

# Décomposition des Effets de la Structure de l'Activité Economique sur la Pollution de l'Air : Développement Théorique et Analyse Empirique

Séliima Ben Zineb<sup>#1</sup>

<sup>#</sup>Département d'économie

Institut Supérieur de Gestion de Tunis (Université de Tunis). Docteur en Sciences Economiques et Membre du laboratoire de recherche DEFI à l'ESSEC de Tunis (Université de Tunis). Tunisie

<sup>1</sup>selima\_bz@yahoo.fr

**Abstract**—This paper aims at determining if the reduction of CO<sub>2</sub> emissions is mainly due to effective environmental policies or to a beneficial evolution of the economic and industrial structure that contribute to minimize pollution in a set of developed and developing countries. Our estimate was based on a model of simultaneous equations for a set of 27 OECD countries during the period 1996-2015 and 58 developing countries (21 low-income countries and 27 middle-income countries) during the period 2005 – 2015. In developing countries, the most dominant effect that we identified is the structural effect. Moreover, the technical effect is not manifested through the strengthening of the environmental policy but through the development of agricultural activities that preserve the quality of the environment. To reinforce this effect, it is necessary to develop and modernize the agricultural sector. For developed countries, the effects of scale and structure dominated the technical effect expressed in terms of the severity of the environmental policy. It is therefore necessary to strengthen environmental policy through the improvement of the quality of governance and the implementation of a commercial policy of diversification of imports and exports in favor of Environmentally Preferable Products.

**Keywords**— Decomposition effects, economic structure, air pollution, economic growth.

**JEL Classification:** Q53 - F43

## I. INTRODUCTION

Dans le monde entier, les problèmes de l'environnement sont liés à des mutations dans la structure économique et politique. Quand les pays optent pour une activité économique basée sur le principe de l' « économie de marché » suivant un système ouvert et dynamique, le changement dans la structure économique peut conduire à une réduction de la production donc à une atténuation des émissions polluantes. Avec le renforcement de l'activité économique, le niveau de ces émissions s'accroît avec le temps avec l'extension de la production et l'élargissement de l'industrie aussi avec l'ouverture à l'échelle internationale et l'accroissement des volumes des échanges commerciaux.

Dans l'ensemble des pays de l'OCDE, nous distinguons les pays de l'Amérique du Nord et de l'Europe qui sont des pays assez riches possédant de fortes industries. Nous trouvons aussi les autres pays industrialisés qui ont des économies puissantes comme le Japon, la Corée, l'Australie et la Nouvelle Zélande. L'ensemble de ces pays possède des

industries à forte intensité polluante et d'importantes parts de l'énergie consommée totale et par habitant. Le rôle de l'État semble alors important dans la réglementation de l'environnement et son intervention est importante dans la minimisation des effets négatifs de l'extension de la production et du volume des échanges commerciaux.

Il est de même important de mettre l'accent sur l'importance du régime démocratique fondé sur la souveraineté du peuple et leur liberté. En effet, dans un régime libre, la force des groupes d'intérêt dans la société leurs accorde le droit de proposer leurs décisions à l'égard des entreprises à forte intensité polluante. Ils peuvent donc influencer le gouvernement dans la prise de dispositions nécessaires pour contrôler le niveau de la pollution. Dans certains pays, les procédures administratives sont en cours de règlement et d'organisation pour les pays qui ont opté pour un nouveau régime démocratique qui a nécessité de soumettre l'environnement institutionnel à un nouveau mode de fonctionnement et à de nouvelles règles à appliquer.

Plusieurs analyses de l'environnement ont mis l'accent sur les efforts considérables fournis par plusieurs pays développés et émergents dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre tandis que d'autres sont encore en train d'établir des règles et des politiques environnementales pour atteindre leur défi concernant l'atténuation du réchauffement planétaire. Notons que 80% des émissions mondiales de gaz à effet de serre sont engendrées par l'ensemble des pays membres de l'OCDE et d'autres pays comme la Chine, la Brésil, la Colombie, l'Inde et autres, ([27]).

Récemment, l'étude de l'impact du commerce international sur la nature de l'environnement a attiré l'attention d'innombrables chercheurs. Dans ce contexte, la CEK a été remise en cause vu son incapacité d'expliquer le rôle du commerce international dans la réduction des émissions polluantes dans les pays riches où une forte intensité des éléments nocifs pour l'environnement se localisent seulement dans les pays à revenus faibles, ([12]). Selon [19], [20] et [8], l'accroissement de l'échelle de l'économie, la structuration de l'activité économique et les mouvements d'échange des produits à l'échelle internationale affectent l'environnement suivant trois effets spécifiques : effet d'échelle, effet de structure ou de composition et effet technique. Autrement dit, l'impact global de l'activité économique sur la nature de l'environnement est décomposé en trois effets spécifiques, ([7]).

Dans ce papier nous allons décomposer l'effet global de la structure économique et étudier son impact direct sur l'environnement. Nous procéderons alors à une estimation empirique en combinant les variables quantitatives et qualitatives dans le but de déterminer si la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> est due principalement à une efficacité des politiques environnementales mises en œuvre ou à une évolution bénéfique de la structure économique et industrielle qui ont contribué à la minimisation de la pollution.

Dans la première section de cette étude, nous exposerons une analyse du tissu commercial en mettant l'accent sur une analyse chiffrée illustrant les principaux secteurs émetteurs des émissions polluantes.

Dans la deuxième section, nous traiterons deux sous-parties spécifiques. Dans une première sous-partie, nous exposerons une revue de la littérature théorique et empirique sur l'impact de l'effet d'échelle, de l'effet de composition et de l'effet technique sur la qualité environnementale dans le cadre de la décomposition de l'effet global de la structure économique et du commerce international. La deuxième sous-partie traitera une littérature théorique sur le rôle des technologies de l'environnement dans l'amélioration de la performance des industries et dans la consolidation de l'effet technique.

Dans une troisième section servant comme validation empirique par le modèle à équations simultanées, nous présenterons notre modèle théorique de base en identifiant les deux équations structurelles d'offre et de demande de pollution en déterminant les facteurs réalisant la performance environnementale. Dans ce même cadre d'analyse, nous présenterons la démarche des techniques d'estimation choisies du modèle de base en justifiant le choix des méthodes des DMC et des TMC. Par la suite, au niveau de la quatrième section, nous définirons les variables de l'étude et nous illustrerons une analyse descriptive traitant quelques relations entre les variables clés du modèle. Enfin, la cinquième section fera l'objet d'une analyse économétrique et économique des résultats des estimations suivie d'une conclusion.

## II. REVUE DE LA LITTÉRATURE

L'accroissement des niveaux de revenus par tête est lié à plusieurs facteurs : les contraintes qui constituent un facteur déterminant de la production, l'évolution de l'ensemble des besoins et des attentes des individus, l'effet des politiques publiques mises en œuvre et la conscience gouvernementale face à l'intégration de la dimension de l'environnement et de sa protection à travers des politiques. Tous ces facteurs agissent directement sur les niveaux de revenus réalisés où tout accroissement de ces derniers constitue un effet « indirect » sur la forme en cloche de la CEK. Dans le contexte de l'analyse de la CEK, la relation entre la croissance et la qualité de l'environnement est expliquée par trois effets spécifiques: « effet d'échelle de l'activité économique », « effet du revenu sur la demande pour des efforts de réduction de la pollution » et « effet des changements dans la structure de l'activité économique », ([7]–[25]).

Nous parlons de l'« effet d'échelle de l'activité économique » si une augmentation de la croissance exige un accroissement des émissions polluantes, c'est-à-dire, un accroissement de l'activité entraîne une amplification des émissions polluantes, ([12]–[25]). Plus précisément, pour ce type d'effet, la relation liant la croissance économique au niveau des émissions se présente suivant une fonction croissante monotone dans la mesure où une augmentation du revenu (ou du PIB) entraîne

une hausse de ces émissions, ([25]). Si nous avons tendance à accroître la croissance économique des pays tout en respectant les normes environnementales, nous parlerons donc de l'« effet du revenu sur la demande pour des efforts de réduction de la pollution », ([25]). Autrement dit, les entreprises à forte émissions polluantes ont recours à de nouvelles techniques et procédures plus développées et plus évoluées pour protéger la nature de l'environnement tout en augmentant la croissance de l'activité économique, ([12]).

Enfin, si l'accroissement du niveau de la croissance économique est accompagné par une diminution immédiate des niveaux de la pollution atmosphérique nous parlerons dans ce cas de l'« effet des changements dans la structure de l'activité économique », ([12]–[25]). En d'autre terme, cet effet explique que la performance de l'environnement ne sera atteinte qu'à travers la réalisation de niveaux de revenu élevés.

Les analyses empiriques dans ce domaine de recherche peuvent être regroupées en trois catégories distinctes. En effet, certaines études s'intéressent d'étudier la relation liant les niveaux réalisés de la croissance à la pollution (l'effet d'échelle défini au niveau de la première phase de la CEK et l'effet technique défini au niveau de la deuxième phase de cette courbe). Citons par exemple le cas de [20], [29] et [12].

Un autre groupe d'études sur ce sujet met l'accent sur l'influence de la réglementation de l'environnement sur les mouvements des échanges, ([20]–[2]). Enfin, certaines analyses proposent d'évaluer l'impact des changements au niveau des échanges commerciaux et au niveau du processus productif sur le volume de la pollution.

Un nombre assez important d'investigations s'est focalisé sur l'étude de l'interaction entre la libéralisation des échanges et la dégradation environnementale. L'étude menée par [14] a montré les effets bénéfiques de l'ouverture commerciale dans les pays ouverts à l'échelle internationale. En effet, les pays dont le taux d'ouverture à l'étranger est faible possèdent un « indice moyen de l'environnement durable » moins élevé de 30% que les pays qui sont totalement ouverts. De même, cet indice est évalué comme deux fois plus faible dans les pays possédant des barrières à l'entrée et à la sortie assez rigides par rapport aux pays ouverts.

En analysant la littérature, plusieurs autres études justifient l'impact positif de la libéralisation des échanges sur la qualité de l'environnement sans mettre l'accent sur l'importance de l'instrumentalisation de la variable du commerce international qui dépend de plusieurs facteurs explicatifs (comme [26], [3], [8], [12], [22] – [16]).

Plusieurs chercheurs (comme [6] et [31]) se sont focalisés sur l'explication de la partie descendante de la courbe de Kuznets en fonction du transfert des activités à forte intensité de pollution dans les pays pauvres. Dans leur étude [20] ont examiné dans quelle mesure l'application de normes pour la protection de l'environnement pouvait favoriser les flux commerciaux entre le Mexique et certains de ses pays voisins plus précisément les États-Unis et le Canada, ([25]). Suivant cette investigation empirique à travers le modèle « Heckscher–Ohlin », ils ont mis l'accent sur le modèle à équation unique et ont prouvé que le commerce international pouvait jouer un rôle important dans la réduction des activités polluantes pour le Mexique à travers la spécialisation dans les industries non qualifiées n'exigeant pas une main-d'œuvre compétente.

Une autre analyse menée par [3] suivant laquelle les auteurs ont conclu que la composition de la production à forte

émissions polluantes ne pouvait pas être influencée et améliorée à travers la libéralisation commerciale.

L'analyse de l'effet décomposé (effet d'échelle, effet de structure et effet technique) de la libéralisation des échanges commerciaux sur la pollution des eaux a été aussi prise en considération par [12] suivant l'application d'un modèle à équations simultanées sur un ensemble de base de données de pays Chinois. Il a montré d'après cette étude empirique que l'accroissement et l'intensification des émissions polluantes sont dus à l'ouverture commerciale considérée comme un facteur primordial pour la croissance des niveaux de revenu dont l'effet est négatif sur ces émissions. Il a conclu par la suite que l'ouverture commerciale conduit notamment à une amélioration de la qualité environnementale à travers l'accroissement du revenu et du progrès technique.

Pour assurer une réglementation environnementale efficace et bénéfique, des études ont mis l'accent sur les facteurs nécessaires ayant une influence directe sur les politiques environnementales, à savoir : la corruption dans les institutions, l'instabilité politique des pays et la présence d'un régime non-démocratique. Tous ces facteurs peuvent aboutir à l'inefficacité des politiques émises et contribuer sans aucun doute à l'intensification des dommages environnementaux. Dans notre deuxième partie, nous choisirons la variable de l'indice de liberté comme indicateur de la démocratie.

De même, cette variable sera intégrée dans l'application empirique de cette partie à la manière de [18] et [28] qui ont constaté que l'absence de régime démocratique engendre l'inefficacité des politiques destinées à l'amélioration de l'environnement. Dans la mesure où la corruption et l'instabilité empêchent l'efficacité des politiques, plusieurs travaux de recherche ([10], [11],[17]–[28]) ont mis l'accent sur la prise en considération de la corruption dans la relation liant l'environnement à la croissance économique. Comment la relation entre la croissance du revenu et la qualité de l'environnement évolue avec la prise en considération de l'instabilité politique, une question qui a été traitée dans les travaux de [1] et [32].

Dans ce même cadre de recherche, les politiques environnementales mises en application sont confrontées à un régime de fonctionnement pouvant être inadéquat pour réaliser l'efficacité de ces politiques. Une telle supposition a été démontrée dans le travail de [30] où l'auteur a étudié le cas de la Russie comme exemple de la politique relative à la taxe appliquée sur la pollution. Il a affirmé l'inefficacité d'une telle politique pour ce pays en justifiant son affirmation par le mode de fonctionnement actuel des institutions et la nature des anciennes lois appliquées. L'auteur justifie la possibilité de l'incompatibilité de la politique environnementale émise avec le mode de fonctionnement de l'environnement institutionnel.

Selon [30], au-delà de la situation des industries de production, de leurs modes de fonctionnement et de leur perfection ou imperfection, la détérioration de la qualité de l'environnement pouvait être la résultante des lacunes de l'environnement institutionnel et politique. Plus le pays est gouverné dans un régime démocratique basé sur un ensemble de libertés, plus l'environnement s'améliore. Un tel résultat a été prouvé dans le travail de [28].

Pour ce qui est de la corruption, elle constitue un obstacle à l'amélioration de la qualité de l'environnement en entravant l'ensemble des politiques émises en faveur de l'environnement. [28] ont affirmé que l'accroissement de l'activité économique, le fonctionnement des marchés à la

perfection et le respect des politiques environnementales ne se réalisaient qu'avec le contrôle des tentatives de corruption.

Dans leur étude, [17] ont intégré les variables représentatives de la corruption et de l'instabilité politique et les ont considérées comme facteurs essentiels et primordiaux ayant une influence directe sur les politiques de l'environnement et de leur application. Dans leur travail, ils ont donc cherché à déterminer l'impact de ces facteurs sur les politiques émises. Ils ont identifié que la justesse et l'efficacité des politiques environnementales dépendaient d'un niveau faible de corruption en présence d'une stabilité politique. En d'autre terme, la nature de l'impact de cette dernière sur la mise en application efficace des politiques de l'environnement dépend du niveau de la corruption. Pour un niveau de corruption faible, [17] ont identifié un impact positif de la stabilité politique et vice versa.

### III. VALIDATION EMPIRIQUE PAR LE MODELE A EQUATIONS STRUCTURELLES : PRESENTATION THEORIQUE DU MODELE DE BASE

Pour l'étude de la décomposition de l'effet du commerce sur l'environnement, la période d'étude pour les pays à revenu moyen et à revenu bas est entre 2005 et 2015 tandis que l'étude sur les pays de l'OCDE est entre 1996 et 2015. Un tel choix de la période d'étude se justifie par l'absence de l'indicateur de la sévérité de l'environnement durant les années 1990 pour les pays à revenu bas et à revenu moyen.

Dans ce qui suit, nous élaborons un modèle théorique suivant d'une application empirique par des techniques d'estimation spécifiques en se basant sur plusieurs indicateurs et variables dont certains sont utilisés dans cette partie pour déterminer l'impact de plusieurs facteurs de l'économie sur l'évolutions des émissions polluantes.

Nous présentons donc le développement du modèle de base sur le plan théorique suivie d'une présentation de la stratégie d'estimation.

#### A. Présentation théorique du modèle de base

Nous constituons notre modèle théorique en se basant sur quelques approches antérieures et quelques études pertinentes dans le même domaine de recherche (voir [4]–[3]). Nous cherchons à décomposer l'effet global de la structure de l'activité économique internationale en trois sous-effets et étudier leur impact sur l'environnement tout en prenant en considération le rôle du commerce international dans l'explication de ces effets. Nous nous basons sur plusieurs types d'activités opérant dans le secteur manufacturier.

En se basant sur le modèle développé par [2] et [3] dans lequel ils supposent qu'au sein d'une population donnée et composée de  $N$  individus où l'économie est ouverte à l'échelle internationale et l'industrie se base sur le facteur travail et sur le facteur capital, nous supposons dans notre modèle que l'économie est constituée d'un secteur dont les activités de production sont propres et notées (*CleanSEC*) et de plusieurs autres branches d'activités du secteur manufacturier opérant dans des activités polluantes. Nous exprimons l'ensemble de ces secteurs polluants par (*PollutantSEC*). L'ensemble des biens produits par les secteurs polluants est exprimé par  $B_s^{tot/pollutant}$  avec ( $S$ ) varie en fonction du nombre de secteurs polluants au sein de l'économie. Le bien numéraire relatif au secteur propre est noté  $B^{clean}$ .

Pour l'ensemble des biens produits pour les individus de la population, il existe un ensemble de consommateurs possédant une fonction d'utilité spécifique face à leurs préférences pour ces biens et pour la pollution. Ils demandent ces biens pour la consommation en fonction des prix sur le marché. Ils possèdent donc une fonction de demande qui s'écrit en fonction du prix des biens spécifiques. Nous pouvons alors écrire cette fonction comme suit :

$$C^{\circ}_{B_s} = D_{B_s}(P_{B_s}) \quad (1)$$

Après avoir consommé un bien, chaque consommateur peut avoir un gain illustré en fonction de la somme des utilités procurées et sa demande dépend du prix spécifique du bien. Nous pouvons alors exprimer la fonction d'utilité initiale en fonction de la somme des utilités procurées pour la consommation des biens polluants  $B_s^{tot/polluant}$  de l'industrie (*PollutantSEC*) et pour la consommation du bien numéraire  $B^{clean}$  de l'industrie (*CleanSEC*). Les fonctions d'utilité relatives à la préférence pour la consommation des biens polluants  $B_s^{tot/polluant}$  possèdent des allures croissantes et concaves.

Nous écrivons alors la fonction d'utilité initiale en fonction de la consommation des deux types de biens et de la prise en considération du niveau de la dégradation de l'environnement atteint. Nous aurons alors la fonction suivante :

$$U_{initiale} C^{\circ}_{(B^{clean})} + \sum U_{t_i} \left( C^{\circ}_{(B_s^{tot/polluant})} \right) - \delta Pollution \quad (2)$$

Le terme  $C^{\circ}_{(B^{clean})}$  désigne la consommation du bien numéraire relatif au secteur non polluant.  $U_{t_i}(C^{\circ}_{(B_s^{tot/polluant})})$  désigne l'utilité procurée pour la consommation du bien polluant. Dans leur fonction d'utilité, les individus prennent en considération la qualité de l'environnement. Ils possèdent une préférence pour un environnement sain. La dégradation environnementale est mesurée en unité dont la valeur s'exprime en fonction du coefficient qui reflète ce que l'individu estime pour la qualité de l'environnement. Il faut noter que les priorités accordées par l'individu se différencient d'un pays à un autre. Comme les travaux ultérieurs, le niveau de cette dégradation est considéré constant.

D'autres auteurs constatent que le niveau de revenu réalisé influence la préférence des individus pour une meilleure qualité de l'environnement. En se référant au degré de l'ouverture des pays, dans une économie ouverte à l'échelle internationale, les individus ne demandent pas une mise en application de règlements strictes protégeant l'environnement ce qui est justifié par leur préférence en faveur de l'accumulation de la richesse. Sachant que le commerce international est considéré comme une source de richesse pour plusieurs nations, la sévérité de l'environnement et sa rigidité sont demandées dans les régions ayant un régime strict ce qui justifie que la libéralisation des échanges exerce un effet sur les préférences des individus riches et de même pour les pauvres en faveur de l'amélioration (ou non) de leur environnement, ([23]).

Pour les secteurs de production, comme le consommateur, nous mettons l'accent sur le comportement du producteur qui est représenté par une firme au sein d'un marché. Cette entreprise représente de sa part le secteur de production

spécifique noté (S) (les biens  $B_s^{tot/polluant}$  produits par le secteur polluant sont à l'origine de la dégradation environnementale). Il existe au sein de l'environnement le choix d'accéder, par l'entreprise représentative, à des technologies développées pour pouvoir atténuer le niveau de la pollution générée par la production des biens. Dans leur modèle, [2] et [3] définissent la capacité de la firme représentative du secteur (S) à maintenir son effort en matière d'atténuation de la pollution notée :

$$Eff_{ES} = \frac{B_s^{min/pollution}}{B_s^{tot/pollution}} \quad (3)$$

Cette fonction s'exprime par la quantité totale des biens polluants produits  $B_s^{tot/polluant}$  et la quantité des biens mis en disposition pour minimiser la pollution notée par  $B_s^{min/pollution}$ . Au sein du secteur industriel (S) produisant différents produits, toute allocation de la quantité nécessaire des outils pour réduire une unité de pollution de l'air nécessitant des ressources de financement nécessaires se définit par la mise en disposition d'un ensemble de nouvelles technologies adaptées.

De même, les lois qui régissent la protection de l'environnement consolidées par des politiques environnementales, s'appliquent sur l'ensemble de ces entreprises. Cependant, les pourcentages de réduction des émissions polluantes se distinguent d'une entreprise à une autre. Au sein du secteur industriel et en raisonnant en termes d'unité de pollution, en considération de l'effort fourni pour réduire les émissions, la quantité de pollution générée peut être exprimée par une fonction notée :

$$\kappa_s = \kappa_s(Eff_{ES}) \quad (4)$$

Les lois destinées à réduire la pollution englobent toutes les dispositions fiscales et les réglementations nécessaires pour chaque unité d'émissions produite. Nous exprimons la réglementation environnementale pour l'ensemble des entreprises au sein du secteur de production par la taxation appliquée sur chaque unité d'émission causée par le processus de production. Dans ce cadre, pour l'ensemble des biens polluants produits et vendus, les entreprises peuvent réaliser des chiffres d'affaires assez importants. Les bénéfices réalisés pour chaque entreprise sont donc déterminés en déduisant les dépenses des recettes réalisées.

L'entreprise, dans ce cas, extrait tous les coûts relatifs à l'ensemble des taxes imposées sur la pollution pour chaque entreprise pour déterminer les bénéfices dégagés. En considération les efforts fournis par l'entreprise pour atténuer les émissions polluantes, l'ensemble des bénéfices dégagés par la firme est exprimé par l'équation suivante en prenant en considération la taxe imposée sur chaque unité de pollution :

$$B_{ES}^{ce} = [P_s(1 - Eff_{ES}) - C_{m_s} - Tax_s \kappa_s(Eff_{ES})] \cdot B_s^{tot/polluant} \quad (5)$$

Au niveau de l'équation (5),  $B^{ce}$  représente le bénéfice réalisé par l'entreprise qui représente le secteur (S). De même, la production des biens se base sur l'ensemble des facteurs générant un coût pour le secteur (S) (capital, travail...).  $C_m$  représente le coût marginal pour l'entreprise au sein du secteur de production. Dans le secteur (S), pour l'ensemble des biens produits, le prix est noté  $P_s$ .

Nous cherchons à déterminer l'impact de l'imposition des taxes, dans le cadre d'une réglementation environnementale, sur le niveau des émissions générées. L'intégration de la variable relative à l'ensemble des efforts fournis pour protéger l'environnement est donc fondamentale dans notre analyse. L'entreprise, de sa part, cherche à augmenter son gain sachant qu'elle est obligée de supporter des coûts pour maintenir ses efforts de réduction des émissions. Dans ce sens, pour déterminer si les gains marginaux relatifs à la diminution des taxes imposées dépassent les coûts supportés ou l'inverse, nous pourrions déterminer ceci à travers les résultats des dérivées premières de la fonction relative aux efforts fournis pour réduire les émissions polluantes. L'entreprise commencera à réaliser des gains marginaux si les montants des taxes payées pour la protection de l'environnement baissent à travers le temps. Le gain marginal dans ce cas s'accroît. Nous aurons donc l'écriture suivante :

$$P_s = -Tax_s \kappa_s' (Eff_{ES}) \quad (6)$$

Dans ce cas, la capacité de la firme représentative du secteur (S) à maintenir son effort en matière d'atténuation de la pollution est exprimée en fonction de la taxe imposée et s'écrit comme suit :

$$Eff_{ES} = Eff_{ES} \left( \frac{Tax}{P_s} \right) \quad (7)$$

Dans la mesure où l'effort fourni par la firme représente le montant de la taxe payée pour réduire les émissions polluantes, la condition de premier ordre de ( $Eff_{ES}$ ) est positive. Pour une taxe payée par la firme, les émissions engendrées en contrepartie de la production d'une unité baissent. Donc, la condition de premier ordre de la fonction de la pollution générée en fonction des efforts fournis (équation (4)) est négative (soit  $\kappa_s = \kappa_s(tax/P_s)$  ou  $\kappa_s = \kappa_s(P_{env}/P_s)$  avec  $\kappa_s' < 0$ ) et la dérivée seconde de cette fonction est positive.

Le renforcement des efforts mis en disposition par les firmes au sein du secteur (S) dépend d'un accroissement des taxes imposées aux entreprises qui se traduisent donc par une réduction des émissions de gaz à effet de serre en contrepartie d'une augmentation de la production d'une unité. Donc, nous pouvons écrire la pollution totale causée par le secteur industriel (S) comme suit :

$$Pollution_t = \sum_{s=1}^n \kappa_s \left( \frac{Tax}{P_s} \right) \cdot B_s^{tot/polluant} \quad (2.8)$$

Dans ce qui suit, nous allons développer théoriquement deux équations structurelles, « l'offre de pollution » et « les effets de la croissance économique » dont nous avons déjà mentionnées dans la présentation du modèle développé par [2] et [3]. De même pour l'importance de la prise en considération des composantes de l'environnement institutionnel et politique au niveau de l'équation de l'offre de pollution développée à la manière de [17].

### B. Spécification de l'équation de l'offre de pollution

L'analyse tout d'abord va porter sur un secteur global de production englobant des sous-secteurs différents de production de biens. Le processus de production suppose que la variation du volume de production dans les mêmes proportions que celles des facteurs de production nécessaires

n'entraîne pas un accroissement de coûts de production supposés constants. De même, à la manière de [17] dans leur modélisation de l'équation de l'offre de pollution, nous prenons en considération les priorités accordées par les individus pour un environnement sain.

Pour le contrôle et l'incitation à la réduction de la pollution, des mesures sont prises par le gouvernement à travers des règles et des lois basées sur des taxes imposées aux entreprises du secteur. Donc, la totalité des taxes imposées à toutes les entreprises s'écrit comme suit :

$$\begin{aligned} TAX_{totale} &= tax.Pollution \\ &= tax \cdot \sum_{s=1}^n \kappa_s \left( \frac{Tax}{P_s} \right) \cdot B_s^{tot/polluant} \quad (9) \end{aligned}$$

Il est à noter que [17] supposent une répartition équitable des montants reçus à travers la taxation de la pollution pour réduire les dommages environnementaux. Pour un secteur total (S) dont les productions génèrent une pollution intense, le bénéfice total dégagé  $B^{ceTot_s}$  des activités productives est lié notamment à l'importance du niveau de la taxe imposée qui représente la politique de l'environnement choisie par le gouvernement  $B^{ceTot_s}(Tax)$ .

Dans la mesure où le niveau de la taxe imposée reflète la politique environnementale et donc reflète sa sévérité, dans l'équation(10), nous allons remplacer le terme ( $tax$ ) par le terme ( $P_{env}$ ) (politique environnementale exprimée en fonction de l'indice de la sévérité environnementale) que nous allons utiliser dans notre application empirique dans ce qui suit. Le bénéfice total devient  $B^{ceTot_s}(P_{env})$ . Nous réécrivons alors l'équation (10) comme suit:

$$\begin{aligned} TAX_{totale} &= P_{env} \cdot Pollution \\ &= P_{env} \sum_{s=1}^n \kappa_s \left( \frac{P_{env}}{P_s} \right) \cdot B_s^{tot/polluant} \quad (10) \end{aligned}$$

Nous supposons une distribution équitable de toutes les recettes fiscales entre l'ensemble des individus dans l'environnement.

Au sein d'une économie, l'ensemble des secteurs de production possède un poids assez important dans le renforcement de la croissance et du développement de chaque pays. De ce fait, les secteurs concernés possèdent un pouvoir sur l'orientation des politiques économiques à travers l'organisation de groupes de pression. Ces derniers possèdent une grande influence sur l'environnement institutionnel et politique. Ils peuvent suggérer dans ce sens une alternative en proposant une offre clandestine d'une rétribution (soudoiment) sous forme d'argent au gouvernement pour bénéficier d'une politique particulière. Une telle alternative peut orienter la politique environnementale en influençant le montant de la taxe pour pouvoir bénéficier d'une taxe particulière. Il s'agit donc d'une interaction entre le gouvernement et les groupes organisés qui défendent les intérêts particuliers des secteurs concernés. Une telle interaction se déroule suivant une démarche particulière.

En effet, les groupes de pressions, suggèrent au gouvernement une offre spéciale basée sur une rétribution (dessous-de-table) que nous notons ( $R(tax)$ ) (elle est fixée en fonction de la politique environnementale ( $R(P_{env})$ ) déterminée après une évaluation et une analyse profonde de l'état de stabilité ou de l'instabilité politique du pays ainsi que le

niveau de la corruption au sein de l'environnement institutionnel.

En contrepartie, le gouvernement décide de fixer une politique relative à la réglementation de l'environnement en faveur des stratégies annoncées par l'ensemble des groupes de pression. Il faut enfin noter que toute application de politique fixée dépend de l'existence de ce gouvernement en position de pouvoir. Dans ce cadre, la firme détermine le volume de production ainsi que le volume des émissions polluantes après que le gouvernement ait fixé le montant final de la taxe.

En cas de mutations dans le pouvoir, les groupes de pression prévoient les changements que peuvent être effectués. De même, les groupes d'intérêt ( $G,i$ ) cherchent à maximiser leur « bien-être social » noté  $BE_{(G,i)}$  (exprimé en fonction de la richesse réalisée) dont la fonction est exprimée comme suit :

$$BE_{(G,i)}(P_{env}) = [1 - \alpha(1 - \beta)] \cdot \sum_{s=1}^n B^{ce} Tot_s(P_{env}) + [\alpha(1 - \beta)] \cdot \sum_{s=1}^n (B^{ce} Tot_s(P_{env}^{nouvelle})) \quad (11)$$

Le terme  $\alpha$  désigne la probabilité qu'un autre gouvernement détienne le pouvoir au lieu du gouvernement actuel (il s'agit dans ce cas d'un terme qui reflète l'instabilité politique). Le terme  $\beta$  désigne la probabilité que le nouveau gouvernement fixe la même politique environnementale optée par l'ancien gouvernement. Le terme ( $P_{env}^{nouvelle}$ ) est relatif à la nouvelle politique environnementale optée par le nouveau gouvernement.

La fonction du gouvernement ( $Gouv$ ) est donc déterminée en fonction de « la somme pondérée » de la rétribution  $R(P_{env})$  (dessous-de-table) proposée par les groupes d'intérêt et leur « bien-être social » noté  $BE_{(G,i)}$ , nous aurons donc la fonction du gouvernement comme suit :

$$Gouv(P_{env}) = R(P_{env}) + \zeta(1 - \alpha) \cdot BE_{(Gouv)}(P_{env}) \quad (12)$$

Le terme «  $\zeta$  » désigne le paramètre de la pondération du « bien-être social » relatif la rétribution (soudoiment) proposée par les groupes d'intérêt. Si nous obtenons un paramètre «  $\zeta$  » élevé, cela traduira la capacité du gouvernement à résister contre les tentatives de corruption.

Vers les années 90, un nombre d'analystes comme [21] et [13] ont développé une extension du modèle « *Common Agency* » proposé par [5] pour identifier la politique environnementale optimale pouvant maximiser à la fois le « bien-être social » des groupes d'intérêt et celui de gouvernement. Elle se détermine donc à l'équilibre. Il suffit dans ce cas de maximiser l'excédent commun de toutes les parties prenantes au sein de l'environnement (le gouvernement et les groupes d'intérêt).

Dans ce cas, la politique environnementale optimale ( $P_{env}^*$ ) est identifiée en résolvant l'équation suivante (cette politique environnementale choisie par le gouvernement maximise la somme de son bien-être et celui des groupes d'intérêt):

$$\frac{\partial BE_{(G,i)}}{\partial (P_{env})} \cdot (P_{env}^*) + \zeta(1 - \alpha) \frac{\partial BE_{(Gouv)}}{\partial (P_{env})} \cdot (P_{env}^*) = 0 \quad (13)$$

Pour pouvoir déterminer le « bien-être social » total, il suffit donc de procéder à une addition du bénéfice total réalisé avec l'ensemble des revenus tirés par le gouvernement de

l'impôt (recettes fiscales) et l'excédent réalisé par le consommateur en soustrayant le niveau (coût) de la dégradation de l'environnement. Il faut noter que nous avons déjà exprimé les recettes fiscales reçues par le gouvernement par « la taxe totale,  $TAX_{totale}$  ». Donc, le « bien-être social » total est exprimé comme suit :

$$BE_{(Gouv)}(P_{env}) = \sum_{s=1}^n (B^{ce} Tot_s(P_{env})) + P_{env} \sum_{s=1}^n \kappa_s \left( \frac{P_{env}}{P_s} \right) \cdot B_s^{tot/pollutant} + Excédent - \tau \sum_{s=1}^n \kappa_s \left( \frac{P_{env}}{P_s} \right) \cdot B_s^{tot/pollutant} \quad (14)$$

Déterminons alors les dérivés du « bien-être social » des groupes d'intérêt et du « bien-être social » total du gouvernement, nous aurons les deux équations suivantes:

$$\frac{\partial BE_{(G,i)}}{\partial (P_{env})} = -[1 - \alpha(1 - \beta)] \cdot \sum_{s=1}^n \kappa_s \left( \frac{P_{env}}{P_s} \right) \cdot B_s^{tot/pollutant} \quad (15)$$

$$\frac{\partial BE_{(G,i)}}{\partial (P_{env})} = (P_{env} - \tau) \left[ \sum_{s=1}^n B_s^{tot/pollutant} \frac{\partial \kappa_s \left( \frac{P_{env}}{P_s} \right)}{\partial P_{env}} \right] \quad (16)$$

Le terme «  $\tau$  » désigne la « taxe payée par le pollueur par unité de pollution produite, égale au coût du dommage environnemental provoqué » Il s'agit de la définition de la « *taxe pigouvienne* ».

Remplaçons maintenant les deux équations (15) et (16) dans l'expression de l'équation (13), nous aurons donc :

$$-[1 - \alpha(1 - \beta)] \cdot \sum_{s=1}^n \kappa_s \left( \frac{P_{env}^*}{P_s} \right) \cdot B_s^{tot/pollutant} * (P_{env}^* - \tau) \left[ \sum_{s=1}^n B_s^{tot/pollutant} \frac{\partial \kappa_s \left( \frac{P_{env}^*}{P_s} \right)}{\partial P_{env}} \right] = 0 \quad (17)$$

Dans la mesure où le premier terme est de signe négatif, il faut que le second terme soit de signe positif pour que l'égalité soit établie et respectée. Dans ce cas, nous nous attendons à ce que le terme ( $P_{env}^* - \tau$ ) soit de signe négatif. Ceci suppose que  $P_{env}^* - \tau < 0$ , ce qui donne  $P_{env} < \tau$ . Cela reflète l'idée qu'il s'agit d'une taxe non optimale en comparaison avec la « taxe payée par le pollueur par unité de pollution produite, égale au coût du dommage environnemental provoqué » qui est inférieure et qui ne peut pas compenser la dégradation de l'environnement. Le niveau de la taxe relative à la politique environnementale de l'équilibre se détermine comme suit :

$$P_{env}^* = \frac{-[1 - \alpha(1 - \beta)] \cdot \sum_{s=1}^n \kappa_s \left( \frac{P_{env}^*}{P_s} \right) \cdot B_s^{tot/pollutant}}{\zeta(1 - \alpha) \left[ \sum_{s=1}^n B_s^{tot/pollutant} \frac{\partial \kappa_s \left( \frac{P_{env}^*}{P_s} \right)}{\partial P_{env}} \right]} + \tau \quad (18)$$

Avec,

$$\sum_{s=1}^n \kappa_s \left( \frac{P_{env}^*}{P_s} \right) \cdot B_s^{tot/pollutant}$$

⇒ relatif au niveau des émissions

$$\sum_{s=1}^n B_s^{tot/pollutant} \frac{\partial \kappa_s \left( \frac{P_{env}^*}{P_s} \right)}{\partial P_{env}}$$

⇒ relatif à la variation du niveau des émissions

Pour que la politique gouvernementale soit efficace, il faut qu'elle soit égale au niveau de la taxe optimale fixée par l'État. Pour satisfaire cette condition, il faut que le gouvernement soit caractérisé par sa capacité de contrôle de la corruption et de la résistance contre ses tentatives. Il faut donc un terme élevé du paramètre  $\zeta$ . De même, il faut avoir un terme faible de l'instabilité politique ( $\alpha$ ) (ou alors élevé pour la stabilité politique).

### C. Spécification de l'équation des effets de la croissance économique

Pour l'échelle globale de l'activité économique, la production totale des différents secteurs est représentée par le terme ( $Prod^oTOT$ ). Le secteur (S) produit des biens notés  $B_s$  et vendus à un prix déterminé noté  $P_{Bs}$  dont l'expression de sa production spécifique est notée: ( $Prod^oTOT$ ) =  $B_s \cdot P_{Bs}$

Pour l'échelle globale de l'activité économique, la production totale des différents secteurs est représentée par le terme ( $Prod^oTOT$ ). Le secteur polluant (S) produit des biens notés  $B_s^{tot/pollutant}$  et vendus à un prix déterminé noté  $P_{Bs}$  dont l'expression de sa production spécifique est notée:

$$(Prod^oSec/Pollutant) = B_s^{tot/pollutant} \cdot P_{Bs} \quad (19)$$

Le secteur polluant possède une part dans la production totale ( $Prod^oTOT$ ) notée:

$$\rho_s = \frac{\sum_{s=1}^n B_s^{tot/pollutant} \cdot P_{Bs}}{Prod^oTOT} = \frac{\sum_{s=1}^n (Prod^oSec/Pollutant)}{Prod^oTOT} \quad (20)$$

De même, nous exprimons la part de la production polluante des secteurs polluants dans la production totale de tous les secteurs polluants par le terme suivant:

$$\rho_s = \frac{(Prod^oSec/Pollutant)}{\sum_{s=1}^n (Prod^oSec/Pollutant)} \quad (21)$$

En tenant compte de tous les facteurs, la fonction de la pollution peut s'écrire suivant cette décomposition:

$$Pollution_t = \sum_{s=1}^n \kappa_s B_s^{tot/pollutant} = \sum_{s=1}^n \kappa_s \frac{(Prod^oSec/Pollutant)}{P_{Bs}}$$

$$= Prod^oTOT \cdot \rho_s \sum_{s=1}^n \sigma_s \frac{\kappa_s}{P_{Bs}} \quad (22)$$

Il en résulte que le niveau de pollution générée est déterminé par la production globale qui représente l'échelle totale de l'activité économique, l'importance du poids du secteur polluant dans l'économie et l'importance des niveaux de la pollution engendrée par les sous-secteurs polluants au sein du secteur total polluant.

Pour exprimer le pourcentage de la pollution générée en fonction de la variation des pourcentages des facteurs cités auparavant, nous appliquons le différentiel de l'équation précédente pour obtenir l'équation suivante (où les points sur les variables expriment les pourcentages de variation) :

$$Pollution_t = Prod^oTOT + \sigma_s + \left( \sum_{s=1}^n \sigma_s \frac{\kappa_s}{P_{Bs}} \right) \quad (23)$$

De plus, il est difficile de déterminer la nature de l'effet qu'a exercé la taxation sur la structure de l'activité économique totale. Donc, nous procédons à estimer l'effet d'une taxation sur le niveau de la pollution générée.

D'après la spécification des effets de la croissance économique, nous savons que l'effet de la taxe sur la pollution générée est exprimé comme suit :

$$\kappa_s = \kappa_s \left( \frac{Tax}{P_s} \right) \quad \text{ou} \quad \kappa_s = \kappa_s \left( \frac{P_{env}}{P_s} \right) \quad (24)$$

L'élasticité de la variation du niveau des émissions polluantes générées en fonction de la politique environnementale mise en œuvre est déterminée en appliquant le différentiel pour cette équation, nous obtenons alors:

$$\dot{\kappa}_s = Elasticité \kappa_s \left( \frac{P_{env}}{P_s} \right) \cdot \left( \dot{P}_{env} - \dot{P}_s \right) \quad (25)$$

Nous exprimons la fonction de la variation en pourcentage du niveau des émissions en fonction de tous les facteurs ayant une influence puissante sur le niveau de la pollution réalisée.

Nous aurons donc l'équation de la pollution représentée comme suit :

$$Pollution_t = Prod^oTOT + \rho_s$$

$$+ \frac{\sum_{s=1}^n \left( \sigma_s Elasticité \kappa_s \left( \frac{P_{env}}{P_s} \right) \cdot \dot{P}_{env} - \left( 1 - Elasticité \kappa_s \left( \frac{P_{env}}{P_s} \right) \right) \dot{P}_{Bs} \right) \left( \sigma_s \frac{\kappa_s}{P_{Bs}} \right)}{\sum_{s=1}^n \sigma_s \frac{\kappa_s}{P_{Bs}}} \quad (26)$$

Enfin, nous mettons l'accent sur la représentation des deux équations spécifiques que nous estimons empiriquement. Nous procédons à expliquer le niveau des émissions CO<sub>2</sub> à travers certains facteurs, la production, la structure industrielle, l'industrie manufacturière (etc). Donc nous devons résoudre l'équation relative à l'égalité entre l'offre de pollution et les effets de la croissance économique

#### IV. PRESENTATION DES EQUATIONS STRUCTURELLES ET METHODOLOGIE D'ESTIMATION

Nous estimons donc un modèle à deux équations simultanées, « l'offre de pollution » qui s'exprime en fonction de la politique environnementale mise en œuvre et les effets de la croissance économique exprimés par le niveau des émissions polluantes générées. D'où notre système final à résoudre :

$$\begin{cases} P_{env} = f(Pollution \uparrow, \zeta \uparrow, \alpha \uparrow) \\ Pollution = f(Prod_{TOT}^{\circ} \uparrow, \rho \uparrow, \sigma ?, P_{env} \downarrow) \end{cases} \quad (27)$$

La première équation définit l'offre de pollution et la deuxième équation est relative aux effets de la croissance économique. Il s'avère que la pollution accroît la sévérité de la politique environnementale, plus la pollution augmente plus le gouvernement renforce la politique environnementale.

Selon le modèle théorique qui met l'accent sur la corruption et l'instabilité politique, notre cas d'étude va se baser sur deux variables de l'environnement institutionnel, le contrôle de la corruption et la stabilité politique.

Dans le modèle théorique, le contrôle de la corruption renforce la politique environnementale donc nous nous attendons à un signe positif. L'instabilité politique possède un signe négatif sur les règlements appliqués. Donc, pour la variable de la stabilité politique, nous nous attendons à un coefficient de signe positif. Pour le secteur polluant, les prévisions théoriques estiment un effet positif. Pour ce qui est des sous-secteurs manufacturiers, l'intensité de pollution se distingue d'un sous-secteur à un autre. Nous ne pouvons donc pas connaître la nature de l'effet de chaque sous-secteur dans le niveau de la pollution réalisée.

L'équation de demande de pollution s'exprime en fonction du niveau de la pollution. La pollution peut donc influencer la politique de l'environnement. De même, au niveau de l'équation des effets de la croissance économique, la pollution atmosphérique est influencée par la sévérité de la politique environnementale. Donc, pour éviter les problèmes d'endogénéité des variables, les équations de l'offre de pollution et des effets de la croissance économique doivent être estimées d'une façon simultanée.

Notre étude va porter sur un ensemble de 27 pays de l'OCDE, 21 pays à revenu bas et 37 pays à revenu moyen. Pour les pays de l'OCDE, l'estimation s'effectue durant la période entre 1996 et 2015 dans la mesure où la variable de l'indice de la sévérité de la politique de l'environnement est disponible durant cette période pour l'ensemble de ces pays. Cependant, pour les pays à revenu faible et à revenu moyen, notre estimation portera sur la période 2005–2015 dans la mesure où l'indicateur de la durabilité de l'environnement qui s'exprime en fonction de l'efficacité de la politique environnementale adoptée n'est disponible que durant cette période.

##### A. Présentation des variables

Pour appliquer une validation empirique de ce qui est développé théoriquement, nous utilisons des données qui mettent en valeur la qualité de l'environnement exprimée par un indicateur de la pollution atmosphérique et des données qui expriment la structure économique de l'économie. Nous

mettons l'accent aussi sur la conscience des individus envers leur environnement et leurs préférences pour le protéger en fonction du niveau de revenu réalisé.

L'environnement politique et son évolution, sont exprimés en fonction de la stabilité politique des pays et de la nature du régime démocratique adopté. Pour ce qui est de l'environnement institutionnel, la variable de la corruption est définie comme indicateur de la qualité des institutions. La politique environnementale est, de sa part, exprimée en fonction d'une variable qui mesure sa sévérité et sa rigueur. Nous tenons à exprimer et définir toutes les variables utilisées dans cette troisième partie (voir le Tableau 1) au niveau de l'Annexe. Nous présentons par la suite au niveau de l'Annexe les Tableaux 2 et 3 représentant toutes les statistiques descriptives des pays de l'OCDE et de l'ensemble des pays à revenu moyen et des pays à revenu bas.

Pour l'indicateur de l'environnement, nous nous basons seulement sur les émissions de CO2 par tête (ECO2p), vu l'importance de cet indicateur et ses effets sur la planète. Sur la période couvrant 1996–2011, nous nous focalisons sur la série des données extraite de la base de « Energy Information Administration, (2014) ». Pour l'année 2015, nous nous concentrons sur la série des émissions de CO2 en millions tonnes après avoir divisé chaque valeur par la population de chaque pays développée par « BP Statistical Review of World Energy (2014) ».

La réglementation de l'environnement efficace est mesurée dans notre étude par l'Indice de la Sévérité de la Politique Environnementale (ISPE). Il s'agit d'une variable qui exprime l'effet technique. En d'autre terme, la sévérité de la politique environnementale illustre la capacité des entreprises à assurer une activité de production basée sur des équipements et des outils propres à faible intensité polluante.

Plusieurs travaux ont été effectués par plusieurs analystes économiques dans le but de construire un indicateur mesurant la sévérité de la réglementation environnementale. En effet, en raison des difficultés à extraire une base complète pour cet indicateur, l'OCDE a mis en disposition sur la période 1990 – 2015, un indice qui mesure la rigueur et la rigidité de la politique environnementale suivant un indice spécifique pour chaque pays (Environmental Policy Stringency Index (EPS).

Selon la définition de l'OCDE, la « rigueur/sévérité » de la politique environnementale est illustrée en fonction des mesures et des règles adoptées par la politique mise en application en fixant des prix à payer pour tout comportement endommageant la qualité de l'environnement, (OCDE, (2016)). Cet indice varie de « 0 » (le degré de la sévérité de la politique environnementale est faible) à « 6 » (le degré de la sévérité de la politique environnementale est élevé) et prend en considération un ensemble de 14 mesures et instruments s'intéressant à la qualité de l'environnement et à la pollution atmosphérique (OCDE, (2016)), (source : stats.oecd.org).

Pour l'ensemble des pays à revenu moyen et à revenu faible, nous nous basons sur un indice élaboré par la banque de données EPIN du groupe de la Banque Mondiale (World Development Indicators). Il s'agit d'un indicateur qui définit le classement des politiques et institutions pour la durabilité de l'environnement (CPIA policy and institutions for environmental sustainability rating). Selon la Banque Mondiale (2015) « les politiques et les institutions de l'environnement évaluent dans quelle mesure les politiques environnementales favorisent la protection des ressources



naturelles et la gestion de la pollution ». Le classement varie entre « 0 » (faible) et « 6 » (fort).

Pour les variables de l'environnement institutionnel, le contrôle de la corruption (Corr\_Cntr), reflète la perception de la mesure dans laquelle la puissance publique lutte contre les tentatives de corruption. La lutte contre la corruption est l'une des six dimensions de la gouvernance. Elle est mesurée dans le cadre du projet de recherche de [24] et mise à l'échelle avec un intervalle allant de -2.5 (faible) à 2.5 (élevé). Cette mesure de la corruption est utilisée dans la plupart des pays du monde (184 pays) avec un indice de perception de la corruption qui classe les pays selon leur degré de corruption de leur secteur public.

Ce projet fournit un ensemble d'indicateurs de la gouvernance dans la plupart des pays du monde, ([9]). [24]. Il se base sur des sources de données fournis par 25 organisations. Les sources de données de la corruption se basent sur un ensemble de questions des différentes parties prenantes qui intègrent des informations sur la taille et la fréquence de paiement et autres. La base de données est extraite des séries des variables de la gouvernance fournies par « Worldwide Governance Indicators (WGI), (2014) ». De même, pour l'indicateur de la stabilité politique (POLITstab), nous nous basons sur la série des indices élaborés par [24]. « Il reflète la possibilité que le gouvernement détenant le pouvoir dans un pays soit déstabilisé ou même changé à travers des moyens inconstitutionnels ou violents comme le terrorisme », (WGI, (2014)).

La démocratie est exprimée en fonction de la variable de l'indice de liberté civile et des politiques publiques (Freed\_index) calculé par une moyenne ordinaire des droits politiques et de l'indice de la liberté civile de chaque pays. La série des données est extraite de la base de « Freedom House Organisation (2014) ».

Pour tenir compte de la structure économique du pays, nous nous focalisons sur la valeur ajoutée de la production manufacturière totale de six secteurs industriels spécifiques dont les données sont extraites de la Banque Mondiale (WDI, (2015)). Nous nous basons sur les valeurs ajoutées des industries suivantes : l'industrie des produits alimentaires, des boissons et du tabac, notée par la variable (*Alim\_pdt%Manufac*), l'industrie des produits chimiques, notée par la variable (*Chim\_pdt%Manufac*), l'industrie des machines et des équipements de transport, notée par la variable (*Mach\_Transp%Manufac*), l'industrie du textile et d'habillement notée par la variable (*Textile%Manufac*) et d'autres industries manufacturières notées par la variable (*Other\_ActivManuf%Manufac*).

Nous ajoutons la variable relative à la part de l'industrie manufacturière dans le PIB notée (Manufac\_VA), ainsi que la variable relative à la part de la production industrielle dans le PIB notée (Indus\_VA) déjà utilisée dans la deuxième partie. De même, nous avons additionné la variable de la valeur ajoutée de l'agriculture en pourcentage du PIB (Agrc\_VA). Pour le secteur des services, nous avons additionné la variable relative à la valeur ajoutée du secteur des services en pourcentage du PIB (Serv\_VA).

Nous intégrons la variable de l'intensité de l'ouverture à l'étranger (Trade) qui est exprimée en fonction de la somme des exportations et des importations divisée par le PIB constant. Les données sont extraites des séries développées par la Banque Mondiale (WDI, (2014)), l'Organisation Mondiale du Commerce (2014), (OMC) et l'UNCTAD Statistics

Database (2014),[33]. Notons bien que nous utilisons la même série de données de la deuxième partie. La série du PIB au prix constant est extraite de (WDI, (2016)) de la Banque Mondiale et de United Nation Statistics Division (2016) (National Accounts) et enfin la série du revenu par tête est obtenue de la Banque Mondiale (2016), (WDI).

Toutes les variables seront transformées en logarithme naturel à l'exception des variables de l'institution et de la démocratie.

### B. Présentation des techniques d'estimation

Il s'agit d'une estimation de deux équations spécifiques où la pollution et la politique de l'environnement sont déterminées par plusieurs autres facteurs que nous prendrons en considération par la suite. Les variables sont exprimées en logarithme naturel à l'exception de quelques indices. En se basant sur les deux équations (2.17) et (2.20) développées dans le modèle théorique. Nous pouvons alors exprimer la spécification de chaque variable dépendante (pollution et politique environnementale) comme suit :

$$\begin{cases} \ln(P_{env_{pt}}) = V_{1,pt} \Phi_1 + \varepsilon_{1,pt} \\ \ln(Pollution_{pt}) = V_{2,pt} \Phi_2 + \varepsilon_{2,pt} \end{cases} \quad (28)$$

Les pays sont représentés par l'indice (p) et les années sont illustrées par l'indice (t). Les variables dans V1 sont exprimées en logarithme naturel. Il s'agit de l'ensemble des variables explicatives de la politique de l'environnement. Les variables dans V2 sont exprimées en logarithme à l'exception de quelques indices. Il englobe l'ensemble des variables explicatives de la variable des émissions polluantes. Donc  $\phi_1$  et  $\phi_2$  sont relatives aux vecteurs de coefficients. Les termes d'erreurs sont exprimés en fonction de  $\varepsilon_{1,pt}$  et  $\varepsilon_{2,pt}$ .

En effet pour l'équation relative à la politique environnementale (offre de pollution), les variables indépendantes V1 sont exprimées en fonction des émissions de CO2 de la période actuelle et de la période antérieure, la richesse exprimée en fonction du revenu par habitant, l'environnement institutionnel s'exprime en fonction de la variable de la stabilité politique et du contrôle de la corruption.

Les variables explicatives du niveau de la pollution réalisés sont illustrées dans V2, et sont traduites en fonction : du volume de l'échelle de l'économie exprimée en fonction de la variable du PIB au prix constants, de la structure de l'économie mesurée en fonction de la valeur ajoutée du secteur manufacturier dans le PIB total, de la structure industrielle exprimée en fonction de la part des différents sous-secteurs manufacturiers dans la production manufacturière totale et de la part de l'indice de la sévérité de la politique environnementale.

L'indicateur du revenu par habitant dans cette étude sert à illustrer le rôle de l'accroissement du revenu dans l'orientation de la prise de conscience des individus vers un environnement propre. Nous avons introduit la variable du revenu par habitant retardée dans la mesure où le niveau de revenu réalisé dans le passé influence considérablement la politique environnementale. De même, nous avons pris en considération d'autres variables explicatives, l'ouverture commerciale est un facteur important dans la décomposition de l'effet global de la structure économique et de la variable de la démocratie.

Pour l'estimation de notre modèle d'équations simultanées, nous utilisons la technique d'estimation des Doubles Moindres

Carrés (DMC) et celle des Triples Moindres Carrés (TMC). Le choix de la technique adéquate est justifié par le résultat illustré au niveau du test d'Hausman.

La technique d'estimation des Doubles Moindres Carrés (DMC) est une technique statistique utilisée dans l'analyse des équations structurelles. Cette technique est l'extension de la méthode des MCO. Elle est utilisée lorsque les termes d'erreur de la variable dépendante sont corrélés avec les variables indépendantes. Cette technique peut aussi être utilisée dans le cas d'une relation de rétroaction entre les variables du modèle. Dans la modélisation des équations structurelles, nous utilisons la méthode du maximum de vraisemblance pour estimer les coefficients des variables. La méthode des Triples Moindres Carrés (TMC) est une méthode d'information complète qui estime l'ensemble du modèle.

En effet, dans les Modèles (1), (2) et (3), les résultats des tests d'Hausman (pour les estimations par les techniques des DMC et des TMC) obtenus sont respectivement, Prob>chi2 = 0.0001, Prob>chi2 = 0.0012 et Prob>chi2 = 0.0000. D'où le choix de la méthode d'estimation des DMC pour le cas des pays de l'OCDE. Les estimations pour le cas des pays en développement sont effectuées par la technique des TMC sur la base du résultat du test d'Hausman : Prob>chi2 = 0.4998.

## V. RESULTATS DES ESTIMATIONS ET INTERPRETATIONS

Commençons par l'analyse des résultats d'estimation des pays de l'OCDE. Notre première estimation se basera seulement sur les pays de l'OCDE.

En développant d'autres spécifications intégrant des facteurs ayant une influence sur l'environnement et sur la réglementation de la politique environnementale ainsi que sur l'ensemble des variables explicatives, dans le Tableau 2, nous exposerons les résultats du premier et du deuxième modèle estimé par la technique des DMC.

Nous observons que la croissance de l'échelle de l'économie exprimée en fonction de la variable du PIB provoque l'accroissement des émissions carboniques. Pour la variable relative à la part de l'industrie manufacturière dans la production totale, qui représente dans notre cas d'étude l'évolution de la structure de l'économie, nous identifions qu'elle ne possède aucun effet sur les émissions carboniques. L'évolution de la part du secteur manufacturier durant la période 1996 – 2015 ne possède aucun effet significatif sur la qualité de l'environnement. Donc, nous ne pouvons pas confirmer l'existence d'un effet de composition ce qui justifie que le secteur manufacturier n'est pas d'une grande importance dans les niveaux des émissions carboniques réalisées. Cependant, l'effet de composition sur la pollution est exprimé par l'effet positif et significatif de la part de l'industrie totale dans le PIB. L'évolution de la part de l'activité industrielle totale engendre l'accroissement de la pollution de l'air. En d'autre terme, plus le poids de l'industrie dans l'activité économique augmente plus les émissions de CO2 augmentent aussi. De même, pour le cas de la structure de l'activité industrielle, pour les sous-secteurs manufacturiers, nous observons que la pollution est due principalement à l'augmentation de la part de certaines industries dans la production manufacturière totale. Il s'agit dans notre cas de l'industrie des autres activités manufacturières tandis que l'accroissement de la part de

l'industrie de la production des produits alimentaires et du tabac n'a aucun effet significatif sur la pollution.

	Pays de l'OCDE (Économies développées)			
	Modèle (1)		Modèle (2)	
	<i>ln(ECO<sub>2p</sub>)</i>	<i>ln(ISPE)</i>	<i>ln(ECO<sub>2p</sub>)</i>	<i>ln(ISPE)</i>
<i>Ln(GDP)</i>	0.0856*** (3.57)		0.1137*** (4.46)	
<i>ln(Alim_pdt%Manufac)</i> ,	0.0659 (0.49)		0.0771 (0.58)	
<i>ln(Chim_pdt%Manufac)</i> ,	-0.2178** (-2.38)		-0.2075** (-2.30)	
<i>ln(Mach_Transp%Manufac)</i> ,	-0.2771** (-2.48)		-0.3074*** (-2.77)	
<i>ln(Other_ActivM anuf%Manufac)</i>	0.5588** (2.29)		0.4683* (1.93)	
<i>ln(Textile%Manufac)</i>	-0.3664*** (-7.47)		-0.3069*** (-5.86)	
<i>ln(Manufac_VA)</i>	-0.1995 (-1.46)		-0.1362 (-1.00)	
<i>ln(Indus_VA)</i>	1.8312*** (4.27)		0.7607 (1.37)	
<i>ln(Agrc_VA)</i>	-0.0421 (-0.56)		-0.0881 (-1.17)	
<i>ln(Serv_VA)</i>	4.9028*** (4.97)		2.1007 (1.55)	
<i>ln(ISPE)</i>	-0.3963*** (-4.57)		-0.4095*** (-4.77)	
<i>ln(ECO<sub>2p</sub>)</i>		-7.6562** (-2.02)		-6.3127* (-1.82)
<i>ln(ECO<sub>2p.i</sub>)</i>		-7.12761* (-1.86)		5.7231 (1.64)
<i>Ln(GNPp)</i>		0.8775*** (6.00)		0.7407*** (5.22)
<i>POLITstab</i>		2.2647* (1.66)		2.1581* (1.73)
<i>Corrp_Cntr</i>		2.7235* (1.92)		0.5799** (1.99)
<i>Corrp_Cntr*POL ITstab</i>		0.5803* (1.76)		0.5556* (1.85)
<i>Freed_index</i>			-0.2038*** (-2.98)	-0.2011*** (-2.80)
<b>constante</b>	-26.669*** (-5.18)	3.4499 (0.58)	-11.5839 (1.61)	4.6082 (0.85)
<i>Observations</i>	228	228	228	228

**Notes :**(\*\*\*): Significativité au seuil de 1% ; (\*\*): significativité au seuil de 5% et (\*): significativité au seuil de 10%. Les valeurs entre parenthèses sont relatives à t de Student. DMC : estimation par la technique des Doubles Moindres Carrés en panel.

TABLEAU II

RESULTATS DES ESTIMATIONS DU MODELE (1) ET (2) PAR LA TECHNIQUE DES (DMC)

Cependant, nous observons une corrélation négative et significative entre le niveau de la pollution et la part de quelques sous-secteurs, comme l'industrie de la production chimique, l'industrie du textile et de l'habillement et l'industrie de la production des machines et des équipements de transport. L'augmentation de la part de ces industries dans la production manufacturière totale ne provoque pas l'accroissement du niveau de la pollution. L'effet d'échelle apparaît plus important dans les pays de l'OCDE (Modèle (1)). D'une part, un tel effet s'explique par l'importance des industries à forte intensité polluante dans la production totale. D'autre part, l'importance de l'effet d'échelle, pourrait être due aussi à l'ensemble des outils et des équipements ainsi qu'aux techniques utilisées dans les activités manufacturières et industrielles.

L'activité de l'agriculture ne possède aucun effet significatif sur le niveau de la pollution. Enfin, nous observons une corrélation positive et significative entre la pollution et le secteur des services dans les pays de l'OCDE. Un tel résultat peut être expliqué par la croissance relativement importante du secteur des services dans certains pays européens dont les activités sont basées principalement sur l'importation des produits agricoles et industriels. Il en résulte par la suite un accroissement de la pollution engendrée par un déplacement des « pressions exercées sur l'environnement » dans plusieurs économies de services, (Programme des Nations-Unis, (2000), l'avenir de l'environnement mondial). Les pays développés qui caractérisés par un secteur de services en croissance rapide à travers le développement des secteurs touristiques et du transport.

Dans notre cas d'étude, l'effet technique est exprimé par la variable de l'indice de la sévérité de la politique environnementale. Il est présenté dans ce cas par la capacité des politiques et des règlements en faveur de l'environnement à résister face à un changement des outils de production assuré par une modernisation des techniques de production propres et développées. Nous identifions au niveau des résultats du Modèle (1) l'existence de l'effet technique illustré par un coefficient de la variable (ISPE) de signe négatif et significatif au seuil de 1%.

Contrairement aux résultats illustrés au niveau de l'étude d'[3] où ils ont montré, en termes d'impact marginal, que l'effet technique domine l'effet d'échelle-composition, nos résultats montrent un effet technique dominé par un effet d'échelle en termes d'impact marginal. Il en résulte que l'effet marginal exercé par la sévérité de la politique environnementale n'est pas important dans l'ensemble des pays industrialisés. C'est l'effet d'échelle et celui de structure qui sont les plus dominants et les plus élevés dans ces pays.

De même, les règlements et les politiques en faveur de la réduction de la pollution sont renforcés par la prise de conscience des individus et leurs préférences pour l'amélioration de la qualité de l'environnement. L'ensemble de ces préférences se traduit par la capacité des individus à payer pour la consommation de biens préférables pour l'environnement et pour les biens écologiques. Nous utilisons dans ce cas l'indicateur du revenu comme indicateur de la richesse. Il en résulte que l'accroissement du niveau de revenu contribue à l'augmentation de la sévérité des normes et des règles. Conformément aux suppositions du modèle théorique, la stabilité de l'environnement politique renforce la sévérité de la politique environnementale qui est de même influencée positivement par le contrôle des tentatives de corruption.

L'ensemble de ces résultats sont justifiées par deux coefficients de signes positifs et significatifs au seuil de 10% pour les deux variables de la stabilité politique et du contrôle de la corruption ce qui justifie l'effet positif et significatif des facteurs de l'environnement politique et institutionnel dans le renforcement de la politique de l'environnement et de sa durabilité.

En analysant les études antérieures, nos résultats sont semblables à ceux illustrés au niveau du travail de [28] et dans d'autres travaux. Il en résulte que pour obtenir de bons résultats pour l'environnement, il faut que la mise en application des politiques et des règles soit favorisée par un environnement institutionnel bien organisé et bien contrôlé. Un mauvais fonctionnement de l'environnement institutionnel constitue une entrave pour le fonctionnement des politiques en vigueur.

La variable de l'interaction entre la corruption et la stabilité politique, traitant l'impact de ces facteurs sur la réglementation de l'environnement, est de signe positif et significatif au seuil de 10%. Ce signe positif démontre que le contrôle de la corruption augmente la sévérité de la politique de l'environnement dans la mesure où cet effet est renforcé en présence d'une stabilité politique. De même, la stabilité politique contribue au bon fonctionnement de la politique de l'environnement et son effet positif sera plus important si les gouvernements augmentent les moyens de contrôle de la corruption. Il en résulte que la stabilité politique augmente la sévérité des règlements de l'environnement mais avec des niveaux élevés de contrôle de la corruption. Ces résultats convergent avec ceux identifiés dans le travail de [17] qui ont trouvé que l'instabilité politique engendre une fragilité de la politique environnementale. Ils ont conclu que cet effet négatif s'accroît si l'instabilité politique s'accroît de sa part ce qui va provoquer une diminution de la sévérité des règles et des normes.

Au niveau du Modèle (1), nous identifions que le niveau des émissions de CO<sub>2</sub> et celles retardées d'une année engendrent un effet négatif et significatif sur la sévérité de la politique environnementale. L'accroissement de la pollution provoque une diminution de l'efficacité des règlements et un affaiblissement de la capacité des pays à contrôler les niveaux des émissions polluantes. Il faut mettre en disposition des moyens pour contrôler les émissions carboniques et diminuer

leurs effets d'accumulation continue. Nous avons développé une autre spécification intégrant les facteurs ayant une influence sur l'environnement et sur la réglementation de la politique environnementale pour les pays de l'OCDE.

Au niveau du Modèle (2), nous avons pris en considération l'importance du facteur démocratique sur la sévérité des politiques de l'environnement et sur le niveau de la pollution, illustré par la variable (Freed\_Index). Les résultats sont présentés dans le Tableau 8. Nous avons tout simplement refait les estimations sur la base du Modèle (1) en intégrant la variable des libertés civiles et des droits politiques comme un proxy de la démocratie. Contrairement aux résultats identifiés par [18] et [28] qui ont trouvé que la sévérité de la politique environnementale est affectée positivement par la démocratie, nous identifions que l'indice de liberté civile est corrélé négativement avec l'indice de la sévérité de la politique environnementale. Avec l'intégration de la variable de la démocratie dans le Modèle (2), nous remarquons que les coefficients des variables de la stabilité politique, le contrôle de la corruption et la variable du revenu sont significatifs avec

une diminution dans les valeurs des coefficients. Ce phénomène peut être expliqué par la faible corrélation qui peut exister entre les facteurs de l'environnement institutionnel et

TABLEAU III  
RESULTATS DES ESTIMATIONS DU MODELE DE BASE

	Pays de l'OCDE		Pays en développement	
	Estimation du modèle théorique de base (Modèle (3))			
	DMC		TMC	
	<i>ln(ECO<sub>2p</sub>)</i>	<i>ln(ISPE)</i>	<i>ln(ECO<sub>2p</sub>)</i>	<i>ln(ISPE)</i>
<i>Ln(GDP)</i>	0.1654*** (2.90)		-0.7548*** (-4.37)	
<i>ln(Alim_pdt% Manufac)</i> ,	0.3142* (1.72)		0.4584*** (4.20)	
<i>ln(Chim_pdt% Manufac)</i> ,	-0.2437** (-2.15)		0.1347 (1.50)	
<i>ln(Mach_Transp%Manufac)</i> ,	0.0266 (0.889)		0.1206 (1.36)	
<i>ln(Other_Activ Manuf%Manufac)</i>	0.8359*** (2.71)		0.8120*** (3.01)	
<i>ln(Textile%Manufac)</i>	-0.3338*** (-5.83)		0.6527*** (6.35)	
<i>ln(Manufac_VA)</i>	-0.0490 (-0.29)		0.4092 (1.03)	
<i>ln(Indus_VA)</i>	2.0383*** (4.17)		1.0502** (2.55)	
<i>ln(Agrc_VA)</i>	0.0815 (0.89)		-1.3075*** (-3.44)	
<i>ln(Serv_VA)</i>	5.1232*** (4.52)		-0.5715 (-0.71)	
<i>ln(ISPE)</i>	-0.7292*** (-4.58)		3.7704*** (5.40)	
<i>ln(ECO<sub>2p</sub>)</i>		3.4948 (1.26)		-0.2729 (-0.97)
<i>ln(ECO<sub>2p-1</sub>)</i>		-4.1254 (-1.48)		0.2545 (0.93)
<i>Ln(GNPp)</i>		4.7763*** (4.61)		1.6435* (1.96)
<i>POLITstab</i>		-1.9306* (-1.85)		0.0249 (0.29)
<i>Corrp_Cntr</i>		-2.0568* (-1.89)		0.0553 (0.55)
<i>Corrp_Cntr*POLITstab</i>		0.4790* (1.90)		0.0250 (0.41)
<i>Freed_index</i>		0.0510 (0.51)		0.0383 (0.91)
<i>Ln(Trade)</i>	-0.4014 (-1.39)	8.5432*** (3.85)	0.0357 (0.10)	2.6066* (1.69)
<i>Ln(Trade)*ln(K/L)</i>	0.0549** (2.54)		38e-11*** (4.99)	
<i>Ln(Trade)*ln(GNPp)</i>		0.8314*** (3.91)		0.3275* (1.72)
<i>Constante</i>	-34.338*** (-5.53)	-38.855*** (-3.19)	2.4649*** (-3.52)	12.0753* (-1.79)
<i>Observations</i>	228	228	70	70

Notes : (\*\*\*) : Significativité au seuil de 1% ; (\*\*) : significativité au seuil de 5% et (\*) : significativité au seuil de 10%. Les valeurs entre parenthèses sont relatives à t de Student.

le niveau de la richesse réalisée.

Dans les pays industrialisés, il s'avère que le facteur de la démocratie ne joue pas un rôle important dans l'influence des individus, conscients face à l'amélioration de la qualité de l'environnement, dans le renforcement de la politique de l'environnement.

Ensuite, nous estimerons notre modèle de base pour les deux échantillons (pays en développement et pays de l'OCDE). Les résultats empiriques sont conformes avec ce qui a été énoncé au niveau du modèle théorique.

Pour le cas des pays de l'OCDE et des pays en développement, nous estimons notre modèle théorique de base ((Modèle (3)) en prenant en considération les facteurs institutionnels (la stabilité politique et le contrôle de la corruption) et des facteurs ayant une influence directe sur l'environnement et sur la réglementation de la politique environnementale. Au niveau de ce Modèle (3), nous avons pris en considération aussi l'importance du facteur démocratique sur la sévérité de la politique environnementale. Les résultats des estimations sont illustrés dans le Tableau 3.

Pour le cas des pays en développement, nous n'observons pas d'effet d'échelle exprimé en fonction de l'échelle de l'économie. Dans notre cas, nous avons travaillé sur une période couvrant 2005 et 2015 et sur cette période tout accroissement du niveau du PIB engendre un décroissement de la pollution. Il en résulte que l'effet d'échelle n'est pas dominant.

L'évolution de la part de l'activité industrielle totale engendre l'accroissement de la pollution de l'air. En d'autre terme, plus le poids de l'industrie dans l'activité économique s'accroît plus les émissions de CO<sub>2</sub> s'accroissent aussi. De même, pour le cas de la structure de l'activité industrielle, pour les sous-secteurs manufacturiers, nous observons que la pollution est due principalement à l'augmentation de la part de certaines industries dans la production manufacturière totale. En effet, nous observons une corrélation positive et significative au seuil de 1% entre le niveau de la pollution et les parts de l'industrie alimentaire, l'industrie du textile et de l'habillement et de l'industrie des autres activités manufacturières. Les autres sous-secteurs, comme l'industrie de la production chimique l'industrie de la production des machines et des équipements de transport, ne possèdent aucun effet significatif sur le niveau des émissions de CO<sub>2</sub>. L'augmentation de la part de ces industries dans la production manufacturière totale ne provoque pas l'accroissement du niveau de la pollution dans les pays en développement.

L'effet de composition apparaît plus important dans les pays en développement. D'une part, un tel effet s'explique par l'importance de la part des industries à forte intensité polluante dans la production totale, et d'autre part, la relation négative entre les émissions de CO<sub>2</sub> et le niveau du PIB, peut s'expliquer par le choix de la période d'étude. Cette relation peut être due à l'ensemble des outils et des équipements ainsi qu'aux techniques utilisées dans les activités manufacturières et industrielles. D'autant plus, la réduction de la pollution peut s'expliquer par l'importance du commerce international dans l'acquisition de nouvelles techniques de production et d'équipements plus évolués. L'activité de l'agriculture

possède un effet négatif et significatif sur le niveau de la pollution. Les investissements dans les activités de l'agriculture sont bénéfiques pour l'environnement.

Nous observons une corrélation négative et non significative entre la pollution et le secteur des services dans les pays en développement.

Les résultats ne montrent pas l'existence d'un effet technique via les politiques de l'environnement dans la mesure où durant la période 2005 – 2015, les politiques de modernisation des techniques de production n'ont pas contribué à la minimisation des émissions polluantes dans les pays en développement. Nous identifions un coefficient de la variable (ISPE) de signe positif et significatif au seuil de 1%. Contrairement aux résultats des pays de l'OCDE, où nous avons identifié un effet technique moins important que l'effet d'échelle-composition, nos résultats montrent l'inexistence de l'effet technique dans les pays en développement. Il en résulte que la sévérité de la politique environnementale a engendré un accroissement de la pollution. Mais l'effet technique ne se manifeste qu'à travers les activités de l'agriculture. C'est l'effet de structure qui est le plus dominant et le plus élevé dans les pays en développement durant la période 2005 – 2015.

Les pays en développement doivent renforcer leurs actions pour consolider l'effet technique réalisé à travers le secteur agricole.

Il est nécessaire pour ces pays de coopérer pour se préparer à l'adaptation aux impacts du changement climatique afin d'accroître les efforts collectifs et bénéficier de nouvelles idées sur les stratégies et sur les plans d'actions élaborés dans chaque pays. Il est important d'élaborer des plans appropriés et intégrés pour assurer la gestion efficace des zones côtières, des ressources en eau et de l'agriculture. Ces mesures sont destinées à la protection et à la réhabilitation en particulier des zones dans les pays de l'Afrique qui sont affectées par la sécheresse et la désertification.

Contrairement aux résultats identifiés par [18] et [28] qui ont trouvé que la sévérité de la politique environnementale est affectée positivement par la démocratie, nous n'identifions aucune corrélation significative entre l'indice de liberté civile et l'indice de la sévérité de la politique environnementale dans les pays en développement. Nous remarquons que les coefficients des variables de la stabilité politique et de la corruption sont non significatifs. Aucun effet n'est constaté de l'environnement institutionnel sur la sévérité de la politique environnementale. Cependant, l'accroissement du niveau de revenu accroît l'efficacité des règlements. De même pour les pays en développement, il s'avère que les facteurs de la démocratie et de la stabilité politique ne jouent pas un rôle important dans l'influence des préférences des individus à améliorer la qualité de l'environnement et à renforcer sa politique.

Dans la mesure où le commerce international est un facteur de croissance et peut être à l'origine des effets de la croissance économique sur la qualité de l'environnement, nous intégrons au niveau du Modèle (3) la variable relative à l'ouverture commerciale (Trade) pour le cas des deux échantillons (PED et pays de l'OCDE après avoir estimé le Modèle (1) et (2) seulement pour le cas des pays de l'OCDE).

Pour les pays de l'OCDE, nous observons une augmentation du coefficient de la variable du PIB (qui représente l'échelle de l'économie) par rapport à son coefficient illustré au niveau du Modèle (2). Pour les

différents sous-secteurs de l'industrie manufacturière, le coefficient du sous-secteur de la production des machines et des équipements de transport devient non significatif. Cependant, nous remarquons une robustesse des résultats (les coefficients demeurent significatifs) pour les sous-secteurs de la production chimique, des autres activités manufacturières et du sous-secteur du textile et de l'habillement. En prenant en considération la libéralisation des échanges, le coefficient de la variable de la part de l'industrie manufacturière dans l'économie est non significatif.

Au contraire, avec l'ouverture commerciale, le coefficient de la variable relative à la part de la valeur ajoutée du secteur industriel dans le PIB a augmenté par rapport au résultat du deuxième modèle. De même pour le secteur des services. Avec la prise en compte des mouvements commerciaux, il en résulte que la part de l'industrie totale et du secteur des services dans le PIB contribuent à l'accroissement des émissions de CO<sub>2</sub> dans les pays de l'OCDE. Par conséquent, ces résultats peuvent expliquer qu'il s'agit d'une corrélation entre la libéralisation des échanges et l'accroissement de l'échelle de l'activité économique des pays. Nous observons pour l'équation de l'environnement pour le cas des pays de l'OCDE et des pays en développement que l'ouverture commerciale ne possède pas d'effet significatif (de signe négatif) sur le niveau des émissions de CO<sub>2</sub>, mais pour le terme d'interaction entre l'ouverture commerciale et les dotations en capital, nous concluons qu'avec l'accumulation du capital dans les pays de l'OCDE, le commerce international accroît la pollution atmosphérique. Ce résultat peut expliquer que l'accroissement du capital et l'élargissement des fonds pour accroître l'échelle de l'activité économique s'effectuent pour l'ensemble des industries dont la production est à forte intensité polluante. Le niveau de développement industriel des pays peut expliquer ce résultat. Le commerce international a encouragé les pays industrialisés et les pays en développement, à se spécialiser dans les activités dans lesquelles ils possèdent un avantage comparatif. Ces activités sont les bases des secteurs fortement polluants.

La pollution atmosphérique dans ce sens s'accroît dans les pays qui exportent largement les biens fabriqués suivant des techniques et des outils polluants et qui accueillent les industries polluantes des pays développés (cas des pays en développement). Tout accroissement de capital engendre un effet néfaste du commerce international sur l'environnement

Nous observons au niveau de l'équation de la politique environnementale qui représente l'effet technique (Modèle (3)) que le niveau de revenu accroît la sévérité de la politique environnementale dans les pays de l'OCDE et dans les pays en développement. De même, la libéralisation des échanges augmente la sévérité de la politique environnementale ce qui justifie le phénomène « race to the top » pour les pays de l'OCDE. Ce résultat peut s'expliquer par l'importation de nouvelles techniques de production capables de renforcer la politique de l'environnement. Les pays vont donc chercher à accroître leur capacité d'investissement en élargissant leurs capitaux et leurs activités tout en respectant les normes et les dispositions fixées au niveau de la politique environnementale pour renforcer sa durabilité.

De même, pour le terme d'interaction entre l'ouverture commerciale et le niveau de revenu, les résultats montrent deux coefficients positifs et significatifs au seuil de 1% et de 10% respectivement pour le cas des pays de l'OCDE et des pays en développement. Cela justifie que le commerce

international accroît la sévérité de la politique environnementale avec un niveau de revenu élevé. Pareil pour le niveau de la richesse qui augmente la sévérité des règlements avec une ouverture commerciale élevée.

Les pays industrialisés possèdent des économies développées ayant un niveau de la richesse assez élevé. Donc, à un niveau élevé de revenu, les pays sont incités à améliorer leur environnement à travers l'importation de produits de hautes technologies auprès d'autres pays développés.

Ce résultat justifie l'importance de la libéralisation des échanges dans l'accroissement des richesses et dans le renforcement de la politique environnementale. En effet, le commerce international contribue à l'accroissement des revenus en stimulant l'accumulation du capital physique et humain et en augmentant la production. Un tel résultat a aussi été illustré dans le travail de [15]. Il en résulte que le commerce international est un facteur primordial dans le renforcement de l'activité économique puisqu'il possède un important impact positif sur la productivité.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer l'importance du commerce dans l'accroissement de l'activité économique. En effet, le commerce international encourage le processus de diffusion des technologies des pays du Nord vers les pays du Sud. À long terme, les pays auront tendance à croître leur croissance avec la diffusion technologique.

À travers la libéralisation du commerce international, les pays en développement sont incités à améliorer leurs capacités afin de favoriser une utilisation efficace des technologies diffusées. Il en résulte une diffusion plus rapide de ces technologies qui permettra à l'ensemble de ces pays de les imiter pour améliorer leurs secteurs de production à des coûts moins chers.

Il s'agit donc d'un ensemble de politiques basées sur l'ouverture commerciale, l'amélioration de la compétitivité, le changement bénéfique de la structure de l'économie et la promotion de l'innovation qui permettent d'accroître la croissance économique des pays.

De même, si les pays encouragent les politiques commerciales basées sur la diversification des importations et des exportations, cela contribuera à l'atténuation de la pollution via des produits diversifiés. Nous mettons alors l'accent sur la mise en œuvre d'une politique commerciale promouvant la diversification des produits pour faciliter l'accès à l'ensemble des produits préférables pour l'environnement et orienter les préférences des individus vers la consommation de produits écologiques.

C'est le niveau de développement qui encourage les pays à opter pour des produits de « luxes » ou des biens environnementaux.

□ Pour les pays en développement, les résultats montrent l'existence d'un effet de structure qui est le plus dominant dans les pays en développement durant la période 2005 – 2015 ce qui peut être expliqué par les efforts des pays en faveur de l'évolution de leur structure industrielle et de l'élargissement des cercles de production.

Au cours de cette période, nous n'avons pas enregistré l'existence d'un effet d'échelle. L'accroissement des niveaux de PIB contribue à la diminution de la pollution.

Nous pouvons justifier ces résultats par l'ensemble des plans d'ajustement mis en œuvre par la majorité des pays pour réduire les émissions. Nous mettons l'accent de même sur un faible effet technique illustré à travers les activités de l'agriculture. Dans les pays en développement, il est

nécessaire de développer le secteur agricole et de moderniser les outils nécessaires pour ses activités.

□ Pour les pays de l'OCDE, les résultats montrent l'existence de l'effet d'échelle, l'effet de structure et de l'effet technique dans la mesure où l'effet technique n'a pas joué un rôle important dans les pays de l'OCDE durant la période 1996 – 2015. Contrairement aux [3] qui ont identifié un effet technique très important. Dans notre cas, les effets d'échelle et de structure ont dominé l'effet technique.

En observant les résultats au niveau du Tableau 4, nous concluons qu'en termes d'impact absolu (effet d'échelle + effet de structure), les émissions carboniques ont augmenté par l'effet d'échelle et celui de structure. Pour ce qui est de l'effet technique, il a contribué au décroissement des émissions de CO<sub>2</sub> mais à un pourcentage inférieur à celui de leur augmentation.

Il en résulte que l'effet technique n'a pas joué un rôle important dans la compensation de l'accroissement des émissions polluantes. La réduction des émissions carboniques par l'effet technique a été évaluée à 1.60% en contrepartie d'une augmentation par l'effet d'échelle et de structure estimée à 5.06%.

Ces différents résultats sont extraits du Tableau 4 en déterminant l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> par tête (calculée en termes de moyenne pour chaque année) durant la période d'étude couvrant 1996 – 2015 puis en multipliant chaque valeur par le coefficient d'élasticité identifié à travers la détermination de l'effet marginal (selon [3] et [34]) (de l'échelle de l'économie, de la structure industrielle et de la réglementation de l'environnement) sur la pollution. La réduction des émissions de CO<sub>2</sub> par l'effet technique exprimé en fonction de la réglementation de l'environnement est négligeable par rapport à son augmentation à travers l'évolution de la structure économique et industrielle. Il s'avère qu'une politique environnementale dans les pays de l'OCDE basée sur l'amélioration des techniques de production et des équipements n'a pas pu baisser les émissions polluantes.

TABLEAU IV

ESTIMATION DE L'EFFET D'ECHELLE, L'EFFET DE COMPOSITION ET DE L'EFFET TECHNIQUE DANS LES PAYS DE L'OCDE DURANT LA PERIODE 1996

Y	Deco <sub>2</sub> P/dY	Accroissement /décroissement du niveau de CO <sub>2</sub> par tête en % entre 1996-2015	P> z	95% Conf.Interval	
Ln(GDP)	<b>0.076</b>	<b>+0.06</b>	<b>0.000</b>	0.034	0.117
ln(Alim_pdt%Manufac),	-0.065	0.058	0.585	-0.302	0.170
ln(Chim_pdt%Manufac),	<b>-0.184</b>	<b>-0.162</b>	<b>0.021</b>	-0.341	-0.028
ln(Mach_Transp%Manufac),	<b>-0.372</b>	<b>-0.328</b>	<b>0.000</b>	-0.563	-0.180
ln(Other_ActivManuf%Manufac)	0.284	0.250	0.186	-0.136	0.705
ln(Textile%Manufac)	<b>-0.326</b>	<b>-0.492</b>	<b>0.000</b>	-0.412	-0.241
ln(Manufac_VA)	<b>-0.295</b>	<b>-0.288</b>	<b>0.016</b>	-0.534	-0.055

<i>ln(Indus_VA)</i>	<b><u>1.506</u></b>	<b><u>+1.329</u></b>	<b><u>0.000</u></b>	0.769	2.244
<i>ln(Agrc_VA)</i>	-0.079	-0.070	0.223	-0.207	0.048
<i>ln(Serv_VA)</i>	<b><u>4.152</u></b>	<b><u>+3.666</u></b>	<b><u>0.000</u></b>	2.448	5.856
<i>ln(ISPE)</i>	<b><u>-0.379</u></b>	<b><u>-0.335</u></b>	<b><u>0.000</u></b>	-0.536	-0.223

Notes : Pour les différentes statistiques des variables (Y) qui sont en gras et soulignées, sont toutes significatives au seuil de 5% d'après les probabilités identifiées. Pour les évolutions des émissions de CO2 par tête durant la période 1996-2015, nous avons calculé le taux de croissance moyen des émissions de CO2 durant la période (sur la base de la moyenne calculée pour chaque année de l'ensemble des pays de l'OCDE) puis nous l'avons multiplié par les élasticités des effets marginaux obtenus dans la première case (variation des émissions de CO2 par rapport à la variation des variables économiques) pour obtenir l'impact de l'évolution de chaque secteur et de politique environnementale sur le niveau des émissions carboniques réalisés.

Il faut que les politiques environnementales soient stratégiquement intégrées afin de perfectionner les performances des entreprises et de promouvoir par la suite l'amélioration des pratiques de gestion de l'environnement. Il faut alors penser à mettre en œuvre d'autres politiques en encourageant la diversification des produits importés et exportés. De même, il faut encourager le commerce des produits verts et des biens préférables pour l'environnement et diversifier la production. Il est donc important de renforcer les politiques de l'environnement par des politiques commerciales efficaces.

## VI. CONCLUSIONS

L'objectif de cette étude est de déterminer si la réduction des émissions de CO2 est due principalement à une efficacité des politiques environnementales mises en œuvre ou à une évolution bénéfique de la structure économique et industrielle contribuant à la minimisation de la pollution. L'estimation s'est effectuée à travers un modèle d'équations simultanées sur un ensemble de pays développés (27 pays de l'OCDE) durant la période 1996 – 2015. De même, nous avons développé une estimation pour un ensemble de 58 pays en développement (21 pays à revenu bas et 27 pays à revenu moyen) durant la période 2005 – 2015. Le choix de la période d'étude pour les pays en développement est basé sur la disponibilité de la variable représentative de la sévérité de la politique environnementale.

Contrairement aux prévisions théoriques, pour les pays en développement, les résultats montrent l'existence d'un effet de structure qui est le plus dominant durant la période 2005–2015 ce qui peut être expliqué par les efforts des pays en faveur de l'évolution de leur structure industrielle et de l'élargissement des cercles de production. Au cours de cette période, nous n'avons pas enregistré l'existence d'un effet d'échelle.

L'effet technique ne se manifeste pas à travers le renforcement de la politique environnementale mais à travers le développement des activités de l'agriculture préservant la qualité de l'environnement. Il est donc nécessaire pour les pays en développement de moderniser le secteur agricole et d'attribuer des subventions aux agriculteurs en leurs permettant d'améliorer leur production agricole et de l'élargir. De ce fait, une politique commerciale basée sur la diversification des produits agricoles et sur l'encouragement de leur importation s'avère importante.

La majorité des résultats sont conformes à ce qui a été conclu au niveau du modèle théorique pour le cas des pays de l'OCDE. Nous avons mis l'accent sur l'existence des trois effets (l'effet d'échelle, l'effet de structure et l'effet technique). Pour ce qui est de l'effet technique, il n'a pas joué

un rôle important dans la réduction des émissions carboniques durant la période 1996 – 2015. Pour l'effet d'échelle, nous avons observé que la croissance de l'échelle de l'économie exprimée en fonction de la variable du PIB a provoqué l'accroissement des émissions carboniques. L'effet de composition n'est pas exprimé en fonction de l'évolution de la part de la production manufacturière dans la production totale mais en fonction de l'impact positif de quelques sous-secteurs sur le niveau de la pollution (l'industrie des autres activités manufacturières) et en fonction de l'évolution de la part de l'activité industrielle. L'augmentation du poids de l'industrie dans l'activité économique a contribué à l'accroissement des émissions de CO2. L'effet technique s'exprime par la variable de l'indice de la sévérité de la politique environnementale. Il s'exprime dans ce cas par la capacité des politiques et des règlements en faveur de l'environnement et par des outils de production assurée par une modernisation des techniques de production propres et développées. Les résultats montrent l'existence d'un effet technique qui a été dominé par l'effet d'échelle – composition.

En mettant l'accent sur l'importance du commerce, nous avons identifié que l'ouverture commerciale n'a pas un effet significatif sur les émissions de CO2 dans les pays de l'OCDE et en développement, mais elle accroît la sévérité de la politique de l'environnement pour justifier le phénomène « race to the top ». Avec la prise en compte des mouvements commerciaux, il en résulte que la part de l'industrie totale et du secteur des services dans le PIB ont contribué à l'accroissement des émissions de CO2.

De ce fait, la libéralisation des échanges accroît l'échelle de l'activité économique des pays, la structure de leurs économies et les différents secteurs ayant un potentiel de croissance élevé dont se spécialise chaque pays. Par contre, elle peut contribuer à l'amplification de l'effet technique même s'il est considéré comme faible dans les pays de l'OCDE durant la période 1996 – 2015.

En effet, l'ouverture commerciale accroît l'avantage d'acquisition de nouvelles techniques et outils auprès des pays développés. De même, elle incite les pays à respecter les normes des techniques de production et les dispositions en faveur de l'environnement des autres pays et par conséquent à respecter les normes internationales. Nous pouvons s'attendre à ce que la libéralisation des échanges contribue à l'atténuation des émissions polluantes pour les pays qui ne cherchent pas à accroître le capital au détriment de l'environnement.

Pour les deux échantillons (pays en développement et pays de l'OCDE), nous avons identifié qu'à travers l'accumulation du capital, le commerce international accroît la pollution atmosphérique par l'accroissement du capital et par l'élargissement des fonds pour accroître l'échelle de l'activité économique s'effectuant par l'ensemble des industries dont la production est à forte intensité polluante.

Pour pouvoir améliorer la qualité de l'environnement, il faut opter pour un capital performant permettant à l'ensemble des pays d'assurer le processus de modernisation des outils et des techniques de production afin de renforcer leur activités en matière de gestion des émissions polluantes et d'accroître leur efficacité sur le plan des activités de dépollution.

Il est nécessaire de favoriser un environnement stable et de contrôler toutes tentatives de corruption pour renforcer la sévérité des règlements de l'environnement qui dépend d'un

environnement institutionnel bien organisé dans les pays de l'OCDE et les pays en développement.

En conclusion, dans les pays en développement, le faible effet technique se manifeste par le secteur de l'agriculture et non pas par l'efficacité de la politique environnementale. Cet effet peut s'expliquer par un ensemble de modernisation des techniques de production agricoles. Il est donc fondamental de mettre en œuvre une politique environnementale optimale qui encourage l'amélioration des techniques du secteur manufacturier et du secteur industriel.

Les pays en développement doivent focaliser leurs efforts sur l'amélioration continue du secteur agricole. Ils doivent opter pour une panoplie de mesures afin de promouvoir et de coopérer dans les activités de développement, dans l'application et dans la diffusion des technologies de l'environnement.

Il faut développer le secteur agricole en encourageant le transfert technologique et l'application de nouvelles pratiques et processus qui contrôlent, réduisent ou empêchent les émissions anthropiques de gaz à effet de serre.

Pour les pays de l'OCDE, l'effet technique, manifesté par les efforts des gouvernements et de quelques sous-secteurs de production n'a réussi à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> durant la période 1996 – 2015 qu'à l'ordre de 1.06% tandis que l'effet d'échelle et l'effet de composition ont engendré une augmentation des émissions polluantes de 5.06% ce qui justifie l'évolution de la structure industrielle pour les produits dont la fabrication est caractérisée par une forte intensité polluante.

Nous concluons finalement qu'il est possible pour les pays de l'OCDE de renforcer la politique environnementale à travers l'amélioration de la qualité de la gouvernance et l'implantation d'une politique commerciale de diversification des importations et des exportations en faveur des biens préférables pour l'environnement. Il faut encourager l'accumulation d'un capital performant.

Pour les pays en développement, il faut orienter les secteurs manufacturiers et industriels vers la production des biens propres, la modernisation des équipements, le développement du secteur de l'agriculture et la mise en œuvre d'une politique commerciale optimale contribuant à l'accroissement de l'effet technique.

Dans ce cadre, il faut que la production des industries soit orientée vers les biens environnementaux ayant une capacité de préserver la qualité de l'environnement.

#### ACKNOWLEDGMENT

The author gratefully acknowledges the sources of information used in this research particularly authors whose references are quoted and cited in the work. Many thanks for the contributions of Ghazi Boulila and Naoufel Liouane. Also Many thanks for the contributions of Mr Tomasz Kozluk and Mrs Silvia Albrizio from the OECD Economic Department for their support in providing the necessary data.

#### REFERENCES

- [1] Alesina, A. et Perotti, R., "Income Distribution, Political Instability, and Investment". *European Economic Review*, 40(6), p. 1203-1228, 1996.
- [2] Antweiler W., "The Pollution Terms of Trade". *Economic Systems Research*, Vol. 8 (4), pp. 361-365, 1996.
- [3] Antweiler, W., Copeland B.R. et Taylor M.S., "Is Free Trade Good for the Environment?" *American Economic Review*, 91(4), p. 877-908, 2001.
- [4] Antweiler, W., Copeland, B. R., et Taylor, M. S., "Is free trade good for the environment?". NBER Working Paper, No. w6707, 1998.
- [5] Bernheim, B. D., et Whinston, M. D., "Menu auctions, resource allocation, and economic influence". *The quarterly journal of economics*, 101(1), 1-31, 1986.
- [6] Cole, M. A., "Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages". *Ecological economics*, 48(1), 71-81, 2004.
- [7] Cole, M.A. et Elliot, R.J.R., "Do Environmental Regulations Influence Trade Patterns? Testing New and Old Trade Theories". *The School of Economics Discussion Paper Series 0310, Economics, The University of Manchester*, 2003.
- [8] Copeland, B.R. et Taylor, M.S., "Trade, Growth and the Environment". *Journal of Economic Literature*, 42(1), p. 7-71, 2004.
- [9] Cuervo-Cazurra, A., "Who cares about corruption?". *Journal of international business studies*, 37(6), 807-822, 2006.
- [10] Damania, R., Fredriksson, P. G., et List, J. A., "Trade liberalization, corruption, and environmental policy formation: theory and evidence". *Journal of environmental economics and management*, 46(3), 490-512, 2003.
- [11] Damania, R., Fredriksson, P. G., et Mani, M., "The persistence of corruption and regulatory compliance failures: theory and evidence". *Public choice*, 121(3-4), 363-390, 2004.
- [12] Dean, Judith M., "Does Trade Liberalization Harm the Environment? A New Test". *Canadian Journal of Economics*, 35(4), p. 819-842, 2002.
- [13] Dixit, A., Grossman, G. M., et Helpman, E., "Common agency and coordination: General theory and application to government policy making". *Journal of political economy*, 105(4), 752-769, 1997.
- [14] Eiras, A., et Schaefer, B., "Trade: The Best Way to Protect the Environment". *The Heritage Foundation*, (1480), 2001.
- [15] Frankel, J. et Romer, D., "Does Trade Cause Growth?". *American Economic Review*, 89(3), p. 379-399, 1999.
- [16] Frankel, J.A. et Rose, A.K., "Is Trade Good or Bad for the Environment? Sorting out the Causality". *Review of Economics and Statistics*, 87(1), p. 85-91, 2005.
- [17] Fredriksson, P. G., et Svensson, J., "Political instability, corruption and policy formation: the case of environmental policy". *Journal of public economics*, 87(7-8), 1383-1405, 2003.
- [18] Fredriksson, P. G., Neumayer, E., Damania, R., et Gates, S., "Environmentalism, democracy, and pollution control". *Journal of environmental economics and management*, 49(2), 343-365, 2005.
- [19] Grossman, G. M., et Krueger, A. B., "Economic growth and the environment". *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377, 1995.
- [20] Grossman, G. M., et Krueger, A. B., "Environmental impacts of a North American free trade agreement". *National Bureau of Economic Research*, No. w3914, 1991.
- [21] Grossman, G.M. et Helpman, E. "Protection for Sale". *American Economic Review*, 84(4), p. 833-850, 1994.
- [22] Harbaugh, W. T., Levinson, A., et Wilson, D. M., "Reexamining the empirical evidence for an environmental Kuznets curve". *Review of Economics and Statistics*, 84(3), 541-551, 2002.
- [23] Hotte, L., et Winer, S. L., "The demands for environmental regulation and for trade in the presence of private mitigation". 2008.
- [24] Kaufmann D., Kraay A. et Mastruzzi M., "Governance Matters IV: Governance Indicators for 1996-2004". *World Bank Policy Research Working Paper n°3630*, 2006.
- [25] Kukla-Gryz, A., "Economic growth, international trade and air pollution: A decomposition analysis". *Ecological economics*, 68(5), 1329-1339, 2009.
- [26] Lucas, R., Wheeler, D. et Hettige, H., "Economic Development, Environmental Regulation, and the International Migration of Toxic Industrial Pollution", 1960- DC: *World Bank*, 1992.
- [27] Mitigation, C. C., "Climate Change Mitigation Policies and Progress", *OCDE*, 2015.
- [28] Pellegrini, L., et Gerlagh, R., "An empirical contribution to the debate on corruption, democracy and environmental policy", 2005.
- [29] Shafik, N., "Economic development and environmental quality: an econometric analysis". *Oxford economic papers*, 46(4), 757-774, 1994.
- [30] Söderholm, P., "Fossil fuel flexibility in west European power generation and the impact of system load factors". *Energy Economics*, 23(1), 77-97, 2001.
- [31] Suri, V., et Chapman, D., "Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve". *Ecological economics*, 25(2), 195-208, 1998.
- [32] Svensson, G., et Klemm, O. (1998), "Aircraft measurements and model simulations of the air quality in Athens, Greece". *Atmospheric Environment*, 32(12), 2269-2289, 1998.



- [33] XIV, N. U. T, "Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement", 2016.
- [34] Zugravu-Soilita, N., "Croissance, commerce, IDE et leur impact sur l'environnement: cas de l'Europe Centrale et Orientale et de la Communauté des Etats Indépendants". (Doctoral dissertation, Université Paris 1), 2009.

## Annexe

TABLEAU I  
DEDINITION DES VARIABLES

Variables	Définition	Sources
ECO <sub>2p</sub>	Les émissions de dioxyde de carbone ( <i>en tonne métrique par tête : Metric tons per person</i> ) pour les années 1995 – 2014.	<i>Energy Information Administration (2016)</i>
	Pour l'année 2015, nous sommes basés sur la série des émissions de CO <sub>2</sub> en millions tonnes après avoir divisé chaque valeur par la population de chaque pays. ( <i>les données sont indisponibles pour quelques pays</i> ).	<i>Calcul de l'auteur en se basant sur les données de BP Statistical Review of World Energy (2016)</i>
Population totale	Variable de la population totale utilisée pour calculer les émissions de CO <sub>2</sub> par tête pour l'année 2015.	<i>Banque Mondiale (2016)</i>
ECO <sub>2p-1</sub>	Les émissions de dioxyde de carbone ( <i>en tonne métrique par tête</i> ) retardées d'une année.	<i>Energy Information Administration (2016)</i> <i>BP Statistical Review of World Energy (2016)</i>
GDP	PIB au prix constant.	<i>Banque Mondiale (2016)</i> <i>United Nation Statistics Division (2016) (National Accounts)</i>
Alim_pdt% Manufac),	La part du sous-secteur des produits alimentaires, des boissons et du tabac dans la valeur ajoutée manufacturière totale.	<i>Banque Mondiale (2016)</i>

Chim_pdt %Manufac	La part du sous-secteur des produits chimiques dans la valeur ajoutée manufacturière totale.	<i>Banque Mondiale (2016)</i>
Mach_Tran sp%Manuf	La part du sous-secteur des machines et des équipements de transport dans la valeur ajoutée manufacturière totale.	<i>Banque Mondiale (2016)</i>
Other_Activ Manuf%M	La part des autres activités manufacturières dans la valeur ajoutée manufacturière totale.	<i>Banque Mondiale (2016)</i>
Textile%M anufac	La part du sous-secteur de textile et de l'habillement dans la valeur ajoutée manufacturière totale.	<i>Banque Mondiale (2016)</i>
Manufac_V A	La valeur ajoutée de la production des biens et services par le secteur manufacturière en pourcentage du PIB.	<i>Banque Mondiale (2016)</i>
Indus_VA	Le pourcentage de la production totale des biens et services par le secteur industriel est exprimé par la variable : industrie, valeur ajoutée ( <i>en % du PIB</i> ).	<i>Banque Mondiale (2016)</i>
Agrc_VA	La valeur ajoutée du secteur de l'agriculture dans le PIB.	<i>Banque Mondiale (2016)</i>
Serv_VA	La valeur ajoutée du secteur des services dans le PIB.	<i>Banque Mondiale (2016)</i>
GNPP	Le produit national brut par tête.	<i>Banque Mondiale (2016)</i>
ISPE	L'indice de la Sévérité de la Politique Environnementale. Pour les pays de l'OCDE, il est exprimé en fonction de la variable « <i>Environmental Policy Stringency Index</i> ». Cet indice varie de « 0 » (le degré de la sévérité de politique environnementale est faible) à « 6 » ( <i>le degré de la sévérité de la politique environnementale est élevé</i> ) et il prend en considération un ensemble de 14 mesures et instruments s'intéressant à la qualité de l'environnement et à la pollution atmosphérique.	<i>OCDE, (2016)</i>
	Pour le cas des pays en développement, il est exprimé en fonction de la variable du « <i>classement des politiques et institutions pour la durabilité de l'environnement (CPIA policy</i> »	<i>Banque Mondiale (2016)</i>

	<i>and institutions for environmental sustainability rating</i> ) ». Le classement varie entre « 0 » (faible) et « 6 » (fort).	
<b>FBCF</b>	<b>Formation brute de capitale fixe (US constant 2005). Cette variable est utilisée pour calculer le stock de capital.</b>	<i>Banque Mondiale (2016)</i>
<b>K</b>	Le stock de capital est calculé en fonction de la formation brute de capital fixe (US constants 2005). <u>Méthode de calcul</u> : nous avons utilisé le taux d'amortissement 5% fixé pour la plupart des types d'installation et d'équipement ( <i>Manuel de l'OCDE, (2001). La mesure de capital, la mesure des stocks de capital, de la consommation, de capital fixe et des services de capital.</i> ) <i>Stock de capital = capital fixe (de l'année (t)) + stock de capital crée (de l'année (t-1)) - (5% du stock de capital crée (de l'année (t-1))).</i>	<i>Calcul de l'auteur en se basant sur les données exposées par la Banque Mondiale (2016) ; WDI, (2016)</i>
<b>L</b>	Le travail est exprimé en fonction de la population active totale.	<i>Banque Mondiale (2016)</i>
<b>K/L</b>	Dotations relatives en capital et en travail. Cette variable est exprimée par le quotient de la division du stock de capital par le travail (population active).	<i>Calcul de l'auteur.</i>
<b>Trade</b>	L'intensité de l'ouverture à l'étranger est exprimée en fonction de la somme des exportations et des importations divisée par le PIB constant.	<i>Banque Mondiale (2016) Organisation Mondiale du Commerce (2014), (OMC) UNCTAD Statistics Database (2016) (calcul de l'auteur pour quelques pays).</i>
<b>Freed_index</b>	La démocratie est exprimée en fonction de l'indice de liberté civile et des droits politiques. Cette variable est calculée par une moyenne ordinaire des droits politiques et de l'indice de la liberté civile de chaque pays (DP+IL)/2.	<i>Calcul de l'auteur en se basant sur les données de Freedom House Organisation (2016)</i>
<b>POLITstab</b>	L'indicateur de la stabilité politique.	<i>[24]Governance Indicators (WGI), (2016)</i>

<b>Corrp_Cntr</b>	Le contrôle de la corruption.	<i>[24] Worldwide Governance Indicators (WGI), (2016)</i>
<b>Corrp_Cntr*P OLITstab</b>	Le terme d'interaction entre le contrôle de la corruption et la stabilité politique.	<i>Calcul de l'auteur en se basant sur les données de [24] de Worldwide Governance Indicators (WGI), (2016)</i>
<b>Ln(Trade)*ln(K/L)</b>	Le terme d'interaction entre l'ouverture commerciale et les dotations relatives en capital et en travail.	<i>Calcul de l'auteur en se basant sur les sources suivantes : Banque Mondiale (2016) Organisation Mondiale du Commerce (2016), (OMC) UNCTAD Statistics Database (2016)</i>
<b>Ln(Trade)*ln(GNPP)</b>	Le terme d'interaction entre l'ouverture commerciale et le produit national brut par tête.	<i>Calcul de l'auteur en se basant sur les sources suivantes : Banque Mondiale (2016). Organisation Mondiale du Commerce (2016), (OMC) UNCTAD Statistics Database (2016).</i>