

Effets de la pollution de l'air sur la santé dans les pays du Bassin du Congo

OFFELE OKOPOUE Jacqueline
Email: jacquelineoffele@gmail.com

Résumé: L'objectif de ce travail est d'analyser les effets de la pollution de l'air sur la santé dans les pays du Bassin du Congo¹, sur une période allant de 1995 à 2017. Les résultats de l'estimation à partir de données de panel basées sur les techniques de Pooled Mean Group (PMG) ont révélé qu'à court terme, les émissions de CO₂ ont un impact négatif et significatif sur les dépenses de santé au Cameroun et en Guinée Equatoriale, à l'exception du Congo, du Gabon et de la RDC où l'impact est positif et non significatif. En effet, ces émissions n'ont pas de relation quadratique avec les dépenses de santé. Cependant, à long terme, les émissions de CO₂ ont un effet marginal sur les dépenses de santé mais victime de la pollution de l'air occasionnée par le reste du monde, et son carré ne satisfait pas avec les dépenses dans l'ensemble des pays du bassin du Congo. Ces résultats ont permis de formuler quelques implications de politiques économiques, à savoir, la mise en place des politiques de développement durable dans l'ensemble des pays du Bassin du Congo.

Mots-clés : Pollution de l'air, Santé, PMG, Bassin du Congo

JEL : H23, I1, C23, N57

Abstract—This paper aims to analyze the effects of air pollution health in Congo Basin from 1995 to 2017. The results of estimation through panel method, using Pooled Mean Group (PMG), reveals that, in the short run, the CO₂ emission has negative and non-significant impact on health expenditure in five countries of Congo Basin, excepted Gabon. Indeed, they do not have quadratic relationship with health expenditure. However, in the long run, the emission of CO₂ has negative and significant impact on health expenditure in the all countries of Congo Basin. These results allow us to formulate some economy policy implications, namely the implementation of sustainable development policies in the all of the Congo Basin countries.

Keywords— Air pollution; Health; PMG; Congo Basin

¹ Cameroun, République du Congo, République Démocratique du Congo, Gabon et Guinée Equatoriale.

Introduction

Aujourd'hui, la santé occupe une place de choix sur l'échelle des priorités dans l'économie et de la communauté internationale (OMS, 2018). Comme l'éducation, la santé est une composante du capital (Schultz, 1961; Mushkin, 1962; Weil, 2007), et est un facteur de croissance et de développement (Lucas, 1988). En effet, la santé représente un actif économique de première importance d'autant plus qu'elle répond à un droit humain de base auquel peut prétendre tout individu dans la détermination des conditions de vie des individus (OMS, 1992). De plus, la santé renforce l'acquisition des connaissances et accroît les performances éducatives.

Cependant, il nous semble que la santé des populations est touchée par les effets de la pollution de l'air par des nombreuses maladies. Celle-ci est la cause de plusieurs pathologies, qui souvent, sont à l'origine des cas d'hospitalisations, surtout, infanto-juvéniles et seniors, et, par conséquent, de décès, en raison de leur aptitude à affecter les systèmes respiratoire (Ghio et Huang, 2004), cardiovasculaire (Reidiker et al., 2004) et cérébral (Brugge et al., 2007).

Le choix du bassin du Congo a été retenu pour plusieurs raisons, à savoir: le niveau de la pollution de l'air dans les pays du bassin du Congo évolue de façon croissante. De même, les émissions de dioxyde de carbone de la zone sont passées de 1,468 tonne métrique, par habitant, en 2010, à 2,909 tonnes métriques, par habitant, en 2016 (BM, 2017); ce qui représente un taux de croissance annuel de 49,53%. Par rapport aux taux des émissions de CO₂ élevé, cette zone présente un nombre élevé de décès dû aux maladies respiratoires. On y relève 42648, en moyenne, en 2016, (OMS, 2019), soit un taux de 426,48%, par 100 décès. Par ailleurs, l'espérance de vie, à la naissance, est faible et représente 55,2 ans, au Cameroun, 61,9 ans, au Congo, 58,4 ans, en République Démocratique du Congo, 57,4 ans, en Guinée Equatoriale et 64 ans, au Gabon, contre 79 ans, en Amérique du Nord et 75,6 ans, en Europe centrale, sur une période de 2017 (BM, 2018).

Malheureusement, le bassin du Congo étant le deuxième massif forestier au monde, n'échappe pas aux problèmes liés à l'environnement. Ces pays ont des caractéristiques démographiques des pays en développement, à savoir une population à croissance galopante engendrant une pression sur l'environnement. En outre, entre 1990 et 2000, il apparaît que la population de cette zone est passée de 44,22% à 50,82% et, en 2017, la population urbaine est estimée à 61% (WDI, 2018). Suite à cette

situation, il est question d'examiner les conséquences de la pollution de l'air sur la santé.

L'objectif principal de cette étude est d'analyser les effets de la pollution de l'air sur la santé dans les pays du bassin du Congo, à savoir la Cameroun, le Congo, le Gabon, la Guinée Equatoriale et la RDC.

La structure de ce travail se présente, à la suite de cette introduction, en trois sections de manière suivante. La section 1 est consacrée à la revue de la littérature. La section 2 présente la méthodologie utilisée pour l'analyse de la relation entre variable d'intérêt. La section 3 présente la discussion des résultats. La quatrième conclut et souligne les mesures de politiques économiques.

I- Revue de la littérature

L'objet de cette section est d'examiner l'existence de la controverse tant du point de vue théorique qu'empirique sur la relation accordée par les effets de la pollution sur la santé.

Sur le plan théorique, la littérature révèle l'existence de deux approches, à savoir: l'approche néoclassique et l'approche écologique. La pollution de l'air contribue à la destruction de la santé humaine par ses effets externes négatifs, qui, à leur tour, affecte l'économie (Lucas, 1988).

L'approche néoclassique de développement soutenable faible, évoque un développement mondial, sans effets externes (pollution de l'air par exemple), sur le mode de vie des populations, en matière de santé (Grossman, 1972, Godard, 1988). Cette approche est soutenue par plusieurs théories parmi laquelle, la théorie des biens communs internationaux introduite par Kaul et al. (1999), faisant suite aux travaux de Kindleberger (1986) qui stipulent qu'au niveau international, il n'existe pas de gouvernance susceptible de fournir les biens mondiaux qui dépassent les frontières comme la pollution transfrontalière et le réchauffement climatique (Faust et Kaul, 2001; Coussy, 2001; Constantin, 2002. Par ailleurs, il y a la théorie des effets externes négatifs de Pigou (1932) qui permet de provoquer la diminution du capital santé ou des nuisances pour l'état de santé d'autres agents (Baumol et Oates, 1988; Barde, 1991). A cet égard, Herfindahl et Kneese (1974) considèrent que la pollution de l'air est due au fait des ressources collectives dans lesquelles quiconque peut puiser (Garett, 1968). En outre, la théorie du capital humain a été principalement mise en exergue par Schultz (1961) et Becker (1964). Dans cette théorie, l'importance de la santé en tant que l'une des composantes du bien-être a été soulignée par Betham (1789) et Max (1867). Pour ces derniers, la santé constitue une forme de capital humain, au même titre que l'éducation (Grossman, 1972).

S'agissant de l'approche écologique de développement soutenable forte, la théorie de la bioéconomie sur les aspects de l'économie critique le problème d'internalisation et des externalités (Passet, 1996). Aussi la théorie des coûts sociaux soutient-elle qu'à travers le mode de développement traditionnel,

en matière d'activité de production, la pollution induit des effets négatifs sur l'état de santé des individus, l'instabilité économique, le chômage etc. (Kapp, 1950, Pimentel, 1973, Kapp, 1977). Enfin, il y a la théorie de l'état stationnaire qui évoque un monde stable qui limite l'augmentation de la population, les déchets et la consommation (Daly, (1993; Daly, 2008).

De la revue empirique, il découle l'idée selon laquelle les travaux économiques et l'intégration des travaux épidémiologiques peuvent permettre une meilleure compréhension des interactions entre pollution de l'air et santé.

Les travaux de Pearce et Warford (1993) stipulent que les conséquences immédiates et les plus importantes de la dégradation de l'environnement sont les dommages à la santé humaine causés par des différentes formes de maladies. De nombreux auteurs ont évalué comment la pollution de l'air a des effets négatifs sur la santé des effets positifs sur les dépenses de santé.

A cet égard, les auteurs comme Knittl et al. (2016), Arceo et al. (2016) et Beelen et al. (2015) affirment que la pollution de l'air influence négativement l'état de santé.

Raeisi et al. (2018) ont étudié les effets de la pollution de l'air sur les dépenses de santé publique et privée, en Iran. Ils ont utilisé le modèle autorégressif à retard échelonné (ARDL) sur la période allant de 1972 à 2014. Les résultats de leur étude montrent que la pollution de l'air affecte, significativement et positivement, les dépenses de santé publique et privée, à long terme, de sorte qu'une augmentation de 1% des émissions de CO₂ entraîne une augmentation de 3,22% et de 1,16% des dépenses de santé publique et privée. La pollution de l'air a, également, eu un impact plus important sur les dépenses de santé, à long et à court termes. De même, Badamassi et al. (2017) ont analysé l'impact des émissions de CO₂ sur les dépenses de santé des 44 pays de l'Afrique subsaharienne, sur la période allant de 1995 à 2010. Ces auteurs ont utilisé la méthode des moments généralisés et sont parvenus à la conclusion selon laquelle les émissions de CO₂ étaient associées, de manière positive significative, aux dépenses de santé.

D'autres travaux, notamment, ceux d'Apergis et al. (2018) et Khoshnevis et Bahman (2017) vérifient la relation entre pollution de l'air et les dépenses de santé. En effet, pour eux, la pollution de l'air a des effets positifs sur les dépenses de santé.

Par contre, les travaux de Jie (2008), Xu et al. (1998) qui, malgré leurs champs d'études, de variables retenues et leurs différentes méthodologies, ont abouti aux résultats selon lesquels, la pollution de l'air a des effets marginaux sur l'état de santé des populations.

II- Approche méthodologique

II.1- Présentation du modèle théorique

Dans le cas de ce travail, l'objectif visé est d'analyser les effets de la pollution de l'air sur la santé dans les pays du bassin du Congo. Pour ce faire, nous allons nous inspirer des travaux de Cropper (1981) puis de Hartwig et Jan-Egbert (2017), qui se sont appuyés sur un modèle sériel de Grossman (1972).

Selon Grossman, la santé est considérée comme un bien et que des individus héritent d'un stock initial de santé qui se déprécie dans le temps. Ainsi, on peut la formaliser de la manière suivante:

$$I_t = TH_t^{1-\xi} M_t^\xi E_{1t}^{\varepsilon_1} \dots \dots E_{nt}^{\varepsilon_n} \quad (1)$$

Avec: I : l'investissement dans la santé; H stock de capital santé qui mesure sa résistance à la maladie, TH : le stock du capital santé en combinant le temps et M : les biens achetés afin de générer des investissements, E : éducation. Les résultats de l'équation (1) comprennent l'exercice, le repos et l'alimentation de l'individu i dans le temps t .

Pour simplifier, supposons que l'investissement dans la santé présente des rendements d'échelle constant que le coût marginal d'investissement soit constant et indépendant de I_t . Ceci est reflété dans l'équation (2) qui donne le coût marginal de l'investissement π_t , en fonction du prix des biens achetés PM_t et du salaire W_t .

$$\pi_t = W_t^{1-\xi} PM_t^\xi E_{1t}^{-\varepsilon_1} \dots \dots E_{nt}^{-\varepsilon_n} \quad (2)$$

L'investissement dans la santé augmente le stock de santé de l'individu H_t , selon

$$dH_t/dt = I_t - \delta_t H_t \quad (3)$$

Le capital santé se détériore, également, au taux proportionnel δ_t car la résistance à la maladie diminuerait, si aucun investissement dans la santé n'était réalisé. Le principal motif d'investissement dans la santé est que le capital santé affecte le temps passé à rester malade, TL_t . Supposons une relation discontinue entre H_t et TL_t . Donc, l'individu considère le log de la maladie comme une fonction décroissante du log du capital santé. L'équation se présente de la manière suivante:

$$\ln TL_t = \gamma - \alpha \ln H_t \quad \alpha > 0 \quad (4)$$

Il ne serait raisonnable que si TL_t fait référence à des maladies aiguës (le rhume, la grippe, etc.). Pour simplifier le modèle (4), il est supposé d'investir dans la santé. Cela réduit la maladie à un bon investissement et implique que le seul effet de la santé sur les services est la contrainte budgétaire.

Tout d'abord, l'investissement, en santé, est choisi pour maximiser la contrainte budgétaire (R), la valeur actuelle du revenu intégré par la déduction faite du coût de l'investissement, puis on maximise l'utilité, compte tenu de la contrainte budgétaire (R). Dans le modèle actuel complet, le revenu est la valeur marchande du temps sain d'un individu. Si Ω est le

temps total disponible en t , $h_t = \Omega - TL_t$ est alors la quantité de temps disponible en bonne santé. La valeur actuelle du revenu intégral net du coût d'investissement en santé s'écrit de la manière suivante.

$$\int_0^T (W_t h_t - \pi_t I_t) e^{-rt} dt \quad (5)$$

Où T est la durée de la vie. Le problème de l'individu est de choisir le sentier de l'investissement qui maximise (5) sous contrainte de (3) et (4). Lorsque le coût marginal de l'investissement est constant, l'individu choisit un niveau optimal H^*_t , puis détermine le montant de son investissement en santé parmi (3). Le stock optimal de santé est déterminé en évaluant la valeur du produit marginal du capital santé, $\frac{\partial h_t}{\partial H_t}$, à son prix de fourniture.

$$W_t \frac{\partial h_t}{\partial H_t} = \pi_t (r + \delta - \frac{d\pi_t}{dt} \frac{1}{\pi_t}) \quad (6)$$

Ce dernier comprend trois parties: les intérêts perdus en investissant π_t dans la santé plutôt qu'au taux r , le coût d'amortissement $\pi_t \delta_t$, puisque chaque unité de santé diminue immédiatement du montant δ_t et un gain en capital s'accumule, si le coût de l'investissement change. Si π_t augmente, à peu près, au taux d'intérêt, le côté droit du (6) est réduit à $\pi_t \delta_t$. En substituant (4), le stock de santé optimal peut être écrit comme suit.

$$\ln H_t^* = \frac{1}{1+\alpha} (\beta + \ln W_t - \ln \pi_t - \ln \delta_t) \quad (7)$$

Avec $\beta = \gamma + \ln \alpha$

Tandis que le temps passé malade est donné par

$$\ln TL_t^* = \gamma - \frac{\alpha}{1+\alpha} (\beta + \ln W_t - \ln \pi_t - \ln \delta_t) \quad (8)$$

La pollution de l'air peut s'intégrer de plusieurs manières dans ce modèle. L'observation faite par les individus qui sont, plus souvent, malades dans des environnements pollués pourrait signifier que la pollution entre dans l'équation (4), du temps passé malade, avec un coefficient positif. On peut y parvenir en faisant en sorte que le taux de dégradation du capital santé soit fonction de la pollution de l'air P_t .

$$\delta_t = \delta_0 e^{\delta_t P_t^\psi} S_t^\phi \quad (9)$$

L'équation (9) implique, également, que le taux de dégradation de la santé varie avec d'autres facteurs. Beaucoup d'études postérieures (Boachie et al., 2014 ; OMS, 2019) issues de la nouvelle littérature empirique de la pollution ajoutent des variables de contrôles (Z), pour expliquer l'hétérogénéité et l'homogénéité. Ainsi, l'équation devient:

$$\delta_t = \delta_0 e^{\delta_t P_t^\psi} S_t^\phi Z_t^\beta \quad (10)$$

Avec β , l'élasticité associée à la variable Z , selon Grossman, l'analyse porte sur individu, d'où i . dans le cas de cette réflexion et, conformément, aux travaux de Hartwig et Jan-Egbert (2017), le caractère individuel peut être arrimé à un pays. Ainsi, l'équation (10) devient:

$$\delta_{it} = \delta_0 e^{\delta_{it}} P_{it}^{\psi} S_{it}^{\phi} Z_{it}^{\beta} \quad (11)$$

II.2 - Modèle à des fins d'estimation

Relation (11) représente le modèle à des fins d'estimation. Dans cette relation, le taux de dégradation du capital santé δ_t qui est représenté par les dépenses de santé est fonction de la pollution de l'air et des autres variables. Ainsi, la forme fonctionnelle de notre modèle est la suivante:

$$DEST = f(CO_2, CO_2^2, PIBHAB, TBSP, PALU, GOUV, CO_2RM) \quad (12)$$

De façon générale, l'équation en semi logarithme à estimer est spécifiée comme suit:

$$DEST_{it} = \alpha + \beta_1 CO_{2it} + \beta_2 CO_{2it}^2 + \beta_3 \ln PIBHAB_{it} + \beta_4 \ln TBSP_{it} + \beta_5 \ln PALU_{it} + \beta_6 GOUV_{it} + \beta_7 CO_{2RM_{it}} + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

La forme quadratique est, souvent, utilisée, en économie appliquée, pour capturer les effets marginaux croissants ou décroissants. En effet, cette courbe correspond à une combinaison des coefficients (paramètres du modèle économétrique). La relation entre les dépenses de santé et les émissions de CO₂ est quadratique en forme de U si $\beta_1 < 0$; $\beta_2 > 0$, ce point (minimum de la fonction) et en forme de U inversé si $\beta_1 > 0$; $\beta_2 < 0$, ce point (maximum de la fonction). Ainsi, la formule générale, pour le point de retournement d'une forme quadratique, est: $X^* = -\beta_1 / (2\beta_2)$.

Dans la relation (13), ε_{it} désigne le terme d'erreur, i désigne le pays à l'année t , $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7$, les coefficients des variables explicatives pour les pays i , α la constante pour l'individu i .

II.2.1-Choix des variables et sources des données

II.2.1.1- Présentation des variables

Les variables que nous avons choisies dans le cadre de ce travail sont indiquées ci-dessous:

- **DESP**: Cette variable désigne les dépenses de santé. Elle représente notre variable expliquée et renseigne sur l'effort global du pays à améliorer l'état de santé des populations (Raeisi et al., 2018).

Variables explicatives

- **CO₂**: les émissions de dioxyde de carbone sont celles qui émanent lors de la combustion de combustibles fossiles et de la fabrication de ciment. Elles comprennent les émissions de dioxyde de carbone produites lors de la consommation de combustibles solides, liquides et gazeux et du torchage. Le choix de la variable se justifie par le fait que le dioxyde de carbone ou les émissions de CO₂ est considéré comme un polluant global et que ses effets se manifestent sur une très longue distance. Elle fait l'objet d'une surveillance particulière à cause des menaces qu'il fait peser sur la santé (Raeissi et al., 2018). Ainsi, le signe espéré est positif (+).
- **CO₂₂**: les émissions de dioxyde de carbone au carré sont celles qui émanent lors de la combustion de combustibles fossiles et de la fabrication de ciment. Elles comprennent les émissions de dioxyde de carbone produites lors de la consommation de combustibles solides, liquides et gazeux et du torchage. Le signe attendu du coefficient de cette variable est positif (+).
- **PIB_HAB**: Produit intérieur brut par habitant est la somme de la valeur ajoutée brute de tous les producteurs résidents d'une économie plus toutes taxes sur les produits et moins les subventions non incluses dans la valeur des produits. Il est calculé, sans effectuer de déductions pour la dépréciation des biens fabriqués ou la perte de la valeur ou la dégradation des ressources naturelles. Le PIB est un indicateur du développement et de condition de vie qui est fréquemment utilisé pour déterminer la disponibilité des ressources dans les modèles à fins des politiques, ce qui suppose des effets positifs sur les dépenses de santé (Newhouse, 1977; Murthy et Okunade, 2000).
- **TBSP**: correspond au total des inscriptions dans l'éducation secondaire, indépendamment de l'âge, exprimé en pourcentage de la population en âge de suivre une éducation secondaire officiellement (Barro, 1991). Cette variable est l'un des facteurs les plus corrélés de la bonne santé (Grossman et Kaester, 1997). L'éducation peut augmenter le recours aux soins de santé (Mendo, 2013). Elle pourrait, donc, doter des individus de la capacité d'évaluer la santé et permet de cerner les moyens à mettre en œuvre pour accéder à la structure qui fournit les meilleurs soins. En effet, plus l'individu est bien éduqué, plus il prendra soins de santé et, moins, il dépensera. De cette façon, nous espérons obtenir un signe positif ou négatif.
- **PALU**: est la variable paludisme qui est une maladie potentiellement mortelle due à des parasites transmis à l'homme par des piqûres de de femelles de moustiques infectées. Cette variable est utilisée, dans ce travail, parce qu'elle est la cause de mortalité et de morbidité des populations dans la sous-région, en dépit politiques sanitaires mises en place par des autorités publiques. Cela augmenterait les dépenses de santé par l'incidence de nombreux facteurs environnementaux et socioéconomiques qui conditionnent l'épidémiologie du paludisme.

Nous attendons que ce dernier soit positivement lié aux dépenses de santé (OMS, 2019).

- **GOUV** : est la variable composée à partir des 6 indicateurs de la bonne gouvernance. La qualité des institutions est l'une des composantes qui renseignent sur la bonne gouvernance dans les institutions et constitue un facteur important dans la prise de décisions des problèmes environnementaux. Le signe affecté à la variable est positif.
- **CO2RM** : les émissions de dioxyde de carbone du reste du monde sont celles qui émanent lors de la combustion de combustibles fossiles et de la fabrication de ciment dans le reste du monde. Le signe attendu est positif.

II.2.1.2- Source de données

Dans cette étude, nous utiliserons les données annuelles issues de la base de données de la Banque mondiale (WDI, 2017). Son échantillon est composé de 5 pays du bassin du Congo (Cameroun, Congo, Gabon, République démocratique du Congo et Guinée équatoriale) et couvre la période allant de 1995 à 2017, soit au total 115 observations. Nous nous sommes limitée à cette période car les données relatives aux dépenses de santé ne sont disponibles qu'à partir de cette date.

I- Exécution du modèle et interprétation des résultats

Dans cette section, il est présenté, dans un premier temps, l'exécution du modèle et la présentation des résultats et, dans un deuxième temps, l'interprétation de ceux-ci.

III.1- Exécution du modèle et présentation des résultats

L'utilisation des données de panel exige, au préalable, que soit vérifiés les tests préliminaires suivants: le test de stationnarité et le test de cointégration ensuite le résultat de l'estimation.

Test de racine unitaire en panel

L'étude de la stationnarité nous permet aussi bien de voir si les variables n'entretiennent pas des relations à long terme que de justifier la méthode d'estimation. Dans le cadre des séries en données de panel, pour tester la stationnarité des variables, cinq tests de racines unitaires peuvent être utilisés : Levin, lin & Chu FEP, Breitung test, Im, Peasaran & Shin test, ADF Fischer Chi-Square test et Phillips Perron-Fischer Chi-Square test. Ces tests sont basés sur l'hypothèse nulle d'absence de racine unitaire (H_0) ou de stationnarité de la série, contre l'hypothèse alternative (H_1) d'existence d'une racine unitaire ou la non stationnarité de la série. Dans ces tests, la prise

de décision est telle que si la probabilité associée à la valeur du t-statistique est significative au seuil de 5% (la probabilité associée étant inférieure à 0,05), l'hypothèse H_0 est rejetée au profit de l'hypothèse alternative et vis-versa. Dans le cadre de ce chapitre, deux tests de racine unitaires de la dernière génération sont utilisés. Il s'agit du test de racine unitaire de Im, Pesaran et Shin (2003) et du test de racine unitaire de Levin, Lin et Chou (2002).

Pour T et N grands ou encore dans le cas d'un panel cylindré, les résidus sont corrélés du même ordre pour tous les individus, la statistique $W_{tbar}(p, \beta)$ et Z_{tbar}^a .

Les résultats des deux tests Levin-Lin-Chu (LLC) et Im-Pesaram-Shin (IPS) sont résumés dans le tableau qui se trouve en annexe.

En générale, toutes les variables sont stationnaires, après une différenciation, sont intégrées à l'ordre 1. Nous pouvons, donc, dire qu'il y a présomption de la relation de cointégration entre les variables, ce qui nous amène à faire le test de cointégration, afin de vérifier l'existence des relations de court et long termes, entre les séries. Pour ce faire, l'utilisation du test de cointégration de Kao (1999) apparait nécessaire.

Test de cointégration en panel

Il existe beaucoup de tests de cointégration pour les données de panel. Mais, c'est celui de Kao (1999) qui est retenu pour tester la relation de cointégration entre les dépenses de santé et les émissions du dioxyde de carbone. En effet, Kao considère le cas particulier où les vecteurs de cointégration sont supposés homogènes entre les individus. Cette méthodologie est adaptée aux échantillons de faible taille et nous permettra d'avoir des résultats robustes. Les résultats du test sont présentés dans le tableau 1 ci-après.

Tableau 1: Résultats du test de cointégration de Kao

	T- Statistique	Probabilité
ADF	-3,0523	0,0011

Source: Auteur à partir des données de WDI

Dans le tableau 1, les résultats montrent que la probabilité associée au T-Statistique est de 0,0011, cela permet de rejeter l'hypothèse nulle d'absence de cointégration. Nous pouvons, de ce fait, dire qu'il existe une relation de cointégration entre les dépenses de santé et d'autres variables du modèle. Après le test de cointégration de Kao, il existe d'autres techniques pour estimer la relation sur les données de panel telles que les estimateurs à correction d'erreur de Pesaran, Shin et Smith (1999), à savoir le Pooled Mean Group (PMG), le Mean Group (MG), le Dynamic Fixed Effet (DFE) et le Static Fixed Effet (SFE). Pour ce faire, le choix se fait par le test d'Hausman, selon les résultats du test l'hypothèse nulle de la restriction d'homogénéité des régresseurs à long terme sont accepté.

III.1.1- Résultat de l'estimation en panel

Notre démarche repose sur l'estimation d'une relation à long terme, entre pollution de l'air et santé. Dans cette optique, nous proposons de recourir à la méthode du Pooled Mean Group (PMG) dont le principe est, au préalable, expliqué, avant la mise en pratique proprement dite.

Nous partons du modèle de panel dynamique PMG, développé par Pesaran, Shin et Smith (1999). La littérature sur l'estimation de panels dynamiques hétérogènes pour lesquels T et N sont élevés est basée sur le modèle ARDL (Autoregressive Distributed Lag) en panel.

La spécification ARDL présente deux avantages majeurs; elle permet, d'une part, d'estimer, Toutefois, la condition nécessaire à la validité et à la cohérence de cette approche est d'avoir une dimension de séries temporelles, suffisamment grande des données. L'estimateur des effets fixes dynamiques (DFE), pour sa part, s'obtient en empilant toutes les données et en imposant une homogénéité de tous les coefficients, à l'exception de la constante. Mais, Pesaran et Smith (1995) montre qu'il produit des estimateurs non convergents et potentiellement biaisés de la moyenne des paramètres dans les panels.

Pour Pesaran, Shin et Smith (1999), l'estimateur Pooled Mean Group (PMG) suppose une homogénéité des coefficients à long terme, contre une hétérogénéité à court terme. En effet, l'hypothèse d'homogénéité des coefficients à long terme repose sur le principe selon lequel les contraintes environnementales dont les conditions d'arbitrage ou encore les changements technologiques de production des émissions de CO₂ affectent, de la même manière, les différents groupes de pays. Quant à l'hétérogénéité, le PMG permet d'obtenir, à court terme, les coefficients, de manière dynamique spécifique, dans chaque pays. De ce fait, on

conjointement, les paramètres de court et de long terme, et d'autre part, elle permet d'introduire, dans le modèle, des variables pouvant être intégrées de différents ordres, soit d'ordre (0) et d'ordre (1) ou cointégrées (Pesaran et Shin, 1999). Il existe trois méthodes d'estimation avec un modèle ARDL: Mean Group (MG), Dynamic Fixed Effects model (DEF) et Pooled Mean Group (PMG).

L'estimateur de moyenne groupée (MG) proposé par Pesaran et Smith (1995), appelle à estimer des régressions séparées pour chaque. Il permet à tous les coefficients de varier et d'être hétérogènes dans le long-terme et le court-terme.

considère le modèle ARDL (Autoregressive Distributed Lag) (p, q, ..., q) suivant :

$$y_{it} = \sum_{j=1}^p \lambda_{ij} y_{i,t-j} + \sum_{j=0}^q \delta'_{ij} x_{i,t-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T$$

où p le nombre de retards de la variable endogène, q le nombre de retards des variables explicatives x_{it}, λ_{it} sont les coefficients liés à la variable endogène retardée, μ_i représente les effets fixes individuels et δ_{it}, les coefficients afférents aux régresseurs. Pour obtenir le terme d'erreur correspondant à la cible d'ajustement vers le long terme, l'équation (1) peut être reformulée de la manière suivante :

$$\Delta y_{it} = \phi y_{i,t-1} + \beta'_i x_{it} + \sum_{j=1}^{p-1} \lambda^*_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} \delta^*_{ij} \Delta x_{i,t-j} + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

$$\phi = -(1 - \sum_{j=1}^p \lambda_{ij}), \beta_i = \sum_{j=0}^q \delta_{ij}, \lambda^*_{ij} = -\sum_{m=j+1}^p \lambda_{im}$$

$$\text{Avec } j = 1, \dots, p-1; \delta^*_{ij} = -\sum_{m=j+1}^q \delta_{im} \text{ ou } j = 1, \dots, q-1$$

Les résultats de l'estimation sont présentés dans le tableau 1 suivant.

Tableau 1: Résultats de l'estimation de la relation de court terme et long terme

	CO ₂	CO ₂ ²	IPIBHAB	ITBSP	IPALU	GOUV	CO2RM		
	0,2145	-0,0041	-0,1221	-0,6047**	0,0474***	0,1351***	0,2266**		
	0,1547	0,0107	-0,0014	0,2041	0,0125	0,1354	0,1069		
	CO ₂	CO ₂ ²	IPIBHAB	ITBSP	IPALU	GOUV	CO2RM		
CMR	-9,7135*	18,8391*	-0,2482	-0,2570	0,0063	0,3229	-0,1003	-0,6672***	
	5,3086	9,8859	0,1543	0,2729	0,0110	0,0308	0,2154		
COG	-0,3141	0,7107	0,4065**	-0,2370	0,0050	-0,0585	0,5056	-0,1953	
	1,2081	1,0590	0,1663	0,2075	0,0207	0,0554	0,4890		
COD	-11,5058	117,9299	-0,3787**	-0,2521	0,0340*	-0,2240***	-0,3765	-0,7524***	
	18,6325	183,7187	0,1550	0,3417	0,0205	0,0446	0,3380		
GNQ	-1,4130**	0,0144**	-0,1814	1,1096***	0,0701	0,0464	-1,2008**	-0,7550***	
	0,4986	0,0061	0,1388	0,3155	0,0504	0,0702	0,4956		
GAB	-2,0395	-0,3145	-0,5370***	0,1675	0,0085	-0,0196	-1,1401	-0,5997***	
	1,3810	0,2183	0,1650	1,5704	0,0206	0,0854	0,1522		

Source: Construction de l'auteur à partir de STAT 14

*** significatif à 1%, ** significatif à 5%, * significatif à 10%. Les valeurs en dessous représentent respectivement les écarts-types.

L'estimation de la relation à long terme nous donne des coefficients d'ajustement : - 0,6672, -0,7524, - 0,7550 et -0,5997, respectivement pour le Cameroun, la République Démocratique du Congo, la Guinée Equatoriale et le Gabon.

Ces coefficients sont significatifs, au seuil de 1% et compris entre -1 et 0, ce qui permet de valider les modèles à correction d'erreur. Ces coefficients donnent, en valeur absolue, la vitesse d'ajustement des variables du système vers la cible de long terme.

III.2- Interprétation des résultats

Notre résultat peut s'expliquer par, au moins, trois (03) principaux enseignements : à court terme, la pollution de l'air a un effet marginal sur les dépenses de santé dans les pays comme le Congo, le Gabon et la RDC. De même, la pollution de l'air a un effet nul sur les dépenses de santé au Cameroun et en Guinée Equatoriale. A long terme, l'effet marginal de la pollution de l'air a un impact considérable sur les dépenses de santé dans les pays du bassin du Congo.

Dans le premier résultat : effet marginal à court terme de la pollution de l'air sur les dépenses de santé au Congo, au Gabon et en RDC

D'après le premier résultat de l'estimation, l'effet marginal de la pollution de l'air a un impact sur les dépenses de santé. Il en est ainsi parce que les émissions de CO₂ ont des coefficients non significatifs. Ces coefficients qui ont affecté du signe négatif suggèrent qu'une augmentation des émissions de CO₂ diminue les dépenses de santé dans ces pays. Ces résultats relativisent ceux obtenus par certains auteurs (Narayan et Narayan, 2008 ; Aphekoum, 2011) qui mettent en évidence la significativité de ce résultat.

En effet, deux principaux arguments peuvent expliquer ce résultat, notamment le faible niveau de CO₂ dans ces pays. Le faible niveau d'émissions de CO₂ peut se justifier par l'importance des ressources forestières, sa couverture, l'application de certaines conventions internationales afin de lutter contre le changement climatique et le respect des ODD, pour un environnement sain, d'une part. D'autre part, le faible niveau d'industrialisation de ces pays ne peut avoir les effets sur la santé des individus et la couverture récente des tourbières et l'initiative de planting d'arbre, chaque année, fait que ces pays aient le potentiel nécessaire pour neutraliser ses émissions et ainsi limiter, considérablement, son impact sur la santé.

Dans le deuxième résultat : Effet nul à court terme de la pollution de l'air sur les dépenses de santé au Cameroun et en Guinée Equatoriale

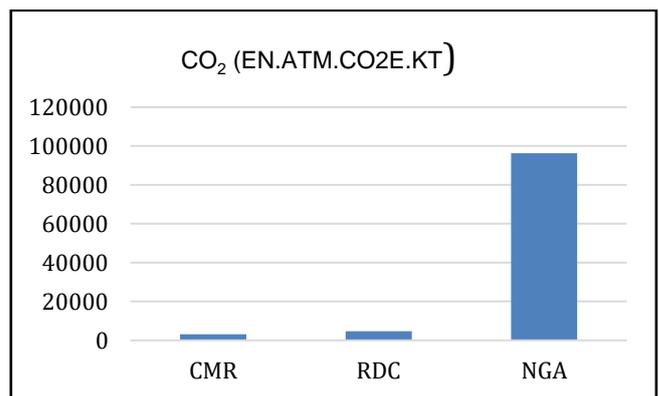
Suivant les résultats obtenus, il se dégage un effet nul de la pollution de l'air sur les dépenses de santé. Ces coefficients d'élasticité de la pollution de l'air aux émissions du CO₂ de court terme sont négatifs et significatifs. Cela se manifeste par le fait que les émissions de CO₂ dans ces pays sont très négligeables et posent peu de préjudice sur la santé des populations. Voilà pourquoi, les dépenses de

santé y sont en baisse. Ces résultats sont contraires des travaux des auteurs (Yazdi et al., 2018 et Pop et al., 2004) et vont dans le même sens que ceux obtenus par Xu et al. (1994).

L'effet nul de la pollution de l'air sur les dépenses de santé au Cameroun et en Guinée Equatoriale peut avoir plusieurs explications. Celles-ci peuvent être regroupées en trois arguments. Le premier réside dans l'explication de l'importance de réserve forestière dans ces pays, le second a trait à la mise en place du programme REDD+ et le troisième est lié aux politiques de santé qui ne sont pas orientées vers les politiques de santé- environnement.

D'abord, les forêts de ces pays ont la capacité d'absorption des émissions de CO₂ et que la quantité des émissions de CO₂ rejetée qui doit être inférieure à celle qui cause la pollution. La faiblesse des émissions de CO₂ dans ces pays permet de procéder à une analyse comparative avec d'autres pays comme le Nigeria (NGA). Le graphique ci-dessous illustre l'évolution des émissions émises par ces pays.

Graphique 1 : Comparaison des émissions de CO₂ entre pays



Source : l'auteur, à partir de l'extrait de WDI, World Bank, 2018

Il ressort de ce graphique que les émissions de CO₂, au Cameroun et en Guinée Equatoriale, sont presque négligeables, par rapport aux émissions d'autres pays. L'étude quantitative montre que les émissions de CO₂, au Nigeria, sont respectivement 31,11 et 20,61 fois plus grande que celles du Cameroun et en Guinée Equatoriale. Cette faiblesse se justifie par le fait que la couverture forestière que regorge ces pays a la capacité d'absorption des émissions de CO₂. Cette forêt joue un rôle dans la régulation du cycle du carbone à l'échelle planétaire. A ce fait, s'ajoutent les services de régulation qui contrôlent le processus national tel que le climat. Ce qui fait que les émissions de CO₂ n'aient pas des effets nuisibles sur la santé. Ensuite, il y a le respect de traités dans l'application des programmes REDD+ et l'adhésion de ces pays aux accords internationaux sur le climat. Enfin, les politiques de santé dans les pays en développement en général et plus particulièrement dans les pays du bassin du Congo ne sont pas orientées vers les questions de l'environnement, c'est-à-dire que les

dépenses de santé ne sont pas axées sur les maladies causées par la pollution de l'air telles que les maladies respiratoires, les maladies cardiovasculaires etc. Et le manque de technique ou des rapports produits par ces pays, c'est-à-dire que le manque d'organes consultatifs dotés de moyens et chargé d'établir les programmes de recherche nationaux, de produire la synthèse des données disponibles, de suivre des progrès nationaux en matière de santé et d'environnement et de fournir ces informations directement aux décideurs.

Dans le troisième résultat : Effet marginal à long terme de la pollution de l'air sur les dépenses de santé dans les pays du bassin du Congo

La pollution de l'air a un effet marginal et non significatif sur les dépenses de santé, au seuil de 5%. Le signe positif qui est affecté par le coefficient indique que les conditions de santé publique se détériorent constamment avec l'augmentation des émissions de CO₂, dans les pays du bassin du Congo. Par ailleurs, ce résultat confirme la théorie des externalités négatives, qui découle des réflexions des auteurs tels Pigou (1932) et Barde (1991), et corrobore, avec les travaux obtenus par Brunekreef et Holgate (2000 ; 2002), Jerrett et al. (2003), Toor et butt (2005), Badamassi et al., (2017) et Raeissi et al. (2018) qui mettent en évidence les effets positifs et significatifs de la pollution sur les dépenses de santé. Par contre, les travaux de Jie (2008) et Xu et al. (1998) ont abouti aux résultats selon lesquels, la pollution de l'air a des effets marginaux sur l'état de santé des populations.

L'effet marginal de la pollution de l'air sur les dépenses de santé peut être expliqué par un principal argument, à savoir : le niveau d'exploitation excessive des hydrocarbures.

- Le niveau d'exploitation des hydrocarbures, des mines et du bois élevé

La majorité de pays du bassin du Congo produit du pétrole. Toute extraction du pétrole génère les effets indésirables sur la santé des populations par ses impacts irréversibles qui affectent l'air. L'air est contaminé par les torchères qui brûlent le gaz de rejet et qui occasionnent le développement des maladies cutanées et respiratoires chez les enfants (Ghio et Huang, 2004).

Conclusion

L'objectif de ce travail était d'analyser les effets de la pollution de l'air sur la santé dans les pays du bassin du Congo. Le problème de la pollution de l'air et santé est au cœur des débats actuels dans le monde et, en particulier, dans les 5 pays du bassin du Congo. Pour ce faire, nous avons recouru à un modèle autorégressif, à retards échelonnés (ARDL) qui permettrait d'obtenir, simultanément les équations de court et long termes. En effet, nous avons procédé au test de spécification d'Hausman afin de déterminer un estimateur approprié pour accéder à la méthode. Pour cela, la méthode Pooled Mean Group (PMG) a été retenue parce qu'elle impose une contrainte d'égalité

des coefficients de long terme et permet aux coefficients de court terme d'être différents d'un pays à un autre.

Au terme de cette démarche d'estimation envisagée dans cette étude, les résultats nous révèlent qu'il existe un effet nul et marginal à court et long termes entre dépense de santé et les émissions de CO₂. En effet, l'augmentation des émissions de CO₂ entraîne, par conséquent, une baisse de dépenses de santé. Cependant, à court terme, l'augmentation des émissions de CO₂ n'influence pas les dépenses de santé, de la même manière. Dans le cas du Congo, de la République Démocratique du Congo et du Gabon, par exemple, les émissions de CO₂ entraînent une baisse des dépenses de santé mais qui sont marginales tandis que cette même augmentation, entraîne une baisse de dépenses de santé dans le cas du Cameroun et de la Guinée Equatoriale.

En effet, les émissions de CO₂ ont un effet marginal, mais positif dans les pays du bassin du Congo à long terme et que les émissions du reste du monde impactent positivement les dépenses de santé.

En termes des émissions de CO₂, les résultats prouvent que la baisse de celles-ci, dans les pays du bassin du Congo, à court terme pourrait être consolidée par la grande couverture forestière dense qu'il occupe dans le monde, laquelle facilite l'absorption des émissions de CO₂. Et d'autres résultats pourraient être expliqués par l'urbanisation incontrôlée, l'augmentation de la production des hydrocarbures, l'augmentation des véhicules ; ce qui fait que les maladies générées par la pollution vont occasionner de plus grandes répercussions sur les dépenses de santé.

Ce chapitre a permis d'obtenir des résultats qui semblent intéressants et qui correspondent à la réalité de la zone étudiée en raison de l'importance des ressources forestières quelle couvre et le faible niveau d'industrialisation. La mise en place des outils de gestion durable et de programme intégré permet de s'attaquer à la pollution de l'air pour la réduction des risques et la préservation de l'environnement, à un niveau, qui ne met pas en danger la santé des populations.

Toutefois, nous pensons qu'une réflexion sur les études microéconomiques peut faire l'objet de travaux futurs afin de favoriser une meilleure connaissance du problème de pollution de l'air.

Bibliographie

- [1] Abel-Smith B. (1967), « An International Study of Health Expenditure », *World Health Organisation* (Public Papers No. 32), Geneva.
- [2] Anderson H. (1999), « Health effects of air pollution episodes. », In *air pollution and health* (Eds Holgate S.T., Koren S. and Maynard R. L.), *Academic Press*, pp. 461-481.
- [3] Ariès P. (2007), "La décroissance: un nouveau politique", Editions Golias, pp. 362.
- [4] Badamassi A., Xu D. and Leyla B. (2017), « The Impact of Residential Combustion Emission on Health Expenditures: Empirical Evidence from

- Sub-Saharan Afrique », *Atmosphere*, Vol. 8, No. 12, pp. 1-11.
- [5] Barro R.J. (1991), « Economic Growth in a cross section country », *Quarterly Journal of economic*, Vol. 106, pp. 407-444.
- [6] Boisvert, V., Caron, A., Rodary, E., 2004. Privatiser pour conserver ? Petits arrangements de la nouvelle économie des ressources avec la réalité, *Revue Tiers monde*, XLI, 177, pp. 61-83.
- [7] Brunekreef B. and Holgate S. (2000), « Air pollution and health », *Lancet*, Vol. 360, pp. 1233-1242.
- [8] Chidoko C., Dhoro N. L. and Gwaindepi C. (2011), « Economic determinants of public health care expenditure in Zimbabwe », *International Journal Economic Resource*, Vol. 2, No. 6, pp. 13-25.
- [9] Cropper M. L. (1981), « Measuring the Benefits from Reduced Morbidity », *The American Economic Review*, Vol. 71, No. 2, pp. 235-240.
- [10] Demsetz H. (1967), « Toward a theory of property rights », *American Economic Review*, Vol. LXXXII, pp. 347-359.
- [11] Dockery D.W, Pope C.A, Kanner R. E, Martin Villegas G, Schwartz J. Daily, (1999) « changes in oxygen saturation and pulse rate associated with particulate air pollution and barometric pressure », *Research Report - Health Effects Institute*, Vol. 83, pp.1-19.
- [12] Ghio A. and Y. Huang (2004), « Exposure to concentrated ambient particulates: a review », *Inhalation Toxicology*, Vol. 16, pp. 53-59.
- [13] Hartwig J. and S. Jan-Egbert (2017), « Testing the Grossman model of medical spending determinants with macroeconomic panel data », *KOF Working Papers*, No.426, pp. 1-33.
- [14] Hitiris T. and Posnett J. (1992), « The determinants and effects of the health expenditure in developed countries », *Journal of Health Economics*, Vol. 11, pp. 173-181.
- [15] Jerrett M., Eyles J., Dufournaud C. and Stephen B. (2003), « Environmental influences on healthcare expenditures : An exploratory analysis from Ontario, Canada », *Journal of Epidemiology and Community Health*, Vol. 57, No. 5, pp. 334-338.
- [16] Jie H. (2013), « Industrialization, environment and health: the impacts of industrial SO₂ emission on public health in China », *Chin J Population Resource Environment*, Vol. 6, No.1, pp.14-24.
- [17] Kapp K. W. (1950), « *The Social Cost of Private Enterprise* », New York, Schocken Books.
- [18] Kaul I. Grunberg I. and Stern A. (1999), « *Global Public Goods* », International Cooperation in the 21st Century, Oxford University Press.
- [19] Kloog I., B. Coull, A. Zanobetti, P. Koutrakis et J. Schwartz (2012), « Acute and chronic effect of particulates on hospital admissions in New-England », *Plos one* 7.
- [20] Koffi Boachie M., Mansah I., Sobiesuo P., Immurana M., Iddrisu A. and Kyei-Brobbeby I. (2014), « Determinants of public health expenditure in Ghana : A cointegration analysis », *Journal of Behavioural Economics, Finance, Entrepreneurship, Accounting and Transport*, Vol. 2, No. 2, pp. 35-40.
- [21] Kofi Boachie M., Osei Mensah I., Sobiesuo P., Immurana M., Iddrisu A. and Kyei-Brobbeby I. (2010), « Determinants of public health expenditure in Ghana : A Cointegration Analysis », *Journal of Behavioural Economics, Finance, Entrepreneurship, Accounting and Transport*, Vol. 2, No. 2, pp. 35-40.
- [22] Künzli N., Ackermann-Liebrich U., Brändli O. (2000), « Clinically small effects of air pollution on FVC have a large public health impact », *European Respiratory Journal*, Vol. 15, pp. 131-136.
- [23] Latouche S. (2006), « *Le pari de la décroissance* », Editions Fayard, 302 pages.
- [24] Loubelo, D. B. (2018), « *Effets du risque d'inflation sur le comportements des agents économiques dans les pays de la CEEAC.* »
- [25] Mill J.S. (1848), « *Principles of Political Economy* », The collected Works of John Sturt Mill, Vol. 2 et 3, Toronto University Press.
- [26] Mushkin S. (1962), « Health as an investment », *Journal of Political Economy*, Vol. 70, No. 5, pp. 129-157.
- [27] Newhouse J.P. (1997), « Medical care expenditure : a cross national survey », *Journal of Human Resources*, Vol. 12, No. 1, pp. 115-125.
- [28] Pautrel X. (2008), « Reconsidering the impact of the environment on longrun growth when pollution influences health and agents are finite-lifetime », *Environmental and Resource Economics*, Vol. 40, pp. 37-52.
- [29] Pekkanen J., Peters A., Hoek G., Tiitinen P., Brunekreef B., de Hartog J., Heinrich J., Ibaldu Muli A., Kreyling W., Lanki T., Timonen K. and Vanninen E. (2002), « Particulate air pollution and risk of ST-segment depression during repeated exposure to fine and ultrafine particulates in ambient air », *Circulation*, pp. 933-938.
- [30] OMS (2018), « Pollution de l'air et santé de l'enfant : prescrire un air sain », Genève
- [31] OMS (2019), « Le rapport sur le paludisme dans le monde en un clin d'œil » <https://www.who.int/malaria/media/world-malaria-report-2019/fr/>
- [32] Peters J., Dockery D., Muller J. and Mittleman M. (2001), « Increased particulate air pollution and the triggering of myocardial infarction », *Circulation*, Vol. 103, pp. 1267-1273.
- [32] Poloniecki J.D, Atkinson R.W, De Leon A.P, Anderson H.R (1997), « Daily time series for cardiovascular hospital admissions and previous day's air pollution in London, UK », *Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 54, No.8, pp. 535-540.
- [33] Quenel P, Zmirou D., Le Tertre A. Balducci F, Medina S., Barumandzadeh T., Le Moullec Y., Ritter P., Festy B, Dab W. (1995), « Impact de la pollution atmosphérique urbaine de type acido-

- particulaire sur la mortalité quotidienne à Lyon et dans l'agglomération parisienne », *Sante Publique*, Vol. 6, No. 4, pp.1-14.
- [34] Quenel P. (1995), « Surveillance de santé publique et environnement », *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique*, Vol. 43, pp412-422.
- [35] Quenel P., Elichegaray C. (1996), « Pollutions atmosphériques et affections cardiovasculaires », (éditorial). *Supplément Extrapol VI. Pollution Atmosphérique*, Vol. 149, pp1-2.
- [36] Raeissi P., Harati-Khalibad T., Rezapour A., Hashemi Y. S., Mousavi A. and Khodabakhshzadeh S. (2018), « Effects of Air Pollution on public and private health expenditures in Iran : A time series study (1972-2014) », *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, Vol. 51, pp. 140-147.
- [37] Ricardo D. (1817), « *Des principes de l'économie politique et de l'impôt* », Flammarion, 1997.
- [38] Riediker M., W.Cascio, T. Griggs, M.Herbst, P. Bromberg, L. Neas, R. Williams and R. Devlin (2004), « Particule matter exposure in cars is associated with cardiovascular affects in healthy young men », *American Journal of Respiratory an Critical care Medecine*, Vol. 169, pp. 934-940.
- [39] Schwartz J. and Morri S. R.(1995), « Air pollution and hospital admissions for cardiovascular disease in Detroit, Michigan », *American Journal of Epidemiology*, Vol. 142, No. 1, pp. 23-35.
- [40] Smith A. (1776), « *La richesse des nations* », Vol. 2, GF-Flammarion, 1991.
- [41] Stiglitz J. E. (1999), « Knowledge as a Global Public Good », *Mimeo*, World Bank. Tucson [see comments]. *Epidemiology*, 1997, Vol. 8, No. 4, pp. 371-377.
- [42] Weil D. N. (2005), « Accounting for the effect of health on economic growth », *NBER*, Working Paper, pp.11455.