

# **Etude de causalité entre la consommation d'énergie et les émissions de CO2 liées au transport et la croissance économique au Maroc**

## **Causality study between energy consumption and CO2 emissions from transport and economic growth in Morocco**

**BAHRI Hicham**

Doctorant

Université Hassan 1er Settat - Maroc

Laboratoire de Recherche en Economie, Gestion Management des affaires  
(LAREGMA)

**hicham.bahri1@gmail.com**

**DINAR Brahim**

Professeur chercheur

Université Hassan 1er Settat - Maroc

Directeur du Laboratoire de Recherche en Economie, Gestion Management des affaires  
(LAREGMA)

**bh.dinar@gmail.com**

**Date de soumission** : 22/07/2022

**Date d'acceptation** : 05/09/2022

**Pour citer cet article** :

BAHRI.H & DINAR.B. (2022) «Etude de causalité entre la consommation d'énergie et les émissions de CO2 liées au transport et la croissance économique au Maroc», Revue Française d'Economie et de Gestion «Volume 3 : Numéro 9 » pp : 126 – 147.

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License



## Résumé

Le développement de l'infrastructure de transport a été largement engagé par les décideurs pour encourager la croissance économique. Cependant, la mesure de son impact est une tâche complexe. D'autre part, les activités de transport génèrent aussi des externalités négatives (émissions des gaz à effet de serre, accidents de route...etc.).

Cette étude examine les relations causales entre les infrastructures de transport routier, l'utilisation d'énergie du transport, le développement économique et l'émission de CO<sub>2</sub> du transport au Maroc durant la période 1989- 2018. Ainsi, nous utilisons une approche économétrique pour examiner la causalité entre les différents facteurs.

Cette étude note l'existence à long terme d'un lien unidirectionnel depuis la consommation d'énergie vers le PIB. Aussi, une relation unidirectionnelle à long terme de l'émission CO<sub>2</sub> vers le PIB et une relation causale bidirectionnelle sur le long terme entre l'infrastructure de transport et le PIB au Maroc.

**Mots clés :** Transport ; Infrastructure ; Emissions CO<sub>2</sub> ; Croissance économique ; Maroc

## Abstract

The development of transport infrastructure has been widely embraced by policymakers to encourage economic growth. However, measuring its impact is a complex task. On the other hand, transport activities also generate negative externalities (greenhouse gas emissions, road accidents, etc.).

This study examines the causal relationships between road transport infrastructure, transport energy use, economic development and CO<sub>2</sub> emissions from transport in Morocco during the period 1989- 2018. Thus, we use an econometric approach to examine the causality between the different factors.

This study notes the existence in the long run of a unidirectional link from energy consumption to GDP. Also, a long-run unidirectional relationship from CO<sub>2</sub> emission to GDP and a long-run bidirectional causal relationship between transport infrastructure and GDP in Morocco.

**Keywords:** Transport; Infrastructure; CO<sub>2</sub> emissions; Economic growth; Morocco.

## Introduction

L'économie mondiale actuelle est marquée par la globalisation, la libération des échanges et des mouvements de décentralisation. Le développement économique des pays nécessite la création des richesses. La survie et progression des entreprises les poussent à améliorer leur compétitivité.

L'évaluation des facteurs de développement et de compétitivité est d'une nécessité absolue. Le transport fait partie des secteurs potentiels qui permettent de stimuler la croissance économique. Une meilleure quantité et qualité des infrastructures, une amélioration de l'accessibilité, abaissement des coûts de transports permettent à la fois d'améliorer la production des entreprises et la satisfaction des consommateurs (Vickerman, 2000).

En outre, (Banister et Thurstain-Goodwin, 2011) notent que l'investissement dans les transports (ferroviaires) affecte l'économie locale à trois niveaux différents : la production et la productivité (au niveau macro), les économies d'agglomération et la main-d'œuvre (au niveau macro), les économies d'agglomération et les effets du marché du travail (au niveau méso) et les effets du marché foncier et immobilier (au niveau micro).

La notion largement acceptée de la route mène à la richesse a encouragé les décideurs politiques à faire d'énormes investissements dans l'expansion des transports nationaux. A son tour, (Deng, 2013) confirme que les efforts déployés pour investir dans les infrastructures de transport sont capables d'augmenter la productivité et de favoriser la croissance économique.

Cependant, il existe des défis majeurs liés à la dégradation environnementale lors de l'usage des moyens de transport notamment celles empruntant les routes, voies ferrées, ports et aéroports. L'exploitation de ces infrastructures sont consommatrices de combustibles fossiles et mènent à dégager de plus en plus le gaz de CO<sub>2</sub> qui augmente progressivement dans toutes les régions du monde (Achour & Belloumi, 2016).

Ainsi, une corrélation étroite peut être décortiquée entre les différentes variables. Dans le but de rendre le domaine des transports plus durable, des études récentes ont examiné la nature du lien entre la pollution de l'air, le PIB et l'usage énergétique.

A notre connaissance aucune des études précédentes n'a exploré la relation entre les infrastructures de transport, l'usage de l'énergie et le développement de l'économie au Maroc. Cela a motivé la recherche à explorer le lien entre ces variables dans un pays qui est très engagé dans le développement des infrastructures routières pour booster son économie et dans la transition vers des modes de transports respectant l'écosystème.

Par ailleurs, la relation positive ou négative entre les facteurs peut faciliter les implications politiques pour les décideurs, les environmentalistes et les économistes au Maroc. Ainsi la question de notre recherche est comme suit : quelle est la nature de l'interaction entre les infrastructures de transport, l'émission de CO<sub>2</sub>, l'usage de l'énergie et la croissance économique au Maroc ?

Ce papier est présenté comme suit. La partie 1 est un aperçu de la littérature y afférente, suivie d'une brève description de l'infrastructure de transport et de la pollution atmosphérique. Ensuite, dans la partie 2, nous allons mettre la lumière sur la méthodologie établie. La partie 3 présentera les résultats empiriques et leur analyse. Finalement, la dernière partie conclut le document.

## **1. Revue de littérature**

### **1.1. Infrastructures de transport, l'usage de l'énergie et production de gaz CO<sub>2</sub>**

Cette revue s'intéresse sur la relation multiforme entre les variables citées. L'étude de cet effet a été le centre d'intérêt de multiples travaux académiques depuis des décennies et a produit des résultats très variables.

La théorie macroéconomique de la croissance endogène a également développé un cadre dans lequel l'infrastructure publique est une source de croissance économique par sa contribution au changement technique (Patricia C.MeloDaniel J.GrahamRubenBrage-Ardao, 2013).

Timilsina et Shrestha, 2009 ont noté que dans la plupart des nations asiatiques, le dommage subi par l'environnement avait pour cause la consommation énergétique, la croissance démographique et le développement économique.

Al-mulali et al., 2013 ont conclu la présence d'une liaison causale entre l'urbanisation, l'usage énergétique et le dégagement de CO<sub>2</sub> dans un échantillon représentant la région MENA. Les auteurs ont utilisé le modèle vectoriel de correction des erreurs (VECM) et la causalité de Granger en panel.

Shahbaz et al., 2015 ont examiné la relation causale entre plusieurs variables : l'infrastructure de transport, les prix des carburants, l'énergie et les gaz de CO<sub>2</sub> en Tunisie de 1980 à 2012.

(Arvin et al., 2015) ont conclu à l'existence d'un lien causal entre l'urbanisation, le transport, la croissance économique et les gaz à effet de serre dans les pays du G20.

(Achour & Belloumi, 2016) ont utilisé des modèles distincts pour les cas de l'infrastructure ferroviaire et routière en Tunisie, en utilisant la cointégration de Johansen suivie d'un VECM.

(Christophe, Valérie, 2007) ont trouvé un lien causal unidirectionnel à long terme allant des émissions, de la consommation aux infrastructures routières et ferroviaires.

Pour étudier l'impact de l'utilisation d'énergie et du développement des transports sur la croissance économique, (Saidi et al., 2018) ont appliqué la méthode des moments généralisés sur des données de panel de la région MENA de 2000 à 2016. D'après les résultats empiriques, la consommation a généré la dynamique de l'activité économique. De même, les infrastructures de transport ont impacté d'une façon positive et significative la dynamique économique dans les pays de l'échantillon.

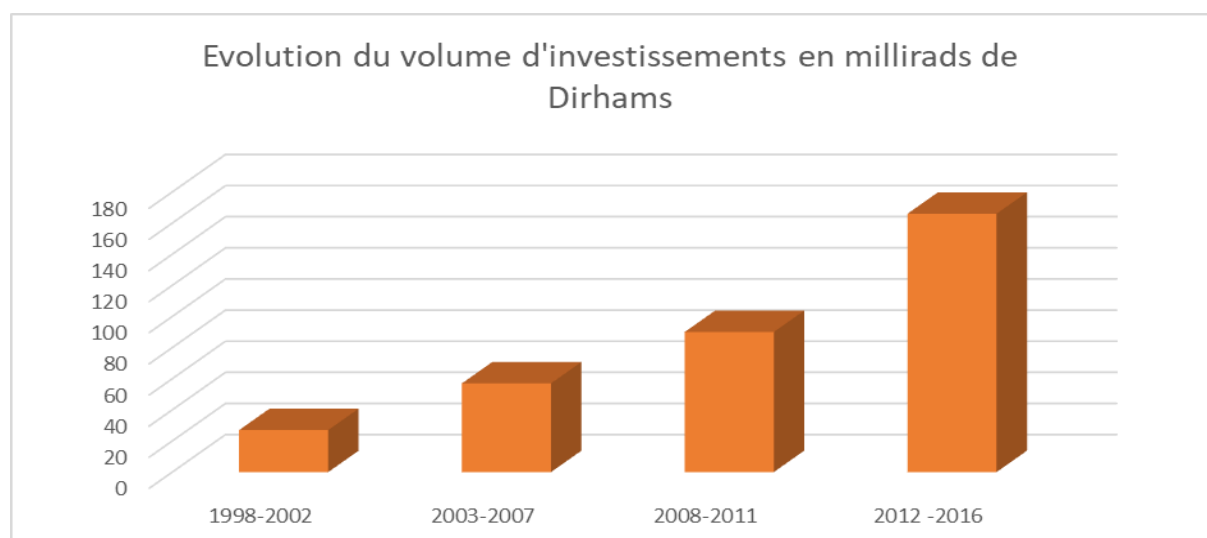
Ahmad & Du, 2017 étudient le lien entre la production d'énergie, la croissance économique et les émissions de CO<sub>2</sub> de l'Iran avec des variables supplémentaires telles que l'investissement national et étranger, l'inflation, la densité de population et les terres agricoles. Des séries chronologiques annuelles sont utilisées pour les périodes 1971 et 2011 selon la disponibilité des données. Les auteurs concluent que la production d'énergie produit un effet positif sur le développement économique de l'Iran.

## 1.2. Infrastructures de transport au service d'une croissance économique au Maroc

### Investissements en infrastructure de transport

Dans l'objectif de stimuler sa croissance économique, le Maroc a engagé des investissements importants pour la modernisation des infrastructures de transport ces dernières années. En effet, le développement de l'urbanisation nécessite d'améliorer l'accessibilité interne des différentes régions et connexion avec le reste du monde en vue réaliser des objectifs escomptés par les différentes stratégies et plans envisagés (Maroc vert, Halieutis, Accélération industrielle, transition énergétique ...etc.).

**Figure N°1** : Evolution de volume d'investissements



Source : METL Maroc 2017

Le transport des marchandises et personnes se fait au Maroc principalement par voie routière. Le développement économique tant au niveau national nécessite des infrastructures routières de qualité. Le Maroc a déployé des efforts importants pour la construction d'environ 1800 km de routes, reliant la plupart des grandes villes par un réseau autoroutier à péage.

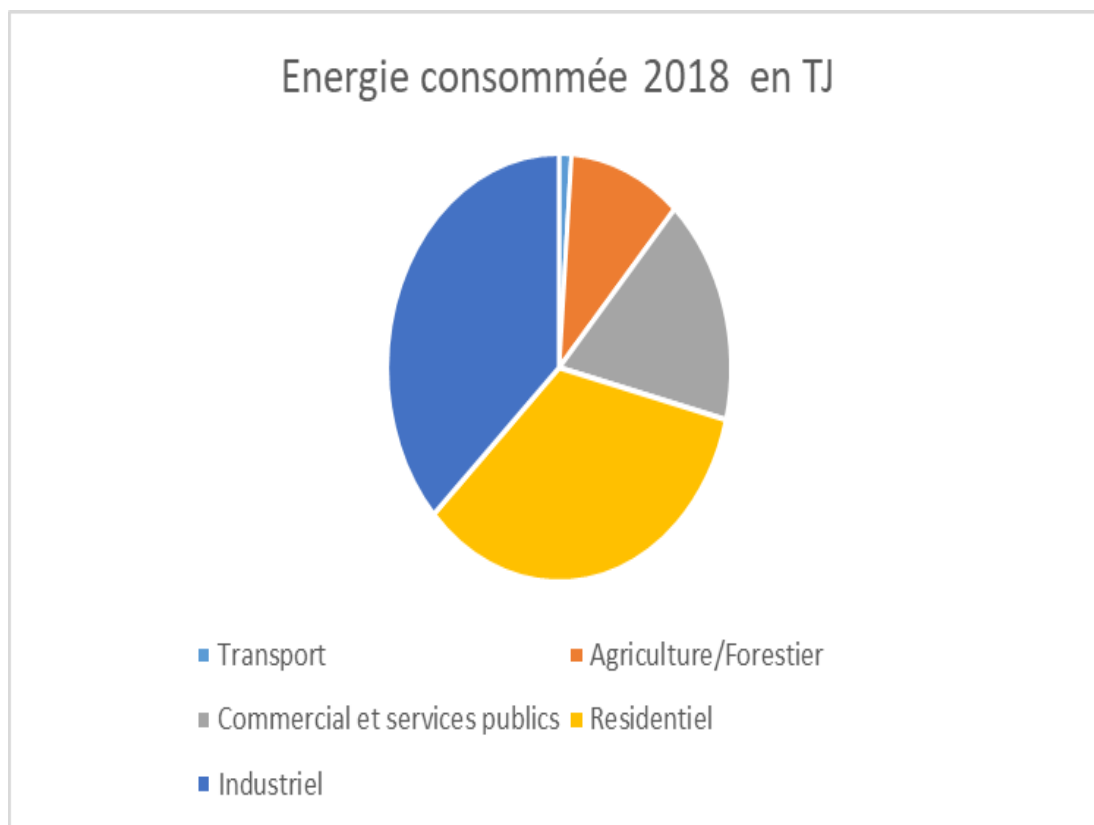
De plus, le Ministère en charge de l'aménagement routier vise la construction de 3400 km supplémentaires de voies rapides et 2000 km d'autoroutes d'ici 2030, à un coût estimé à 9,6 milliards de dollars.

Son objectif étant de répondre au nombre croissant de véhicules en circulation. Le recensement METL de 2017 a noté l'existence de 4 millions de véhicules dans le royaume, marquant une augmentation de 18 % par rapport au recensement précédent de 2014. L'évolution d'un tel trafic risque de générer des nuisances environnementales.

### Transport et pollution atmosphérique au Maroc

En 2018, le secteur du transport s'est accaparé à lui seul de 36,6%, le résidentiel (25 %) et l'industrie (20,1 %). Le secteur du transport consomme environ le 1/3 de la consommation totale finale.

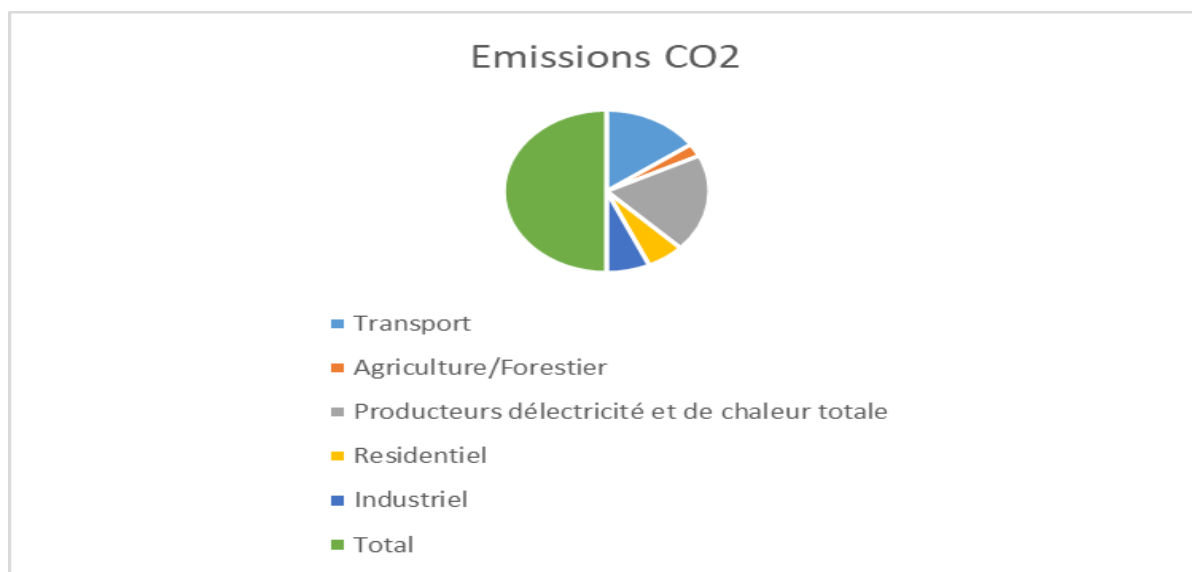
Figure N°2 : Répartition d'énergie consommée



Source : [www.eia.org](http://www.eia.org)

## Émissions de CO2

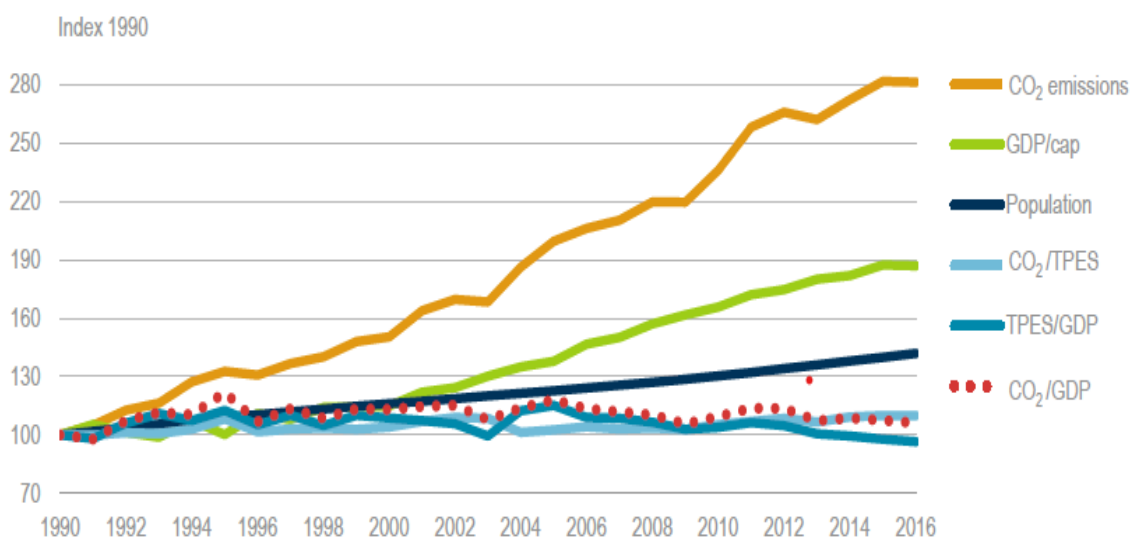
**Figure N° 3 :** Emission de CO2 selon les secteurs



Source : [www.eia.org](http://www.eia.org)

En 2018, le secteur des transports a émis 30,5 % des émissions totales. Depuis 1990, les émissions de CO2 au Maroc ont été alimentées par la croissance démographique et celle du PIB/habitant. La courbe ci-dessous note un certain lien entre le PIB et les émissions CO2 du Maroc.

**Figure N°4 :** Evolution de l'émission de CO2

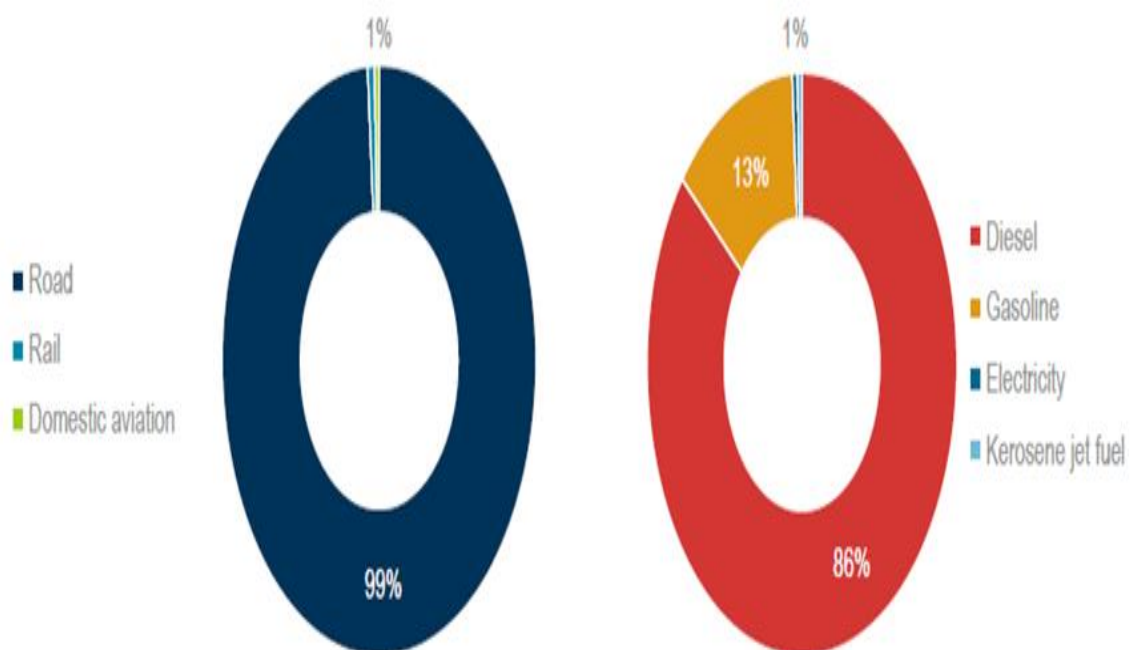


Source : Politique énergétique des pays de l'AIE(Maroc)

## Consommation d'énergie

Le transport routier consomme 99 % dont environ 86 % proviennent du gasoil.

**Figure N°5** : Consommation d'énergie des transports



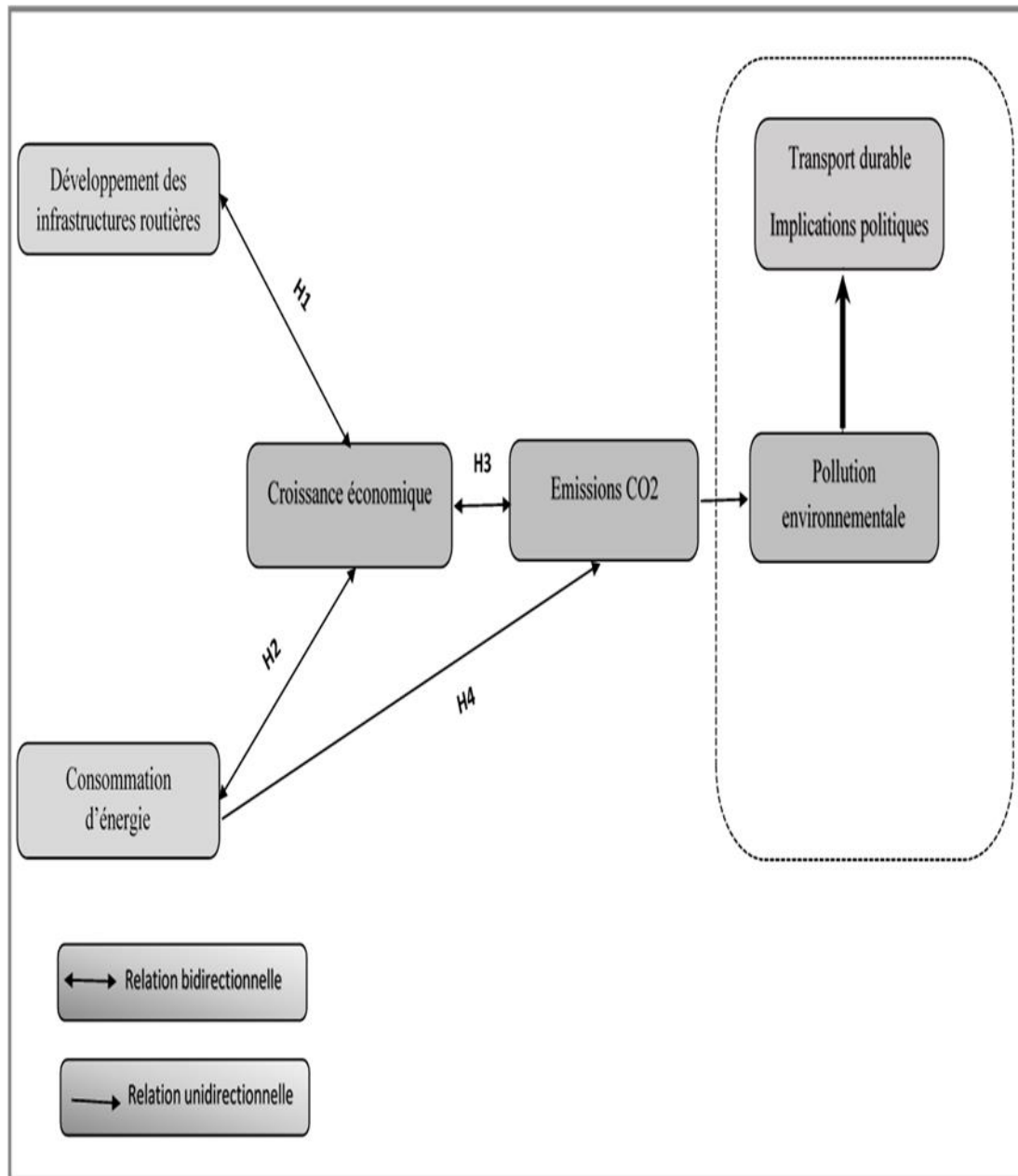
**Source** : Politique énergétique des pays de l'AIE(Maroc)

La consommation du transport au Maroc est alimentée par le fret, les véhicules de tourisme et les taxis, ainsi que les fourgonnettes commerciales. L'augmentation constante du parc automobile total reflète l'évolution positive du PIB / habitant du Maroc, ainsi que les efforts du gouvernement pour devenir un centre régional pour l'industrie automobile.

Le secteur des transports emploie 10% de la main-d'œuvre urbaine et représente environ 5% du PIB du Maroc. En outre, la stratégie globale du Maroc met l'accent sur des systèmes de transport durables et le passage à des modes moins polluants.

A l'issue de ce qui précède, nous déterminons la nature des relations entre le développement des infrastructures routières et l'usage énergétique avec la croissance économique. Aussi, un intérêt sera accordé à l'analyse des liens entre les émissions CO2 et le PIB. L'effet de l'usage énergétique sur les émissions sera également traité. Les différents résultats vont nous permettre de formuler des recommandations aux décideurs politiques.

**Figure 6:** Modèle conceptuel



**Source :** Construction auteurs

Le test de ce modèle nécessite la formulation des hypothèses suivantes :

**H1 :** Il existe un effet bidirectionnel significatif entre le développement des infrastructures routières et le PIB ;

**H2 :** Il existe un impact bidirectionnel significatif entre l'usage énergétique et le PIB ;

**H3 :** Il existe une relation bidirectionnelle significative entre les émissions de CO2 et le PIB ;

**H4 :** Une utilisation importante de l'énergie permet d'augmenter de manière considérable les émissions CO2.

## 2. Méthodologie

Dans le cadre de cette recherche, la période s'étale de 1989 à 2018. Les variables sur lesquelles ayant porté l'étude figurent dans le tableau ci-après :

**Table N°1 : Variables d'étude**

Variable	Source
<b>Produit Intérieur Brut en dollars constant 2010 (PIB)</b>	Indicateurs de développement Mondiaux (WDI)
<b>Longueur des routes revêtues en kilomètres (LRR) ,</b>	Haut-commissariat au plan (HCP)
<b>Emission CO2 en MT( EmiCO2) ,</b>	Agence Internationale de l'Energie(IEA)
<b>Consommation d'Energie des Transports en TJ (CE)</b>	

Source : Construction auteurs 2022

La longueur des routes revêtues est utilisée quant à elle comme proxy variable pour représenter l'infrastructure de transport. L'utilisation de cette variable va nous permettre d'étudier l'effet du développement de l'infrastructure de transport.

Avant de procéder à toute forme d'analyse, nous avons transformé ces variables sous forme logarithmique. Dans le tableau n°1, les statistiques descriptives de toutes les variables de l'étude sont résumées.

Afin de bien analyser la relation entre les variables figurant au tableau ci-dessus, notre étude se focalise sur la stabilité des variables correspondantes. Si la stationnarité des variables en niveau n'existe pas et qu'elle se réalise après une première différenciation (elles sont dites intégrées d'ordre 1), le modèle VECM (Vector Error Correction Model) va être le modèle adéquat pour étudier la relation entre ces variables (Engel et Granger) afin d'éviter une régression fallacieuse. C'est pourquoi, nous allons mener un test de stationnarité pour chacune de ces variables afin de préciser le degré d'intégration y afférent. Pour cela, le test ADF (Dickey & Fuller, 1979) et le test de (Phillips & Perron, 1988) seront utilisées pour étudier la stationnarité des variables. Rappelons que tous ces deux tests visent à vérifier la même hypothèse nulle stipulant la présence de racine unitaire (hypothèse de non-stationnarité). Lorsque les résultats de ces tests sur une variable conduisent à accepter l'hypothèse nulle de présence de racine unitaire, cela signale que la série n'est pas stationnaire.

Toutefois, il est judicieux de préciser que ces tests (ADF) et (PP) sont des tests de stationnarité qui négligent les changements structurels. Raison pour laquelle nous allons dans un premier temps analyser l'évolution de chacune des variables considérées pour voir s'il y a présence des changements structurels ou pas.

Après les tests de stationnarité, si toutes les variables sont intégrées d'ordre 1, nous allons passer à une étape très fondamentale qui est celle de l'analyse de cointégration. En effet, d'après Engel et Granger, lorsque toutes les variables de l'étude sont intégrées d'ordre 1, l'utilisation de la cointégration avec le modèle VECM est appropriée pour étudier la relation entre les variables considérées. Au niveau de cette étape, il s'agit de tester déjà s'il y a présence de cointégration. Il faut rappeler que la présence de cointégration implique l'existence éventuelle d'une relation de long terme entre les variables. Lorsqu'il y a présence de cointégration, l'utilisation du modèle VECM prendra tout son sens.

L'utilisation du modèle VECM va nous permettre d'étudier à la fois la relation de causalité à court et long terme et aussi d'analyser les directions de causalité entre les variables à l'aide des tests de causalité au sens de Granger. Pour tester la présence de cointégration, nous allons faire recours au test de cointégration de Johansen.

Toutefois, avant d'effectuer le test de cointégration de Johansen, il est nécessaire de fixer le nombre de retard convenable à choisir dans le cadre de nos analyses. Pour cela, nous allons faire recours aux critères AIC (Aikake Information Criterion), SC (Schwarz Information Criterion) et HQ (Hannan-Quinn Information Criterion).

Lorsque nous trouverons qu'il y a existence de cointégration entre les variables à l'aide du test de cointégration de Johansen, nous allons estimer le modèle VECM qui va nous servir pour tester les types et direction de causalités entre les variables considérées.

Les équations du modèle VECM sont formulées comme suit :

$$\Delta \text{LogPIB}_t = C + \sum_{i=1}^p \alpha_{1i} \Delta \text{LogPIB}_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{11i} \Delta \text{LogLRR}_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{12i} \Delta \text{LogEmiCO2}_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{13i} \Delta \text{LogCE}_{t-i} + \rho_1 * Ect_{t-1} \quad (1)$$

$$\Delta \text{LogLRR}_t = C + \sum_{i=1}^p \alpha_{2i} \Delta \text{LogLRR}_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{21i} \Delta \text{LogPIB}_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{22i} \Delta \text{LogEmiCO2}_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{23i} \Delta \text{LogCE}_{t-i} + \rho_2 * Ect_{t-1} \quad (2)$$

$$\Delta \text{LogEmiCO2}_t = C + \sum_{i=1}^p \alpha_{3i} \Delta \text{LogEmiCO2}_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{31i} \Delta \text{LogPIB}_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{32i} \Delta \text{LogLRR}_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{33i} \Delta \text{LogCE}_{t-i} + \rho_3 * Ect_{t-1} \quad (3)$$

$$\Delta \text{LogCE}_t = C + \sum_{i=1}^p \alpha_{4i} \Delta \text{LogCE}_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{41i} \Delta \text{LogPIB}_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{42i} \Delta \text{LogEmiCO2}_{t-i} + \sum_{i=1}^p \gamma_{43i} \Delta \text{LogLRR}_{t-i} + \rho_4 * Ect_{t-1} \quad (4)$$

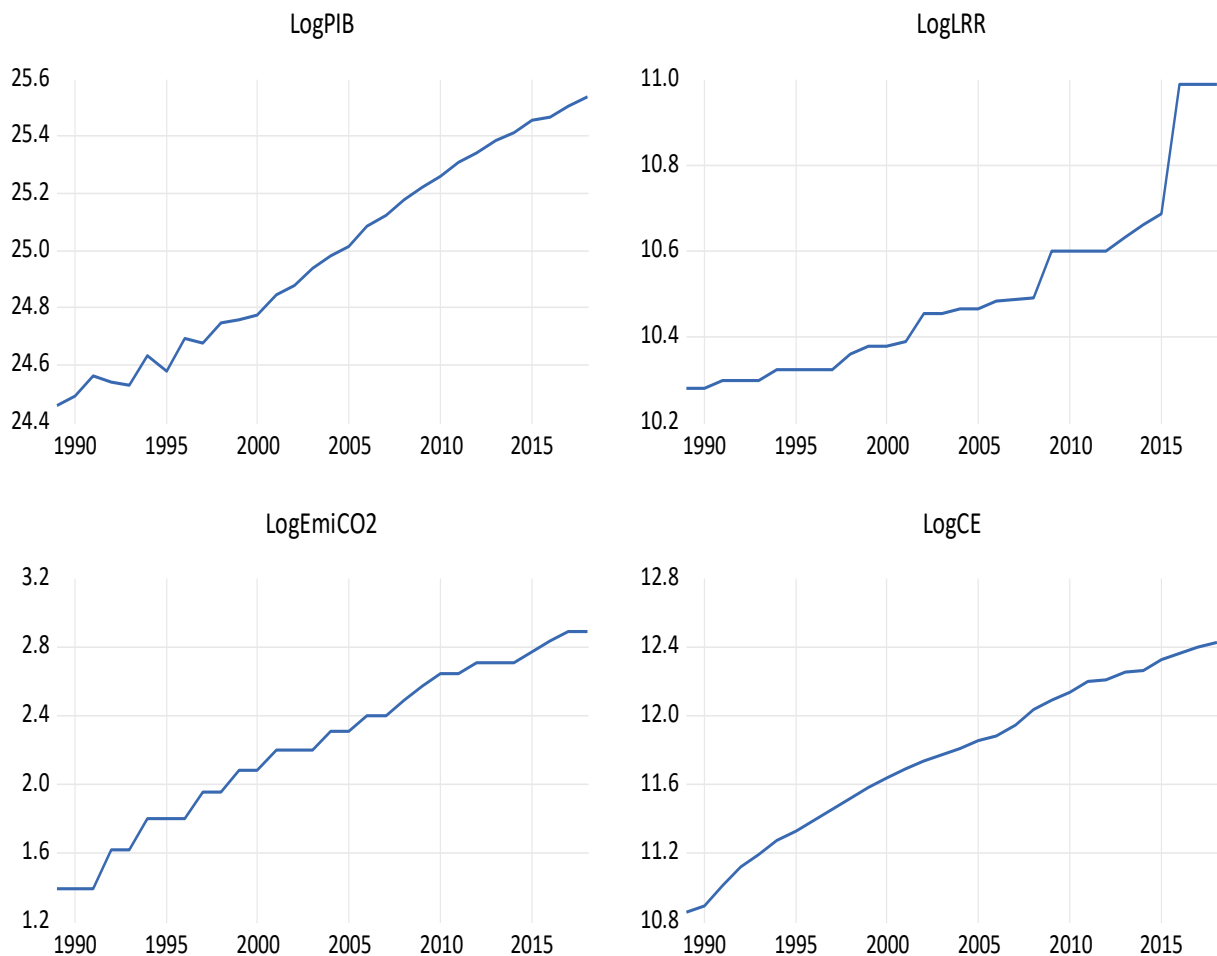
Où LogPIB<sub>t</sub>, LogLRR<sub>t</sub>, LogEmiCO<sub>2</sub><sub>t</sub>, LogCE<sub>t</sub> représentent respectivement la croissance économique, l'infrastructure de transport, l'émission de CO<sub>2</sub> provenant des transports et l'usage d'énergie dans le domaine des transports. Le symbole  $\Delta$  représente la différence. Ect correspond au terme de correction d'erreur. Il provient du lien de cointégration. L'ensemble des  $\gamma_i$  associés aux variables explicatives permettent de capturer les relations de court terme entre les différents facteurs. Les plus-values du test de student pour les coefficients de cointégration ( $\rho_i$ ) seront utilisées pour analyser les causalités à long terme au sens de Granger entre les variables  $y$  afférentes. Pour analyser les causalités, le test de wald sur les coefficients de court terme ( $\gamma_i$ ) sera utilisé.

**Table N°2** : Variables de la recherche

	LOGLRR	LOGPIB	LOGEMICO2	LOGCE
Mean	10.49498	24.97803	2.221168	11.74973
Median	10.45773	24.95810	2.249905	11.78801
Maximum	10.98756	25.53552	2.890372	12.42360
Minimum	10.27990	24.45522	1.386294	10.85091
Std. Dev.	0.207418	0.350843	0.472860	0.471760
Skewness	1.197793	0.096888	-0.308149	-0.315520
Kurtosis	3.714111	1.621948	1.952258	1.994954
Jarque-Bera Probability	7.810982 0.020131	2.420722 0.298090	1.846983 0.397130	1.760412 0.414698
Sum	314.8494	749.3408	66.63504	352.4918
Sum Sq. Dev.	1.247646	3.569627	6.484295	6.454175
Observations	30	30	30	30

Source : Eviews 12

**Figure N°7 : Evolution des variables d'étude**



Source : Eviews 12

### 3. Résultats et discussions

#### 3.1. Résultats et discussions

Avant d'analyser les résultats des tests de stationnarité de Dickey Fuller Augmenté et de Philips Perron, nous allons vérifier à travers les évolutions des variables s'il y'a des changements structurels.

On constate d'après les graphes des variables qu'il n'y'a pas un problème de changement structurel. Les tests de stationnarité de Dickey Fuller Augmenté (ADF) et de Philips Perron (PP) dans la table n°3 permettent de constater la non stationnarité en niveau de toutes les variables. Ces dernières le deviennent après une première différenciation. Elles sont dites donc toutes intégrées d'ordre 1. Par conséquent, nous soupçonnons la présence d'une cointégration entre ces variables.

**Table N°3 : Tests de stationnarité**

Variables	Statistique du test ADF		Statistique du test PP	
	Level	Difference 1ère	Level	Difference 1ère
LogLRR	-0.174	2.552	2.365	-4.702
Valeur critique 5%	-1.95	-1.95	-1.95	-1.95
LogPIB	2.088	-11.505	5.673	-10.880
Valeur critique 5%	-1.95	-2.97	-1.95	-2.97
LogEmiCO2	-2.059	-9.258	5.026	-9.437
Valeur critique 5%	-2.97	-2.97	-1.95	-2.97
LogCE	2.468	-1.680	7.844	-3.176
Valeur critique 5%	-1.95	-1.95	-1.95	-2.97
Valeur critique 10%	-1.61	-1.61	-1.61	-2.62

**Source :** Eviews 12

Par la suite, un examen de l'existence de cointégration entre les variables correspondantes par le test de Johansen sera effectué. Toutefois avant de réaliser ce test, il est très capital de déterminer le nombre de retard maximal à tenir en compte.

D'après les résultats dans la table n°4, les critères SC et HQ ont tous recommandés de retenir 2 comme nombre de retards optimal à prendre en compte. Par contre le critère AIC a recommandé de retenir 1 seul retard. Nous décidons de retenir le premier choix.

**Table N°4 : Nombre de retards optimal**

VAR Lag Order Selection Criteria  
 Endogenous variables: LOGLRR LOGPIB LOGEMICO2 LOGCE  
 Exogenous variables: C  
 Date: 07/14/22 Time: 11:58  
 Sample: 1989 2018  
 Included observations: 27

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	118.5902	NA	2.42e-09	-8.488164	-8.296189	-8.431080
1	238.8203	195.9305	1.09e-12	-16.20891	-15.24903	-15.92349
2	266.4901	36.89305*	5.03e-13*	-17.07334	-15.34556*	-16.55958*
3	285.0436	19.24071	5.30e-13	-17.26249*	-14.76680	-16.52039

\* indicates lag order selected by the criterion  
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)  
 FPE: Final prediction error  
 AIC: Akaike information criterion  
 SC: Schwarz information criterion  
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

**Source :** Eviews 12

La table n°5 signale la présence d'une seule cointégration. Par conséquent, l'usage du modèle VECM est justifié.

**Table N°5 : Test de cointégration de Johansen**

Date: 07/14/22 Time: 12:02  
 Sample (adjusted): 1992 2018  
 Included observations: 27 after adjustments  
 Trend assumption: Linear deterministic trend  
 Series: LOGLRR LOGPIB LOGEMICO2 LOGCE  
 Lags interval (in first differences): 1 to 2

**Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)**

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.686666	60.99157	47.85613	0.0018
At most 1	0.557432	29.65849	29.79707	0.0519
At most 2	0.182979	7.649155	15.49471	0.5036
At most 3	0.078002	2.192719	3.841465	0.1387

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

**Source :** Eviews 12

Afin de valider les résultats du modèle VECM estimé, un certain nombre de tests sur les erreurs sont importants à savoir ceux d'autocorrélation, de normalité et d'homoscédasticité des erreurs. Dans les tables 6, 7 et 8 se trouvent respectivement les résultats des différents tests. On constate qu'il n'y a pas problème d'autocorrélation des erreurs (pvalue = 0.4324 supérieure au seuil de 5%, on accepte l'hypothèse nulle de non-autocorrélation des erreurs). L'hypothèse de normalité des erreurs est acceptée (pvalue = 0.098 supérieure au seuil de 5%). L'hypothèse d'homoscédasticité des erreurs est également acceptée au seuil de 5% (pvalue = 0.5599).

**Table N°6: Test d'autocorrélation des résidus**

**VEC Residual Serial Correlation LM Tests**

Date: 07/14/22 Time: 18:55

Sample: 1989 2018

Included observations: 27

Null hypothesis: No serial correlation at lag h

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	9.446060	16	0.8939	0.547030	(16, 31.2)	0.8987
2	10.85361	16	0.8184	0.640755	(16, 31.2)	0.8260
3	16.52631	16	0.4169	1.055537	(16, 31.2)	0.4324

**Source :** Eviews 12

**Table N°7 : Test de normalité des erreurs**

VEC Residual Normality Tests  
 Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)  
 Null Hypothesis: Residuals are multivariate normal  
 Date: 07/14/22 Time: 18:58  
 Sample: 1989 2018  
 Included observations: 27

Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.*
1	0.274887	0.340033	1	0.5598
2	1.191319	6.386586	1	0.0115
3	-0.483000	1.049801	1	0.3056
4	0.110101	0.054550	1	0.8153
Joint		7.830971	4	0.0980

Source : Eviews 12

**Table N°8 : Test d'homoscédasticité des erreurs (test de White)**

VEC Residual Heteroskedasticity Tests (Levels and Squares)  
 Date: 07/14/22 Time: 18:59  
 Sample: 1989 2018  
 Included observations: 27

Joint test:

Chi-sq	df	Prob.
176.4951	180	0.5599

Source : Eviews 12

D'après les résultats dans la table n°9, on constate que :

- ✓ Il existe un effet positif produit par l'infrastructure de transport sur le PIB à long terme. Une évolution croissante de 1% en infrastructure de transport conduit, toute chose égale par ailleurs, à une élévation de 0.92% du PIB à long terme.
- ✓ L'usage énergétique affecte positivement sur le long terme le PIB. Une augmentation du premier facteur de 1% conduit, toutes choses égales par ailleurs, à une croissance du PIB de 3.43%.
- ✓ L'émission de CO2 impacte négativement la croissance économique.

**Table N°9 : Résultats de long terme et court terme**

<b>Variable dépendante : logPIB</b>			
<b>Résultats de long terme</b>			
<b>Variable</b>	<b>Coefficient</b>	<b>St.Error</b>	<b>t-stat</b>
<b>logLRR<sub>t</sub></b>	0.924***	0.263	3.516
<b>logEMICO2</b>	-2.768***	0.890	-3.111
<b>LogCE</b>	3.433***	0.896	3.830
<b>Résultats de court terme</b>			
<b><math>\Delta \log LRR_{t-1}</math></b>	-0.194	0.125	-1.557
<b><math>\Delta \log LRR_{t-2}</math></b>	-0.119	0.110	-1.082
<b><math>\Delta \log EMICO2_{t-1}</math></b>	-0.007	0.169	-0.041
<b><math>\Delta \log EMICO2_{t-2}</math></b>	0.224*	0.120	1.863
<b><math>\Delta \log CE_{t-1}</math></b>	-0.496**	0.197	-2.520
<b><math>\Delta \log CE_{t-2}</math></b>	0.101	0.287	0.354
<b><math>Ect_{t-1}</math></b>	-0.080	0.081	-0.995
<b>R2</b>	0.79		
<b>Adj. R2</b>	0.68		
<b>***, **, * dénotent 1, 5 et 10 % de niveau de significativité respectivement</b>			

Source : Eviews 12

A l'aide du modèle VECM estimé, nous avons procédé aux différents tests de causalité de Granger à long et court terme entre les variables considérées. Dans la table n°10, nous présentons le résumé des tests de causalité de Granger effectués. D'après ces résultats, nous constatons les résultats suivants :

#### Court terme

- ✓ L'infrastructure de transport ne cause pas le PIB et vice versa.
- ✓ L'usage énergétique cause le PIB. Par contre l'inverse n'est pas le cas. Par conséquent, la direction de causalité est unidirectionnelle et elle va de la consommation d'énergie vers le PIB.
- ✓ Le PIB cause à court terme l'émission de CO2 et vice versa. Autrement dit, les résultats soutiennent une causalité bidirectionnelle entre les deux.

#### Long terme

D'après toujours les résultats dans la table n°6 :

- ✓ La croissance économique cause l'infrastructure de transport. Aussi, l'inverse est vrai. Par conséquent la direction de causalité à long terme est bidirectionnelle.
- ✓ Le lien de causalité unidirectionnel à long terme existe depuis l'émission de CO2 vers la croissance économique.

Pour aller plus dans nos analyses des résultats, la fonction de réponse impulsionnelle (qui permet d'évaluer les impacts produits par les chocs dans les variables explicatives sur les variables dépendantes) est utilisée.

**Table N°10 : Test de Granger du modèle VECM**

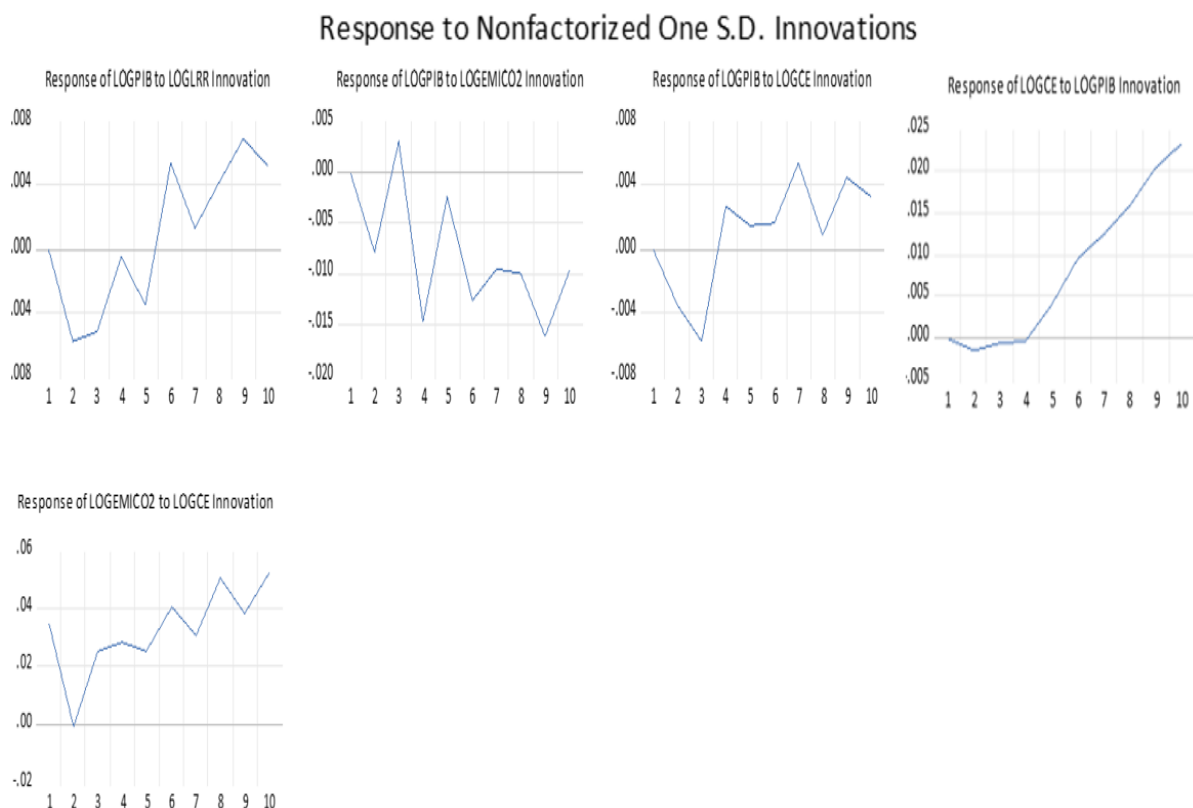
Causalité à court terme		Causalité à long terme
Hypothèse nulle	Statistique de Wald	$Ect_{t-1}$
LogLRR ne cause pas logPIB au sens de Granger	2.43(0.30)	-0.08*(0.03)
LogPIB ne cause pas logLRR au sens de Granger	1.96(0.38)	-0.48*(0.02)
LogCE ne cause pas LogPIB au sens de Granger	6.53*(0.038)	-0.08*(0.032)
LogPIB ne cause pas LogCE au sens de Granger	2.29(0.32)	0.19***(0.003)
LogEmiCO2 ne cause pas LogPIB au sens de Granger	7.86*(0.02)	-0.08*(0.02)
LogPIB ne cause pas LogEmiCO2 au sens de Granger	5.74**(0.06)	-0.09(0.49)
NB : * significatif au seuil de 5% **Significatif au seuil de 10% *** Significatif au seuil de 1% (.) sont les pvalues		

Source : Eviews 12

On constate d'après la figure 8 qu'un choc d'un écart type dans :

- ✓ L'infrastructure des transports conduit à un changement positif dans le PIB à long terme ;
- ✓ L'usage de l'énergie par le transport conduit à changement positif dans le PIB à long terme ;
- ✓ L'émission de CO2 produit un changement négatif dans le PIB ;
- ✓ L'usage de l'énergie conduit à des émissions de CO2 à long terme.

**Figure N°8** : Fonction de réponse impulsionnelle



**Source :** Eviews 12

Ces résultats soutiennent les constats précédents qui notent qu'il y a une influence positive à long terme de l'infrastructure des transports et l'utilisation d'énergie sur le PIB ainsi que l'influence négative à long terme de l'émission de CO<sub>2</sub> sur le PIB.

### Conclusion

Cet article tente d'étudier la causalité entre le PIB, l'infrastructure routière, l'usage énergétique et la prolifération de gaz CO<sub>2</sub> dans le domaine. Des données en série chronologique pour une durée de 30 ans ont été utilisées.

Les tests d'ADF et PP, Johansen et Granger ont été utilisés pour vérifier la stationnarité, le lien de cointégration et de causalité. Les différentes causalités ont été examinées par le test de Wald et de Student.

Les résultats à long terme notent :

- ✓ Une causalité bidirectionnelle à long terme entre le PIB et l'infrastructure de transport ;
- ✓ Une relation unidirectionnelle à long terme depuis l'émission de CO<sub>2</sub> vers le PIB ;

- ✓ Un choc d'un écart-type dans l'usage de l'énergie provoque plus d'émission de CO2 conduisant à une dégradation de l'environnement à long terme.

Actuellement, le Maroc est toujours un pays en voie de développement et il a besoin d'une accélération de la croissance économique. Selon notre étude, les résultats obtenus fournissent des informations précieuses et des implications politiques pour le Maroc qui a engagé des fonds importants pour la promotion du secteur des transports, en particulier dans l'amélioration de l'infrastructure routière.

Aussi, le pays accorde un intérêt particulier à la pollution de l'air émanant des activités de transport. Pour y parvenir, le pays a engagé une série de mesures draconiennes limiter les nuisances environnementales relatives aux opérations de transport des marchandises et passagers (renouvellement des moyens de transport collectifs, bonus-malus écologique, passage à la norme Euro 6 à partir du 31 décembre 2022, feuille de route mobilité durable, Fonds d'accompagnement aux réformes du transport ...etc.).

Par ailleurs, il convient de mettre le point sur un ensemble d'entraves qui s'opposent à la réalisation effective des actions envisagés. L'informalité du secteur routier, l'étalement urbain dans les périphéries des villes, les retombés financiers post-covid, la multiplicité des acteurs institutionnels, manque de cohérence entre certains plans et stratégies...etc.).

A l'issu des différentes analyses un certain nombre de recommandations stratégiques pourrait apporter une réelle contribution :

- ✓ La multimodalité constitue une piste importante à explorer en vue de réduire l'usage du transport routier et promouvoir les autres modes moins émettrices des gazs à effet de serre.
- ✓ Un partage clair des attributions des acteurs publics serait nécessaire en vue d'identifier les différentes responsabilités.
- ✓ La mise à jour et articulation des différents documents permettra de créer une synergie entre les différentes stratégies mises en place
- ✓ L'accélération d'aménagement des plates-formes logistiques en vue de réduire les déplacements et profiter de la mutualisation des différents moyens.
- ✓ La collecte et gestion rigoureuse des données en rapport avec les émissions des gazs à effet de serre sur le plan national, régional et local afin de déterminer les sources potentielles de pollution avec hiérarchisation des priorités.
- ✓ Encourager les actions de recherche et d'innovation en rapport avec les applications et les technologies de l'information dans les transports.
- ✓ L'adhésion des acteurs informels à travers des actions de soutien et sensibilisation.

- ✓ La promotion des partenariats publics-privés en vue d'assurer le financement nécessaire.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- Achour, H., & Belloumi, M. (2016). Investigating the causal relationship between transport infrastructure, transport energy consumption and economic growth in Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 988-998.
- Ahmad, N., & Du, L. (2017). Effects of energy production and CO 2 emissions on economic growth in Iran : ARDL approach. *Energy*, 123, 521-537.
- Al-mulali, U., Fereidouni, H. G., Lee, J. Y. M., & Sab, C. N. B. C. (2013). Exploring the relationship between urbanization, energy consumption, and CO2 emission in MENA countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 107-112.
- Andreoni, V., & Galmarini, S. (2012). Decoupling economic growth from carbon dioxide emissions : A decomposition analysis of Italian energy consumption. *Energy*, 44(1), 682-691.
- Arvin, M. B., Pradhan, R. P., & Norman, N. R. (2015). Transportation intensity, urbanization, economic growth, and CO2 emissions in the G-20 countries. *Utilities Policy*, 35, 50-66.
- Banister et Thurstain-Goodwin. (2011). *Quantification of the non-transport benefits resulting from rail investment—ScienceDirect*. Journal of Transport Geography. volume 19, Issue 2, 212-223
- Christophe , Valérie, H. et M. (2007). *Une synthèse des tests de cointégration sur données de Panel*. Économie & prévision 2007/4-5 (n° 180-181), 241 à 265
- Deng, T. (2013). Impacts of Transport Infrastructure on Productivity and Economic Growth : Recent Advances and Research Challenges. *Transport Reviews*, 33(6), 686-699.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427
- Hurlin, C., & Mignon, V. (2008). Une synthèse des tests de cointégration sur données de Panel: *Économie & prévision*, n° 180-181(4), 241-265.
- Patricia C.MeloDaniel J.GrahamRubenBrage-Ardao. (2013). *The productivity of transport infrastructure investment : A meta-analysis of empirical evidence—ScienceDirect*. Sciences régionales et économie urbaine, vol. 43, numéro 5, 695-706
- Phillips, P. C. B., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346

- Saidi, S., Shahbaz, M., & Akhtar, P. (2018). The long-run relationships between transport energy consumption, transport infrastructure, and economic growth in MENA countries. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 111, 78-95.
- Shahbaz, M., Khraief, N., & Jemaa, M. M. B. (2015). On the causal nexus of road transport CO2 emissions and macroeconomic variables in Tunisia: Evidence from combined cointegration tests. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 89-100.
- Timilsina et Shrestha. (2009). *The Growth of Transport Sector CO2 Emissions and Underlying Factors in Latin America and the Caribbean*. Policy Research Working, 4734
- Vickerman, R. (2000). *Evaluation methodologies for transport projects in the United Kingdom*. Transport Policy, Elsevier, vol. 7(1), 7-16
- Yasir Tariq, Fahad, Khurram Shahzad, Faheem, M. (2019). *Investigating the causal relationship between transport infrastructure, economic growth and transport emissions*. Enquête sur la relation causale entre les infrastructures de transport, la croissance économique et les émissions de transport au Pakistan ", Research in Transportation Economics, Elsevier, vol. 88(C).