

L'empreinte carbone du transport routier en Algérie : analyse des déterminants par le modèle ARDL

Carbon footprint of road transport in Algeria: analysis of the determinants by the ARDL model

Merzoug Slimane¹

¹Université de Bejaia (Algérie), Laboratoire d'Économie & Développement
slimane.merzoug@univ-bejaia.dz

Reçu le : 23-10-2021

Accepté le : 02-11-2022

Résumé

L'objet de cet article est d'étudier les déterminants qui influencent les émissions de CO₂ dans le transport routier en Algérie en utilisant le modèle *l'Autorégressive Distributed Lag* (ARDL). À cet effet, nous avons émis une hypothèse selon laquelle les quantités de CO₂ émises dépendent principalement du niveau et des caractéristiques du parc automobile et de la croissance économique.

L'étude confirme l'effet de la structure et de la croissance du parc automobile sur l'émission de CO₂, alors que la croissance économique est favorable à l'économie d'énergie et à la préservation de l'environnement. De ce fait, les politiques publiques d'énergie et de transport gagneront en efficacité en investissant dans les transports en commun et capacitaires, ainsi que grâce à une politique en faveur de l'utilisation des énergies propres disponibles en Algérie telles que le gaz de pétrole liquéfié, le Gaz naturel et l'électricité au détriment des énergies fossiles.

Mots-clés : énergies fossiles, transport routier, CO₂, Algérie.

Codes de Classification Jel:Q53, R4

Abstract

The purpose of this paper is to study the determinants that influence CO₂ emissions in road transport in Algeria using the Auto-Regressive Distributed Lag (ARDL) model. To this end, we hypothesized that the amount of CO₂ emitted depends mainly on the level and characteristics of the vehicle fleet and economic growth.

The study confirms the effect of fleet structure and growth on CO₂ emission, while economic growth is favorable to energy conservation and environmental preservation. Therefore, the public policies of energy and transport will gain in efficiency by investing in public transport and capacity, as well as through a policy in favor of the use of clean energies available in Algeria such as liquefied petroleum gas, natural gas and electricity at the expense of fossil fuels.

Keywords: fossil energies, road transport, CO₂, Algeria

Jel Classification Codes : Q53, R4

¹**Auteur correspondant :** Merzoug Slimane, slimane.merzoug@univ-bejaia.dz

Introduction

Le secteur de transport est à l'origine de la consommation d'un tiers de l'énergie dans le monde et sa forte consommation d'énergie fossile accentue la pollution atmosphérique et augmente la facture énergétique des nations. À l'échelle planétaire, une forte utilisation de ces énergies a pour effet une augmentation du dioxyde de carbone (CO_2) dans l'atmosphère qui à son tour contribue au réchauffement climatique (Timilsina & Shrestha, 2009)(Adams et al., 2020). En effet, le dioxyde de carbone est le gaz à effet de serre le plus répandu et qui constitue une réelle menace pour l'environnement.

Le taux de croissance annuel de la demande sur les énergies fossiles constituées principalement de l'essence et du diesel est supérieur à 5 % en moyenne dans les pays en développement et les pays nouvellement industrialisés(Lapillonne, 2018). Le mode de transport routier occupe une part prépondérante dans la consommation et il est par conséquent un fort contributeur à la pollution et au réchauffement climatique. Dès lors, ce mode de transport est la cible des politiques d'efficacité et de transition énergétique. Ces dernières requièrent, cependant, une plus grande prudence afin d'épargner ce secteur qui joue un rôle prépondérant dans le développement socio-économique.

Le secteur de transport en Algérie est à l'origine de la consommation d'un tiers de l'énergie totale et dans lequel le sous-secteur de transport routier représente 95 % (Bilan énergétique, 2018).Sa forte demande d'énergie constituée en quasi-totalité des énergies d'origine fossiles (essence et diesel) fait du transport routier un important contributeur à l'émission du gaz à effet de serre (GES). Ainsi, la présente problématique de recherche s'inscrit dans ce contexte du transport routier caractérisé par un fort impact carbone et a pour objet de répondre à la question principale suivante :

Pourquoi le transport routier est un important émetteur de GES et comment limiter son impact sur l'environnement ?

De cette problématique découle d'autres questions subsidiaires :

- Quels sont les facteurs qui déterminent les quantités de CO_2 émises par le secteur de transport routier ?
- Quelles sont les politiques énergétiques et de transport susceptible d'économiser la consommation des énergies fossiles et par conséquent de réduire les émissions de dioxyde de carbone ?

Pour cet effet, la recherche est basée sur des données macroéconomiques comprises entre 1980 et 2014²en utilisant le modèle de l'Auto-Régressive Distributed Lag (ARDL) et s'inscrit dans l'hypothèse principale suivante : les quantités de CO_2 émises par le transport routier en Algérie sont dues à l'accroissement du parc automobile national et aux besoins de déplacements des personnes et d'acheminement des marchandises qui sont induits par la croissance démographique et économique. Cette hypothèse est fondée sur des études antérieures de (Saidi, 2020), de (Maduekwe, 2020) et de(Pita, 2020)consacrées aux déterminants des émissions de CO_2 dans le transport routier. Ces dernières affirment le rôle

²L'analyse statistique est limitée aux seules données disponibles sur les émissions de CO_2 par le secteur de transport routier entre 1980 à 2014.

capital du niveau et des caractéristiques du parc automobile, de l'urbanisation et de la croissance économique.

Les analyses et les éléments de réponse à l'objet de cette recherche sont organisés en quatre sections. La première se penche sur une brève revue de littérature la plus récente ayant traité les déterminants des émissions de CO₂ liés au transport routier. Ensuite, nous allons présenter les principaux objectifs et le bilan de la politique énergétique en Algérie, ainsi que les variables et la structure du modèle dans la seconde section. Enfin, la présentation des résultats de l'étude et leurs discussions feront respectivement l'objet des deux dernières sections.

1. Revue de littérature

L'activité économique est le vecteur essentiel qui détermine le niveau du trafic de passagers et de marchandises. Inversement, le secteur des transports constitue le carburant de l'économie. Toutefois, ce secteur est souvent lié à des effets négatifs sur le plan économique, social et environnemental. Les émissions de CO₂ sont les plus importants effets négatifs qui ont fait l'objet de plusieurs études récentes. Ces études se sont intéressées davantage aux facteurs qui influencent les émissions de CO₂ dans l'activité de transport. En matière d'émission de carbone par les transports, l'étude de (Saidi, 2020) consacrée aux pays du MENA sur la période de 2000 à 2018 explique que ces émissions sont induites par la croissance de l'urbanisation et la croissance économique. De leur côté (Maduekwe et al., 2020) expliquent que pour la ville de Lagos, le plus grand obstacle pour atteindre son objectif de réduction des émissions est la présence de véhicules très anciens sur ses routes. Dans le même ordre d'analyse (Pita et al., 2020) ont étudié l'évolution de la consommation globale d'énergie et des émissions de CO₂ dans le transport routier en Thaïlande et les facteurs qui les influencent de 2007-2017. Leurs résultats indiquent que la majeure partie de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre dans le transport routier de passagers en Thaïlande proviennent des fourgonnettes et des camions. Par ailleurs, le progrès technique et l'innovation sont considérés par (Georgatzi et al., 2020) comme des facteurs clés pour une transition vers une économie à faible émission de carbone. Cela représente une conclusion de leur étude basée sur les déterminants des émissions de CO₂ causées par l'activité du secteur des transports dans 12 pays européens entre 1994 et 2014. Dans la même région géographique, l'étude de (Paltsev et al., 2018) sur l'impact des directives de l'Union européenne sur les émissions de CO₂ pour les nouvelles voitures particulières montre que les normes d'émission des véhicules réduisent les émissions de CO₂ du transport d'environ 50 MtCO₂ et diminuent les dépenses pétrolières d'environ 6 milliards d'euros, mais à un coût net supplémentaire de 12 milliards d'euros en 2020. Enfin (Marrero et al., 2020) ont mené une étude sur les principaux pays européens en se basant sur un modèle d'équilibre général dynamique pour faire une distinction entre les véhicules à moteur diesel et les véhicules à moteur essence. Ils concluent que la diésélisation peut être expliquée par les gains de productivité résultant de la spécialisation de l'industrie automobile européenne et aux politiques fiscales clémentes en faveur du diesel.

En s'inscrivant dans le cadre des recherches citées précédemment, la présente étude est dédiée aux facteurs déterminants de l'émission de CO₂ dans le transport routier en Algérie sur la période de 1980 à 2018. Le cas d'étude présente un caractère pertinent au moins pour deux

considérations. D'un côté, les prix des carburants dans ce pays sont les plus bas au monde, ce qui favorise la consommation et par conséquent l'émission de polluants et de l'autre côté, le transport routier concentre la quasi-totalité des flux de marchandises et de passagers. Les facteurs examinés sont le pouvoir d'achat, le taux de motorisation et l'intensité énergétique des véhicules. Le pouvoir d'achat est exprimé par le PIB/Habitant, le taux de motorisation est calculé par le nombre de véhicules par 1000 habitants et enfin, l'intensité énergétique des véhicules (IEV) représente le rapport entre la consommation de carburant par rapport au parc national automobile (PNA). Toutes les trois variables jouent un rôle positif dans la mesure où une amélioration du pouvoir d'achat et de l'équipement des ménages en automobile favorisent les déplacements ce qui entraîne plus de consommation d'énergie et par conséquent plus de pollutions.

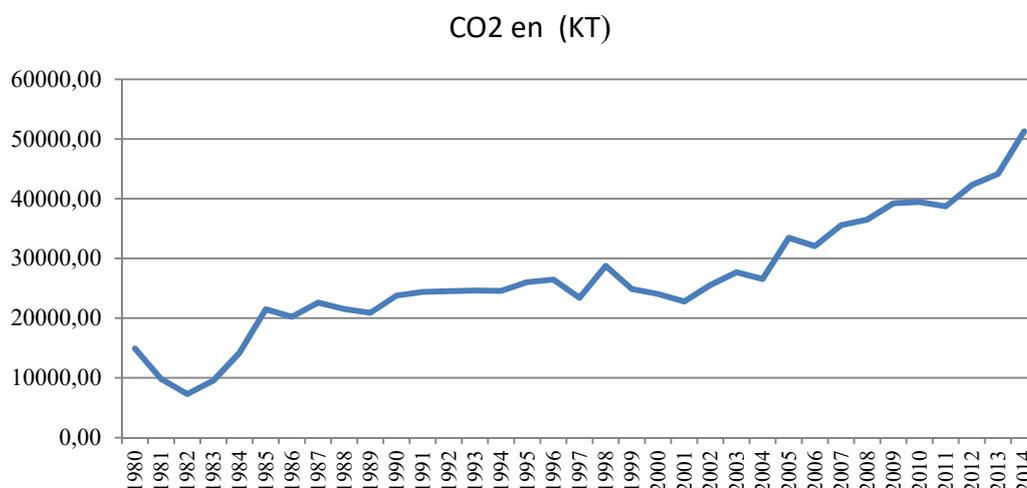
2. Données et Méthodologie.

L'évolution des émissions de CO₂ dans les transports dépend largement de la nature du PNA, du type d'énergies dominantes et de la fréquence et des distances des déplacements motorisés. Ainsi, l'objet de cette section est de présenter le trend que suivent ces émissions sur la période étudiée et de faire un bref état des lieux sur la politique d'efficacité énergétique dans le transport routier en Algérie. Enfin, avant l'exposé des résultats dans la section suivante, les variables de l'étude et le modèle de l'Autorégressive Distributed Lag sont présentés.

2.1. Évolution des émissions carbone dans le transport routier.

Les quantités de CO₂ émises par le secteur de transport sont en quasi-totalité due au sous-secteur routier qui domine 97 % des flux de marchandises transportées et des déplacements de passagers en Algérie. De plus, la prépondérance dans l'utilisation des énergies fossiles (essence et gasoil) par ce mode de transport accroît sa contribution à la pollution environnementale. La figure suivante illustre une croissance soutenue des quantités émises par le secteur tout au long de la période de l'étude.

Figure 1. Évolution du CO₂ émis par le sous-secteur de transport routier en Algérie, 1980-2014.

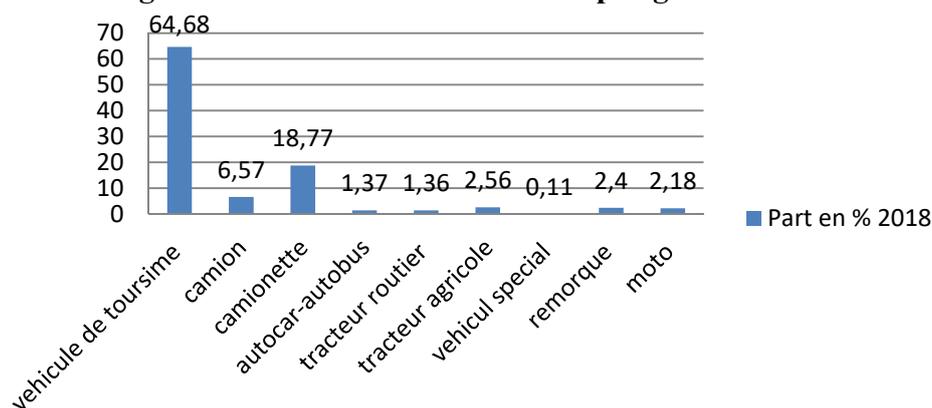


Source : Banque mondiale, Émissions de CO₂ attribuables au transport (% de la combustion totale de carburants) - Algeria.

(<https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/EN.CO2.TRAN.ZS?locations=DZ>, consulté le 19/10/2021).

La quantité de GES émise par le secteur de transport routier est intimement liée à la structure et aux caractéristiques du parc automobile. En effet, le PNA de l'Algérie, tous types de véhicules confondus, a franchi la barre des six millions de véhicules depuis 2017. En dix ans (de 2008 et 2018), il a doublé, en passant de 3,9 millions à 6,4 millions. Le véhicule de tourisme, la camionnette et le camion occupent une place prépondérante respectivement de 65 %, 19 % et 7 % (Fig2). La forte croissance des véhicules de tourisme qui atteignent 152 véhicules par 1000 habitants en 2018 est encouragée par des facteurs socio-économiques (prix bas de carburants, facilitation des crédits automobiles et l'ouverture du marché à l'importation, l'amélioration du pouvoir d'achat, effet prestige et appartenance sociale. etc.), mais également par les carences qui caractérisent les transports en commun dont l'offre ne couvre pas la demande. Pour les types de camionnettes et camions, leur importance est le résultat de la politique d'emploi poursuivie par les pouvoirs publics à travers des facilités de crédits et fiscales accordées à des chômeurs pour la création de leur propre entreprise de transport de marchandises.

Figure 2. Parc national automobile par genre en 2018



Source : établi par nos soins à partir des données de l'office national des statistiques (Algérie). <https://www.ons.dz/spip.php?rubrique228>

Cette structure du PNA fortement dominée par la voiture de tourisme et la camionnette a pour effet un ratio de pollution élevé. À titre indicatif, les émissions de CO2 en 2018 en tonnes métriques par habitant sont de 3,6 en Algérie alors qu'elles représentent 2.6 en Tunisie et 1.8 au Maroc³. Le retour de l'État après son retrait suite à la crise financière du milieu des années 1980 à travers le développement de transport collectif pour les passagers (métro et tramways dans quelques grandes villes et établissements publics de transport par bus) n'a que peu réduit l'hégémonie des opérateurs privés exploitants des équipements de petite taille. Le transport de marchandises se trouve dans la même situation (dominance des équipements de faible taille) malgré de gros investissements dans les chemins de fer.

La vétusté du parc constitue, par ailleurs, un autre handicap qui aggrave la problématique de la pollution. Contrairement aux anciens équipements, les nouveaux sont dotés de coque et de

³Banque mondiale, Émissions de CO2 attribuables au transport (% de la combustion totale de carburants) - Algeria. (<https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/EN.CO2.TRAN.ZS?locations=DZ>, consulté le 19/10/2021).

motorisation moins énergivores et sont donc moins polluants. Plus de 64% du PNA, toutes catégories confondues, dépasse dix ans avec une forte vétusté qui concerne les véhicules utilitaires et les différents types de camions dont près de 80 % ont plus de dix ans. De toutes les catégories, les véhicules de tourisme sont relativement les moins vétustes avec seulement 60,87% ayant plus de dix ans en 2017 (Annexe 1).

2.2. Objectifs et bilan de la politique énergétique de l'Algérie

Dans l'objectif de ralentir la demande sur les énergies fossiles et de réduire les émissions de gaz à effet de serre, l'Algérie a entrepris un programme d'efficacité énergétique qui ambitionne à l'horizon 2030 d'économiser 63 millions de tonnes équivalent pétrole (TEP) pour l'ensemble des secteurs (bâtiment et éclairage public, transport, industrie)⁴. Grâce à l'introduction et au développement de l'éclairage performant, l'isolation thermique et les chauffe-eaux solaires, les carburants propres (GPLc et GNc), et les équipements industriels performants, ce programme permettra de réduire les émissions de CO₂ de 193 millions de tonnes selon la même source. Pour le secteur de transport, la stratégie consiste à promouvoir les carburants les plus disponibles et les moins polluants et de réduire notamment la part du gasoil pour ses effets néfastes sur la santé et l'environnement. Le programme ambitionne de convertir 1,3 million de véhicules au GPL et 11 000 bus au gaz naturel (Mourad, 2015) (MED'Observeer, 2020) à l'horizon 2030 et ainsi de réaliser une économie de 16 millions de TEP.

En outre, la vision de l'efficacité énergétique voulue pour le secteur s'articule autour d'une politique réglementaire, tarifaire et financière. La politique réglementaire renferme quelques mesures visant à économiser l'énergie au moyen de planification du transport urbain et d'introduction de véhicules au Gaz naturel (**Tab1**). L'étiquetage d'énergie des véhicules et l'introduction de véhicules électriques ou hybrides ne sont pas encore envisagés.

Tableau 1. La politique réglementaire

Mesures d'économie d'énergie dans les transports	État de mise en place
Planification des transports publics	<i>Existant</i>
Étiquette énergie des véhicules	<i>Inexistant</i>
Introduction de véhicules électrique ou hybride	<i>Inexistant</i>
Introduction de véhicules GN	<i>Existant</i>

Source : meet MED (2020), tendances des indicateurs d'efficacité énergétique dans 4 pays méditerranéens (Maroc, Algérie, Tunisie, Liban) : https://meetmed.org/wp-content/uploads/2020/04/A12_MEDOBSERVEER_Fr_Final.pdf

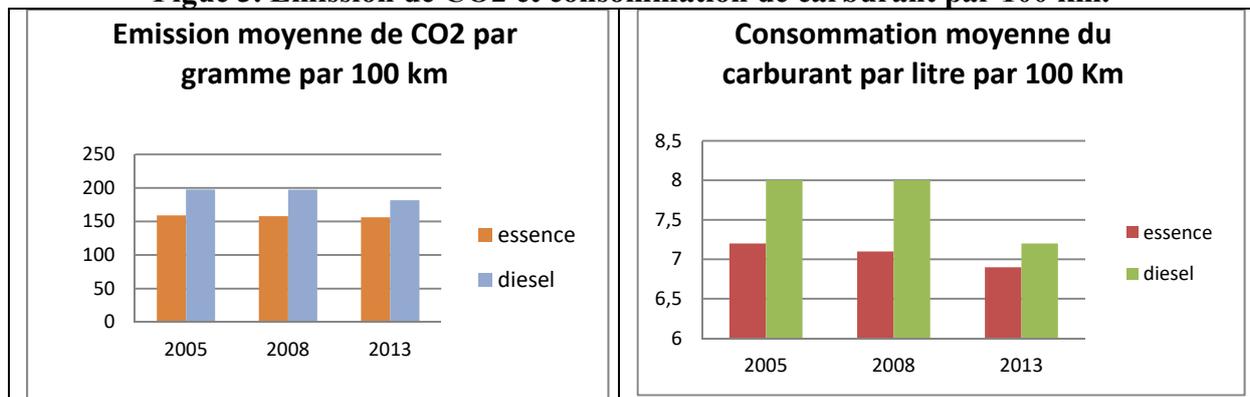
La politique énergétique s'appuie, également, sur un Fonds National pour la maîtrise de l'Énergie et pour les Énergies renouvelables et de la Cogénération (FNMEERC) qui a pour mission d'octroyer des prêts pour des projets visant l'amélioration de l'efficacité énergétique ou d'apporter des garanties auprès des établissements financiers pour le cas des crédits alloués

⁴Ministère de l'énergie et des mines .Energies Nouvelles, Renouvelables et Maitrise de l'Énergie. <https://www.energy.gov.dz/?rubrique=energies-nouvelles-renouvelables-et-maitrise-de-lrenergie>, consulté le 30 mars 2021.

pour le même objectif. Enfin, un programme tarifaire est mis en place à travers l'exemption de la vignette automobile des véhicules roulant au GPL et au GN, tandis qu'elle est obligatoire pour tous les autres véhicules.

Les quelques rares données sur les effets du programme d'efficacité énergétique montrent une accentuation de la consommation énergétique du transport routier et une augmentation de la part de la voiture particulière. En effet, la part du transport routier dans la consommation d'énergie était de 87 % en 2000, 91 % en 2010 et 92 % en 2017 et que la consommation de la voiture particulière connaît une évolution positive en passant de 31 % en 2000 à 35 % en 2017. Toutefois, pour l'émission de CO₂ et la consommation de carburant respectivement par gramme et par litre par 100 km, la tendance est baissière pour le diesel et l'essence (Fig 3). Ces améliorations sont attribuables aux nouveaux équipements de transport moins énergivores et aux investissements dans le réseau routier. Selon l'étude réalisée par (Madani et al., 2020), 95 % des Routes Nationales en 2017 sont dans un état acceptable, contre 55 % en 1999 et 61 % de Chemins départementaux sont classés acceptables, contre 45 % en 1999 et enfin, 71 % des Chemins communaux sont classés acceptables, contre 40 % en 1999.

Figure 3. Émission de CO₂ et consommation de carburant par 100 km.



Source : Ouazene M. (2015). Consommation énergétique du secteur des transports « bilan et perspectives », Séminaire sur l'efficacité énergétique dans le transport « Promotion des Carburants propres » Hôtel Hilton, les 03 et 04 juin 2015- Alger.

2.3. Variables de l'étude et modèle de l'Autorégressive Distributed Lag

L'étude est basée sur trois variables macroéconomiques qui sont *le PIB par habitant, le nombre de véhicules par 1000 habitants et l'intensité énergétique du PNA.*

La première variable explicative exprime l'évolution du pouvoir d'achat qui est influencée par la croissance économique et démographique. On estime que le pouvoir d'achat a un effet positif sur la demande de mobilité et de transport des marchandises. La seconde variable constituée par le taux de motorisation a un effet également positif sur les déplacements (fréquence et distance parcourue). Enfin, la variable de l'intensité énergétique (IE) qui est donnée par le rapport entre la consommation de carburant par rapport au PNA mesure la demande moyenne de carburant par unité de véhicule⁵. L'IE du parc automobile est

⁵L'indicateur le plus significatif est la consommation moyenne par équivalent voiture. Pour cet effet, nous avons calculé le PNA par unité voiture particulière (U.V.P) comme suite : *voiture de tourisme, camionnette = 1 U.V.P ; camion, véhicule spécial = 1,5 U.V.P ; autocars-autobus, tracteur agricole = 2 U.V.P ; tracteur routier, = 2,5 U.V.P ; moto = 0,3 U.V.P.*

influencée par le prix des carburants, les taxes sur l'utilisation des énergies fossiles, les subventions accordées pour l'usage des énergies propres, la croissance de l'utilisation de véhicules propres et du comportement des conducteurs.

Ces variables ont un effet positif sur la demande d'énergie et par conséquent sur les émissions de gaz à effet de serre. Ces dernières sont également accentuées par la congestion urbaine qui résulte de l'usage important de la voiture particulière qui induit une consommation supplémentaire du carburant et donc de pollution atmosphérique.

Les tests réalisés sur ces variables, plus particulièrement l'étude de stationnarité a révélé l'intérêt et l'adéquation du modèle de *Autorégressive Distributed Lag* (ARDL). Le tableau suivant synthétise ces variables et leur différence dans leur ordre I (0) et I (1).

Ainsi, l'équation utilisée dans le modèle nous permet de déterminer l'effet des variables macroéconomiques (*intensité énergétique des véhicules, PIB par habitant et niveau de motorisation des habitants*) sur les émissions de CO₂ du transport routier pour la période de 1980 à 2018.

L'équation se présente comme suit :

$$LCO_2 = f(LIEV, LPIBT, LV1000)$$

Avec:

- LIEV : le log de l'intensité énergétique des véhicules
- LPIBT : le log du PIB par tête
- LV1000 : le log du nombre de véhicules par 1000 habitants.

Tableau 2. Étude de stationnarité

Variabes	Ordre d'intégration	Valeurs critiques 5 %	Augmented Dickey-Fuller test statistic	Prob.
LCO ₂	I(1)	-1,951 332	-5,336 876	0,000 0
LIEV	I(1)	-1,950 117	-6,700 669	0,000 0
LPIBT	I(0)	-1,950 687	-2,637 737	0,009 9
LV1000	I(0)	-1,950 394	-3,526 303	0,000 9

Source : établi par l'auteur à partir des résultats Eviews.10

3. Résultats

Le modèle ARDL (4, 4, 1, 2) confirme la significativité et l'impact important qu'exercent les variables retenues sur les émissions de CO₂ dans le transport routier. L'estimation globale du modèle montre un R-squared supérieur à 98 % et une plus-value associée à la statistique de Fisher inférieure à 5 % (**Annexe 2**).

Ainsi, l'estimation du modèle donne les résultats synthétisés dans le **tableau 3** et montre que les variables LIEV et LV1000 sont significatives et explicatives de la variable dépendante. La première à un coefficient négatif c.-à-d. son augmentation implique une baisse des émissions de CO₂. Par conséquent, seule la variable LV1000 qui exerce un effet positif sur ces émissions sera retenue.

Tableau 3. L'estimation des modèles

Variables	Coefficients	Prob.
LIEV	-0,462 252	0,000 0
LPIBT	-0,520 584	0,069 1
LV1000	2,622 020	0,000 0

Source : établis par l'auteur à partir des résultats Eviews.10

3-1-. Test de cointégration à long terme « Bond »

Le test « Bond » fourni une valeur f-stat supérieure à la valeur critique de 5 % (tableau 4). Ainsi, ce résultat nous permet de rejeter l'hypothèse de H0 et d'accepter l'hypothèse de H1 de l'existence d'une relation de cointégration de long terme.

Tableau 4. Test Bond

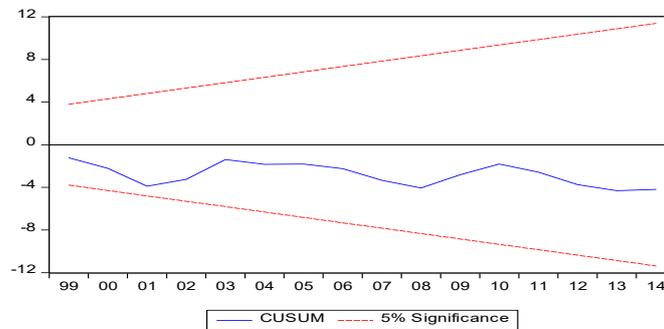
Test statistique	Valeur	K
F-stat	14.56090	3
Valeur critique	I0	I1
5 %	2.79	3.67

Source : établi par l'auteur à partir des résultats Eviews.10

3-2-. Le test de robustesse du modèle

Le test « CUSUM » montre que la courbe ne sort pas du corridor au seuil de 5 %, ce qui confirme la stabilité structurelle du modèle sur la période estimée (Fig. 4).

Figure 4. Stabilité structurelle des modèles

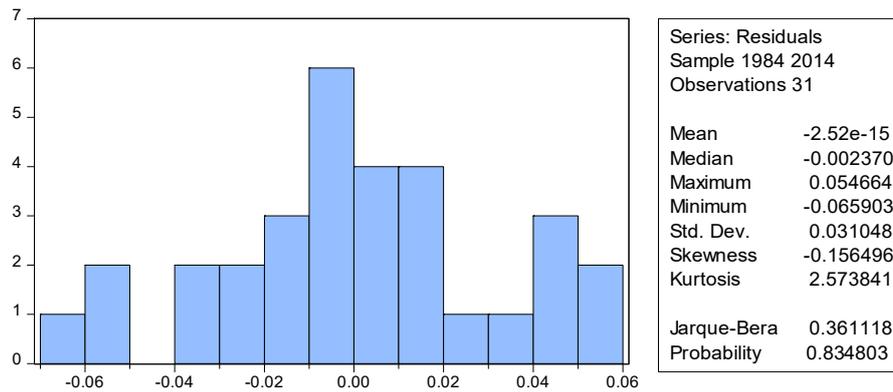


Source : Eviews 10.

3-3-. Le test de normalité

Le test de normalité de Jarque-Bera fournit une plus-value supérieure à 5 % (elle représente 83 %), ce qui montre que les résidus sont distribués selon la loi gaussienne (Fig5).

Figure 5. Distribution des résidus



Source : Eviews 10

3-4-. Le test d'hétéroscité

Le test d'hétéroscité de Breusch-Pagan-Godfrey fournit une plus-value supérieure à 5 % et elle est de 0,999 7, ce qui montre que le modèle estimé est homoscédastique (**Tableau 5**).

Tableau.5 : Hétéroscité de Breusch-Pagan-Godfrey
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey

F-statistic	0.684776	Prob. F (14,16)	0,758 9
Obs*R-squared	11.61505	Prob. Chi-Square (14)	0,637 2
Scaled explained SS	2,434 830	Prob. Chi-Square (14)	0,999 7

Source : Eviews 10

4. Discussion des résultats.

Le transport routier en Algérie est le mode le plus utilisé pour les déplacements des personnes et pour transporter des marchandises et concentre à lui seul près de 95 % des flux. Par conséquent, il est l'origine de la consommation de la quasi-totalité de l'énergie fossile et sa part ne cesse d'augmenter à mesure que les autres modes (ferroviaire, maritime et aérien) affichent une stagnation de l'offre. Cette tendance a pour conséquence un fort impact carbone de ce mode de transport qui est accentué, également, par la part importante du gasoil connu pour être une énergie plus polluante, et dont l'usage croît plus vite, elle passe de 3486 K/tep à 9354 K/tep de 2008 à 2018 (Ministère de l'Énergie et des Mines, 2019).

Les résultats de notre recherche ont montré que le taux de motorisation a un effet négatif très important sur l'évolution des émissions de CO₂, puisqu'une augmentation de 1 % du nombre de voitures par 1000 habitants induit une augmentation des émissions de CO₂ de 2.6.%. Les deux autres variables relatives à la croissance économique exprimée par le PIB/habitant et à l'intensité énergétique des véhicules exprimée en LIEV exercent un effet positif sur l'émission de CO₂. En effet, une croissance du PIBT de 1 % induit une diminution de CO₂ de 0,52 %, ce qui signifie une tendance à consommer moins du service de transport à mesure que le revenu augmente. Cette relation négative entre la croissance économique et la demande de transport est atteinte dans les pays industrialisés qui connaissent ce qu'on appelle le «*speaking car travels*» qui signifie un ralentissement des déplacements en voiture particulière à mesure

que le PIB/h augmente (Focas & Christidis, 2017). L'intensité énergétique qui s'exprime par la consommation moyenne de l'énergie par les véhicules en circulation à un effet aussi positif sur l'émission de CO₂, car une augmentation de LIEV de 1 % induit une diminution de CO₂ émis de 0,46 %. Un tel effet positif s'explique, principalement, par le renouvellement du parc national avec des véhicules moins polluants, mais aussi grâce à la diversification de l'offre d'énergies moins polluantes (GPL, GN). L'impact positif sur l'émission de CO₂ est dû aussi aux investissements de modernisation et d'entretien du réseau routier à travers des autoroutes à voies rapides (autoroutes est-ouest, autoroute des hauts plateaux et des rocade autoroutières, reliant les grands centres urbains et les ports) et des routes secondaires dans les centres urbains.

Plus globalement, il est important de souligner que l'atténuation des effets du transport sur l'environnement parvient au moyen de réduction de la demande de consommation grâce à l'encouragement des modes moins énergivores, mais également à travers le recours et l'encouragement à l'utilisation des énergies plus propres. Dans ce cadre, les politiques de transport et d'efficacité énergétique sont appelées à veiller à la préservation des bénéfices socio-économiques du secteur de transport, tout en réduisant son impact carbone et préserver l'environnement.

Le premier volet de ces politiques de transport et d'efficacité énergétique concerne la réduction de la demande d'énergie par habitant et peut être mis en œuvre par le développement des transports collectifs et capacitaires, le renouvellement progressif du parc national automobile et l'aménagement urbain. En effet, les transports capacitaires (métro, tramway et les chemins de fer) permettent de transporter mieux et à moindre consommation d'énergie. De même, le renouvellement progressif de la flotte actuelle de bus et de camions est susceptible d'améliorer les ratios de consommation d'énergie par passagers*km et par Tonne*km et de les ramener à des niveaux plus bas et donc de réduire considérablement l'impact carbone. Enfin, l'aménagement urbain à travers une maîtrise de l'étalement urbain et une amélioration de la qualité des infrastructures de transport routières permet la rationalisation de la consommation du carburant et réduit les effets sur l'environnement.

Le second volet de ces politiques a trait aux mesures d'incitations à l'utilisation des énergies propres au moyen de réduction progressive de la subvention des prix des carburants pour les énergies fossiles et de l'encouragement de reconversion vers le GPL et le GN, ainsi que l'introduction graduelle du véhicule électrique sur le marché national. Le financement de l'opération de reconversion et de l'encouragement des voitures à motorisation électrique peut se faire via une caisse qui sera alimentée par les sommes récupérées au niveau des subventions affectées aux énergies fossiles, voir via l'institution de taxes carbone sur l'usage de ces énergies.

Conclusion

La présente étude a pour objectif d'analyser les déterminants des émissions de CO₂ dans le secteur de transport routier en Algérie pour la période 1980-2018 en utilisant des données macroéconomiques de PIB/habitant, de parc national automobile, taux de motorisation des ménages et de la consommation moyenne par unité de véhicules. Les résultats concluent au rôle du taux de motorisation des ménages qui explique une grande partie des émissions de CO₂. De son côté, la croissance économique exprimée par le PIB/h à un effet positif sur la réduction des effets sur l'environnement, cela signifie qu'il y a une tendance à la baisse de la demande de transport et qu'on affecte moins en moins de revenus à la consommation de service de transport. Un tel effet de la croissance économique sur la demande de transport est observé dans les pays industrialisés, et représente un signal positif pour une préservation de l'énergie et une réduction de l'empreinte carbone du secteur. Enfin, l'intensité énergétique des véhicules à un effet aussi positif sur l'émission de CO₂. Cette baisse d'émissions de polluants qui accompagne l'augmentation de la consommation moyenne de l'énergie est le résultat du renouvellement du parc de voitures particulières et la diversification de l'offre d'énergie de moindre pollution (GPL, GN), mais aussi des investissements de modernisation et d'entretien du réseau routier.

Le transport routier (marchandises et passagers) devient la cible des politiques de transport et d'efficacité énergétique dans le monde à cause de sa forte utilisation des énergies fossiles et son impact carbone élevé. Dans ce contexte, l'efficacité énergétique et la réduction de la pollution dans ce secteur peuvent être réalisées au moyen d'investissements dans le ferroviaire, les modes capacitaires et actifs (vélo et marche à pied) en vue de casser le monopole du mode routier. Ensuite, ces investissements doivent être accompagnés par une intégration et interconnexion entre les différents modes. Enfin, l'incitation à l'utilisation des énergies disponibles et propres (GPL et GN) et la levée des subventions sur les énergies fossiles sont en mesure d'améliorer le ratio de consommation d'énergie et d'émission de CO₂ par passager et par tonne de marchandises.

Enfin, il est important de souligner que l'objectif de réduction de la consommation d'énergie fossile et des effets négatifs sur l'environnement du secteur de transport routier ne doit pas être conçu au détriment du secteur, réputé pour sa contribution au développement socio-économique des nations. Autrement dit, la nécessité de préserver l'énergie non renouvelable et de limiter l'impact de son utilisation sur l'environnement ne doit pas occulter le rôle moteur du secteur de transport dans le développement économique et le bien-être social.

Annexes

Annexe 1. Parc national automobile par tranche d'âge, Algérie 2017 (en%)

Genre de véhicules	- 5 ans	5 à 9 ans	10 ans et plus	Total
Véhicules de Tourisme	18,91	20,22	60,87	64,65
Camion	5,34	8,84	85,82	6,77
Camionnette	12,74	19,55	67,71	19,32
Autocars – Bus	5,47	14,89	79,64	1,41
Tracteurs routiers	11,58	14,07	74,35	1,39
Autres Tracteurs	11,19	7,14	81,67	2,63
Véhicule spécial	21,19	13,33	65,48	0,12
Remorque	12,66	11,60	75,74	2,46
Moto	74,40	9,71	15,88	1,26
Total	16,86	18,46	64,68	100,00

Source : Réalisé par l'auteur à partir des statistiques de l'Office national des statistiques.

Annexe 2 : test statistique et estimation du modèle

Null Hypothesis: D(LCO2T) has a unit root

Exogenous: None

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

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.336876	0.0000
Test criticalvalues : 1% level	-2.636901	
5% level	-1.951332	
10% level	-1.610747	

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

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable : D(LCO2T,2)

Method : Least Squares

Date : 03/06/21 Time : 17:59

Sample (adjusted) : 1982 2014

Included observations : 33 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LCO2T(-1))	-0.809364	0.151655	-5.336876	0.0000
R-squared	0.466519	Meandependent var		0.017221
Adjusted R-squared	0.466519	S.D. dependent var		0.191751
S.E. of regression	0.140055	Akaike info criterion		-1.063734
Sumsquaredresid	0.627689	Schwarz criterion		-1.018386
Log likelihood	18.55162	Hannan-Quinn criter.		-1.048476
Durbin-Watson stat	2.156916			

Dependent Variable: LCO2
 Method: ARDL
 Date: 04/21/21 Time: 23:10
 Sample (adjusted): 1984 2014
 Included observations: 31 after adjustments
 Maximum dependent lags: 4 (Automatic selection)
 Model selection method: Akaike info criterion (AIC)
 Dynamic regressors (4 lags, automatic): LIEV LPIB TLV1000
 Fixed regressors: C
 Number of models evaluated: 500
 Selected Model: ARDL(4, 4, 1, 2)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LCO2(-1)	-0.407231	0.157482	-2.585880	0.0199
LCO2(-2)	-0.306684	0.134421	-2.281528	0.0365
LCO2(-3)	-0.116798	0.119322	-0.978850	0.3422
LCO2(-4)	-0.394504	0.096804	-4.075273	0.0009
LIEV	-0.137583	0.154655	-0.889615	0.3869
LIEV(-1)	-0.145233	0.146209	-0.993324	0.3353
LIEV(-2)	-0.348349	0.156814	-2.221415	0.0411
LIEV(-3)	-0.122673	0.188738	-0.649962	0.5249
LIEV(-4)	-0.274773	0.144486	-1.901728	0.0754
LPIBT	0.621795	0.544105	1.142783	0.2699
LPIBT(-1)	-1.780206	0.618212	-2.879606	0.0109
LV1000	6.543892	1.738355	3.764415	0.0017
LV1000(-1)	-3.389966	1.883084	-1.800220	0.0907
LV1000(-2)	2.680637	1.823932	1.469702	0.1610
C	-1.305880	3.483742	-0.374850	0.7127
R-squared	0.987539	Mean dependent var	10.22869	
Adjusted R-squared	0.976635	S.D. dependent var	0.278134	
S.E. of regression	0.042515	Akaike info criterion	-3.171599	
Sumsquared resid	0.028920	Schwarz criterion	-2.477734	
Log likelihood	64.15978	Hannan-Quinn criter.	-2.945416	
F-statistic	90.56945	Durbin-Watson stat	2.087480	
Prob(F-statistic)	0.000000			

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

Test bond

ARDL Long Run Form and Bounds Test
 Dependent Variable: D(LCO2)
 Selected Model: ARDL(4, 4, 1, 2)
 Case 2: Restricted Constant and No Trend
 Date: 04/21/21 Time: 23:04

Included observations: 31

Conditional Error Correction Regression

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.305880	3.483742	-0.374850	0.7127
LCO2(-1)*	-2.225217	0.304813	-7.300280	0.0000
LIEV(-1)	-1.028611	0.224832	-4.575020	0.0003
LPIBT(-1)	-1,158 411	0,583 509	-1,985 249	0,064 5
LV1000(-1)	5.834562	0.860912	6.777187	0.0000
D(LCO2(-1))	0.817987	0.214574	3.812150	0.0015
D(LCO2(-2))	0.511302	0.118358	4.319960	0.0005
D(LCO2(-3))	0.394504	0.096804	4.075273	0.0009
D(LIEV)	-0.137583	0.154655	-0.889615	0.3869
D(LIEV(-1))	0.745795	0.252472	2.953968	0.0093
D(LIEV(-2))	0.397446	0.239736	1.657845	0.1168
D(LIEV(-3))	0.274773	0.144486	1.901728	0.0754
D(LPIBT)	0,621 795	0,544 105	1,142 783	0,269 9
D(LV1000)	6,543 892	1,738 355	3,764 415	0,001 7
D(LV1000(-1))	-2,680 637	1,823 932	-1,469 702	0,161 0

* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

Levels Equation

Case 2: Restricted Constant and No Trend

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LIEV	-0.462252	0.066470	-6.954259	0.0000
LPIBT	-0.520584	0.267142	-1.948715	0.0691
LV1000	2.622020	0.138336	18.95396	0.0000
C	-0.586855	1.535498	-0.382192	0.7073

$$EC = LCO2 - (-0.4623 * LIEV - 0.5206 * LPIBT + 2.6220 * LV1000 - 0.5869)$$

F-Bounds Test Null Hypothesis: No levels relationship

Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
F-statistic	14.56090	10%	2.37	3.2
		5%	2.79	3.67
		2.5%	3.15	4.08
		1%	3.65	4.66

Actual Sample Size 31 Finite Sample

	e: n=35	
10%	2.618	3.532
5%	3.164	4.194
1%	4.428	5.816

	FiniteSampl	
	e: n=30	
10%	2.676	3.586
5%	3.272	4.306
1%	4.614	5.966

Références bibliographiques

1. Adams, S., Boateng, E., & Acheampong, A. O. (2020). Transport energy consumption and environmental quality: Does urbanization matter? *Science of the Total Environment*, 744, 140617. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140617>.
2. Banque mondiale, Émissions de CO2 attribuables au transport (% de la combustion totale de carburants) - Algeria. (<https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/EN.CO2.TRAN.ZS?locations=DZ>, consulté le 19/10/2021).
3. Focas, C., & Christidis, P. (2017). Peak Car in Europe? *Transportation Research Procedia*, 25, 531–550. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.437>
4. Georgatzi, V. V., Stamboulis, Y., & Vetsikas, A. (2020). Examining the determinants of CO2 emissions caused by the transport sector: Empirical evidence from 12 European countries. *Economic Analysis and Policy*, 65, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2019.11.003>
5. Lapillonne, B. (2018, November). L'efficacité du transport s'améliore dans les pays émergents. *Enerdata Energie*, 1–8. <https://d1owejb4br3112.cloudfront.net/publications/breves-energie/consommation-energie-transport-decouplee-croissance-pib.pdf>
6. Madani, A., Chella, T., & Boudier, A. (2020). Les accidents de la route en Algérie, nécessité d'un diagnostic. *Revue Parcours Cognitifs Des Sciences Sociales et Humaines*, 03(03), 105–122.
7. Maduekwe, M., Akpan, U., & Isihak, S. (2020). Road transport energy consumption and vehicular emissions in Lagos, Nigeria: An application of the LEAP model. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 6, 100172. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100172>
8. Marrero, G. A., Rodríguez-López, J., & González, R. M. (2020). Car usage, CO 2 emissions and fuel taxes in Europe. *SERIEs*, 11(2), 203–241. <https://doi.org/10.1007/s13209-019-00210-3>
9. MED'Observeer. (2020). *Tendances des indicateurs d'efficacité énergétique dans 4 pays méditerranéens*. https://meetmed.org/wp-content/uploads/2020/04/A12_MEDOBSERVEER_Fr_Final.pdf.
10. Ministère de l'Énergie et des Mines, Bilan énergétique national du secteur. <https://www.energy.gov.dz/?article=bilan-energetique-national-du-secteur>, consulté le 30 mars 2021.
11. Ministère de l'Énergie et des Mines. Énergies nouvelles, renouvelables et Maitrise de l'Énergie. <https://www.energy.gov.dz/?rubrique=energies-nouvelles-renouvelables-et-maitrise-de-lrenergie>, consulté le 30 mars 2021
12. Mourad, O. (2015). Consommation énergétique du secteur des transports « bilan et perspectives ». *Promotion Des Carburants Propre*, 1–16. <https://docplayer.fr/11002166-Consommation-energetique-du-secteur-des-transport-bilan-et-perspectives.html>.
13. Paltsev, S., Henry Chen, Y. H., Karplus, V., Kishimoto, P., Reilly, J., Löschel, A., von Graevenitz, K., & Koesler, S. (2018). Reducing CO2 from cars in the European Union.

- Transportation*, 45(2), 573–595. <https://doi.org/10.1007/s11116-016-9741-3>
14. Pita, P., Winyuchakrit, P., & Limmeechokchai, B. (2020). Analysis of factors affecting energy consumption and CO2 emissions in Thailand's road passenger transport. *Heliyon*, 6(10), e05112. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05112>.
 15. Office national des statistiques, parc automobile. <https://www.ons.dz/spip.php?rubrique228>, consulté le 30 juin 2021.
 16. Saidi, S. (2020). Freight transport and energy consumption: What impact on carbon dioxide emissions and environmental quality in MENA countries? *Economic Change and Restructuring*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10644-020-09296-3>
 17. Timilsina, G. R., & Shrestha, A. (2009). Transport sector CO2 emissions growth in Asia: Underlying factors and policy options. *Energy Policy*, 37(11), 4523–4539. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.06.009>