

IMPACTS DE LA CROISSANCE ECONOMIQUE ET DEMOGRAPHIQUE SUR LA DURABILITE DES TRANSPORTS : CAS DES TRAFICS IMPORTS- EXPORTS DU MALI

YAPEGUE BAYOGO¹, ABOUBACAR SEGA DIALLO², BRAHIMA SONGORE³

¹ Doctorant à l'Institut de la Pédagogie Universitaire (IPU) ; Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako (USSGB) ; Institut Universitaire de Gestion (IUG) : yap.masseni@gmail.com

² DER Géographie à la faculté d'Histoire et Géographie de l'Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako (USSGB) ;

³ Professeur chercheur à l'IPU ;

Résumé

Dans les pays les moins avancés, le système de transport routier est le plus développé à cause de sa flexibilité et le coût relativement bas de ses infrastructures. Les activités liées au transport routier sont très diversifiées et plusieurs entreprises offrent les mêmes services, créant ainsi une forme de concurrence qui est soit horizontale soit verticale. Cette étude porte sur les impacts de la croissance économique et démographique sur la pollution due au secteur des transports et elle permet d'établir une corrélation entre les indicateurs macroéconomiques, la démographie, la hausse du trafic des marchandises import-export puis la hausse des émissions de carbone. La méthodologie adoptée consiste d'une part à recueillir les données de base sur l'évolution du PIB, de la population et du volume du trafic import-export et d'autre part à traiter puis analyser ces données à partir des logiciels Excel et SPSS. Les résultats montrent que la hausse de la production (PIB) entraîne une hausse des marchandises à transporter et d'où une hausse des émissions de carbone due au transport. De même, une hausse de la population entraîne une augmentation de la consommation et des besoins et d'où une hausse du trafic. De même, Les résultats de l'étude montrent qu'il existe une forte corrélation entre les quatre paramètres ci-dessus indiqués. Des mesures de réduction et de lutte contre la pollution due au secteur des transports ont été proposées.

Mots clés : Transport, durabilité des transports, produit intérieur brut, pollution, croissance démographique

Abstract

In the least developed countries, the road transport system is the most developed because of its flexibility and the relatively low cost of its infrastructure. Road transport activities are much diversified and several companies offer the same services, thus creating a form of competition that is either horizontal or vertical. This study focuses on the impacts of economic and demographic growth on pollution due to the transport sector and it makes possibility to establish a correlation between the increase of macroeconomic indicators, demography, import-export goods traffic and the increasing of carbon emissions. The used methodology consists : in the first part, to collect data on the GDP, population and the evolution of traffic ; in the second part, the collected data have been treated and analysed with software SPSS and Excel. The results demonstrated that the GDP growth implies the increasing of transported freight and also the increasing of carbone emissions du to transport sector, the population growth also directly affect consumption growth and causes the increasing of traffic that resulted to emissions growth. The results of our study shown that there is a strong correlation between the considered four parameters. Some measures to reduce and to control the pollution in the transport sector have been proposed.

Keywords: Transportation, transportation durability, Gross Domestic Product (GDP), air pollution, demographic growth.

1. Introduction

Le transport joue un rôle important dans le développement économique d'un pays. Une croissance économique conduit à une hausse de la production et de la consommation, de là, le volume des marchandises transportées augmente et cette croissance s'accompagne des problèmes environnementaux qui sont entre autres : (1) la pollution de l'air à travers les émissions de gaz à effet de serre qui proviennent de la transformation des sources primaires d'énergie (le pétrole et ses dérivés, le charbon, le gaz naturel) en énergie soit électrique ou calorifique servant à alimenter les moteurs du matériel de transport ; (2) les bruits sonores qui sont essentiellement dus aux moteurs du matériel de transport ; (3) les effets à moyen et à long terme des vibrations issues du déplacement du matériel de transport sur l'écosystème.

Le secteur des transports a connu des évolutions notoires en termes de rapidité et de consommation d'énergie. Ces évolutions sont dues à : (a) la hausse de la population qui provoque une augmentation de la consommation à cause du nombre de plus en plus élevé d'âmes et les multiples déplacements de ces âmes entraînant alors le besoin pour ne pas dire la nécessité de transport ; (b) l'augmentation de la productivité de l'industrie automobile qui provoque une baisse relative des prix d'achat du matériel de transport et une multitude de gammes mise à la disposition des clients ; (c) la hausse du niveau de vie de la population qui fait que celle-ci ne s'occupe plus seulement du quotidien, mais tente de montrer une amélioration de certaines conditions de vie à travers l'autonomisation de la mobilité ; (d) l'accroissement des besoins de la population en biens et l'élargissement des grandes agglomérations poussent les individus à l'achat de moyens de déplacements ; (e) les nouvelles orientations du commerce vers les produits reformés ou souvent des produits hors usage d'autres continents comme l'Europe ou l'Amérique qui sont importés et vendus à vil prix puis accompagnés de grande pollution émanant de la vétusté de ces matériels de transport; (f) la flexibilité des producteurs de matériels de transport en l'occurrence l'automobile dont le but est de satisfaire le maximum de clients en se basant sur la notion de rapport qualité- prix et en négligeant les impacts environnementaux de ces produits.

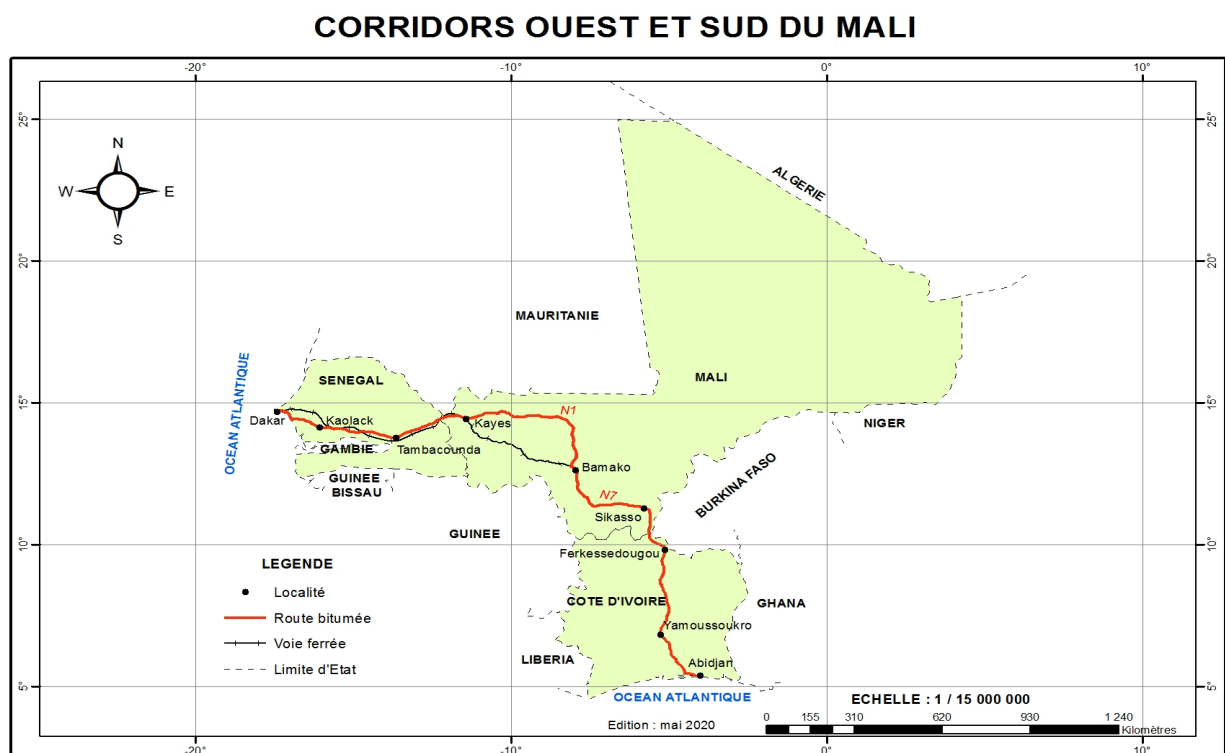
Au Mali et selon (DNTTMF, 2015 - 2017), près de 90% du transport des marchandises est assuré par le mode routier. Avant l'arrêt d'activité, la part du chemin de fer restait faible car ce mode est utilisable sur un seul axe à savoir l'axe Bamako – Kayes. De même, le vieillissement du parc de véhicules et l'insuffisance des infrastructures routières entraînent des problèmes de pollution de l'air et la destruction de la végétation dans le but de construire des infrastructures routières. Ces différents aspects suscitent notre intérêt de faire une étude se focalisant sur les impacts de la croissance démographique et économique sur la durabilité des transports. Le secteur des transports a connu de forte évolution ces dernières années tant bien au Mali qu'ailleurs. Le nombre de véhicules de poids lourd et des autres catégories immatriculés ne cesse d'accroître : 2577 véhicules en 1994 ; 10044 véhicules en 2000 ; 18201 véhicules en 2010 et 36176 véhicules en 2017 (DNTTMF, 1993 - 2017). Ces données montrent qu'entre 1994 et 2017 (soit en 23 ans), le nombre de véhicules immatriculés par an a augmenté de plus de 13 fois soit un indice de près de 1303.

La libéralisation du secteur des transports en République du Mali et dans beaucoup de pays encourage l'entreprenariat et bien attendu l'achat de camions de poids lourds vétustes pour l'exercice de l'activité transport. Faute soit de moyens, soit de volonté ou de contrôle (du côté des pouvoirs publics), la vétusté du matériel de transport, la qualité du carburant sont autant de causes de pollution due au secteur des transports. Malgré la mise en œuvre de différentes

mesures de lutte contre la pollution, le secteur des transports demeure toujours le deuxième pollueur après le secteur industriel et cette pollution constitue une menace pour le développement à long terme. Peu de mesures sont engagées dans les pays les moins avancés et de même peu d'études ont été faites dans ce sens. Les éléments évoqués concernant la hausse du service transport nous motivent à faire des recherches orientées vers des systèmes de transport moins polluants dit transport durable. Le reste de ce papier est structuré de la façon suivante : la section 2 explique les méthodes et matériel utilisé de mener notre étude, tandis que la section 3 porte sur les résultats et l'analyse, la section 4 fait l'objet de discussion et la section 5 conclut notre étude.

2- Matériel et méthodes

Le site concerné est le corridor ouest du Mali (Bamako-Dakar) et le corridor sud du Mali (Bamako- Abidjan) (voir figure 1 : carte illustrant les voies routières et ferroviaire des deux corridors). Ce choix n'est pas vain car près de 60% des marchandises importées et près de 63% des exportations transitent par le port de Dakar alors qu'environ 20% en import et 21% en export transitent par celui d'Abidjan (DNTTMF, 2015 - 2017). A partir de ces données, nous constatons qu'une grande partie des émissions de carbone due à l'importation des marchandises est émise sur les deux axes cités. La méthodologie consistera à parcourir deux points essentiels qui sont la collecte des données, le traitement et l'analyse de ces données.



Cette carte note les voies routières et ferroviaires d'accès aux ports maritimes d'Abidjan et du Sénégal et indique aussi quelques grandes par traversées par ces routes. Cette carte indique que le transport entre Bamako et Abidjan est assuré par le mode routier alors que celui de Bamako à Dakar peut être assuré par le mode routier ou ferroviaire. Sur le corridor Bamako –

Dakar, le développement du ferroviaire permet de réduire considérablement la pollution due au transport des marchandises. Les deux corridors sont :

- **le corridor Sud du Mali** : reliant Bamako (Capitale du Mali avec près de 2 000 000 habitants) à la ville portuaire Abidjan (République de Côte d'Ivoire). Il a une longueur de 1240 km. La route de parcours de ce corridor est la route nationale (RN) n° 7 (DNTTMF, 1993 - 2017). Cette route permet l'interconnexion d'une part entre quelques grandes villes du Mali comme : Bamako Ououlessebougou Bougouni, Niéna, et Sikasso et d'autre part entre des villes des deux pays qui sont le Mali et la République de Côte D'Ivoire. Il permet d'assurer le transport des marchandises depuis le port jusqu'à ces différentes villes en passant par la ville frontalière qui est Zégoua. L'unique mode de transport utilisé est le routier. Les importations et exportations de marchandises sont faites par des véhicules de poids lourd du transport routier. Selon (DNTTMF, 2015 - 2017), la plus part de ces véhicules ont plus de 10 ans de services. Cette vétusté du parc occasionne une augmentation de la consommation de carburant, une hausse des particules et des résidus de fuel et une augmentation considérable de la pollution de notre environnement ;
- **le corridor Ouest du Mali** : relie Bamako à la ville de Dakar avec une longueur de 1340 km, ce corridor ouest assure aujourd'hui l'essentiel du transport des marchandises imports/exports. Il assure l'interconnexion entre certaines grandes villes du Mali comme Bamako, Kita, Kayes, Kolokani, Diema etc. De même, il permet d'assurer le transport des personnes et de leurs biens entre ces grandes villes du Mali et d'autres grandes villes du Sénégal (il s'agit des villes de Dakar, Tambacounda, kaolack etc..).

La collecte des données a été faite à partir de la recherche documentaire. Ce qui nous a permis de recueillir des données utilisables pour notre sujet en cherchant dans les rapports, les archives et les documents de bord des structures comme :

- la Direction Nationale des Transports (DNT) pour obtenir les statistiques des trafics import et export de marchandises sur les deux corridors et les autres zones de transit des marchandises ;
- la Direction Nationale de l'Environnement (DNE) pour obtenir les informations et les données relatives à l'environnement puis la pollution de l'air au Mali ;
- l'Institut National de la Statistique (INSTAT) a permis d'avoir les données sur les indicateurs économiques du Mali ; la Direction Nationale de la population (DNP) a fourni les indicateurs sur la population et sur l'habitat ;
- l'Institut Géographique du Mali (IGM) pour la confection des cartes et des données sur la géographie du milieu d'étude.

Le traitement et l'analyse des données ont été faits à l'aide des logiciels SPSS et Excel.

3. Résultats

L'analyse porte sur les résultats obtenus à partir de l'évolution du CO₂ dégagé, du trafic marchandises (l'ensemble des importations et des exportations des différents corridors d'approvisionnement et de distribution du Mali (DNTTMF, 1993 - 2017)), de la population et de la croissance économique du Mali entre 1993 et 2017 (INSTAT-Mali, 1990), (INSTAT-Mali, 2001 - 2010) et (INSTAT-Mali, 2011 - 2017). Le carbone émit correspond à une estimation faite sur la base du facteur d'émissions proposé par (Boliang Lin et Al, 2015). Selon cette étude, le facteur d'émission du transport routier des marchandises est 0,13 kgCO₂

par t.km. Le tableau 1 illustre l'évolution du trafic total en import – export des marchandises par corridor et le CO2 émis lors du transport des marchandises. On constate que de 1993 à 2006, la part du corridor sud était la plus élevée, mais cette tendance à changer à partir de 2007 jusqu'à nos jours selon les statistiques de la DNTTMF. Le carbone émis correspond à la moyenne pondérée et est calculer à partir de la formule suivante :

$$Ce = \frac{T_s d_s + T_o d_o}{d_s + T_s} * K_{co2} \quad (F1)$$

Tableau 1 : Evolution de la moyenne de carbone par km sur les corridors sud et ouest du Mali et du trafic import – export entre 1993 et 1997

Année	Trafic import-export des marchandises (en t)		Trafic total (en t)	CO2 émis (t de CO2)
	Corridor Sud	Corridor Ouest		
1993	573534	311085	884619	57,0972621
1994	695033	334274	1029307	66,3510337
1995	634063	404747	1038810	67,1705506
1996	938737	422558	1361295	87,6916167
1997	1113883	434576	1548459	99,6068046
1998	931571	424624	1356195	87,3742918
1999	1547765	441653	1989418	127,613809
2000	1598609	303135	1901744	121,624246
2001	754771	353503	1108274	71,4216898
2002	818936	427581	1246517	80,4227056
2003	267681	468398	736079	48,1533225
2004	546521	511893	1058414	68,743741
2005	706951	662158	1369109	88,9233083
2006	838400	1087762	1926162	125,583409
2007	1065706	1153263	2218969	144,367423
2008	1233666	1292393	2526059	164,284006
2009	1260750	1405580	2666330	173,533827
2010	969086	169850	1138936	72,8036666
2011	980710	1821700	2802410	183,447934
2012	1098196	2090764	3188960	208,806422
2013	1152589	2380464	3533053	208,806422
2014	1132994	2496331	3629325	231,533765
2015	1147503	3061925	4209428	276,552287
2016	1268406	3118947	4387353	288,019327
2017	1203262	3618402	4821664	317,116446
Total				3467,04932

T_s et T_o désignent les trafics totaux des marchandises import et export respectivement sur les corridors Sud et Ouest du Mali ; d_s et d_o représentent les distances des corridors sud et ouest du Mali. Les distances de 1300km et 1240km ont été utilisées pour les corridors ouest et sud du Mali ; K_{co2} est le facteur d'émission proposé par (Boliang Lin et Al, 2015). L'analyse du

tableau montre que, plus le trafic n'augmente, plus le CO₂ dégagé par km, augmente. De 57.09t de CO₂ par km en 1993, on est passé à 317.11t par km. Les données relatives à l'évolution de ces quatre paramètres sont consignées dans le tableau 2. A travers ce tableau 2, on constate une augmentation drastique et continue de chaque paramètre. Les tonnages transportés sur les deux corridors sont passés de 884 619 tonnes à 4 821 664 tonnes soit une hausse de 445%, la population a plus que doublée passant de 9 087 176 habitants en 1993 à 18 512 394 habitants en 2017 alors que le PIB a grimpé de 2 818 280 876 USD en 1993 à 15 339 614 407USD en 2017 soit 444% de plus par rapport à celui de 1993. Il convient de noter que ces trois facteurs impactent directement les transports et ils contribuent donc à l'augmentation des émissions de carbones due au secteur des transports. D'un peu plus de 57 tonnes de CO₂ par km en 1993 on est passé à 317 tonnes de CO₂ par km en 2017. Ces données montrent une hausse considérable des émissions soit une hausse de 456% et renvoient à une situation inquiétante de la conservation de notre écosystème.

Tableau 2 : Evolution du trafic marchandises, du PIB, de la population et des émissions de CO₂ au Mali entre 1993 et 2017

Année	Trafic marchandises (en tonne)	Population (habitants)	PIB (Mrds USD)	CO ₂ * (en tonne de CO ₂ par km)
1993	884 619	9 087 176	2,818280876	57,0972621
1994	1 029 307	9 334 880	2,081846483	66,3510337
1995	1 038 810	9 585 653	2,706425298	67,1705506
1996	1 361 295	9 837 571	2,780422212	87,6916167
1997	1 548 459	10 094 368	2,697105694	99,6068046
1998	1 356 195	10 360 561	2,920358587	87,3742918
1999	1 989 418	10 642 936	3,43946314	127,613809
2000	1 901 744	10 946 445	2,954129566	121,624246
2001	1 108 274	11 271 600	3,465305993	71,4216898
2002	1 246 517	11 616 887	3,885758024	80,4227056
2003	736 079	11 982 695	4,703504467	48,1533225
2004	1 058 414	12 369 070	5,444474268	68,743741
2005	1 369 109	12 775 516	6,24503169	88,9233083
2006	1 926 162	13 203 378	6,899799786	125,583409
2007	2 218 969	13 651 464	8,145694632	144,367423
2008	2 526 059	14 113 577	9,750822511	164,284006
2009	2 666 330	14 581 429	10,18102177	173,533827
2010	1 138 936	15 049 353	10,67874947	72,8036666
2011	2 802 410	15 514 591	12,97810756	183,447934
2012	3 188 960	15 979 499	12,4427479	208,806422
2013	3 533 053	16 449 864	13,24641203	208,806422
2014	3 629 325	16 934 220	14,34583102	231,533765
2015	4 209 428	17 438 778	13,09949722	276,552287
2016	4 387 353	17 965 429	14,01078774	288,019327
2017	4 821 664	18 512 394	15,33961441	317,116446
Total	X	X	X	3467,04932

Source : Données de la DNTTMF et de l'INSTAT, (site PIB, 10/11/2020) *En considérant les facteurs d'émission les plus élevés

La figure ci-dessous montre l'évolution des quatre paramètres sur la période allant de 1993 à 2017. On constate une croissance à tous les niveaux. Cela démontre qu'une hausse de la population peut provoquer une augmentation du volume du trafic, une hausse du PIB et aussi une augmentation des émissions de carbone dues au secteur des transports. Les études statistiques donnent une estimation de la covariance et du coefficient de corrélation linéaire. La covariance d'une étude statistique à deux variables est définie par la formule (F2) tandis que la formule (F3) définit le coefficient de corrélation linéaire.

$$COV(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}) \quad (F2)$$

$$R_{XY} = \frac{COV(x, y)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (F3)$$

X_i et Y_i sont respectivement les valeurs des variables X et Y pour la modalité i tandis que \bar{X} et \bar{Y} sont respectivement les moyennes arithmétiques des variables X et Y ; σ_X et σ_Y représentent les écarts – types des variables X et Y.

Le tableau 2 permet d'analyser le coefficient de corrélation selon (NJ Gogtay et UM Thatte, 2017).

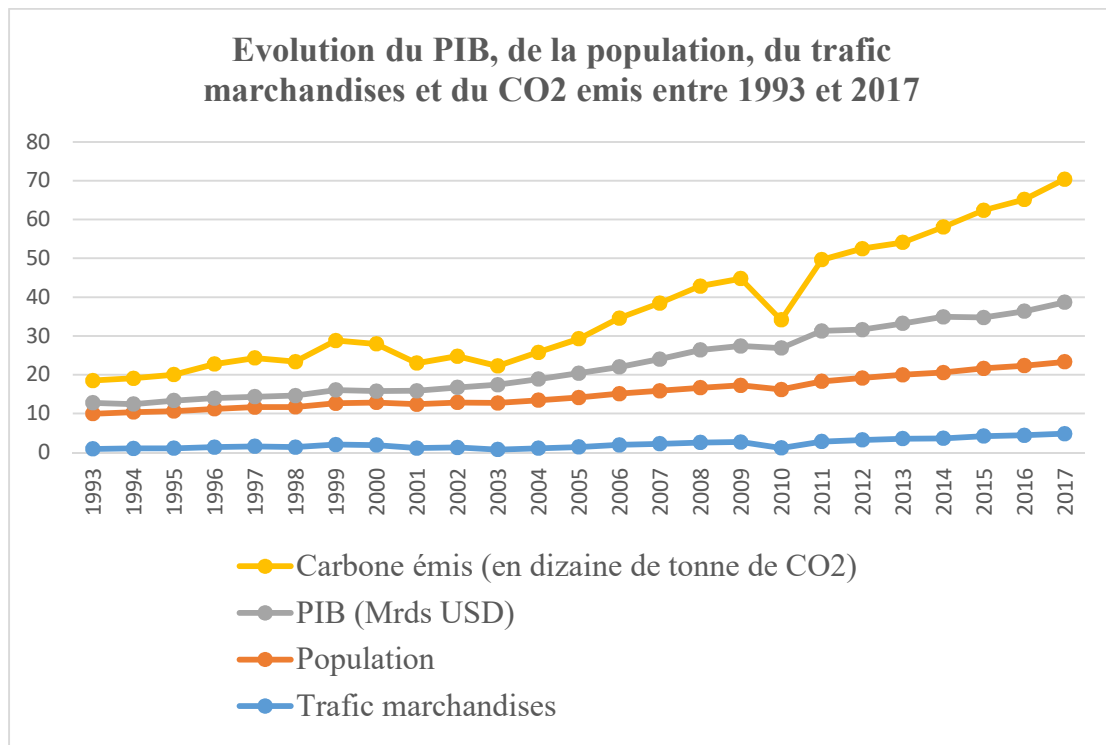


Figure 2 : évolution du trafic marchandises, de la population, du PIB et du carbone émis.

L'analyse du tableau 3 montre que si le coefficient de corrélation est inférieur ou égal à 0,1 alors la corrélation entre les paramètres est faible ; entre 0,1 exclu et 0,5 inclus alors elle est moyenne. Mais lorsque le coefficient de corrélation est supérieur à 0,5, la corrélation est forte. Le coefficient de corrélation prend la valeur zéro lorsqu'il n'y a pas de corrélation linéaire entre les deux variables. De même, on parle de corrélation positive pour les fonctions croissantes et la corrélation est négative pour les fonctions décroissantes.

Le traitement des données avec le logiciel EXCEL permet de calculer les valeurs des différents coefficients de corrélation. Les coefficients de corrélation calculés entre les émissions de CO₂ et les trois indicateurs (le trafic, la population et le PIB) sont respectivement 0,998 ; 0,879 et 0,869. Toutes ces valeurs étant supérieures à 0,5 alors la corrélation est forte entre les émissions de CO₂ et les trois paramètres.

Tableau 3 : analyse de la corrélation entre deux variables en se référant à la valeur du coefficient de corrélation

Coefficient de corrélation	Coefficient de corrélation négatif			Coefficient de corrélation positif		
	[-1 ; -0,5[[-0,5 ; -0,1[[-0,1 ; 0[] 0 ; 0,1]] 0,1 ; 0,5]] 0,5 ; 1]
Appréciation	Forte	Moyenne	Faible	Faible	Moyenne	Forte
Observations	Pour les fonctions décroissantes			Pour les fonctions croissantes		

Source : (NJ Gogtay et UM Thatte, 2017) et étude personnelle

4. Discussion

Cette section permet d’engager la discussion sur les transports durables. La première partie de notre discussion porte sur les impacts environnementaux du transport des marchandises et la deuxième partie traite les perspectives du transport durable dans le monde et en particulier au Mali.

4.1 Impacts environnementaux du transport des marchandises

Toute augmentation du PIB se traduit par une hausse de la production et crée des besoins supplémentaires de transports. Ce surplus de production nécessite des transports supplémentaires et par conséquent une hausse des émissions de carbone due aux moyens de transport. De même l’augmentation du trafic provoque la nécessité de construire des nouvelles routes et d’où la destruction de forêts. Toute augmentation de la population entraîne un nombre élevé d’âmes à nourrir. En effet les indicateurs démographiques montrent une augmentation progressive de la population tant bien à l’échelle mondiale qu’au Mali. De 9 millions en 1993, la population du Mali a dépassé les 18 millions en 2017 (DNTTMF, 2015 - 2017). Cette hausse de la population s’accompagne des besoins éminents en mobilité et la nécessité de transporter des marchandises des zones de production vers les zones de consommation. La croissance démographique se traduit alors par une augmentation du trafic des marchandises et une hausse des émissions de carbone due aux véhicules.

Les croissances économique et démographique impactent directement notre environnement à travers :

- ✓ *la pollution de l’air* : les moyens de transports produisent des émissions polluantes considérables et dangereuses pour notre environnement. Les sources d’énergie sont déterminantes dans la pollution de l’air et la forte pollution est due à l’utilisation des premières sources d’énergie (Ke Shui-fa et Wang Ya, 2015) ;
- ✓ *les bruits sonores* : les transports émettent des bruits dus au moteur. Ces bruits ont des effets sur les populations et les animaux. Les études sur les animaux aquatiques montrent que ceux-ci fuient les zones de passages des navires car les bruits perturbent leur système de vie et voir même leur reproduction. De même, les animaux sauvages s’éloignent des zones proches de nos routes pour ne pas être perturbés ou victime de la chasse ;
- ✓ *les vibrations* : la plupart des moyens de transport sont en contact direct ou indirect avec le sol et ce contact provoque des vibrations énormes. 30% de la population est exposée aux nuisances du trafic routier (55 décibel) et 13% (65 décibel) (OCDE, 1996) ;

- ✓ *la destruction des forêts et de la faune* : les transports ne peuvent fonctionner sans infrastructures et la construction de ces infrastructures nécessite une occupation de l'espace et d'où l'abattage des arbres. Certes, les transports sont nécessaires pour la mobilité des personnes et de leurs biens, le développement de ceux – ci occasionne une destruction importante des forêts et de la faune ;
- ✓ *la disparition de certaines espèces végétales et aquatiques* : la construction des infrastructures de transport et l'exploitation de ceux – ci ne sont pas sans conséquences. Le développement des systèmes de transports entraîne la destruction des forêts et l'accroissement des émissions de bruit. Ces éléments sont des facteurs de destruction des espèces végétales et aquatiques ;
- ✓ *le changement climatique* : les études montrent qu'aux USA 27% des émissions de carbone provenaient du secteur des transports en 2003 contre 20% en 1993 (OECD, 2006). Par ailleurs une réduction de 10% de l'ensemble des émissions de carbone a été constatée en 2006 (NAP, 2006).

4.2 Durabilité des transports

La durabilité des transports désigne la mise en place des systèmes de transport écologiquement acceptable ou encore un transport ayant moins d'impacts écologiques. La destruction des ressources (terres, arbres), pollution de l'air ou le dégagement d'autres substances nuisibles à la santé de l'Homme ou d'autres êtres vivant ainsi que les végétaux ne garantissent pas un avenir. D'où l'expression de transport durable faisant allusion à un transport vert, moins polluant pour le long terme. L'étude menée par (Nadia Manchourie , 2005) montre la place prépondérante qu'occupe le transport routier dans la zone continentale du globe et en particulier au Maroc soit près de 90% du trafic voyageur et 75% du trafic marchandises. Cette prédominance de la route pose des problèmes de pollution et pousse à chercher des solutions alternatives pour assurer le transport moins polluant pour le long terme. Les mesures suivantes peuvent être utilisées pour assurer un transport durable :

- ✓ l'utilisation des véhicules électriques pour réduire les émissions de carbone et garantir un développement économique durable (Shi Xiao-qing, 2013). Les rapports de la Banque Mondiale (World bank, 2004) et (World Bank Group, 2014) établissent le lien entre le développement, la croissance et la pollution. Ces rapports notent la nécessité et l'urgence d'utiliser des systèmes de transport moins dangereux pour notre environnement. L'utilisation des filtres à fumée permet de réduire considérablement le carbone émit par le secteur des transports. Il faut noter qu'au Mali, certains véhicules sont équipés des filtres à fumées, mais la proportion de véhicules ayant ces installations est faible.
- ✓ La tarification routière des émissions de carbone permet de taxer dur les gros pollueurs de la route. Cette taxe due aux émissions de gaz sur les chaussées oblige les entreprises de transport à aller vers des véhicules moins polluants.
- ✓ Le développement des modes de transport moins polluants et l'utilisation des moteurs électriques permettent de réduire les émissions de carbone à travers la baisse de la consommation d'hydrocarbure.
- ✓ Le respect des normes de transport : la consommation de carbone est liée à la charge du véhicule, en respectant les normes de chargement, on réduit la consommation de carburant et les émissions de carbone seront réduites. La congestion occasionne des émissions importantes de carbone, le respect des restrictions du trafic en particulier le respect des normes prévues par le code de la route permet d'éviter des situations de congestion. La régulation des émissions de carbone et de particules fines, le contrôle des vitesses assortit

de sanction, l'harmonisation de la réglementation en matière de transport routier et ferroviaire, sont des moyens de réglementation qui permettent de réduire les impacts environnementaux des transports.

- ✓ Les mesures liées aux investissements : le développement des infrastructures de transport public, des services et des opérations permet de réduire la congestion en milieu urbain. De même, le tourisme à l'aide des cars de grande capacité, le transfert des marchandises de la route plus polluante au fer moins polluant et une meilleure organisation du trafic en milieu urbain sont des mesures de lutte contre la pollution.
- ✓ Les mesures d'arrangements institutionnels : une communication à distance et une sensibilisation des acteurs du transport dans le but de réduire les déplacements et de limiter les déplacements du matériel de transport.

L'intégration des mesures orientées : des mesures orientées vers le développement de transport vert qui passe par le développement des déplacements à pieds ou à vélo dans les centres urbains.

Tableau 4 : impacts environnementaux des transports routier et ferroviaire

Impacts	Mesures de lutte contre l'impact
Pollution de l'air	Véhicule électrique, changement des sources d'énergie, filtre à fumée, respect des normes du transport, transfert des marchandises de la route au fer, taxation des gros pollueurs.
Les bruits sonores	éloignement des zones de stockage et de transbordement des zones d'habitation.
Vibrations	Eloignement des nœuds du transport (gares routières, ferroviaires), aéroports et ports fluviaux ou maritimes) des zones d'habitation.
Destruction de la faune	Interdiction de la chasse par les conducteurs et autres usagers de la route et envisager des méthodes de lutte contre la déforestation.
Disparition des espèces végétales et aquatiques	Limiter l'abattage des arbres pour la construction des infrastructures de transport et si possible éviter ou limiter la navigation dans les zones où habitent les espèces aquatiques rares.
Changement climatique	Mesures préventives contre le réchauffement climatique,

Source : notre étude personnelle Février – Mars 2020

5. Conclusion

Notre recherche permet de conclure qu'il existe une forte corrélation entre les émissions de carbone due au secteur des transports et les croissances économique et démographique. En résumé, toute hausse du PIB se traduit par une forte augmentation des marchandises à transporter et de là, une hausse de la pollution emmenant des véhicules de transport routier. De même, quand la population augmente, la consommation ainsi que la production augmente et les flux de marchandises aussi augmentent. La forte corrélation entre les quatre paramètres à savoir : le PIB, la population, les flux de transport marchandise et les émissions se traduit aussi par le sens croissant des quatre fonctions. L'étude conclut aussi qu'en dehors des émissions de carbone, le transport des marchandises par la voie routière a d'autres impacts sur l'environnement. Les bruits des moteurs ont des effets sur notre écosystème et il en est de même pour les vibrations dus aux mouvements des matériels de transports. L'étude met en exergue des mesures de lutte contre les différents impacts environnementaux du transport des

marchandises et elle permet de s'orienter vers des modes de transport moins polluantes d'où la nécessité d'utiliser des systèmes de transports durables.

Références

Boliang Lin, Chang Liu, Jiayi Wang et Siqi Liu, 2015: Research on the Methods of Releasing the Capacity of Railway for Transferring Freight Flow from Road to Railway. *Beijing Jiaotong University, School of traffic and transportation*.

DNTTMF (Direction Nationale des Transports Terrestre, Maritime et Fluviaux) 1993 – 2017 : Observatoire des transports du Mali. *Annuaire statistique des transports du Mali, Rapports des années de 1993 à 2017* : 153 pages.

DNTTMF (Direction Nationale des Transports Terrestre, Maritime et Fluviaux) 2015 – 2017 : Observatoire des transports du Mali. *Annuaire statistique des transports du Mali, Rapports des années de 2015 à 2017* : 153 pages.

INSTAT (Institut National de la STATistique) 1990 : Recensement General de la Population et de l'habitat (RGPH) Avril 1987. *Archives INSTAT-Mali: Deuxième RGPH*, 200 pages.

INSTAT (Institut National de la STATistique) 2001 : Recensement General de la Population et de l'habitat (RGPH) Avril 1999. *Archives INSTAT-Mali: Troisième RGPH*, 200 pages.

INSTAT (Institut National de la STATistique) 2013 : Recensement General de la Population et de l'habitat (RGPH) Avril 2009. *Archives INSTAT-Mali: Quatrième RGPH*, 200 pages.

Ke Shui-fa et Wang Ya, 2015. "Carbon Emissions and Reduction Scenarios of Transportation in Beijing". *China Population, Resources and Environment* 25(6) ; 81 – 88.

Nadia Manchourie, 2005 : Le secteur des transports et développement durable au Maroc. *Université Mohamed V*, 33 Pages.

NAP (National Academies Press) 2006 : New sources review for stationary sources of air pollution; *The National Academies Press, Washington DC*, NAP Edition, 334 Pages; www.nap.edu/catalog/11701.html. (11/01/2020)

NJ Gogtay et UM Thatte, 2017 : Principles of correlation analysis; statistics for researchers . *Journal or the Association of Physicians of India; Vol 65; 78 - 81*.

OCDE (Organisation de la Coopération et le Développement Economique) 1996 : vers des transports durables. *Conférence de Vancouver du 24 - 27 Mars 1996*, 206 pages.

OECD (Organisation for Economics Co-operation and Development) 2006 : *Decoupling the environmental of transport from economic grow* ; OECD; Victoria Transport Policy Institut 2006. OECD: www.sourceoecd.com ; OECD: www.oecd.org/env/policies/database. (20/04/2020)

Site PIB 2020. Evolution du PIB du Mali de 1993 à 2017 <https://perspective.usherbrooke.ca/bilan/tend/MLI/fr/NY.GDP.MKTP.CD.html> (10/11/2020)

Site Population 2020. Evolution de la population du Mali entre 1993 et 2017 : <https://perspective.usherbrooke.ca/bilan/tend/MLI/fr/SP.POP.TOTL.html> (10/11/2020)

Shi Xiao-qing 2013. Research on Carbon Reduction Potential of Electric Vehicles for Low-Carbon Transportation and Its Influencing Factor. *Environmental Sciences* 34(1), 385 - 394.

World bank 2004. *transport support to Sustainable Economic Growth*. Annual World Bank Report on sustainability.

World Bank Group 2014. *Climate and carbon finance for sustainable development*. Annual Report : 1.