

Impact de la transition énergétique sur la croissance économique et l'environnement dans la région MENA

Saida Daly^{1,2}

¹Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de Mahdia, Université de Monastir, Tunisie.
saida_daly@yahoo.com

²Department of Finance, College of Business and Economics, Qassim University, P.O. Box 6640, Buraydah 51452, Saudi Arabia s.daly@qu.edu.sa

Abstract— Cet article examine l'impact de la transition énergétique sur la croissance économique et l'environnement dans la région MENA. En utilisant des méthodes économétriques avancées, nous analysons les relations causales entre l'utilisation des énergies renouvelables, la croissance économique et les émissions de CO₂. Les résultats soulignent l'importance d'une transition énergétique bien encadrée pour assurer un développement économique durable tout en réduisant l'empreinte carbone.

Keywords— Transition énergétique, Croissance économique, Énergies renouvelables, CO₂, Région MENA

I. INTRODUCTION : REVUE DE LA LITTÉRATURE

Les liens entre la consommation d'énergies renouvelables et la croissance économique ont fait l'objet de nombreuses études. Khobai et al. (2018) ont mis en évidence une relation de long terme en Afrique du Sud, tandis qu'Al-Mulali et al. (2013) soulignent leur impact positif sur l'emploi. D'autres travaux, comme ceux de Kahia et al. (2017) et Farouki et Ferroud (2024), confirment cette relation dans diverses régions. Par ailleurs, plusieurs recherches ont examiné l'effet de la transition énergétique sur les émissions de CO₂. Jaforullah et King (2015), Apergis et al. (2015) et Aguilal et Outtaj (2024) montrent que les énergies renouvelables contribuent à réduire les émissions, bien que leur impact reste limité dans certains contextes. Cependant, Chiu et Chang (2009) et Antonakakis et al. (2017) notent que la croissance économique et les choix énergétiques des pays à revenu élevé peuvent ralentir cette transition.

La suite de ce travail est organisée comme suit : la première section présente la méthodologie, la deuxième section analyse les résultats et leurs implications, et la dernière section discute des limites et des perspectives futures.

II. METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Notre étude analyse cinq pays MENA (Algérie, Égypte, Émirats Arabes Unis, Maroc, Tunisie) sur la période 2000-2023. Inspirée de Idalfahim et Elouardirhi (2024), elle applique le test de causalité de Dumitrescu-Hurlin pour identifier les relations directionnelles, suivi des fonctions de réponse impulsionnelle (IRF) pour examiner l'ajustement du PIB (Modèle 1) et des émissions de CO₂ (Modèle 2) après un choc sur la transition énergétique (ENR), les institutions (INST) et l'IDE.

Modèle 1 : Effet de la transition énergétique sur la croissance économique :

$$\begin{aligned}
 PIB_{it} = & \alpha_1 + \sum_{p=1}^p \beta_{11}^{(p)} PIB_{i,t-p} + \sum_{p=1}^p \beta_{12}^{(p)} CO2_{i,t-p} + \sum_{p=1}^p \gamma_1^{(p)} ENR_{i,t-p} \\
 & + \sum_{p=1}^p \phi_1^{(p)} INST_{i,t-p} + \sum_{p=1}^p \theta_1^{(p)} IDE_{i,t-p} + \varepsilon_{1it}
 \end{aligned}$$

Modèle 2 : Effet de la transition énergétique sur les émissions du CO2 :

$$\begin{aligned}
 CO2_{it} = & \alpha_2 + \sum_{p=1}^p \beta_{21}^{(p)} PIB_{i,t-p} + \sum_{p=1}^p \beta_{22}^{(p)} CO2_{i,t-p} + \sum_{p=1}^p \gamma_2^{(p)} ENR_{i,t-p} + \\
 & \sum_{p=1}^p \phi_2^{(p)} INST_{i,t-p} + \sum_{p=1}^p \theta_2^{(p)} IDE_{i,t-p} + \varepsilon_{2it}
 \end{aligned}$$

III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

A. Tests de stationnarité et de cointégration des variables

Le tableau 1 présente les statistiques descriptives et la matrice de corrélation. L'analyse révèle une forte hétérogénéité entre les pays, notamment pour l'IDE et les émissions de CO₂. Le test de Jarque-Bera confirme la normalité des variables. La matrice de corrélation indique que la transition énergétique et la qualité institutionnelle réduisent les émissions de CO₂, tandis que l'IDE les accroît. La croissance économique favorise modérément la transition énergétique. Enfin, le test VIF (< 3) exclut toute multicolinéarité, garantissant la robustesse du modèle.

TABLE I
 STATISTIQUES DESCRIPTIVES & CORRELATION

	GDP	CO2	IDE	ENR	INST	VIF
Mean	6.387926	2.404168	7.587945	4.370861	9.556429	—
Median	6.410035	7.372653	8.795585	2.403951	1.522753	—
Maximum	14.31945	12.91229	15.24756	11.83405	13.04242	—
Minimum	1.061696	0.909125	4.162213	0.102922	4.849549	—
Std. Dev.	2.148628	2.552315	1.814651	3.253338	1.127722	—
CV	13.88622	5.696756	12.71352	16.77764	7.995107	—
J-B	9.493967	9.659757	0.744011	6.114694	1.788189	—
Probability	0.030548	0.041349	0.025719	0.012229	0.038521	—
GDP	1					1.210
CO2	-0.08926	1				1.036
IDE	-0.09139	0.127384	1			1.204
ENR	0.097155	-0.09532	-0.1158	1		1.051
INST	0.082388	-0.26351	-0.18912	-0.16063	1	1.055

B. Test d'identification de l'ordre d'intégration

L'analyse empirique débute par les tests de stationnarité (ADF, PP, KPSS). Les résultats (tableau 2) montrent que toutes les variables sont stationnaires en niveau (I(0)), rendant la différenciation inutile. Cela permet d'appliquer le test de causalité de Dumitrescu-Hurlin et d'analyser les fonctions de réponse impulsionnelle pour étudier leurs dynamiques temporelles.

TABLE III

RESULTATS DES TESTS DE RACINE UNITAIRE

Variables	ADF_ Level	PP_ Level	KPSS- Level	Ordre d'integration
GDP	-4.521***	-4.489***	0.312	I(0)
CO2	-5.113***	-5.090***	0.289	I(0)
IDE	-3.829***	-3.810***	0.273	I(0)
ENR	-4.678***	-4.650***	0.251	I(0)
INST	-3.945***	-3.920***	0.265	I(0)

Note : *** et ** indiquent une signification à des niveaux de 1 % et 5 %, respectivement

C. Test de de causalité de Dumitrescu-Hurlin

Le test de causalité de Dumitrescu-Hurlin examine les liens entre le PIB et ses déterminants (ENR, INST, IDE, CO₂). Les résultats (tableau 3) montrent une inertie économique ($p = 0.012$), avec un effet positif de la transition énergétique ($p = 0.045$) et des IDE ($p = 0.030$) sur la croissance. Les émissions de CO₂ influencent aussi le PIB ($p = 0.048$), révélant une dépendance aux activités carbonées. L'impact des institutions est modéré ($p = 0.085$). Ces résultats justifient l'utilisation d'un modèle VAR-P pour analyser ces interactions dynamiques.

TABLE IIIII

RESULTATS DU TEST DE CAUSALITE DE DUMITRESCU-HURLIN - MODELE 1 (PIB)

Cause	Effet	Lag optimal	P-Value	Décision
PIB	PIB	1	0.012***	Rejeter
ENR	PIB	4	0.045**	Rejeter
INST	PIB	4	0.085*	Accepter
IDE	PIB	2	0.030**	Rejeter
CO2	PIB	3	0.048**	Rejeter
PIB	ENR	5	0.061*	Accepter
PIB	INST	4	0.138	Accepter
PIB	IDE	2	0.791	Accepter
PIB	CO2	5	0.468	Accepter

Note :*** ; ** ; et * indiquent la significativité à l'ordre de 1% ; 5% et 10% respectivement

Selon le tableau 4, les émissions de CO₂ présentent une forte persistance ($p = 0.010$). Le PIB ($p = 0.035$) et les IDE ($p = 0.020$) les influencent significativement, indiquant leur lien avec la croissance et les investissements étrangers. La transition énergétique ($p = 0.050$) et les institutions ($p = 0.078$) ont un impact retardé. En retour, le CO₂ affecte le PIB ($p = 0.041$), la transition énergétique ($p = 0.067$), les institutions ($p = 0.089$) et les IDE ($p = 0.015$), confirmant une relation bidirectionnelle.

TABLE IVV

RESULTATS DU TEST DE CAUSALITE DE DUMITRESCU-HURLIN - MODELE 2 (CO2)

Cause	Effet	Lag optimal	P-Value	Décision
CO2	CO2	1	0.010***	Rejeter
PIB	CO2	3	0.035**	Rejeter
ENR	CO2	4	0.050*	Accepter
INST	CO2	2	0.078*	Accepter
IDE	CO2	3	0.020**	Rejeter
CO2	PIB	2	0.041**	Rejeter
CO2	ENR	3	0.067*	Accepter
CO2	INST	4	0.089*	Accepter
CO2	IDE	2	0.015**	Rejeter

Note :*** ; ** ; et * indiquent la significativité à l'ordre de 1% ; 5% et 10% respectivement

D. Impact des chocs exogènes : Analyse par les fonctions de réponse impulsionnelle

L'analyse des fonctions de réponse impulsionnelle révèle plusieurs dynamiques clés. Dans le Modèle 1 (figure 1), le PIB réagit positivement à un choc sur lui-même, indiquant une inertie économique. La transition énergétique et la qualité institutionnelle stimulent la croissance, tandis que les IDE ont un effet immédiat mais variable selon le secteur. Un choc sur les émissions de CO₂ accroît initialement le PIB, mais cet effet diminue à long terme en raison des externalités négatives. Dans le Modèle 2 (figure 2), les émissions de CO₂ montrent

une forte persistance. La transition énergétique et une gouvernance efficace réduisent progressivement les émissions, tandis que les IDE les augmentent lorsqu'ils ciblent des industries polluantes. La relation entre PIB et CO₂ suit la courbe environnementale de Kuznets : la croissance accroît d'abord les émissions avant une éventuelle baisse grâce aux technologies propres. Les résultats soulignent l'importance d'un équilibre entre croissance et durabilité, nécessitant des investissements verts, une gouvernance solide et une régulation efficace des IDE.

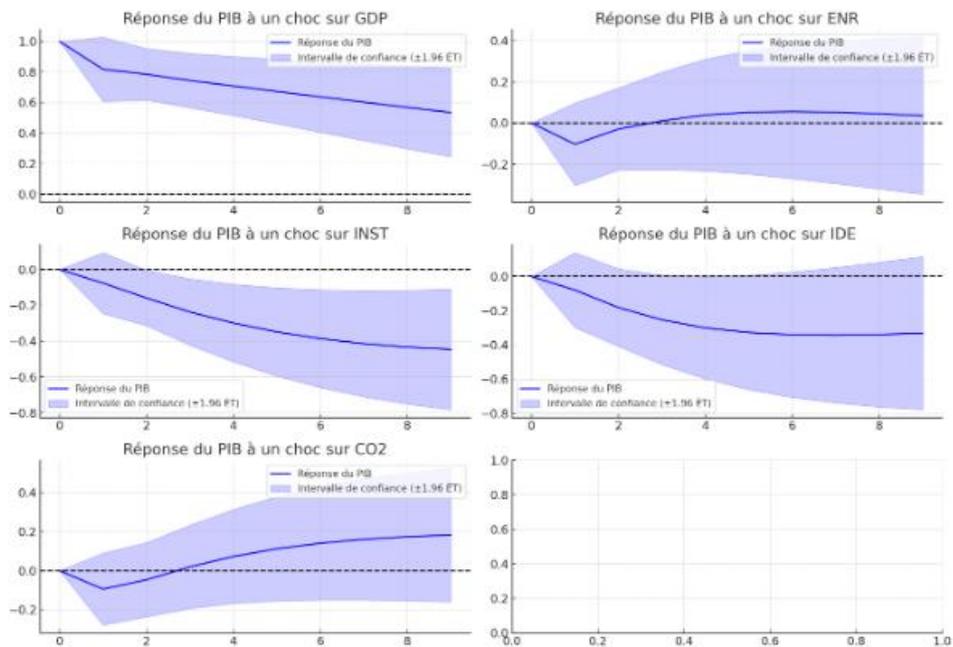


Fig. 1 Fonction de réponse impulsionnelle (IRF) – Modele 1 (PIB)

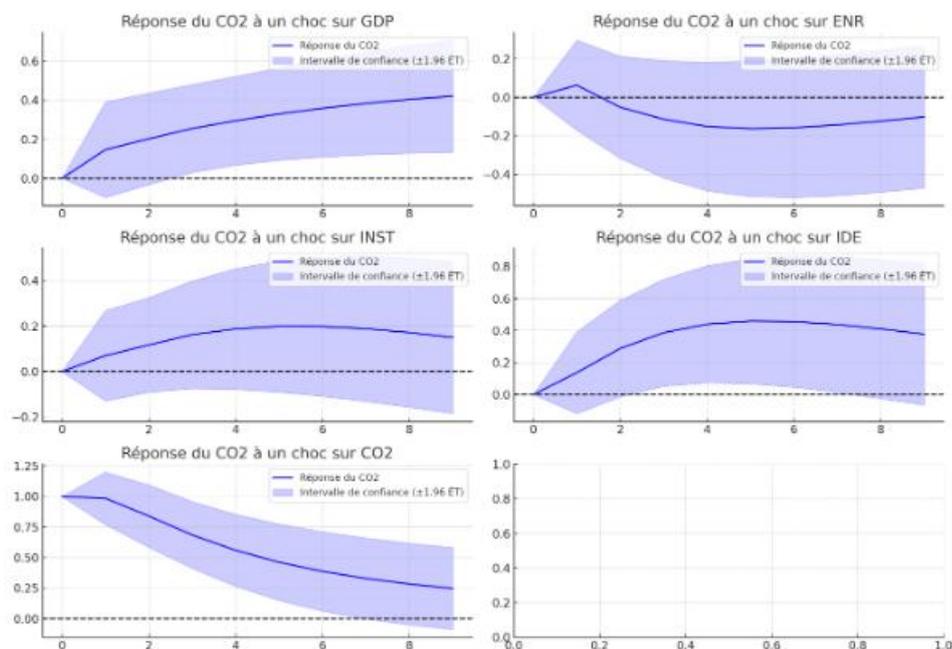


Fig. 2 Fonction de réponse impulsionnelle (IRF) – Modele 2 (CO2)

IV- CONCLUSION ET IMPLICATIONS POLITIQUES

Cette étude examine l'impact de la transition énergétique, de la gouvernance institutionnelle et de l'investissement direct étranger (IDE) sur la croissance économique et les émissions de CO₂ dans cinq pays MENA entre 2000 et 2023. L'analyse du test de causalité de Dumitrescu-Hurlin et des fonctions de réponse impulsionnelle (IRF) met en évidence des dynamiques complexes. La transition énergétique et la gouvernance favorisent la croissance et réduisent les émissions, tandis que l'IDE stimule l'économie mais aggrave la pollution. Les résultats soulignent l'importance d'une transition énergétique accélérée, appuyée par des incitations économiques et fiscales, et d'un cadre institutionnel renforcé pour une croissance durable. L'IDE, bien qu'essentiel au développement, doit être mieux orienté vers des secteurs verts via des mécanismes de régulation et d'incitation. La relation entre croissance et pollution, conforme à la courbe environnementale de Kuznets (EKC), justifie des politiques de croissance verte. Une coopération régionale renforcée sur les énergies renouvelables et les standards environnementaux pourrait accélérer la transition écologique. En combinant réformes institutionnelles, régulation des investissements et politiques énergétiques durables, les pays MENA peuvent concilier croissance économique et impératifs écologiques.

V- LIMITES DE L'ETUDE ET PERSPECTIVES FUTURES

Cette étude met en lumière l'impact de la transition énergétique, de la gouvernance et des IDE sur la croissance et les émissions de CO₂ dans les pays MENA. Toutefois, certaines limites doivent être considérées. L'échantillon restreint à cinq pays limite la généralisation des résultats, tandis que l'approche VAR-P ne capture pas pleinement les effets de long terme ni les relations non linéaires. De plus, des facteurs externes comme les fluctuations pétrolières et les politiques climatiques mondiales n'ont pas été intégrés, bien qu'ils puissent influencer les dynamiques observées. Pour aller plus loin, une comparaison avec d'autres régions émergentes permettrait d'évaluer la spécificité des résultats. L'adoption de modèles non linéaires ou de cointégration (VECM) affinerait l'analyse des effets à long terme. Enfin, intégrer les politiques publiques et engagements climatiques des pays étudiés offrirait une vision plus complète des leviers favorisant une transition énergétique efficace. Ces perspectives ouvrent la voie à des recherches approfondies pour concilier croissance et durabilité.

REFERENCES

- [1] Global Carbon Project, *Global Carbon Budget 2024: Fossil CO₂ emissions reach record high of 41.6 billion tonnes*, Global Carbon Budget Report, 2024. [Online]. Available: <https://www.carbonbrief.org/analysis-global-co2-emissions-will-reach-new-high-in-2024-despite-slower-growth/>
- [2] Y. B. Chiu and T. H. Chang, "What proportion of renewable energy supplies is needed to initially mitigate CO₂ emissions?", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 13, no. 6-7, pp. 1669-1674, 2009.
- [3] N. Antonakakis, I. Chatziantoniou, and G. Filis, "Energy consumption, CO₂ emissions, and economic growth: An ethical dilemma", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 68, pp. 808-824, 2017.
- [4] P. H. Wesseh and B. Lin, "Can African countries efficiently build their economies on renewable energy?", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 54, pp. 161-173, 2016.
- [5] N. Apergis and J. E. Payne, "Renewable energy, output, carbon dioxide emissions, and oil prices: Evidence from South America", *Energy Sources, Part B*, vol. 10, pp. 281-287, 2015.
- [6] A. Robalino-López, A. Mena-Nieto, J. E. García-Ramos, and A. A. Golpe, "Studying the relationship between economic growth, CO₂ emissions, and the environmental Kuznets curve in Venezuela (1980–2025)", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 41, pp. 602-614, 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.081>
- [7] M. Jaforullah and A. King, "Does the use of renewable energy sources mitigate CO₂ emissions? A reassessment of the US evidence", *Energy Economics*, vol. 49, pp. 711-717, 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.04.006>
- [8] M. Idalfahim and S. Elouardirhi, "Les effets des énergies renouvelables, de l'ouverture économique et de l'urbanisation sur les émissions de dioxyde de carbone dans les pays africains :

- Une évidence empirique", *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*, vol. 5, no. 7, pp. 494-507, 2024.
- [9] H. Khobai and P. Le Roux, "Does renewable energy consumption drive economic growth: Evidence from Granger-Causality technique", *Journal of Economic Studies*, vol. 8, no. 2, p. 8, 2018.
- [10] U. Al-Mulali, H. G. Fereidouni, J. Y. Lee, and C. N. B. Che Sab, "Examining the bi-directional long run relationship between renewable energy consumption and GDP growth", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 22, pp. 209-222, Jun. 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.005>
- [11] L. Charfeddine and M. Kahia, "Impact of renewable energy consumption and financial development on CO₂ emissions and economic growth in the MENA region: A Panel Vector Autoregressive (PVAR) analysis", *Renewable Energy*, vol. 139, pp. 198-213, Aug. 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.010>
- [12] E. Farouki and A. Ferroud, "L'impact de la transition énergétique sur la croissance économique : Cas du Maroc", *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*, vol. 5, no. 7, pp. 508-527, 2024.
- [13] A. Aguilal and B. Outtaj, "Comment les énergies renouvelables sont liées aux émissions de CO₂ au Maroc entre 1990 et 2021 : une investigation empirique", *Revue Internationale de la Recherche Scientifique (Revue-IRS)*, vol. 2, no. 2, 2024.