retenue dans cette étude, fondée sur l'analyse conjointe des dynamiques économiques, énergétiques et institutionnelles en République Démocratique du Congo.

2. Analyse économétrique : méthodologie, données, spécification et estimation

Il convient de mentionner que l'étude est basée essentiellement sur un modèle ARDL et des tests de causalité.

2.1. La stationnarité

Il serait inapproprié de pouvoir traiter des séries temporelles sans pourtant étudier les caractéristiques stochastiques de nos chroniques. En effet, le modèle ainsi construit, les méthodes d'estimation ainsi décrites, se feront qu'après avoir étudié la stationnarité.

En économétrie, la stationnarité est un concept clé qui veut à ce que les séries chronologiques conservent certaines caractéristiques au fil du temps.

Mathématiquement, une série Y_t est stationnaire ssi elle respecte les propriétés suivantes :

$E(Y_t) = \mu, \forall t$, une moyenne constante et indépendante du temps.

$Var(Y_t) = \sigma^2 < \infty, \forall t$, une variance finie et indépendante du temps

$Cov(y_t, y_{t+k}) = E(y_t - \mu)(y_{t+k} - \mu) = \rho k$, une covariance indépendante du temps.

Ainsi, il sera question d'étudier chacune de nos séries pour savoir si elles conservent ces caractéristiques. Notons qu'il est rare que les séries chronologiques conservent ces caractéristiques au fil du temps.

Au demeurant, il existe plusieurs tests de stationnarité dont notamment le test de Dickey-Fuller, de Phillips-Perron, de Dickey-Fuller augmenté, de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt et Shin (KPSS), de Ng et Perron, le test d'Elliot, Rotenberg et Stock, etc...

➤ Le test de Dickey-Fuller augmenté

En ne supposant pas que t est un bruit blanc (contrairement au test de Dickey-Fuller simple), ce test se présente de la forme suivante :

H_0 : processus non stationnaire, il correspond à une de ces formes de non-stationnarité :

$$[1] \Delta Y_t = \rho Y_{t-1} - \sum_{k=2}^p \gamma_k \Delta y_t - k + 1 + \eta_t \quad (1)$$

$$[2] \Delta Y_t = \rho Y_{t-1} - \sum_{k=2}^p \gamma_k \Delta y_t - k + 1 + c + \eta_t \quad (2)$$

$$[3] \Delta Y_t = \rho Y_{t-1} - \sum_{k=2}^p \gamma_k \Delta y_t - k + 1 + c + b_t + \eta_t \quad (3)$$

Où $\rho = 0, \phi_1 = 1$ et $\eta_t \rightarrow iid(0, \sigma_\eta^2)$

H1 : processus stationnaire et donc $\phi_1 < 1$

Dans ce test, il est important de faire un choix de retard (décalage). Notons p le nombre de retard, la valeur p est déterminée à l'aide du corrélogramme partiel de la série différenciée ΔY_t .

En ayant la statistique du test de ϕ_1 notée $t_{\hat{\phi}_1} = \frac{\hat{\phi}_1 - 1}{\hat{\sigma}_{\hat{\phi}_1}}$, en faisant également une comparaison avec la valeur tabulée (T_{DF}), la décision est la suivante :

Si $|t_{\hat{\phi}_1}| > T_{DF}$, nous acceptons H_0 et donc la série est non stationnaire.

2.2. Spécification du modèle

Dans le cadre de notre étude, nous cherchons à saisir les relations complexes entre les émissions de CO₂, la croissance économique, l'exploitation minière, l'efficacité gouvernementale et la part des énergies renouvelables, nous utilisons un modèle ARDL (Auto-Regressive Distributed Lag). Ce modèle permet d'analyser les relations à court et long terme entre ces variables, offrant ainsi une vision complète des défis et des opportunités liées à la transition énergétique en RDC, la représentation ARDL sera :

$$\Delta CO_2_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_{1i} \Delta CO_2_{t-i} + \sum_{i=0}^q a_{2i} \Delta PIB_{t-i} + \sum_{i=0}^q a_{3i} \Delta REN_{t-i} + \sum_{i=0}^q a_{4i} \Delta EFFGOUV_{t-i} + b_1 CO_2_{t-1} + b_2 PIB_{t-1} + b_3 REN_{t-1} + b_4 EFFGOUV_{t-1} + e_t \dots (5)$$

Avec :

- Δ : opérateur de différence première ;
- a_0 : Constante ;
- $a_1 \dots a_4$: Effets à court terme ;
- $b_1 \dots b_4$: Dynamique de long terme du modèle ;
- e_t : Terme d'erreur (bruit blanc).

2.3. Source des données et choix des variables

Les données qui font l'objet de notre étude reposent sur une série des données annuelles couvrant la période (1990-2023). Nous incluons dans notre modèle les variables suivantes :

- Émissions de dioxyde de carbone ;
- Croissance du Produit Intérieur Brut ;

- Consommation d'énergies renouvelables ;
- Indice d'efficacité gouvernementale.

Tableau n°1. Désignations des variables

Variable	Source	Pertinence	Mesure
CO2	WDI (Banque Mondiale)	Évalue les émissions de dioxyde de carbone, indicateur clé pour analyser l'impact environnemental.	Émissions totales de GES en mégatonnes d'équivalent CO2 (Mt CO2e).
PIB	WDI (Banque Mondiale)	Indicateur principal de la performance économique et de la croissance économique annuelle.	Taux de croissance annuel du PIB en pourcentage.
TOT PMINC	Rapports de la Banque Centrale du Congo	Capture l'effet spécifique de l'exploitation minière (pivot économique avec externalités CO2)	Production annuelle cumulée de cuivre + cobalt (tonnes)
REN	WDI (Banque Mondiale)	Mesure la transition énergétique via l'utilisation des énergies renouvelables.	Part des énergies renouvelables dans la consommation finale totale d'énergie (en %).
EFFGOUV	WGI (Transparency International)	Évalue la qualité de gouvernance et des performances du secteur publique	Score [-2.5 ; +2.5]

Source : Élaboré par les auteurs sur base des informations collectées

3. ANALYSE DES DONNEES ET ESTIMATION DU MODELE

3.1. Analyse descriptive

Tableau n°2. Résultats des statistiques descriptives

	CO2	PIB	TOT_PMINC	REN	EFFGOUV
Mean	2.833365	1.942569	636908.1	96.45074	-1.232049
Median	2.749600	4.055738	319812.0	96.75000	-1.477850
Maximum	5.386000	9.470288	2981860.	98.30000	0.000000
Minimum	1.569800	-13.46905	23700.00	92.00000	-2.096586
Std. Dev.	0.801082	6.180696	769578.6	1.357701	0.613748
Skewness	0.867981	-0.857259	1.383444	-1.570045	1.278741
Kurtosis	4.338889	2.655466	4.288915	5.866326	3.268847
Jarque-Bera	6.808764	4.332557	13.19904	25.60766	9.368410
Probability	0.033227	0.114603	0.001361	0.000003	0.009240
Sum	96.33440	66.04734	21654876	3279.325	-41.88968
Sum Sq. Dev.	21.17718	1260.633	1.95E+13	60.83061	12.43065
Observations	34	34	34	34	34

Source : Élaboré par les auteurs sur base des informations collectées

Les données révèlent une économie marquée par une **forte volatilité** (écarts-types élevés pour le PIB et la production minière) et une **dépendance structurelle aux secteurs extractifs** (moyenne de 636 908 tonnes pour TOT_PMINC). La production minière, extrêmement variable (écart-type de 769 578 tonnes), reflète les cycles d'exploitation des ressources naturelles, souvent liés aux fluctuations des prix mondiaux et aux instabilités politiques. Le PIB, malgré

une médiane positive (4,06 %), montre des épisodes de contraction sévère (minimum à -13,47 %), typiques des économies fragiles sujettes aux crises socio-politiques.

Les émissions de CO₂ (moyenne de 2,83 millions de tonnes) restent modérées mais inégalement réparties (asymétrie positive), soulignant l'impact environnemental irrégulier des activités minières et industrielles. La part des énergies renouvelables (REN), bien qu'élevée (médiane à 96,75 %), masque des périodes de recul (minimum à 92 %), probablement liées à la priorisation de projets miniers énergivores au détriment des infrastructures durables.

L'efficacité gouvernementale (EFFGOUV), constamment faible (moyenne à -1,23), illustre les lacunes institutionnelles chroniques, freinant la transition écologique et amplifiant la vulnérabilité économique. La distribution asymétrique de cette variable (asymétrie à 1,28) suggère toutefois des efforts ponctuels de réforme, insuffisants pour inverser la tendance.

En résumé, ces statistiques dépeignent une économie **tirillée entre exploitation minière, instabilité politique et aspirations environnementales**, où la faible gouvernance entrave la conciliation entre croissance, justice sociale et durabilité.

3.2. Résultats de la stationnarité des variables

Dans l'étude de séries temporelles, il est nécessaire de passer le test de stationnarité pour s'assurer de l'ordre d'intégration des variables du modèle.

Notons que les résultats qui sont présentés ci-dessous sont issus du test de Dickey Fuller Augmenté.

Tableau n° 3. Test de stationnarité du type ADF

Variable	Niveau	Types	Différence 1ère	Différence 2ème	Constat
CO2	stationnaire				I(0)
PIB	Non stationnaire	DS	stationnaire		I(1)
TOT PMINC	Non stationnaire	DS	Non stationnaire	stationnaire	I(2)
REN	Non stationnaire	DS	stationnaire		I(1)
EFFGOUV	Non stationnaire	DS	stationnaire		I(1)

Source : compilation de l'auteur à partir des analyses sous Eviews 9.

En observant nos variables après test, seul la variable CO₂ est stationnaire à niveau, les variables PIB, REN, EFFGOUV sont intégrées d'ordre 1 (c'est-à-dire elles sont devenues stationnaires après une différence) et la variable TOT PMINC est intégré d'ordre 2.

3.3. La cointégration

L'écriture d'un modèle ARDL comme ci-dessus (relation 1) suppose l'existence d'une relation de cointégration entre les variables qui conditionne même l'estimation des coefficients de court et long terme de ces variables. La notion de cointégration dont le traitement formel a été donnée par Engel et Granger 1987 impliquant une régression des variables intégrées d'ordre 1

significative. Un traitement mathématique de cette notion semble être complexe. Cependant, nous pouvons décrire un résultat basic et les méthodes qui sont utilisés dans plusieurs applications.

Si y_t , où $t = 0, 1, \dots$ et x_t , où $t = 0, 1, \dots$ sont deux variables intégrées d'ordre 1, ainsi ; de manière générale, $y_t - ax_t$ donnera un processus intégré d'ordre 1 peu importe le nombre que prend a . Nonobstant, il est toujours possible que $a \neq 0$, $y_t - ax_t$ donne un processus intégré à niveau. Cette situation veut dire le processus en question à une moyenne constante, une variance constante. Si donc un tel a existé, alors y_t et x_t sont dites cointégrées et a est appelé paramètre de cointégration. (J.WOOLDRIDGE, 2009)

➤ Test de cointégration aux bornes de Pesaran et al 2001

En s'assurant que l'on est devant les variables intégrées à niveau et d'ordre 1, ce test consiste en premier lieu à spécifier le modèle suivant :

$$\Delta CO2_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_{1i} \Delta CO2_{t-i} + \sum_{i=0}^q a_{2i} \Delta PIB_{t-i} + \sum_{i=0}^q a_{3i} \Delta REN_{t-i} + \sum_{i=0}^q a_{4i} \Delta EFFGOUV_{t-i} + \theta u_{t-1} + e_t \dots (5)$$

Cette équation n'est rien d'autre qu'une spécification sous forme de correction d'erreur où $u_{t-1} = b_1 CO2_{t-1} + b_2 PIB_{t-1} + b_3 REN_{t-1} + b_4 EFFGOUV_{t-1}$ comme équation décrivant la relation de long terme et Où « θ » est le terme de correction d'erreur, coefficient d'ajustement.

Notons qu'avant d'appliquer le test, il est important de faire un choix des décalages maximum pour p , q_1 et q_2 en utilisant les critères AIC HQ OU BIC, ensuite tester l'existence potentielle d'une autocorrélation des résidus du modèle spécifié ci-haut, enfin ; s'assurer de la stabilité du modèle. Au demeurant, H_0 est l'hypothèse de l'absence d'une relation de long terme entre variables et H_1 celle de la présence d'une relation de long terme entre variables.

Les auteurs fournissent les bornes critiques sur les valeurs critiques du test pour la distribution asymptotique de F : La borne inférieure est basée sur l'hypothèse que les variables sont intégrées à niveau alors que la borne supérieure est basée sur l'hypothèse que les variables sont intégrées d'ordre 1.

➤ La décision

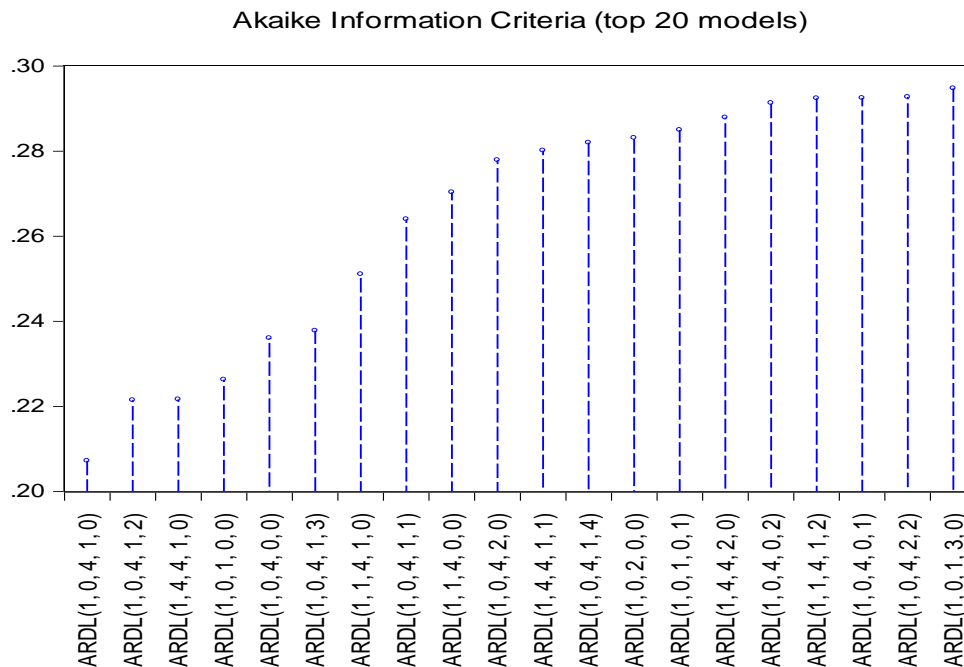
Si donc la valeur calculée du test F est inférieure à la borne inférieure, alors les variables sont intégrées à niveau et il y a existence d'aucune relation de long terme Si la valeur calculée est supérieure à la borne supérieure, alors il y a relation de long terme.

3.4. Sélection du modèle ARDL optimal

Dans ce point, il s'agira de déduire le modèle ARDL qui offre des résultats statistiquement significatifs avec un optimum de paramètres en présentant les valeurs du critère d'information

d'Akaike (AIC) pour les 20 meilleurs modèles ARDL testés. L'AIC est utilisé pour comparer différents modèles statistiques; un AIC plus faible indique un meilleur ajustement des données.

Graphique n°2. Critères d'information d'AKAIKE (20 meilleurs modèles)



Source : Auteur à partir des analyses sous Eviews 9.

Considérant ce graphique, le modèle ARDL (1, 0, 4, 1,0) a l'AIC le plus bas, ce qui suggère qu'il s'agit du modèle qui offre le meilleur compromis entre ajustement aux données et complexité. Les autres modèles ont des valeurs d'AIC plus élevées, indiquant qu'ils sont moins performants en termes d'équilibre entre ajustement et complexité.

3.5. Tests de robustesse du modèle

Afin de tester la validité du modèle ARDL estimé, plusieurs tests peuvent être effectués dont notamment : le test de normalité, le test d'autocorrélation des erreurs, le test d'homoscédasticité. La validation de notre modèle estimé ainsi que des résultats obtenus de la relation de court terme et de long terme nécessite la vérification d'un ensemble d'hypothèses à travers le test d'autocorrélation, d'hétéroscédasticité, de normalité, le test de spécification et le test de CUSUM pour la validation de la stabilité des coefficients.

Tableau n° 4. Tests du diagnostic du modèle

Hypothèse du test	Tests	Valeurs (probabilité)
Autocorrélation	Breusch-Godfrey	0.480546 (07864)
Hétéroscédasticité	Breusch-Pagan-Godfrey	10.64592 (0.3858)
Normalité	Jarque-Bera	0.977167 (0.613495)
Spécification	Ramsey	2.401317 (0.1245)

Source : Compilation des auteurs à partir des analyses sur Eviews 9.

À travers les différents tests susmentionnés les résultats nous renseignent que le modèle est bien spécifié, qu'il n'y a pas d'autocorrélation ni d'hétéroscédasticité entre les erreurs, les résidus suivent une loi normale (les erreurs sont normalement distribuées). Cela renforce la validité des résultats obtenus à partir du modèle

3.6. Résultats de la cointégration aux bornes

D'emblée, sachant que l'idée est celle d'appliquer le modèle ARDL pour saisir une explication dynamique de notre équation, la cointégration mise en œuvre est celle de Pesaran et Shin 1999 et Pesaran et al 2001.

Le tableau ci-dessous nous fournit les résultats du test de cointégration aux bornes :

Tableau n°5. Résultats de la cointégration aux bornes de Pesaran

Test Statistic	Value	k
F-statistic	10.47768	4

Critical Value Bounds		
Significance	I0 Bound	I1 Bound
10%	2.45	3.52
5%	2.86	4.01
2.5%	3.25	4.49
1%	3.74	5.06

Source : Auteurs à partir des analyses sous Eviews 9.

Conformément à la littérature exposée ci-haut sur le test de cointégration aux bornes, nous constatons que F-statistic est supérieur à la borne supérieure. Il y a donc cointégration entre nos variables. Elles entretiennent donc une relation d'équilibre de long terme. Ceci est un cadre idéal pour l'estimation ARDL.

4. PRESENTATION DES RESULTATS DU MODELE

4.1. Résultats de l'estimation du modèle ARDL

Les tableaux ci-dessous nous présentent les résultats pour les deux procédures.

Tableau n°6. Estimation d'un modèle ARDL

Dependent Variable: CO2
 Method: ARDL
 Date: 04/06/25 Time: 01:20
 Sample (adjusted): 1996 2023
 Included observations: 28 after adjustments
 Maximum dependent lags: 1 (Automatic selection)
 Model selection method: Akaike info criterion (AIC)
 Dynamic regressors (4 lags, automatic): DPIB DDTOT_PMINC DREN
 DEFFGOUV
 Fixed regressors: C
 Number of models evaluated: 625
 Selected Model: ARDL(1, 0, 4, 1, 0)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
CO2(-1)	0.927338	0.075864	12.22373	0.0000
DPIB	-0.006418	0.019638	-0.326823	0.7478
DDTOT_PMINC	6.37E-07	4.95E-07	1.286339	0.2156
DDTOT_PMINC(-1)	9.77E-07	5.19E-07	1.883369	0.0769
DDTOT_PMINC(-2)	-4.76E-07	7.57E-07	-0.629278	0.5375
DDTOT_PMINC(-3)	1.21E-07	6.26E-07	0.192701	0.8495
DDTOT_PMINC(-4)	1.41E-06	6.19E-07	2.274825	0.0362
DREN	-0.457672	0.093776	-4.880473	0.0001
DREN(-1)	-0.126949	0.094825	-1.338773	0.1983
DEFFGOUV	-0.045485	0.101960	-0.446106	0.6612
C	0.210280	0.221910	0.947593	0.3566
R-squared	0.942789	Mean dependent var		2.966961
Adjusted R-squared	0.909136	S.D. dependent var		0.771437
S.E. of regression	0.232539	Akaike info criterion		0.207209
Sum squared resid	0.919268	Schwarz criterion		0.730575
Log likelihood	8.099069	Hannan-Quinn criter.		0.367208
F-statistic	28.01469	Durbin-Watson stat		1.682131
Prob(F-statistic)	0.000000			

*Note: p-values and any subsequent tests do not account for model selection.

Source : Auteurs à partir des analyses sur Eviews 9.

Selon ce tableau, le modèle ARDL (1, 0, 4, 1, 0) sélectionné pour analyser les émissions de CO2 en RDC montre que les émissions passées ont un fort impact sur les émissions actuelles. L'augmentation de la part des énergies renouvelables réduit significativement les émissions. L'impact de l'exploitation minière est complexe et retardé, tandis que la croissance économique et l'efficacité gouvernementale n'ont pas d'effet direct significatif. Ces résultats soulignent l'importance de promouvoir les énergies renouvelables et de réguler l'exploitation minière pour réduire les émissions de CO2 en RDC.

4.1.1. Dynamique de court terme

Tableau n°7. Estimation d'un modèle ARDL

ARDL Cointegrating And Long Run Form

Dependent Variable: CO2

Selected Model: ARDL(1, 0, 4, 1, 0)

Date: 04/06/25 Time: 12:23

Sample: 1990 2023

Included observations: 28

Cointegrating Form

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(DPIB)	-0.006418	0.019638	-0.326823	0.7478
D(DDTOT_PMINC)	0.000001	0.000000	1.286339	0.2156
D(DDTOT_PMINC(-1))	0.000000	0.000001	0.629278	0.5375
D(DDTOT_PMINC(-2))	-0.000000	0.000001	-0.192701	0.8495
D(DDTOT_PMINC(-3))	-0.000001	0.000001	-2.274825	0.0362
D(DREN)	-0.457672	0.093776	-4.880473	0.0001
D(DEFFGOUV)	-0.045485	0.101960	-0.446106	0.6612
CointEq(-1)	-0.072662	0.075864	-0.957795	0.3516

Source : Auteurs à partir des analyses sur Eviews 9.

Le tableau "Cointegrating Form" examine les ajustements à court terme vers l'équilibre de long terme. Plusieurs points ressortent :

- ✓ Une variation de la part des énergies renouvelables a un impact négatif et très significatif ($p = 0.0001$) sur les émissions de CO₂. Concrètement, une augmentation de la part des énergies renouvelables conduit rapidement à une diminution des émissions de CO₂.
- ✓ Une variation retardée de 3 périodes de la production minière a un impact significatif ($p = 0.0362$) sur les émissions de CO₂. Le signe négatif indique une relation complexe qui pourrait refléter des cycles d'investissement et de production minière, où une forte production passée peut entraîner des améliorations technologiques réduisant les émissions actuelles.
- ✓ Les variations de la croissance économique et de l'efficacité gouvernementale n'ont pas d'impact significatif à court terme sur les émissions de CO₂.

4.1.2. Dynamique de long terme

Tableau n°8. Estimation d'un modèle ARDL

$$\text{Cointeq} = \text{CO2} - (-0.0883 \cdot \text{DPIB} + 0.0000 \cdot \text{DDTOT_PMINC} - 8.0458 \cdot \text{DREN} - 0.6260 \cdot \text{DEFFGOUV} + 2.8940)$$

Long Run Coefficients				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DPIB	-0.088331	0.267322	-0.330429	0.7451
DDTOT_PMINC	0.000037	0.000040	0.909785	0.3757
DREN	-8.045760	8.588039	-0.936856	0.3620
DEFFGOUV	-0.625982	1.577868	-0.396726	0.6965
C	2.893955	0.692464	4.179210	0.0006

Source : Auteurs à partir des analyses sur Eviews 9.

De ce tableau, il ressort que :

- ✓ Le coefficient négatif (-0.088331) suggère qu'à long terme, une augmentation de la croissance économique pourrait être associée à une diminution des émissions de CO2 (une relation possible de "découplage").
- ✓ Le coefficient positif (0.000037) suggère qu'à long terme, une augmentation de la production minière pourrait être associée à une augmentation des émissions de CO2.
- ✓ Le coefficient négatif et élevé (-8.045760) suggère qu'à long terme, une plus grande part des énergies renouvelables est fortement associée à une réduction des émissions de CO2.
- ✓ Le coefficient négatif (-0.625982) suggère qu'une amélioration de l'efficacité gouvernementale pourrait être associée à une réduction des émissions de CO2.

4.2. Causalité entre variables

Ce point vient dans l'optique de mettre la causalité entre les variables en recourant au test de causalité au sens de Toda-Yamamoto (1995) qui est basé sur la statistique « W » de Wald, celle-ci est distribuée suivant un khi-deux.

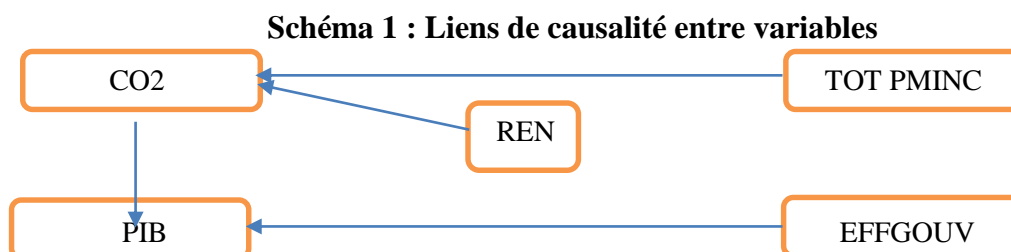
Tableau n°9. Résultats Tests de Causalité de Toda-Yamamoto

Dépendantes	Variables explicatives ou causales (probabilité)				
	CO2	PIB	TOT PMINC	REN	EFFGOUV
CO2		0.116839 (0.9433)	7.827719 (0.0200)	9.689558 (0.0079)	1.000933 (0.6062)
PIB	8.353851 (0.0153)		0.576837 (0.7494)	1.368497 (0.5045)	7.004993 (0.0301)
TOT PMINC	0.155817 (0.9250)	0.022654 (0.9887)		1.382358 (0.5010)	0.346385 (0.8410)
REN	5.659129 (0.0590)	0.356879 (0.8366)	3.846276 (0.1461)		0.351091 (0.8390)
EFFGOUV	0.664267 (0.7174)	3.786442 (0.1506)	1.369456 (0.5042)	1.926707 (0.3816)	

Source : Compilation des auteurs à partir des analyses sur Eviews 9.

Ce tableau présente les résultats des tests de causalité de Toda-Yamamoto suivant :

- ✓ Le test révèle une relation causale significative entre l'exploitation minière (TOT PMINC) et les émissions de CO₂ (CO₂), avec une p-value de 0,0200. Cela suggère que l'augmentation de l'activité minière entraîne une hausse des émissions de CO₂.
- ✓ Le test indique également une relation causale significative entre les énergies renouvelables (REN) et les émissions de CO₂ (CO₂), avec une p-value de 0,0079. Cela confirme que l'augmentation de la part des énergies renouvelables contribue à la réduction des émissions de CO₂.
- ✓ Le test met en évidence une relation causale significative entre les émissions de CO₂ (CO₂) et la croissance économique (PIB), avec une p-value de 0,0153. Cette relation peut être interprétée comme une indication que la croissance économique de la RDC est encore fortement dépendante des activités émettrices de CO₂.
- ✓ Le test révèle une relation causale significative entre l'efficacité gouvernementale (EFFGOUV) et la croissance économique (PIB), avec une p-value de 0,0301. Cela suggère qu'une amélioration de l'efficacité gouvernementale favorise la croissance économique.



Ces résultats suggèrent que la RDC doit adopter une approche intégrée pour promouvoir un développement économique durable, en investissant dans les énergies renouvelables, en réglementant l'exploitation minière et en améliorant l'efficacité gouvernementale.

5. DISCUSSIONS DES RESULTATS

La transition énergétique est un défi majeur pour de nombreux pays, notamment la République Démocratique du Congo (RDC), qui doit concilier croissance économique et protection de l'environnement. Cette étude utilise un modèle ARDL pour analyser les relations à court et long terme entre les émissions de CO₂, la croissance économique, l'exploitation minière, l'efficacité gouvernementale et la part des énergies renouvelables.

Les résultats de notre analyse ARDL montrent que la part des énergies renouvelables a un impact significatif sur la réduction des émissions de CO₂ à court terme. En effet, le coefficient

de DREN est de -0.457672 , ce qui indique que l'augmentation de la part des énergies renouvelables réduit fortement les émissions de CO₂. À long terme, ce coefficient est de -8.045760 , confirmant que les énergies renouvelables sont cruciales pour réduire les émissions. La croissance économique, mesurée par le PIB, a un effet négatif sur les émissions de CO₂ à long terme, avec un coefficient de -0.088331 . Cela suggère que la croissance économique pourrait être associée à une réduction des émissions si elle est bien gérée. Cependant, cet effet n'est pas significatif statistiquement, ce qui pourrait indiquer une relation complexe entre croissance économique et durabilité environnementale.

L'exploitation minière, bien que représentant une activité économique importante, a un impact minimal sur les émissions de CO₂ à long terme, avec un coefficient très faible de 0.000037 . Cela pourrait indiquer que les efforts de réduction des émissions devraient se concentrer sur d'autres secteurs.

L'amélioration de l'efficacité gouvernementale, mesurée par l'indice DEFFGOUV, est associée à une réduction des émissions de CO₂ à court terme, avec un coefficient de -0.045485 . À long terme, ce coefficient est de -0.625982 , ce qui suggère que des politiques gouvernementales efficaces sont essentielles pour soutenir la durabilité environnementale.

➤ **Principaux constats issus des analyses économétriques :**

1. **Dépendance persistante aux activités émettrices de CO₂ :** Les résultats des tests de causalité de Toda-Yamamoto indiquent une relation causale significative entre les émissions de CO₂ et la croissance économique. Cette observation suggère que l'économie de la RDC est encore fortement tributaire d'activités émettrices de CO₂, soulignant la nécessité de diversifier les sources de croissance.
2. **Rôle crucial des énergies renouvelables :** Nos analyses confirment que l'augmentation de la part des énergies renouvelables contribue significativement à la réduction des émissions de CO₂. Cette conclusion souligne l'importance d'investir massivement dans les énergies renouvelables pour atténuer l'impact environnemental des activités économiques.
3. **Impact complexe de l'exploitation minière :** L'exploitation minière, bien qu'ayant un impact minimal sur les émissions à long terme, exerce une influence significative à court terme. Cette observation met en évidence la nécessité de réglementer le secteur minier, en adoptant des pratiques d'extraction plus propres et en minimisant les impacts environnementaux.

4. **Importance de l'efficacité gouvernementale** : Les résultats indiquent qu'une amélioration de l'efficacité gouvernementale favorise la croissance économique. Cette observation suggère qu'une bonne gouvernance est essentielle pour créer un environnement propice à un développement durable et inclusif.
5. **Inertie des émissions de CO2** : Le modèle ARDL montre qu'il y a une forte inertie des émissions de CO2. Autrement dit, les émissions passées ont un impact très important sur les émissions actuelles. C'est un signe de dépendance structurelle à des modes de production carbonés.

➤ **Recommandations et perspectives :**

Pour concilier les objectifs de croissance économique, de protection de l'environnement et de justice sociale, la RDC doit adopter une approche multidimensionnelle, fondée sur les principes suivants :

1. **Découplage de la croissance économique et des émissions de CO2 :**

- **Diversification économique** : Promouvoir des secteurs économiques à faible intensité de carbone, tels que l'agriculture durable, le tourisme écologique et les services environnementaux.
- **Investissements dans les technologies propres** : Soutenir l'adoption de technologies propres et l'innovation dans les secteurs clés de l'économie.

2. **Promotion des énergies renouvelables :**

- **Objectifs ambitieux** : Fixer des objectifs ambitieux pour l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique.
- **Incitations financières** : Offrir des incitations financières pour encourager l'investissement dans les énergies renouvelables, notamment les énergies solaires, éoliennes et hydrauliques.
- **Cadre réglementaire favorable** : Créer un cadre réglementaire favorable aux énergies renouvelables, en simplifiant les procédures administratives et en garantissant la sécurité juridique des investissements.

3. **Gouvernance et transparence dans le secteur minier :**

- **Réglementation environnementale stricte** : Adopter une réglementation environnementale stricte pour le secteur minier, en imposant des normes d'émission rigoureuses et en encourageant l'utilisation de technologies propres.

- **Transparence** : Renforcer la transparence dans la gestion des revenus miniers, en garantissant que les bénéfices de l'exploitation minière soient partagés équitablement avec les communautés locales.
 - **Lutte contre la corruption** : Lutter contre la corruption et renforcer la bonne gouvernance dans le secteur minier, en mettant en place des mécanismes de contrôle et de surveillance efficaces.
4. **Amélioration de l'efficacité gouvernementale** :
- **Renforcement des institutions** : Renforcer les institutions publiques, en améliorant la qualité de la gestion publique et en luttant contre la corruption.
 - **Coordination des politiques** : Assurer une coordination efficace des politiques entre les différents ministères et agences gouvernementales, en veillant à ce que les objectifs de croissance économique, de protection de l'environnement et de justice sociale soient intégrés dans toutes les décisions politiques.
5. **Gestion des chaînes d'approvisionnement**
- **Intégration locale** : Intégrer localement les communautés à la gestion des chaînes d'approvisionnement pour les batteries.
 - **Amélioration des conditions de travail**: Mettre en œuvre des réglementations pour minimiser les enfants qui travaillent dans les mines
6. **Investissement dans le capital humain** :
- **Éducation et formation** : Investir dans l'éducation et la formation pour développer les compétences nécessaires à une économie verte et durable.
 - **Création d'emplois** : Promouvoir la création d'emplois verts dans les secteurs des énergies renouvelables, de l'efficacité énergétique et de la gestion de l'environnement.

Ces résultats ont des implications importantes pour les politiques de transition énergétique en RDC. Premièrement, ils soulignent l'importance de promouvoir les énergies renouvelables pour réduire les émissions de CO₂. Deuxièmement, ils suggèrent que la croissance économique peut être compatible avec la durabilité environnementale si elle est bien gérée. Troisièmement, ils indiquent que l'exploitation minière n'est pas un facteur majeur dans la réduction des émissions, ce qui pourrait orienter les efforts vers d'autres secteurs. Enfin, ils mettent en avant l'importance de l'efficacité gouvernementale pour soutenir les politiques environnementales.

Conclusion

Cette étude s'est intéressée sur la complexité de concilier les objectifs de croissance économique, de protection environnementale et de justice sociale en République Démocratique du Congo (RDC), un pays riche en ressources naturelles mais confronté à des défis de développement considérables. Notre analyse économétrique, combinant un modèle ARDL et des tests de causalité de Toda-Yamamoto, a permis de mettre en lumière des dynamiques cruciales et des voies potentielles pour une transition énergétique plus juste et durable.

Les résultats obtenus révèlent une tension persistante entre la dépendance de l'économie congolaise aux activités extractives, notamment l'exploitation minière, et les impératifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre. L'exploitation minière, bien que contribuant de manière significative aux revenus de l'État, exerce une pression considérable sur l'environnement, en particulier en termes d'émissions de CO₂. Cette dépendance met en évidence la nécessité de diversifier l'économie et de promouvoir des secteurs moins polluants. Cependant, notre analyse a également souligné le potentiel des énergies renouvelables comme moteur de développement durable en RDC. L'augmentation de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique a un impact significativement positif sur la réduction des émissions de CO₂, offrant une voie prometteuse pour découpler la croissance économique des activités polluantes. De plus, l'amélioration de l'efficacité gouvernementale, bien que n'ayant pas d'impact direct significatif à court terme sur les émissions, est cruciale pour créer un environnement propice à l'investissement dans les énergies propres et à la mise en œuvre de politiques environnementales efficaces.

Pour traduire ces résultats en actions concrètes, plusieurs recommandations politiques s'imposent :

- **Investissement massif dans les énergies renouvelables** : Prioriser le développement des énergies solaire, hydroélectrique et éolienne pour réduire la dépendance aux combustibles fossiles et diversifier le mix énergétique.
- **Réglementation stricte du secteur minier** : Mettre en place des normes environnementales rigoureuses pour minimiser les impacts négatifs de l'exploitation minière, en encourageant l'adoption de technologies propres et de pratiques durables.
- **Amélioration de la gouvernance et de la transparence** : Renforcer les institutions pour lutter contre la corruption, assurer une gestion responsable des ressources naturelles et promouvoir la participation des communautés locales à la prise de décision.

- **Développement de chaînes de valeur locales et régionales** : Encourager la transformation locale des minerais pour créer des emplois, augmenter la valeur ajoutée et réduire la dépendance aux exportations de matières premières.
- **Assurer la justice sociale et la répartition équitable des bénéfices** : Mettre en place des mécanismes de redistribution des revenus miniers pour financer des projets de développement local et améliorer les conditions de vie des populations.

En conclusion, la transition énergétique en RDC est un défi complexe qui nécessite une approche intégrée et coordonnée, impliquant toutes les parties prenantes : le gouvernement, le secteur privé, la société civile et les communautés locales. En adoptant des politiques ambitieuses, en investissant dans les énergies renouvelables, en réglementant le secteur minier et en améliorant la gouvernance, la RDC peut se positionner comme un leader de la transition énergétique en Afrique, tout en assurant un développement économique durable, respectueux de l'environnement et socialement juste. L'avenir de la RDC dépend de sa capacité à concilier les impératifs économiques, environnementaux et sociaux, en créant un modèle de développement qui profite à tous et préserve les ressources naturelles pour les générations futures.

Bibliographie

1. Avocats verts, (octobre 2010), Analyse de la législation environnementale et sociale du secteur minier en RDC
2. Banque mondiale (2023). Rapport national sur le climat et le développement pour la RDC.
3. Jullien B., Gerpisa A. V., (Décembre 2012) La voiture électrique comme artéfact d'une transition vers une économie écologique?
4. Bloomberg NEF, «la production de matériaux pour batteries en RDC pourrait réduire les émissions de la chaîne d'approvisionnement et ajouter de la valeur au cobalt du pays », 2021
5. Bola Mboyo S., Bola Boongo E., (janvier 2025) « Analyse des effets de la croissance économique sur la qualité de l'environnement en République Démocratique du Congo » Hal open science
6. Chama El Moummy, Baddih Hindou, Salmi Yahya, (novembre 2020) « Energies renouvelables, croissance économique et ouverture commerciale : Une analyse

- empirique de la courbe environnementale de Kuznets au Maroc », *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*
7. Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253-260.
 8. Daly, H. E. (1996). *Beyond growth: The economics of sustainable development*. Beacon press.
 9. Fagnart J-F et Germainy M. (Mai 2017) Quelques leçons d'un modèle de macroéconomie écologique à 2 périodes Mai 2017
 10. Geissdoerfer, M., et al. (2017). *Circular Economy—A New Sustainability Paradigm?*. *Journal of Cleaner Production*, 143, 724-732.
 11. Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy law and the economic process*. Harvard university press.
 12. Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. National Bureau of Economic Research Working Paper No. 3914.
 13. Hamisultane H. (2002), *Econométrie des séries temporelles*, Licence, France, p.6.
 14. Hours A., Lapierre C., Grison P., Mousel M., Tuuhia V., (2012) « *Pour une économie écologique et équitable : état des lieux et propositions* », Association 4D- Dossiers et Débats pour le Développement Durable, Paris.
 15. Kalonda Kanyama I. (2022-2023), *Séminaire sur les séries temporelles*, notes de cours, UCC, p.50-58.
 16. IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.
 17. Wooldridge J. (2009), *An introductory econometrics : a modern approach*, Michigan State University, 4 éd, p637.
 18. Kuznets, S. (1955). « Economic growth and income inequality ». *The American Economic Review*, 45(1), 1-28.
 19. Martinez-Alier, J. (2002). *The Environmentalism of the Poor: A Study of Ecological Conflicts and Valuation*. Edward Elgar Publishing.
 20. Novianti Lukas E. (2015), *Green Economy for Sustainable Development and Poverty Eradication*, European Center For Science Education And Research, International Conference on Social Sciences Istanbul, Volume IV p 403-414
 21. OCDE (2020). *Green Growth and Sustainable Development*.

22. De Schutter O., Minguet A., « Vers Quelle Transition Juste Et Solidaire ? », *Revue Etopia* N°16
23. Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). « Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships », *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
24. Plumecocq G. (2016) L'Economie écologique au prisme de l'Economie des conventions, Hal open science
25. Rachid Ech-Choudany, Hicham Hafid (2023), « La transition énergétique entre croissance économique et préservation écologique : Une analyse empirique de la courbe environnementale de Kuznets au Maroc », *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*
26. Robinson, J. M. (2004). « Squaring the circle? Environment and inequality in developing countries », *Ecological Economics* 48, p 369 – 384
27. Rockström, J., et al. (2009). « A Safe Operating Space for Humanity ». *Nature*, 461(7263), 472-475.
28. World Bank (2019). *Governance and the Environment*.

Annexes

Null Hypothesis: CO2 has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.214290	0.0112
Test critical values: 1% level	-4.262735	
5% level	-3.552973	
10% level	-3.209642	

Null Hypothesis: D(REN) has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.660896	0.0008
Test critical values: 1% level	-3.661661	
5% level	-2.960411	
10% level	-2.619160	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: D(TOT_PMINC,2) has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-7.35925	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.661661	
5% level	-2.960411	
10% level	-2.619160	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: D(PIB) has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.796174	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.661661	
5% level	-2.960411	
10% level	-2.619160	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: D(EFFGOUV) has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-11.08719	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.653730	
5% level	-2.957110	
10% level	-2.617434	