

**Economics School of Louvain - ESL**

**Economics School of Namur - ESN**

# **IDE ET ENVIRONNEMENT : analyse en panel**

Auteur : William Vincent

Directeur : Fabio Mariani

Lecteur : David de la Croix

Année académique 2019-2020

Master en sciences économiques – 120 crédits – Finalité : Spécialisée

## Résumé

L'objectif de ce travail est de déterminer l'impact des IDE sur la qualité de l'environnement des pays qui reçoivent ces investissements. L'analyse concerne 64 pays et la période 1990-2014. Via les méthodes dites des effets fixes et GMM, j'obtiens que les entrées d'IDE impliquent en moyenne une dégradation de la qualité environnementale. Ce qui supporte l'hypothèse de havre de pollution. Cependant, cette étude démontre que l'impact des IDE varie fortement en fonction du niveau de développement du pays receveur. En effet, les pays les moins développés subissent davantage de dégradations. En ce qui concerne les pays les plus développés, les IDE peuvent même être un moyen de réduire leurs émissions de CO<sub>2</sub>.

## Abstract

The aim of this thesis is to determine the impact of FDI on the environmental quality. This study is based on 64 countries between 1990 and 2014. By using two different methods: "fixed effects" and "GMM", I obtain that, on average, FDI inflows imply a degradation of the environmental quality. This result supports the "pollution haven hypothesis". However, the results show that the impact isn't the same for low-income countries and high-income countries. Indeed, less developed countries are more negatively affected by FDI inflows. Regarding the high-income countries, FDI inflows can help them to reduce their CO<sub>2</sub> emissions.

## Remerciements

En premier lieu, je souhaite remercier mon promoteur, Monsieur Fabio Mariani, qui a accepté de superviser mon travail, je le remercie également pour les précieux conseils qu'il m'a donnés tout au long de la rédaction de mon mémoire.

Ma gratitude va ensuite au lecteur de mon travail, Monsieur David de la Croix, pour le temps qu'il a consacré à celui-ci.

Ensuite, je tiens à remercier profondément les différentes personnes qui ont relu ce travail pour leurs conseils de rédaction.

Merci également à ma famille et à mes parents, qui m'ont permis de réaliser ces études et qui m'ont soutenu du début à la fin.

Pour terminer, je remercie les différents professeurs que j'ai rencontrés durant mon parcours universitaire pour la transmission de leurs connaissances, qui ont été essentielles à la rédaction de ce mémoire.

## Table des matières

Résumé.....	2
Abstract .....	2
Remerciements .....	3
Liste des tableaux et figures.....	6
Tableaux: .....	6
Figures : .....	6
1. Introduction.....	7
2. Mise en contexte théorique .....	9
3. Revue de la littérature.....	12
4. Présentation des données et du modèle empirique.....	18
4.1 Modèle économétrique.....	18
4.2 Présentation des variables .....	20
4.2.1 Le dioxyde de carbone.....	20
4.2.2 Les investissements directs étrangers .....	21
4.2.3 Les variables de contrôle .....	22
4.2.4 Statistiques descriptives.....	26
4.3 Méthodologie .....	28
4.3.1 Endogénéité.....	28
4.3.2 Pooled OLS.....	29
4.3.3 Les effets fixes .....	32
4.3.4 La méthode des moments généralisés (GMM) .....	34
5. Présentations des résultats et analyse économique.....	39
5.1 Résultats via Moindres Carrés Ordinaires (OLS).....	39
5.2 Résultats via Effets Fixes .....	40
5.3 Résultats via GMM .....	43
5.4 Tester la relation IDE-pollution .....	44
5.5 Analyse économique et recommandations.....	45
6. Conclusion .....	48
7. Bibliographie.....	49
8. Annexes .....	53
Annexe 1 : la courbe de Kuznets environnementale (CKE) .....	53
A.1.2 Présentation.....	53
A.1.3 Résultats.....	55

Annexe 2 : constantes ..... 56

## Liste des tableaux et figures

### Tableaux:

Tableau 1 : Statistiques descriptives .....	26
Tableau 2 : Tests effets fixes .....	34
Tableau 3 : Test d'Arellano-Bond .....	38
Tableau 4 : Résultats via Pooled OLS .....	39
Tableau 5 : Résultats via Effets fixes .....	40
Tableau 6 : Résultats via Effets fixes en fonction du PIB/hab .....	41
Tableau 7 : Résultats via Effets fixes pour 24 pays les plus riches .....	42
Tableau 8 : Résultats via System GMM .....	43
Tableau A.1 : EKC .....	55
Tableau A.2 : Constante par pays, modèle à effets fixes .....	56

### Figures :

Figure 1 : Représentation OLS .....	30
Figure 2 : Représentation Effets fixes .....	31

## 1. Introduction

Durant les 15 dernières années, le flux d'investissements directs étrangers entrant à l'échelle mondiale a pratiquement doublé, passant par exemple de 589 000 millions de USD en 2002 à 1 200 000 millions en 2018<sup>1</sup>. Les investissements directs étrangers, plus communément appelés IDE, sont des mouvements de capitaux sur les marchés internationaux réalisés afin de créer ou maintenir une activité dans un pays étranger. Selon la définition d'Eurostat<sup>2</sup>, « il s'agit d'un investissement par lequel une entité résidente d'une économie acquiert un intérêt durable dans une entité résidente d'une autre économie ». L'objectif est double : pénétrer un nouveau marché et réduire les coûts. A première vue, les IDE sont positifs pour la croissance économique des pays à qui ils sont destinés car cela leur permet de recevoir des ressources financières, des nouvelles méthodes de production, des nouvelles méthodes managériales et cela crée de l'emploi (Al-Mulali et Tang, 2013). Cependant, une question importante surgit rapidement : quel est l'impact des IDE sur la qualité de l'environnement des pays qui reçoivent ces investissements ? L'objectif de ce travail est de répondre à cette question. La littérature existante démontre que les différents auteurs s'étant penchés sur la question obtiennent des résultats variés. D'une part, certains trouvent que davantage d'IDE entraînent plus de dégradations environnementales (ex : Baek, 2016). D'autre part, certains parviennent à conclure que les IDE sont un moyen efficace pour d'améliorer la qualité de notre environnement (ex : Asghari, 2013).

Cette étude analyse un échantillon de 64 pays ayant des caractéristiques différentes que ce soit au niveau géographique et/ou au niveau du développement. La qualité de l'environnement sera estimée via le niveau d'émission de CO<sub>2</sub>, davantage de CO<sub>2</sub> impliquant une dégradation de l'environnement. La période concernée est la période 1990-2014. La méthodologie employée sera la suivante. Dans un premier temps une méthode simple (OLS) sera employée. Par la suite, afin de résoudre le problème d'hétérogénéité non observée, le modèle sera estimé via la méthode des effets fixes. Finalement, j'emploierai la méthode d'analyse dynamique GMM afin de résoudre certains problèmes d'endogénéité. De façon générale, les résultats obtenus supportent l'hypothèse de havre de pollution, les entrées d'IDE ont des effets néfastes sur l'environnement. Via la méthode GMM, j'observe que l'augmentation des IDE de 1% implique en moyenne une augmentation du niveau d'émission de CO<sub>2</sub> de 0,159%. Cependant, les résultats indiquent également que l'impact des IDE varie fortement en fonction du niveau de développement du pays receveur. Si pour les

---

<sup>1</sup> UNCTADSTAT, *Centre de données : investissements directs étrangers*, disponible sur : <https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=96740>

<sup>2</sup> Eurostat, *Glossaire : investissement direct étranger (IDE)*, disponible sur : [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Foreign\\_direct\\_investment\\_\(FDI\)/fr](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Foreign_direct_investment_(FDI)/fr)

pays peu développés les IDE sont nocifs pour l'environnement, les résultats indiquent que cela n'est pas toujours le cas pour les pays plus développés.

Le travail est articulé de la façon suivante. Dans un premier temps, une mise en contexte théorique sera réalisée. On y retrouvera notamment une introduction aux concepts essentiels tels que « investissements directs étrangers », « hypothèse de havre de pollution » ou encore « hypothèse de pollution halo ». La section 3 sera consacrée à la présentation de la littérature existante sur le sujet. Cette partie permet de comprendre ce qui a déjà été réalisé et d'observer les différents résultats obtenus par les auteurs. La section suivante présentera le modèle économétrique employé, les différentes données qui constituent la base de données de ce travail ainsi que les différentes méthodes d'estimation employées à savoir : pooled OLS, effets fixes et GMM. Par la suite, la section 5 aura pour objectif de présenter les résultats obtenus via les différentes méthodes d'estimation et de donner des implications économiques/ recommandations politiques. Finalement, la section 6 conclura ce travail.

## 2. Mise en contexte théorique

Comme dit dans l'introduction, les investissements directs étrangers sont des mouvements de capitaux réalisés sur les marchés étrangers via lesquels un agent économique investit dans une entreprise résidant dans une économie différente<sup>3</sup>. Les IDE peuvent prendre différentes formes<sup>4</sup>. D'une part, il peut s'agir de la création d'une filiale dans un autre pays. C'est ce qu'on appelle un « IDE de création ». D'autre part, les IDE peuvent prendre la forme d'une acquisition d'une entreprise étrangère ainsi que d'une fusion avec une entreprise résidant dans une économie différente. Les IDE permettent généralement aux entreprises de réduire leurs coûts de production. En effet, les entreprises délocalisent leur production dans un pays où le prix de la main d'œuvre par exemple est inférieur ou alors dans un pays où les réglementations environnementales sont plus faibles, ce qui leur permet de payer moins (Sapkota et Bastola, 2017). Un autre objectif poursuivi par les investisseurs est de toucher un nouveau public, pénétrer un nouveau marché. Il peut parfois être compliqué d'atteindre une nouvelle cible uniquement via les exportations. Dès lors, le fait de produire plus proche de ce nouveau marché permet d'atteindre plus facilement l'objectif.

En ce qui concerne les pays auxquels ces investissements sont destinés, les IDE jouent généralement un rôle important sur leur croissance économique, notamment pour les pays les moins développés. Comme le souligne Zugravu-Soilita (2017), les IDE permettent aux pays peu développés d'avoir des relations internationales, sans quoi ils risqueraient d'être isolés. Cette isolation rendrait leur croissance économique encore plus compliquée. Les IDE sont un moyen efficace pour les pays faiblement développés de recevoir un bon nombre de nouvelles méthodes de production ainsi que de nouvelles méthodes managériales. Ces méthodes plus efficaces ainsi que des entrées de capitaux et création d'emplois sont importants pour le développement des pays (Al-Mulali et Tang, 2013). Mais une fois de plus, si les IDE semblent positifs pour la croissance économique, leur impact sur la qualité de l'environnement reste incertain.

Lorsque l'on analyse l'impact que peuvent avoir ces IDE sur la qualité de l'environnement, deux hypothèses interviennent : « l'hypothèse de havre de pollution » ainsi que « l'hypothèse de pollution halo ».

---

<sup>3</sup> Eurostat, *Glossaire : investissement direct étranger (IDE)*, disponible sur : [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Foreign\\_direct\\_investment\\_\(FDI\)/fr](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Foreign_direct_investment_(FDI)/fr)

<sup>4</sup> OCDE (2008), *Définition de référence de l'OCDE des investissements directs internationaux : quatrième édition*, disponible sur : <https://www.oecd.org/fr/daf/inv/statistiquesetanalysesdelinvestissement/40632182.pdf>

La première hypothèse, celle du havre de pollution signifie que les IDE affectent de façon négative la qualité environnementale du pays qui reçoit ces investissements (Sapkota et Bastola, 2017). Par exemple, lorsque les réglementations environnementales d'un certain pays sont faibles, les entreprises étrangères peuvent être intéressées d'investir dans ce pays afin de bénéficier de règles plus souples, ce qui peut les rendre plus compétitives. On remarque que les réglementations environnementales deviennent de plus en plus strictes lorsque le pays a cru davantage. Deux raisons principales sont avancées. La première stipule que la corrélation entre revenu et volonté de préserver l'environnement est positive, que ce soit pour des raisons esthétiques ou dû au fait que les gens ayant plus de revenu sont plus sensibles aux problèmes environnementaux (Acharyya, 2009). La deuxième est que les pays les plus développés possèdent des institutions plus fortes ce qui leur permet de prendre des décisions plus adaptées et veiller au respect des règles (Acharyya, 2009). De plus, il existe une certaine compétition entre les différents pays en développement dans le but d'attirer davantage d'IDE afin de croître plus rapidement. Pour cela, ces pays baissent leurs normes environnementales afin d'attirer les investissements venant de l'étranger. Les pays les moins développés, et donc ayant des réglementations environnementales plus souples, vont alors devenir des havres de pollution étant donné que les entreprises étrangères vont y délocaliser leurs activités les plus polluantes.

Le fait de savoir si cette hypothèse est valable ou non pour un certain pays est crucial pour les décideurs politiques. En effet, si cette hypothèse est validée, il est important de limiter les entrées des IDE dans un pays et surtout il faut sélectionner des investissements entrants plus verts. Une validation de cette hypothèse signifierait également que l'amélioration de la qualité de l'environnement des pays développés se fait au détriment des pays moins développés qui eux voient la pollution accroître au sein de leur territoire. Si au contraire, cette hypothèse n'est pas confirmée, alors il est plus intéressant de favoriser les entrées afin de permettre au pays receveur de croître et ne pas retarder la croissance économique (Al-Mulali et Tang, 2013). Dans les faits, on observe que l'hypothèse de havre de pollution existe pour certains pays et selon certaines circonstances, c'est par exemple ce qu'ont trouvé Baek (2016), Sapkota et Bastola (2017) ou encore Bokpin (2017). Mais de nombreux économistes s'étant penchés sur la question tels que Kirkulak et al (2011) ou encore Tamazian et al (2009) rejettent cette hypothèse. Selon eux, lorsque le niveau d'IDE augmente dans pays, il en résulte une amélioration de la qualité environnementale des pays receveurs.

L'hypothèse de pollution halo propose quant à elle une toute autre vue. Selon cette hypothèse, le développement des IDE a un impact positif non seulement sur l'économie du pays qui reçoit cet investissement mais également sur la qualité de l'environnement de ce pays (Hassaballa, 2013). Cela s'explique par le fait que les pays développés transfèrent des techniques de production qui sont « environmental friendly » ainsi que du savoir (Zugravu-Soilita, 2017). Étant donné que les investisseurs sont plus développés, ils possèdent des moyens de production plus verts que les pays moins développés. Le transfert permet donc au pays visé de bénéficier de techniques qui respectent davantage l'environnement. Cela

implique qu'ils peuvent produire la même quantité tout en polluant moins. Pour que cette hypothèse tienne, il est nécessaire que le pays qui reçoit cet IDE soit capable d'absorber cette nouvelle technologie et possède des travailleurs assez qualifiés pour l'utiliser. Cette hypothèse dépend dès lors en partie du niveau d'éducation du pays bénéficiaire (Zugravu-Soilita, 2017).

Une raison pouvant expliquer le fait que certains valident l'hypothèse de havre de pollution et d'autres pas est « l'hypothèse travail-capital » (Cole et Elliott, 2005). Selon cette hypothèse, les pays se spécialisent dans la production d'un bien dont ils possèdent une abondance de facteur de production. Etant donné que les pays les plus développés sont dotés de davantage de capital, ils vont se spécialiser dans les activités requérant beaucoup de capital, qui sont les activités les plus polluantes. De l'autre côté, les pays du Sud étant les moins développés vont se spécialiser dans les activités intenses en travail, activités nettement moins polluantes. Ceci est diamétralement opposé à l'hypothèse du havre de pollution selon laquelle les pays développés transfèrent leurs activités polluantes vers les pays en développement ou moins développés (Cole et Elliott, 2005). Selon l'hypothèse de havre de pollution, les pays pauvres sont ceux où se situent les activités polluantes. Cette opposition entre les deux hypothèses ci-dessus explique les conclusions partagées sur la validité ou non de l'hypothèse de havre de pollution.

Cependant, il est important de souligner que les activités abondantes en capital sont en moyenne, et pas toujours, les plus polluantes. Il ne faut pas généraliser et conclure que les activités requérant davantage de capital sont toujours les plus polluantes. Ce qui est important est de caractériser le type de capital et non le volume de capital. Par exemple, il est tout à fait possible qu'une entreprise utilise davantage de capital qu'une autre mais que ce capital soit très peu polluant. Ce qui impliquerait que l'entreprise ayant le moins de capital soit la plus polluante.

### 3. Revue de la littérature

L'étude de la qualité environnementale et notamment l'impact qu'ont les IDE sur celle-ci a suscité l'intérêt d'un grand nombre d'économistes depuis quelques décennies. Certains auteurs ont décidé de travailler sur un pays spécifique afin d'analyser l'impact des IDE sur le niveau de pollution à l'intérieur de ce pays. D'autres ont choisi d'analyser un panel composé de différents pays. Mon étude appartient à la deuxième catégorie.

Les analyses de données dites « times series » sont des études qui se focalisent sur un pays particulier au cours d'une certaine période de temps. Dans la littérature, on peut observer que la Chine est un pays pour lequel de nombreuses études ont été menées suite au développement rapide de ce pays et au nombre croissant d'IDE qui y étaient destinés. Ce fut notamment le cas de Cole, Elliott et Zhang (2011) qui ont analysé la relation entre croissance économique, IDE et environnement pour 112 villes chinoises entre 2001 et 2004. Leur conclusion est claire, le développement économique de la Chine va entraîner une augmentation des émissions industrielles, l'hypothèse de havre de pollution est donc validée. Cette conclusion est similaire à celle de He (2006), qui a utilisé comme variable dépendante le niveau d'émission de SO<sub>2</sub> pour 29 provinces chinoises sur la période 1994-2001, une période pendant laquelle le niveau d'entrée d'IDE sur le territoire chinois a cru fortement. Contrairement à eux, Sung, Song et Park (2018) ont obtenu comme résultat que les IDE étaient bénéfiques pour le développement économique du pays mais étaient également capables de réduire le niveau d'émission de CO<sub>2</sub>. En effet, selon leur étude analysant 28 sous-secteurs du secteur manufacturier chinois entre 2002 et 2015, les IDE permettent à la Chine de recevoir des techniques de production moins polluantes. Kirkulak et al (2011) sont parvenus à la même conclusion pour la période 2001-2007. Si les résultats sont différents, cela vient du fait que la Chine a changé sa politique par rapport aux IDE. Entre 1970 et 2000 l'objectif principal était de croître, ne se souciant peu de la qualité environnementale, les entrées d'IDE étaient dès lors des activités polluantes, ce qui a eu un effet négatif sur le niveau de pollution du pays. Par la suite, l'Empire du Milieu a encouragé l'entrée d'IDE plus écologiques, davantage basés sur les services, ce qui explique la mixité des conclusions des différentes études présentées ci-dessus.

D'autres études traitant uniquement d'un pays, autre que la Chine, ont été réalisées : Abbasi et Riaz (2016) ainsi que Bakhsh et al (2017) pour le Pakistan ; Lau, Choong et Eng (2014) pour la Malaisie ; Sbia, Shahbaz et Hamdi (2014) pour les Emirats Arabes Unis ; Seker, Ertugrul et Cetin (2015) pour la Turquie. Si ce type d'étude a connu un succès important, c'est surtout pour sa capacité à aider les décideurs politiques à prendre des décisions optimales. C'est notamment grâce à ce genre d'analyses qu'un pays peut se rendre compte de l'impact négatif des IDE sur ses émissions de CO<sub>2</sub>, par exemple, et dès lors décider de se tourner vers des IDE plus écologiques.

Outre les études basées sur un seul pays, un grand nombre d'auteurs ont travaillé avec des données de panel. Si certains ont décidé de travailler sur des pays ayant des niveaux de développement similaires, d'autres ont préféré travailler avec des pays d'une même partie du globe. Finalement, comme c'est le cas de l'étude que je mène, certains ont employé un panel de pays large regroupant des pays avec des caractéristiques bien différentes. La littérature concernant les études réalisées en panel confronte deux idées principales. D'un côté, on retrouve les études validant l'hypothèse de havre de pollution. De l'autre, celles selon lesquelles le développement des IDE est un moyen efficace pour améliorer la qualité environnementale. Cette partie de la revue de la littérature sera plus détaillée étant donné qu'elle est plus proche de l'étude que je mène

Aliyu (2005) a réalisé une étude dans laquelle il essaye de déterminer l'impact des normes environnementales sur la destination des IDE ainsi que l'impact des IDE sur la qualité environnementale. Pour cela, il a récolté des données sur la période 1990-2000 pour 14 pays en voie de développement ainsi que 11 pays développés. L'auteur utilise 4 indicateurs différents afin de mesurer la qualité environnementale : émissions de CO<sub>2</sub>, la concentration de polluants, le niveau de température et l'utilisation d'énergie. Les résultats indiquent que l'impact des IDE sur la qualité de l'environnement est significatif uniquement pour le CO<sub>2</sub>. Dans ce cas, une augmentation des IDE entraîne une augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>. L'analyse démontre également que les politiques environnementales jouent un rôle important dans la décision concernant la localisation des IDE.

Tamazian et Rao (2010) quant à eux se sont intéressés aux impacts des développements financiers ainsi qu'à la qualité des institutions sur le niveau d'émission de CO<sub>2</sub>. Selon eux, il est important d'analyser le développement financier car cela permet à un pays d'attirer davantage d'IDE et dès lors de voir son économie croître plus rapidement. Mais ils précisent également que si les IDE permettent de croître, ils peuvent parfois impliquer une dégradation de l'environnement. Afin de tester cela, ils ont utilisé dans un premier temps la méthode des effets aléatoires puis la méthode GMM afin de surmonter certains problèmes d'endogénéité. Leur étude s'est focalisée sur 24 pays en transition sur la période 1993-2004. Les résultats qu'ils obtiennent sont les suivants. Premièrement, que ce soit via les effets aléatoires ou GMM, ils trouvent que le développement des IDE permet en moyenne de lutter contre les dégradations environnementales. Par exemple, lorsque les IDE augmentent de 1%, le niveau d'émission baisse en moyenne de 0,007%. Deuxièmement, via l'ajout d'un terme d'interaction, ils trouvent que la « libéralisation financière » conditionnée à des institutions de meilleure qualité permet également de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. Finalement, ils font passer un message aux décideurs politique en disant qu'une amélioration des institutions permettrait de croître économiquement sans menacer l'environnement dans le futur.

Pao et Tsai (2011) ont obtenu des résultats validant l'hypothèse de havre de pollution. Les auteurs ont analysé la relation entre IDE et émissions de CO<sub>2</sub> pour les BRIC (Brésil, Russie, Inde et Chine) entre 1980 et 2007 via une analyse de type cointégration. En plus de trouver que les IDE détériorent la qualité de l'environnement, les auteurs ont trouvé une relation bilatérale

entre IDE et CO<sub>2</sub>. Une étude comparable pour les BRIC a été réalisée par Tamazian et al (2009) sur la période 1992-2004. Les résultats obtenus sont tout à fait différents de ceux de Pao et Tsai. Concernant les IDE, ils obtiennent que lorsque ceux-ci augmentent de 1%, le niveau d'émission de CO<sub>2</sub> se voit réduire, en moyenne, de 0,03%. Les résultats montrent également que le développement financier d'un pays permet de lutter contre les pressions environnementales.

Atici (2012) a travaillé sur les pays membres de l'Association des nations de l'Asie du Sud-Est (ASEAN), l'auteur s'est focalisé sur la période 1970-2006. Afin de tenter de déterminer l'impact des IDE, il a employé la méthode des effets fixes ainsi que celle des effets aléatoires. De façon générale, il ne trouve pas de résultat supportant l'hypothèse de havre de pollution. L'auteur a dans un premier temps réalisé l'étude pour tous les pays ensemble afin d'obtenir la tendance générale. Il obtient à ce moment qu'une augmentation des IDE de 1% se traduit, en moyenne, par une diminution de 0,03% des émissions de CO<sub>2</sub>. Une fois cela réalisé, les différents pays membres sont classés en trois groupes en fonction de leur niveau de développement. Pour les pays développés ainsi que les pays en développement tardif, le coefficient associé à la variable FDI est négatif et significatif, ce qui confirme l'hypothèse de pollution halo. Le signe étant non significatif pour les pays en développement (non tardif) ne lui permet pas de tirer de conclusion les concernant.

Quelques années plus tard, Baek (2016) s'est également focalisé sur cinq pays de l'ASEAN sur la période 1981-2010. Il a tenté de déterminer quels étaient les effets des IDE, du revenu ainsi que de la consommation d'énergie sur les émissions de CO<sub>2</sub>. Il a pour cela utilisé une analyse en panel dynamique, l'estimateur de moyenne de groupe agrégée (« pooled mean group », « PMG »). Le résultat principal de cette étude est le suivant : l'apparition d'IDE implique une augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>, ces investissements ont donc un effet pervers sur la pollution, ce qui supporte la théorie de l'hypothèse de havre de pollution. Selon l'étude menée par Baek, lorsque le niveau d'IDE entrant augmente de 1%, cela implique, en moyenne, une augmentation de 0,034% du niveau de CO<sub>2</sub>. Par la suite, l'auteur divise ces cinq pays en deux groupes « high income » et « low income » selon les critères de classification de la World Bank. En réalisant l'analyse une fois de plus pour chaque groupe, il obtient qu'une augmentation des IDE implique une augmentation du niveau d'émission de CO<sub>2</sub> pour les pays « low income ». En revanche, concernant les pays plus développés, les résultats indiquent que plus d'IDE n'implique pas forcément une dégradation de l'environnement. Selon l'auteur, une part de l'explication pourrait provenir du fait que les IDE destinés au pays les plus développés sont davantage de type « service », ce qui n'est pas le cas pour les pays « low income ».

L'objectif de l'étude dirigée par Al-Mulali et Tang (2013) était de vérifier si l'hypothèse de havre de pollution se vérifiait pour les pays membres du Conseil de coopération du Golfe (Arabie Saoudite, Bahreïn, Emirats arabes unis, Koweït, Oman et Qatar) entre 1980 et 2009. Les auteurs se sont focalisés sur ces pays étant donné que leurs émissions de CO<sub>2</sub> ont plus que doublé en 30 ans. Via une analyse de type « panel Granger causality », ils obtiennent que les IDE ne jouent pas un rôle sur l'augmentation importante des émissions de CO<sub>2</sub> observées

au cours de la période analysée. Cependant, les résultats indiquent que la consommation d'énergie ainsi que le niveau de PIB jouent un rôle important dans l'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>. Les auteurs fournissent dès lors quelques recommandations. La première est qu'il ne faut pas limiter les entrées d'IDE dans ce pays étant donné qu'ils permettent de croître et qu'ils ne dégradent pas l'environnement. Ensuite, ils conseillent d'encourager les IDE spécialisés dans les technologies qui permettent de stocker/ consommer moins d'énergie.

Asghari (2013) a, quant à elle, souhaité déterminer quels étaient les effets de la croissance économique ainsi que des IDE sur le niveau d'émission de CO<sub>2</sub> pour six pays de la zone Afrique du Nord et Moyen-Orient (ANMO) sur la période 1980-2011. Pour cela la méthode des effets fixes a été utilisée, après avoir réalisé le test de Hausman confirmant que cette méthode était plus adaptée que celle à effets aléatoires. Les résultats obtenus soutiennent également l'hypothèse de pollution halo. Bien que faiblement négatif, cela implique qu'en moyenne, le développement des IDE est bénéfique pour la qualité environnementale de ces six pays.

Shahabaz et al (2015) ont cherché à savoir quelle était la corrélation entre le niveau d'IDE par tête et les émissions de CO<sub>2</sub> en fonction du niveau de développement du pays. Afin de répondre à cette question, ils ont employé des méthodes de cointégration ainsi que la méthode FMOLS. Leur étude est basée sur un panel composé de 99 pays, les observations étant sur la période 1975-2012. Plusieurs résultats intéressants ressortent de leur étude. Pour commencer, les tests de cointégration confirment qu'une relation de long-terme existe bel et bien entre les variables IDE et le niveau d'émission de CO<sub>2</sub>. Ensuite, lorsque l'on prend tous les 99 pays, les auteurs obtiennent qu'une augmentation de 1% des IDE résulte, en moyenne, en la diminution de 0,019% des émissions de CO<sub>2</sub>. Ceci valide l'hypothèse de pollution halo. Mais une fois qu'ils divisent les pays en fonction de leur niveau de développement, Shahbaz et al obtiennent des résultats bien différents en fonction du revenu des pays. En effet, seuls les pays « high income » voient leur qualité environnementale s'améliorer avec l'entrée de davantage d'IDE. Pour ce qui est des pays classés « middle income » et « low income », les IDE détériorent leur environnement, ce qui supporte l'hypothèse de havre de pollution. Le coefficient associé pour les pays à revenu moyen est de 0,011 alors que celui des pays les plus pauvres est de 0,033. On remarque bien que selon cette étude, moins un pays est développé, plus les IDE vont impliquer des dégradations environnementales.

Bernard et Mandal (2016) ont tenté d'examiner la relation commerce-environnement entre 2002 et 2012 pour 60 pays émergents et en voie de développement. Pour cela, ils ont utilisé la méthode d'estimation à effets fixes ainsi que la méthode dynamique GMM. Les auteurs emploient deux indicateurs de mesure de qualité environnementale différents à savoir : l'IPE et les émissions de CO<sub>2</sub>. En ce qui concerne les effets fixes, les auteurs obtiennent qu'une ouverture au commerce plus importante implique une augmentation du niveau d'émission de CO<sub>2</sub>. Des résultats similaires sont trouvés lorsqu'ils utilisent la méthode GMM, suggérant que l'ouverture au commerce a bel et bien un effet pervers sur la qualité environnementale des pays émergents/ en voie de développement. Les auteurs ont également intégré les IDE dans

leurs modèles, mais ils obtiennent des résultats non significatifs concernant cette variable à la fois pour son impact sur l'IPE et sur le CO2.

Sapkota et Bastola (2017) ont voulu tester l'hypothèse de havre de pollution pour 14 pays d'Amérique latine sur la période 1980-2010. Pour cela, ils ont utilisé une analyse en panel via les modèles à effets fixes et aléatoires. Après avoir réalisé le test de Hausman, ils se sont focalisés sur le modèle à effets aléatoires comme suggéré par les résultats du test. Ils obtiennent comme résultat que le niveau d'IDE a un effet positif sur le niveau d'émission de CO2, ce qui valide l'hypothèse de havre de pollution. Selon leur analyse, lorsque le niveau d'IDE augmente de 1%, les émissions de CO2 augmentent, en moyenne, de 0.036%. Par la suite, ils ont divisé leur échantillon en deux sous-groupes en fonction du niveau de PIB par tête. Le coefficient est positif pour les deux sous-groupes, ce qui valide à nouveau l'hypothèse de havre de pollution. Cependant, on observe que le coefficient est plus élevé pour les pays dont le niveau de revenu par tête est inférieur à la moyenne. Ceci implique que la qualité environnementale des pays moins développés est plus fortement impactée (de façon négative) par les entrées d'IDE sur le territoire.

Bokpin (2017) a été un des premiers à étudier la relation IDE-environnement pour le continent africain. Il a également tenté de définir dans quelle mesure la gouvernance et les institutions peuvent mener à de meilleures performances environnementales. Pour cela, il a travaillé sur des données concernant la période de temps 1990-2013. Il emploie la déforestation ainsi que la réduction des ressources naturelles comme indicateurs de qualité environnementale, ce qui est le cas de très peu d'études. Selon lui, ces indicateurs sont optimaux étant donné que durant les dernières années les IDE destinés aux pays africains concernent davantage des activités d'extraction de matières premières et non les manufactures. Deux résultats principaux sortent de cette étude. Le premier est qu'en moyenne, les IDE détériorent la qualité environnementale des pays africains. Par exemple, 1% d'IDE en plus, entraîne en moyenne une augmentation de 0,634% de la déforestation. Ces résultats sont obtenus via la méthode des effets fixes. Le deuxième résultat principal est que l'auteur trouve qu'afin que les IDE améliorent la qualité environnementale, il est nécessaire que les institutions ainsi que la gouvernance des pays soient meilleures. Ce résultat a été trouvé via l'introduction d'un terme d'interaction entre IDE et qualité des institutions dans la régression.

Zugravu-Soilita (2017) a réalisé une étude afin de déterminer les effets directs et conditionnels des IDE sur la qualité environnementale. Elle a analysé les IDE provenant de pays développés qui étaient destinés à toutes sortes de pays. Pour cela, l'auteure a employé le modèle à effets fixes. En ce qui concerne l'effet direct, elle obtient que l'augmentation du nombre d'IDE français destinés à d'autres pays implique une augmentation de la pollution locale. Cependant, elle obtient également que cet effet est plus important dans les pays en voie de développement. En ce qui concerne les pays développés, l'impact des IDE est presque nul voir même négatif. Par la suite, l'auteure analyse les effets conditionnels des IDE. Pour cela, elle crée des termes d'interaction qui lui permettent de connaître l'impact des IDE conditionné à d'autres variables. Par exemple, en créant un terme d'interaction entre IDE et normes

environnementales, l'auteure obtient un résultat significativement négatif. On observe dès lors une compensation de la dégradation environnementale lorsque les règles environnementales sont plus strictes.

Shao (2018) a utilisé une analyse en panel via la méthode d'estimation GMM afin de déterminer l'impact des IDE sur l'intensité en carbone. L'intensité en carbone peut se définir comme étant le ratio du niveau de CO2 et du niveau de PIB. Pour cela, l'auteure a utilisé un panel de 188 pays sur la période 1990-2013. Elle obtient des résultats validant l'hypothèse de pollution halo, davantage d'IDE permettent de réduire l'intensité en carbone des pays receveurs. Ensuite, l'auteure divise son échantillon de pays en trois sous-groupes afin de voir si l'impact diverge en fonction du niveau de revenu par tête. Finalement, l'auteure trouve que l'hypothèse de pollution halo se valide pour les trois sous-groupes.

Après avoir présenté différentes études réalisées sur le sujet, on remarque que l'impact des IDE sur la qualité de l'environnement reste incertain. Bien qu'assez vaste, la littérature existante ne permet pas de tirer de réelles conclusions quant à l'impact des IDE sur la qualité de l'environnement. C'est pourquoi il me semble important de réaliser ma propre étude afin de tenter d'identifier l'impact réel et me faire mon propre avis sur le sujet.

## 4. Présentation des données et du modèle empirique

Après cette revue de la littérature, prouvant qu'il n'existe pas de réel consensus quant à l'impact des IDE sur le niveau de pollution, il est temps de construire un modèle qui va me permettre de vérifier le lien entre IDE et pollution. Cela va être réalisé via une analyse en panel composé de 64 pays<sup>5</sup> ayant des caractéristiques différentes, sélectionnés (en fonction de la disponibilité des données les concernant) à travers le globe sur la période 1990-2014. Les données en panel contiennent deux dimensions : une dimension temporelle et une dimension spatiale. Cela permet d'identifier les effets spécifiques aux pays ainsi que des effets qui seraient spécifiques à la période concernée. Les analyses en panel sont optimales lorsque les données présentent des séries temporelles pour un nombre important de pays, ce qui est le cas dans cette étude.

Cette section sera composée de la façon suivante. Dans un premier temps, le modèle économétrique utilisé sera présenté. Ensuite, les différentes données utilisées seront également présentées. Finalement, la méthodologie employée sera expliquée de façon théorique. La section 5 présentera quant à elle les résultats obtenus dans le cadre de cette étude.

### 4.1 Modèle économétrique

Le modèle présenté ci-dessous va me permettre d'estimer l'impact des IDE sur le niveau de pollution dans un pays.

Le modèle est le suivant :

$$CO2_{it} = \alpha_i + \alpha_1 IDE_{it} + \alpha_x X_{it} + \varepsilon_{it} \quad \text{Equation (1)}$$

L'équation (1) est la forme réduite du modèle. En effet,  $X_{it}$  est une matrice composée de différentes variables de contrôle. L'équation (2) donne la forme complète du modèle.

$$CO2_{it} = \alpha_i + \alpha_0 CO2_{it-1} + \alpha_1 IDE_{it} + \alpha_2 PIB_{it} + \alpha_3 PIB_{it}^2 + \alpha_4 EnvReg_{it} + \alpha_5 Education_{it} + \alpha_6 (IDE_{it} * PIB_{it}) + \varepsilon_{it} \quad \text{Equation (2)}$$

---

<sup>5</sup> Afrique du Sud, Algérie, Allemagne, Argentine, Australie, Autriche, Bangladesh, Belgique, Bénin, Bolivie, Botswana, Brésil, Bulgarie, Cameroun, Canada, Chine, Chili, Colombie, Costa Rica, Danemark, Egypte, Equateur, Espagne, Etats-Unis, France, Finlande, Gabon, Grèce, Honduras, Inde, Islande, Indonésie, Irlande, Israël, Italie, Japon, Kenya, République de Corée, Malaisie, Maroc, Mexique, Mozambique, Nicaragua, Nigéria, Norvège, Nouvelle-Zélande, Panama, Paraguay, Pays-Bas, Pérou, Pologne, Portugal, Royaume-Unis, Sénégal, Singapour, Soudan, Suède, Suisse, Thaïlande, Togo, Tunisie, Turquie, Uruguay, Venezuela.

Dans cette équation (2), plusieurs éléments nécessitent une explication :

- L'indice  $i$  représente la dimension spatiale
- L'indice  $t$  représente la dimension temporelle
- $\alpha_i$  est la constante qui diffère pour chaque pays, elle est composée de la façon suivante :

$$\alpha_i = \alpha + u_i$$

où  $\alpha$  est une partie de la constante qui est identique pour chaque pays

$u_i$  est l'autre partie de la constante qui elle diffère pour chaque pays. Cela représente l'effet spécifique à chaque pays qui entraîne que  $\alpha_i$  est différent pour chaque pays.

- $\alpha_x$  avec  $x= 0,1,..,6$  représente l'élasticité entre la variable concernée et le niveau d'émission de CO2
- $\varepsilon_{it}$  représente le terme d'erreur

Toutes les variables, dépendantes ainsi que indépendantes, sont exprimées en logarithmes afin de lisser les différentes séries.

La variable dépendante est le niveau d'émission de CO2, qui est utilisé pour mesurer la pollution/qualité de l'environnement à un moment précis pour un certain pays. Le modèle est constitué d'une variable explicative principale à savoir le niveau d'IDE. De plus, le modèle est également composé de plusieurs variables de contrôle : PIB, PIB<sup>2</sup>, éducation, normes environnementales et finalement un terme d'interaction entre PIB et IDE. On retrouve également le niveau d'émission de CO2 de la période précédente, cela sera utilisé et expliqué lors de l'utilisation du modèle dynamique. Le fait d'introduire des variables de contrôle permet d'obtenir plus de précisions concernant la relation d'intérêt. Toutes les différentes variables seront présentées dans la section suivante.

## 4.2 Présentation des variables

### 4.2.1 Le dioxyde de carbone

Comme souligné auparavant, la variable dépendante de ce modèle est le niveau d'émission de CO<sub>2</sub>, exprimé en tonnes métriques par tête. Ces données viennent de la base de données de la World Bank<sup>6</sup>, qui a elle-même utilisé comme source le CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center).

On remarque en analysant la littérature qu'un grand nombre d'études ont utilisé le niveau d'émission de CO<sub>2</sub> comme estimateur du niveau de pollution. C'est notamment le cas de Sapkota et Bastola (2017), Abbasi et Riaz (2016), Pao et Tsai (2011) ou encore Baek (2016), pour ne citer qu'eux.

Si le CO<sub>2</sub> a été souvent employé pour évaluer la pollution, cela s'explique par différentes raisons. La première raison est que le CO<sub>2</sub> joue un rôle important sur le réchauffement climatique. En effet, le CO<sub>2</sub> est, avec l'H<sub>2</sub>O, un des principaux gaz responsables de l'effet de serre<sup>7</sup>. La seconde raison est liée à la disponibilité des données. Pour un grand nombre de pays, l'accès aux données concernant le CO<sub>2</sub> est bien plus aisé que pour d'autres gaz ou d'autres indicateurs de pollution. Finalement, le CO<sub>2</sub> étant un gaz global et non local implique que son utilisation est justifiée dans le cadre d'une étude basée sur différents pays. Dans le cas de cette étude, le CO<sub>2</sub> est mesuré comme un stock et non un flux. Bien que les IDE soient mesurés comme un flux, cela ne pose aucun problème dans l'analyse. Il est tout à fait concevable d'analyser l'impact d'une variable mesurée en flux sur une variable mesurée en stock. Cela permet notamment de voir si un flux positif d'IDE entraîne une augmentation du stock de CO<sub>2</sub> ou dans le cas inverse une diminution du stock de CO<sub>2</sub>. Certains auteurs comme Pao et Tsai (2011) ont notamment travaillé de la sorte.

Outre le CO<sub>2</sub>, deux indicateurs sont souvent employés pour mesurer la qualité de l'environnement à savoir : le niveau d'émission de SO<sub>2</sub> ainsi que l'indice de performance environnementale (IPE). Ces trois indicateurs sont les plus utilisés. D'autres indicateurs comme les particules fines (PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>) ont également parfois été employés par certains auteurs mais leur utilisation est plus rare.

Certains auteurs comme Kirkulak et al (2011), Waldkirch et Gopinath (2008) ou encore He (2006) ont préféré utiliser le niveau d'émission de SO<sub>2</sub> pour leur analyse à la place du CO<sub>2</sub>. La différence principale entre ces deux gaz est que le SO<sub>2</sub> est un gaz local alors que le CO<sub>2</sub> est un gaz global (Acharyya, 2009). Etant donné que mon étude est réalisée à l'échelle des pays et non des firmes ou régions, l'emploi du CO<sub>2</sub> me semble adéquat. Cependant, si mon étude

---

<sup>6</sup> The World Bank Group, *World Development Indicators*, 2020, disponible sur : <https://data.worldbank.org/indicator>

<sup>7</sup> Jancovici J-M, *Quels sont les gaz à effet de serre ?*, disponible sur : <https://jancovici.com/changement-climatique/gaz-a-effet-de-serre-et-cycle-du-carbone/quels-sont-les-gaz-a-effet-de-serre-quels-sont-leurs-contribution-a-leffet-de-serre/>

avait été plus ciblée sur certaines firmes ou régions, alors j'aurais utilisé le SO<sub>2</sub> comme indicateur du niveau de pollution.

Par exemple, dans leur étude analysant l'impact des IDE sur la pollution Kirkulak et al (2011) utilisent le niveau de SO<sub>2</sub> comme indicateur de pollution étant donné que leur étude est réalisée pour les différentes villes chinoises. Waldkirch et Gopinath (2008) ont réalisé une étude concernant les différentes industries au Mexique, ils ont également utilisé le SO<sub>2</sub> comme indicateur de pollution.

De façon générale, on observe dans les faits que les études réalisées au niveau du pays utilisent généralement le niveau de CO<sub>2</sub> comme indicateur alors que les études basées sur les régions ou firmes ont tendance à utiliser le SO<sub>2</sub>. Ce qui justifie l'utilisation du CO<sub>2</sub> dans le cadre de mon travail.

D'autres auteurs ont utilisé des indices de pollution comme par exemple l'Indice de Performance Environnementale (IPE)<sup>8</sup> réalisé par le « Yale Center for Environmental Law & Policy » ainsi que « The Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) at Columbia University's Earth Institute » en collaboration avec le World Economic Forum. Il y a plusieurs raisons pour lesquelles j'ai décidé de ne pas utiliser cet indice. Premièrement, la composition de cet indice n'est pas fixe et varie souvent. Cela implique que d'une année à l'autre, l'indice ne mesure pas exactement la même chose, ce qui rend les comparaisons difficiles. Par exemple, entre 2016 et 2018 de nouveaux critères sont entrés dans le calcul de l'IPE, sa pondération a également été modifiée. Au total, environ la moitié des indicateurs ont subi des modifications. Le fait d'utiliser le CO<sub>2</sub> me permet de contourner ce genre de problème. Deuxièmement, le fait que l'indice soit composé d'un nombre important d'indicateurs implique que l'impact des IDE est plus difficile à analyser. Par exemple, une augmentation de l'IPE suite au développement des IDE peut résulter d'une dégradation de la qualité de l'air, de la qualité des eaux, d'une dégradation de la biodiversité, parmi tant d'autres raisons. Troisièmement, l'IPE est disponible uniquement depuis 2006 et n'est disponible que tous les deux ans. Cela implique que la réalisation d'une étude avec une période de temps assez importante est impossible. De plus, le fait de n'avoir des données disponibles que tous les deux ans représente un frein à l'utilisation de cet indice.

#### 4.2.2 Les investissements directs étrangers

La variable principale, dont je souhaite connaître l'impact sur le niveau d'émission de CO<sub>2</sub>, est la quantité d'entrées d'investissements directs étrangers dans un pays. Cette variable explicative est représentée par IDE dans l'équation (2) et est mesurée en USD actuel. Cette étude est réalisée en utilisant les entrées net, « net inflows », comme c'est notamment le cas

---

<sup>8</sup> Wendling, Z. A., Emerson, J. W., de Sherbinin, A., Esty, D. C., *et al.* (2020). *2020 Environmental Performance Index*. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy, disponible sur : <https://epi.yale.edu/>

pour les études de Pao et Tsai (2011) et Baek (2016). D'autres auteurs étudiant la relation ont préféré utiliser le niveau de stock d'IDE, comme par exemple Sapkota et Bastola (2017). Le choix d'utiliser le niveau d'entrées d'IDE plutôt que le stock se justifie par le fait que cela représente mieux l'évolution des IDE d'une période à l'autre.

Les données relatives aux IDE proviennent de la base de données de la World Bank<sup>9</sup>, données que la World Bank a prises dans la base d'informations de la balance des paiements du Fonds Monétaire Internationale.

L'impact des IDE sur le niveau de CO<sub>2</sub> est donné par  $\alpha_1$  dans l'équation (2), qui représente l'élasticité entre l'investissement et la variable dépendante. Si  $\alpha_1$  est positif, comme ce fut le cas pour les études de Baek (2016) et Bopkin (2017), cela voudrait dire que les entrées d'IDE ont un effet négatif sur la qualité de l'environnement. Cela supporterait dès lors l'hypothèse de havre de pollution, ce qui signifie que les activités délocalisées sont polluantes. En revanche, il est également tout à fait possible que  $\alpha_1$  soit négatif, c'est notamment ce qui est ressorti des études réalisées par Kirkulak et al (2011) ainsi que Tamazian et al (2009). Un coefficient négatif impliquerait que les entrées d'IDE permettent aux pays receveurs d'améliorer la qualité de l'air en réduisant le niveau d'émission de CO<sub>2</sub>. A ce moment-là, l'hypothèse de pollution halo, selon laquelle les pays reçoivent des nouvelles techniques de production qui sont plus propres que les leurs, serait validée.

#### 4.2.3 Les variables de contrôle

Le fait d'introduire des variables de contrôle dans mon modèle est très important afin d'éviter un biais dans l'estimation de l'impact des IDE sur le niveau de pollution. Le théorème de Frish-Waugh démontre que le coefficient de l'impact que l'on souhaite observer sera biaisé si d'autres variables explicatives ne sont pas présentes dans le modèle<sup>10</sup>. Cela explique pourquoi il faut introduire d'autres variables explicatives même si connaître leurs impacts n'est pas l'objectif premier.

Afin d'ajouter des variables explicatives judicieuses, il est important de se demander dans quelle mesure la variable de contrôle peut réellement influencer le niveau d'émission de CO<sub>2</sub>. Cette section présentera les différentes variables de contrôle incluses dans le modèle et justifiera leur présence.

La première variable de contrôle est le niveau de produit intérieur brut par tête, représenté par PIB dans l'équation (2). Les données concernant le PIB par tête viennent de la base de données de la World Bank<sup>9</sup> et sont exprimées en termes de USD constant de 2010. Le niveau de développement d'un pays, mesuré par son niveau de PIB par tête, peut jouer un

---

<sup>9</sup> The World Bank Group, *World Development Indicators*, 2020, disponible sur : <https://data.worldbank.org/indicator>

<sup>10</sup> Pinter, J. (2014), *Qu'est ce qu'une variable de contrôle dans une régression*, BSI ECONOMICS, disponible sur : <http://www.bsi-economics.org/236-%E2%98%86-qu%E2%80%99est-ce-qu%E2%80%99une-variable-de-controle-dans-une-regression>

rôle important sur le niveau de pollution au sein de ce même pays. Si pour beaucoup cela semble clair, que la croissance économique se fait au détriment de notre environnement, cela n'est pas partagé par tout le monde. Comme le soulignent Fagnart et Hamaide (2012), il semblerait que croissance économique et protection de l'environnement soient quelque peu contradictoires. Premièrement, une part importante des activités économiques contribuant à la croissance économique d'un pays utilisent des moyens de production polluants et une demande plus importante implique plus de pollution. C'est ce qu'on appelle l'effet d'échelle, une production plus importante avec un capital identique implique forcément davantage de pollution. Deuxièmement, si un pays souhaite améliorer son environnement, il peut fixer des règles plus strictes et interdire l'accès à certaines entreprises, ce qui peut être néfaste pour la croissance économique. Mais cette contradiction entre croissance économique et qualité de l'environnement n'est pas partagée par tous. Certains ont démontré que la croissance économique pouvait être un moyen de lutter contre les dégradations environnementales notamment via l'effet technique. Selon cet effet, une fois que le pays est suffisamment développé, de nouvelles techniques de production moins polluantes voient le jour, ce qui permet de produire la même quantité d'outputs avec un impact moindre sur l'environnement (Grossman et Kruger, 1991). Les réglementations environnementales deviennent également de plus en plus strictes, forçant les pays à réduire leurs émissions polluantes et donc investir dans des technologies plus vertes (Grossman et Kruger, 1991).

La deuxième variable de contrôle, qui est le niveau de PIB au carré, est utilisée afin de tester l'hypothèse de la Courbe de Kuznets environnementale (CKE). La CKE suggère une relation en « U inversé » entre PIB et niveau de pollution, tout comme la courbe de Kuznets entre niveau de richesse et niveau d'inégalité. Cela signifie que l'environnement se dégrade dans un premier temps suite à la croissance économique, puis une fois que le revenu dépasse un certain seuil, alors la pollution commence à diminuer (Selden et Song, 1994). Deux conditions sont nécessaires pour valider cette hypothèse. Pour commencer, il faut que l'élasticité entre le PIB par tête et le niveau d'émission de CO<sub>2</sub>, représentée par  $\alpha_2$ , soit négative. L'autre condition nécessite que  $\alpha_3$  soit positif. Si ces deux conditions sont réunies, alors la relation entre niveau de revenu et pollution est en U inversé. Une présentation et les résultats plus détaillés relatifs à la CKE seront développés en annexe 1.

La variable de contrôle suivante, représentée par EnvReg dans l'équation (2) représente la rigueur/dureté des normes environnementales dans un pays. De nombreux indicateurs peuvent être et ont été utilisés afin d'estimer les réglementations environnementales. Une première façon de faire est d'utiliser l'« index of stringency and enforcement of the regulations » qui est réalisé par le World Economic Forum. Cet indicateur a notamment été utilisé dans l'étude de Kellenberg (2009). J'ai décidé de ne pas employer cet indicateur pour deux raisons principales. La première est liée au fait que cet indicateur est construit à partir de questions d'enquête. Or, avec le temps, les questions constituant les questionnaires ont changé, ce qui implique que l'indicateur n'est pas vraiment comparable dans le temps. Cela représente une limite importante. La seconde raison s'explique par le fait que la disponibilité des données est très limitée.

Une autre possibilité est d'utiliser comme proxy le nombre de traités environnementaux signés par les différents pays, un pays ayant un nombre important de traités aurait des normes environnementales fortes. Mais cette méthode présente également des failles à mes yeux. Premièrement, cette méthode implique que chaque traité a le même poids. Or, il est inconcevable de penser que les plus grands traités internationaux comme le protocole de Kyoto ait le même poids qu'une petite législation locale. De plus, l'accès et la précision des données sont également un frein.

Finalement, j'ai décidé d'utiliser le niveau d'intensité d'énergie comme indicateur de régulation environnementale. En effet, un pays ayant des normes environnementales fortes imposera une intensité d'énergie plus faible. Les pays dont le niveau d'intensité est élevé seront perçus comme ayant des normes environnementales très souples. Le niveau d'intensité d'énergie est obtenu en divisant la consommation d'énergie par tête (mesurée en kilogramme d'équivalent pétrole par tête) par le PIB par tête. Les données concernant la consommation d'énergie proviennent de l'Agence Internationale de l'Energie<sup>11</sup>. La méthode employée, visant à créer un indicateur qui varie de 0<sup>12</sup> (pas de normes environnementale) à 1 (normes environnementales très strictes), est proche de celle utilisée par Van Beers et Van Den Bergh (1997).

La méthode est la suivante. Une fois les intensités d'énergie calculées pour chaque pays et chaque année, les intensités ont été classées (la première étant l'intensité la plus élevée) de 1 à 1600<sup>13</sup>. Une fois classées, leur position a été divisée par 1600 afin d'avoir un indicateur variant de 0 à 1.

Bien que cette méthode ne soit pas parfaite, elle me permet d'estimer la sévérité des normes environnementales de façon simple, grâce à un accès aisé aux données et d'avoir des variations annuelles pour chaque pays. Il est important de préciser que le niveau d'intensité d'énergie n'est pas une mesure de la rigidité des normes environnementales en soi. Il s'agit plutôt d'un indicateur qui a été calculé afin d'approximer la sévérité des régulations de façon simple.

Le fait d'introduire cette variable dans mon modèle est essentiel. En effet, des normes environnementales plus rigoureuses peuvent interdire ou du moins limiter les entrées d'activités étrangères polluantes. Ce qui peut avoir un impact sur le niveau de pollution au sein d'un pays. Je m'attends dès lors à ce que l'élasticité entre le niveau des normes environnementales et les émissions de CO2 soit négative. Plus les normes sont fortes, plus la pollution est faible. Par contre, si les normes environnementales sont faibles dans un pays, cela va attirer les investisseurs étrangers polluants car cela va leur permettre de réduire leurs coûts nécessaires pour satisfaire les normes.

La variable de contrôle suivante employée dans ce modèle est représentée par Education dans l'équation (2). Elle mesure le nombre moyen d'années passées à l'école, elle est utilisée comme proxy pour mesurer le capital humain. Ces données sont originaires des « Human

---

<sup>11</sup> International Energy Agency, *Data browser*, disponible sur: <https://www.iea.org/>

<sup>12</sup> Dû à la façon de construire l'indicateur, la valeur 0 n'est jamais obtenue.

<sup>13</sup> 1600 étant le nombre d'observations totales

development reports » émis par l'«United Nations Development Programme »<sup>14</sup>. L'impact de cette variable semble assez clair, on s'attend à ce qu'une population plus éduquée soit plus sensible aux problèmes environnementaux et plus à même d'absorber et d'utiliser des nouvelles technologies plus vertes. Ce qui implique que le coefficient devrait être négatif, lorsque le niveau de capital humain est plus élevé, le niveau d'émission de CO2 devrait quant à lui diminuer. L'introduction de cette variable dans la régression me semble importante étant donné que le niveau d'éducation peut vraiment jouer un rôle considérable sur le niveau de pollution.

Un terme d'interaction entre PIB et IDE est également utilisé comme variable de contrôle. Ce terme va me permettre de voir si l'impact des IDE diverge en fonction du niveau de revenu des pays. L'introduction de ce terme est justifiée car il est facilement pensable que l'impact des IDE sur le niveau de pollution dépende du niveau de développement du pays. Par exemple, si le coefficient associé à ce terme d'interaction est négatif et significatif, cela impliquerait que les pays les plus pauvres sont davantage impactés de façon négative par les IDE. Si les résultats montrent qu'il y a des différences suite au niveau de développement, il peut être intéressant de diviser l'échantillon de pays en fonction du revenu afin de quantifier cela. Cette méthode a notamment été largement employée par Zugravu-Soilita (2017).

Finalement, mon modèle est composé du niveau d'émission de CO2 de la période précédente. Cette variable prendra sens lors de l'utilisation de la méthode d'estimation dynamique GMM. Dans le cas des modèles statiques, le coefficient associé à cette variable sera nul. L'intérêt d'ajouter la variable dépendante laguée d'une période dans les variables explicatives est d'identifier ce qu'on appelle le mécanisme d'ajustement (Ullah et al, 2018). Par exemple, il se pourrait que le niveau d'émission de CO2 ne soit pas affecté principalement par le niveau d'IDE de la même période mais par celle de la période précédente. Le fait d'introduire la variable laguée dans les variables explicatives va dès lors donner des informations importantes concernant la dynamique du niveau d'émission de CO2.

---

<sup>14</sup> United Nations Development Programme, *Human Development Reports: Data*, disponible sur : <http://hdr.undp.org/en/data>

#### 4.2.4 Statistiques descriptives

Le tableau ci-dessous est uniquement descriptif, il permet de se rendre compte de l'importance des données ainsi que des divergences entre les différents pays qui composent la base de données utilisée dans ce travail.

Il est utile de préciser que ce tableau est réalisé avant d'utiliser les logarithmes afin que les données soient plus facilement compréhensibles.

Tableau 1: Statistiques descriptives

Variables	Mesure		Moyenne	Ecart-type	Min	Max
CO2	Tonnes métriques par tête	Overall	5,17	4,46	0,07	20,18
		Between		4,42	0,10	18,79
		Within		0,83	-1,60	12,10
IDE	USD actuel (en milliards)	Overall	15,80	45	-29,6	734
		Between		32	0,05	185
		Within		31,80	-139	622
PIB/hab	USD constant de 2010 (en milliers)	Overall	18,40	19,71	0,20	91,57
		Between		19,52	0,35	80,28
		Within		3,60	-1,65	34,72
Régulations environnementales	Indice : 0=pas de normes environnementales 1= normes strictes	Overall	0,50	0,29	0,01	0,99
		Between		0,28	0,01	0,98
		Within		0,06	0,14	0,78
Education	Nombre d'années d'étude moyen	Overall	7,97	3,02	0,80	14
		Between		2,88	2,25	12,85
		Within		0,96	4,23	10,94

Le tableau ci-dessus donne des informations concernant la valeur moyenne de chaque variable, différents écarts types ainsi que les valeurs maximales et minimales. Le fait d'avoir trois écarts types différents permet de comprendre d'où proviennent les variations. Par exemple, l'écart type dit « between » donne des informations concernant la variation entre les différents pays sur l'entièreté de la période, cet estimateur est basé sur les moyennes. De la sorte, un écart type « between » qui vaudrait zéro impliquerait que la valeur moyenne d'une variable, sur toute la période, est égale pour chaque pays. Alors que l'écart-type « within » concerne les variations temporelles à l'intérieur d'un même pays. Ce tableau démontre que pour chaque variable, l'écart type dit « between » est plus important que l'écart

type « within », ce qui suggère qu'une grande part de l'écart type global est expliquée par des différences importantes entre les pays.

La valeur minimale « between » donne la valeur moyenne du pays ayant la moyenne la plus faible, alors que la maximale donne la plus grande. Ce sont donc ces chiffres qu'il faut analyser si l'on souhaite en apprendre davantage sur les divergences entre les pays. Des différences considérables se retrouvent notamment lorsqu'on analyse les résultats concernant les valeurs maximales et minimales.

En ce qui concerne la variable dépendante : le niveau d'émission de CO<sub>2</sub>, on observe déjà de larges disparités entre les pays. En effet, les Etats-Unis, pays qui possède le niveau d'émission moyen le plus élevé avec 18,79 tonnes métriques par tête émet pratiquement 200 fois plus que le Mozambique, qui est le pays avec le niveau d'émission moyen le plus bas. On remarque également qu'une très grande partie de l'écart type est de type « between », prouvant que les disparités sont dues aux différences entre les pays.

A propos de la variable explicative du modèle, le flux entrant moyen d'IDE sur la période est de 15,8 milliards de USD par an. Ce nombre moyen cache de larges diversités. Le niveau d'entrée au Bénin, pays ayant reçu le moins d'IDE avec seulement 53,7 millions de USD, est 3500 fois plus faible que le niveau d'entrée des USA (avec 185 milliards de USD).

Ce tableau permet également de se rendre compte des divergences en termes de niveau de développement. La PIB annuel moyen de la Norvège s'élève à 80280 USD, ce qui est plus de 200 fois plus élevé que le PIB par tête moyen au Mozambique (350 USD).

Concernant les normes environnementales, la moyenne est forcément de 0,5, cela est dû à la méthode de classement que j'ai employée. Ce qui est intéressant c'est de voir qu'une fois de plus, les divergences proviennent de différences entre pays. On remarque par exemple que la Suisse est le pays de l'échantillon ayant les normes environnementales les plus fortes. En revanche, le Mozambique est à nouveau le pays ayant les normes environnementales les plus souples. Le fait que le Mozambique soit à la fois le pays ayant le niveau de revenu le plus faible et les normes les plus souples semble prouver que les pays les moins développés ont les normes les plus faibles.

Finalement, la dernière variable de contrôle, à savoir l'éducation, montre également qu'il y a des différences en termes de capital humain. En effet, si le nombre moyen d'années d'étude est de 12.85 pour les Etats-Unis, il est uniquement de 2.25 pour le Mozambique, alors que la moyenne de l'échantillon est de 7.97. Cela montre que les dotations en capital humain sont très hétérogènes entre les pays.

### 4.3 Méthodologie

Dans le cadre de ce travail, trois méthodes différentes vont être employées afin d'identifier l'effet des IDE sur le niveau d'émission de CO<sub>2</sub>. L'utilisation des différentes méthodologies va se faire de façon logique.

Dans un premier temps, deux méthodes d'analyse en panel statique seront employées. D'abord la méthode simple des moindres carrés ordinaires puis la méthode des effets fixes. Par la suite, afin de surmonter certains biais et obtenir des résultats de plus en plus précis, une méthode d'estimation dynamique (GMM) sera employée. Cette analyse se fera donc par étapes, en partant d'une méthode d'estimation simple et naïve vers une méthode de plus en plus sophistiquée afin d'améliorer au fur et à mesure la précision et la validité des estimations.

#### 4.3.1 Endogénéité

Dans une régression telle que celle appliquée dans ce travail, il y a endogénéité lorsqu'une variable explicative (ex : PIB) est corrélée avec le terme d'erreur. Lorsqu'il y a endogénéité dans une régression, cela peut fausser totalement les résultats fournis (Ullah et al, 2018). Par exemple, les coefficients peuvent être biaisés, ce qui implique de mauvaises conclusions ainsi que de mauvaises recommandations politiques. Il est dès lors important de contrôler l'endogénéité afin d'obtenir des résultats non biaisés.

Dans les études réalisées en panel, on retrouve généralement trois sources d'endogénéité différentes, à savoir : l'hétérogénéité non observée, la causalité inverse et le biais d'endogénéité dynamique.

L'hétérogénéité non observée signifie que les différents pays sont considérés comme étant identiques. Cela implique que les effets spécifiques à chaque pays ne sont pas pris en compte. Ne pas tenir compte des effets spécifiques signifie qu'il y a eu omission de certaines variables, ce qui implique un biais. Afin de régler ce problème, la méthode des effets fixes peut être employée.

La causalité inverse signifie que la variable dépendante peut à la fois être impactée par la variable explicative mais également impacter la variable explicative (Ullah et al, 2018). Dans le cas de cette étude, on pourrait supposer qu'une causalité inverse entre IDE et niveau de CO<sub>2</sub> est possible. Par exemple, on pourrait supposer qu'un pays dont le niveau de CO<sub>2</sub> est déjà élevé refuse les nouvelles entrées d'IDE. Ou qu'un pays ayant un niveau de CO<sub>2</sub> élevé se soucie peu de la qualité de son environnement afin de favoriser la croissance économique et donc favorise l'entrée de nouveaux IDE. On voit que dans les deux exemples précédents, c'est le niveau de CO<sub>2</sub> qui influence les entrées d'IDE. Or, le biais de simultanéité est une source d'endogénéité fréquente dans les analyses en panel. Afin de contrôler ce problème, la

méthode des variables instrumentales ou la méthode GMM peut être utilisée (Ullah et al, 2018).

La dernière source d'endogénéité est le biais de panel dynamique. Comme son nom l'indique, ce biais se retrouve uniquement dans les modèles dynamiques, c'est-à-dire les modèles où la valeur laguée de la variable dépendante est utilisée en tant que variable explicative. Si cette variable laguée est corrélée au terme d'erreur, alors il y a un biais de panel dynamique (Wintoki et al, 2010)

La méthode GMM est la seule méthode utilisée dans cette étude permettant de contrôler les trois sources d'endogénéité.

#### 4.3.2 Pooled OLS

Une méthode d'estimation naïve consisterait à appliquer la méthode d'estimation dite des moindres carrés ordinaires afin d'estimer l'impact souhaité. Cette méthode suggère que les constantes ainsi que les pentes sont identiques à la fois pour les différents pays mais également à travers le temps (Park, 2011). Ce modèle ne tient dès lors pas en compte les effets spécifiques à chaque pays qui pourraient jouer un rôle important. Dans l'équation (2), cela implique que  $u_i = 0$ . Etant donné que la méthode des moindres carrés ordinaires sera utilisée pour évaluer le modèle statique, le coefficient  $\alpha_0$  de l'équation (2) sera égal à zéro.

Selon le théorème de Gauss-Markov, la méthode des moindres carrés fournit la meilleure estimation lorsque plusieurs critères sont remplis : hypothèse de bonne spécification<sup>15</sup>, exogénéité<sup>16</sup>, homoscedasticité<sup>17</sup>, indépendance sérielle<sup>18</sup> et normalité des résidus<sup>19</sup>.

La raison principale expliquant pourquoi cette approche naïve n'est pas optimale est que la méthode des moindres carrés ne comporte aucun terme spécifique à chaque pays. Or, lorsque que la base de données utilisée regroupe un nombre important de pays ayant des caractéristiques très différents, il est difficile de penser qu'aucun terme spécifique à chaque pays ne soit nécessaire. Pour tester cela, le test F peut être réalisé (Park, 2011). L'hypothèse nulle de ce test est que tous les coefficients relatifs à l'effet spécifique à un pays, représentés par  $u_i$  dans l'équation (3), sont nuls :

$$H0: u_1 = u_2 = \dots = 0$$

---

<sup>15</sup> La valeur attendue du terme d'erreur est égale à 0

<sup>16</sup> La corrélation entre le terme d'erreur et les variables indépendantes est nulle

<sup>17</sup> La variance des termes d'erreur est identique pour les différents pays et constante

<sup>18</sup> La corrélation entre les termes d'erreurs est nulle

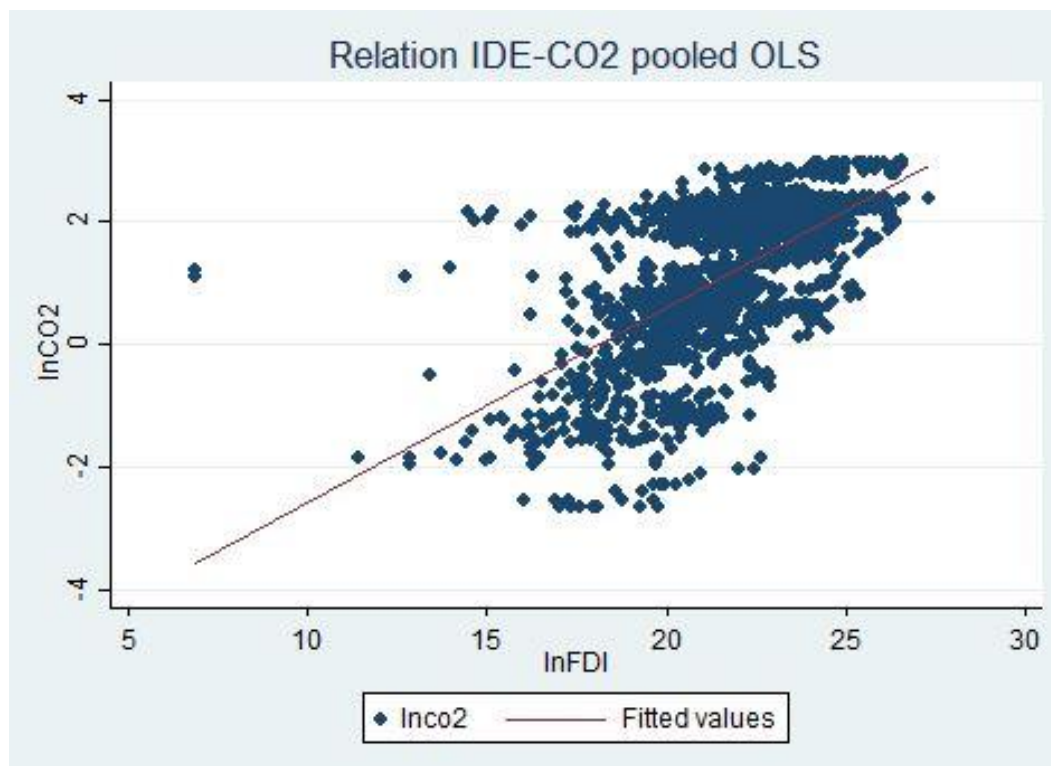
<sup>19</sup> Les termes d'erreurs suivent une loi normale

L'hypothèse alternative stipule quant à elle qu'au moins un effet spécifique  $u_i$  est différent de zéro. Si l'hypothèse nulle est rejetée, cela signifie qu'il existe bien un effet fixe spécifique aux différents pays et que leur intercept est donc différent. Cela implique que l'utilisation du modèle à effets fixes est meilleure que l'utilisation d'une analyse OLS.

Il sera montré un peu plus tard que l'hypothèse nulle ne tient pas dans le cas de mon étude, impliquant que des effets spécifiques sont bel et bien présents. Dès lors, l'utilisation de la méthode des moindres carrés ordinaires ne peut être optimale. De plus, les effets spécifiques impliquent de l'hétérogénéité, ce qui peut à son tour jouer un rôle sur certaines hypothèses de Gauss-Markov (Park, 2011). Cette hétérogénéité entre individus peut par exemple entraîner de l'hétéroscédasticité ou encore des problèmes d'endogénéité. Dans les données de panel, il n'est pas rare que les erreurs soient corrélées. Cela viole également l'hypothèse d'indépendance sérielle. Cela prouve à nouveau que l'estimation par la méthode des moindres carrés n'est pas optimale dans ce cas.

Le fait que la méthode des moindres carrés ordinaires ne fait pas apparaître de constante indépendante à chaque pays représente un sérieux obstacle à l'utilisation de cette méthode. Cet inconvénient peut être facilement représenté de façon graphique.

Figure 1: Représentation OLS

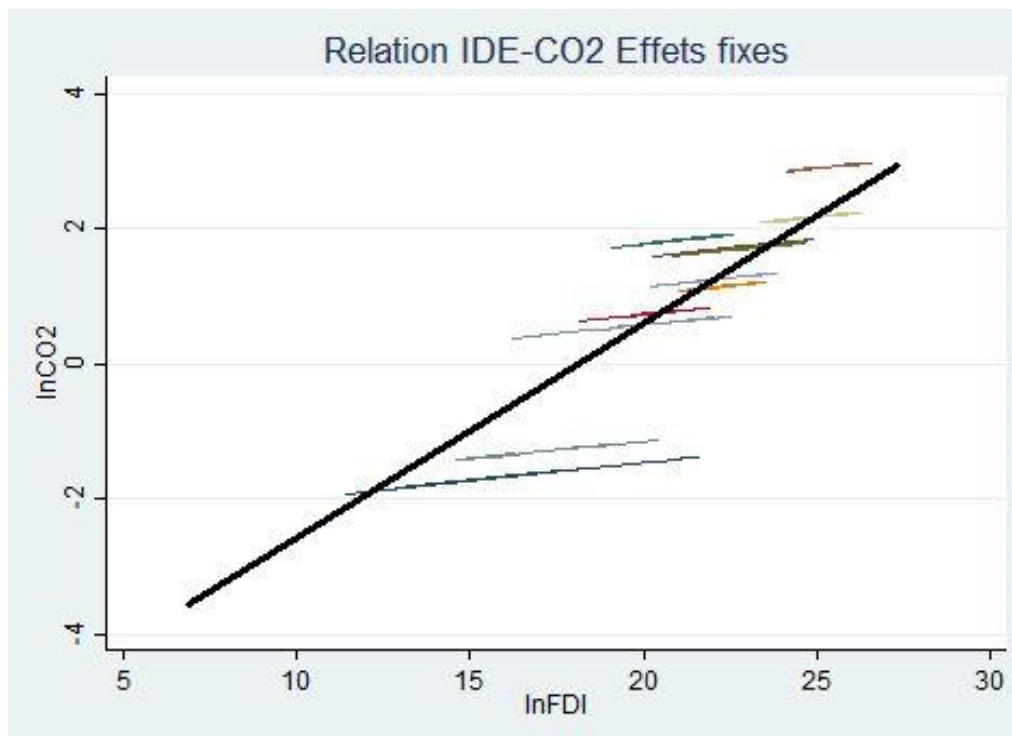


Ce graphique représente la relation entre niveau d'émission de CO2 et IDE concernant les 64 pays constituant la base de données et cela pour la période 1990-2014. L'axe des ordonnées représente le niveau d'émission de CO2 (en logarithmes) alors que l'axe des abscisses

représente le niveau d'IDE. Chaque point bleu représente un niveau d'émission de CO2 en fonction du niveau des IDE. La droite rouge représente l'estimation que nous donne la méthode des moindres carrés ordinaires. On remarque très bien qu'il n'y a qu'une seule constante. De plus, on voit qu'il n'y a aucune notion temporelle, aucune évolution n'est observable sur ce graphique. Il s'agit de « pooling », les données ne sont pas considérées comme étant des données de panel mais simplement des données indépendantes les unes des autres.

Afin de démontrer que la méthode des effets fixes est plus adéquate, il peut être intéressant de regarder ce même graphique estimé par la méthode des effets fixes. Cela nous donne le graphique suivant :

Figure 2: Représentation Effets fixes



Ce graphique représente à nouveau la relation entre niveau d'émission de CO2 sur l'axe des ordonnées et niveau d'IDE sur l'axe des abscisses. La droite noire est l'estimation donnée par la méthode des moindres carrés ordinaires, identique à celle présente sur le graphique 1. En ce qui concerne les différentes droites de couleurs, elles représentent chacune un pays différent et son évolution. Afin que ce graphique soit lisible, seulement 11<sup>20</sup> des 64 pays constituant la base de données ont été représentés. La différence principale est que l'on voit que désormais les constantes sont différentes pour chaque pays, cela représente bien l'idée de données de panel. On remarque également que les pentes sont identiques pour tous les pays, c'est une caractéristique de la méthode d'estimation des effets fixes.

<sup>20</sup> Etats-Unis, Royaume-Uni, Soudan, Suède, Suisse, Thaïlande, Togo, Tunisie, Turquie, Uruguay, Venezuela.

Etant donné que ce graphique tient compte des hétérogénéités entre les pays et que cela représente mieux les données de panel, la simple représentation graphique montre que l'utilisation de la méthode des effets fixes est plus adaptée que celle des moindres carrés ordinaires.

Afin de régler les problèmes liés à l'absence d'effet spécifique à chaque pays, la méthode dite des effets fixes peut donc être employée.

#### 4.3.3 Les effets fixes

Pour commencer, tout comme la méthode des moindres carrés ordinaires, la méthode des effets fixes est optimale pour les analyses en panel statique. Cela implique que dans l'équation (2), le coefficient  $\alpha_0$  est nul.

Cette méthode suggère que les interceptions (ou constantes) sont spécifiques à chaque pays et sont fixes dans le temps (time-invariant). En ce qui concerne les divers coefficients représentant les élasticités, ils sont les mêmes pour chaque pays. Un modèle à effet fixe peut être représenté dans la forme théorique suivante (Park, 2011) :

$$y_{it} = (\alpha + u_i) + \beta X_{it} + v_{it} \quad \text{Equation (3)}$$

Dans l'équation ci-dessus,  $(\alpha + u_i)$  représente l'intercept,  $\alpha$  est une constante qui est similaire pour tous les pays. Ce qui différencie les pays est  $u_i$ , cela représente l'effet fixe qui est spécifique pour chaque pays. Il est nécessaire de préciser que cet effet spécifique ne varie pas dans le temps. Etant donné que  $u_i$  est différent chaque pays, l'intercept varie entre les différents pays. Cela est différent du modèle à effets aléatoires selon lequel tous les intercepts sont les mêmes. Cet effet fixe spécifique à chaque pays peut être corrélé avec les autres variables explicatives, ce qui n'est pas le cas dans un modèle à effets aléatoires. Dans l'équation (3),  $X_{it}$  est une matrice qui regroupe les variables indépendantes ainsi que les variables de contrôle,  $\beta$  est également une matrice composée des différents coefficients représentant les élasticités. On remarque qu'il n'y a pas d'indice, relatif aux pays, associé à la matrice  $\beta$ , ce qui montre que les coefficients sont bel et bien identiques pour tous les pays. Le terme  $v_{it}$  est le terme d'erreur, erreurs qui sont distribuées de façon identique et indépendante :  $v_{it} \sim IID(0, \sigma_v^2)$ .

Un avantage non négligeable de cette méthode d'estimation est qu'elle réduit le biais lié à l'omission de variables. Cela implique que le coefficient représentant l'élasticité ne peut pas être biaisé suite à l'oubli d'une variable importante. Cependant, étant donné que l'effet spécifique est constant, le modèle à effets fixes contrôle uniquement l'omission de variables qui ne varient pas dans le temps. Alors que la méthode d'estimation des moindres carrés ordinaires était incapable d'identifier l'hétérogénéité inobservée entre les différents pays, la méthode des effets fixes permet de surmonter ce problème.

Le modèle à effets fixes peut être estimé principalement de deux façons différentes : une régression « Least Squares Dummy Variables » (LSDV) ou une méthode « within effect » (Park, 2011). Bien entendu, les deux techniques produisent des résultats similaires. La différence principale entre ces deux méthodes d'estimation est que la régression LSDV utilise des variables de type « dummy » alors que ce n'est pas le cas pour la méthode « within effect ». La méthode LSDV consiste à créer autant de « dummies » qu'il y a d'individus. Par exemple, la variable « dummy »  $D_3$  vaudra 1 pour le pays numéro 3 et sera nulle pour les autres pays. Le modèle estimé ressemblerait dès lors au suivant :

$$y_{it} = \alpha + D_1u_1 + D_2u_2 + \dots + D_nu_n + \beta X_{it} + v_{it} \quad \text{Equation (4)}$$

Dans l'équation (4),  $D_1$  prend la valeur 1 pour le premier pays, c'est-à-dire lorsque  $i = 1$ , et 0 dans les autres cas. Idem pour les autres variables « dummy ». Les variables  $u_i$  représentent, tout comme c'était le cas dans l'équation (3), les effets spécifiques de chaque pays, qui, cumulés à la constante  $\alpha$  donnent l'intercept.

La seconde méthode d'estimation la plus utilisée est la méthode dite « within effect ». Au lieu d'utiliser des variables « dummy » comme c'est le cas pour méthode LSDV, la méthode « within effect » utilise la variation de chaque individu par rapport à sa moyenne sur l'entièreté de la période. Cela peut se représenter par l'équation suivante :

$$y_{it} - \bar{y}_i = \beta(X_{it} - \bar{X}_i) + (v_{it} - \bar{v}_i) \quad \text{Equation (5)}$$

Où  $\bar{y}_i$  représente la moyenne de la variable dépendante pour l'individu  $i$ ,  $\bar{X}_i$  est la moyenne des variables explicatives pour l'individu  $i$  et  $\bar{v}_i$  est la moyenne des erreurs pour l'individu  $i$ . Comme souligné auparavant, la valeur des paramètres sera la même peu importe la méthode d'estimation utilisée.

L'avantage de la méthode « within effect » est qu'elle est plus simple lorsque le nombre d'individus est élevé car il ne faut pas créer un nombre important de variables « dummy ». Cependant, un désavantage de cette méthode provient du fait qu'elle utilise l'écart par rapport à la moyenne. La méthode d'estimation « within » n'est pas adaptée pour les variables qui sont constantes dans le temps car la déviation vaudra zéro. Dès lors, si une variable indépendante ne varie pas au fil du temps, comme cela pourrait être le cas pour le genre ou la nationalité, la méthode « within » ne sera pas adaptée et il faudra utiliser la méthode LSDV. Dans le cadre de ce travail, aucune variable n'est constante dans le temps, ce qui implique que la méthode « within » peut être utilisée.

Comme mentionné auparavant, le test de Fisher peut être employé afin de vérifier si la méthode des effets fixes est meilleure que la méthode des moindres carrés ordinaires. L'hypothèse nulle de ce test est que tous les coefficients relatifs à l'effet spécifique à un pays, représentés par  $u_i$  dans l'équation (3), sont nuls :

$$H_0: u_1 = u_2 = \dots = 0$$

Si l'hypothèse nulle est rejetée, cela signifie qu'il existe bien un effet fixe spécifique aux différents pays. Cela implique que l'utilisation du modèle à effets fixes est meilleure que l'utilisation d'une analyse OLS.

Une fois le test F réalisé, afin de déterminer quels sont les effets principaux (fixes ou aléatoires), il est judicieux de s'intéresser au test de Hausman (Hausman, 1978). Le test permet de comparer les modèles à effets fixes et à effets aléatoires. L'hypothèse nulle est que les effets spécifiques  $u_i$  ne sont pas corrélés avec les différentes variables explicatives :

$$H_0: \text{corr}(u_i, X_{it}) = 0$$

S'il y a rejet de  $H_0$ , cela signifie que les effets spécifiques aux pays sont corrélés avec minimum une variable explicative, ce qui ne peut être le cas pour un modèle à effets aléatoires. Dès lors, si  $H_0$  est rejetée, le modèle à effets fixes est le meilleur pour estimer l'impact des différentes variables explicatives sur la variable dépendante (Hausman, 1978).

Le tableau ci-dessous présente les résultats des deux tests concernant les données de cette étude.

Tableau 2: Tests effets fixes

Type de test	Confrontation	P-valeur	Décision
Test de Fisher	Pooled OLS vs Effets fixes	0,000	Effets fixes
Test de Hausman	Effets fixes vs Effets aléatoires	0,000	Effets fixes

Ce tableau confirme que la méthode des effets fixes est la méthode statique la plus adaptée pour estimer le modèle.

#### 4.3.4 La méthode des moments généralisés (GMM)

Contrairement aux deux méthodes d'estimation précédentes, la méthode des moments généralisés, plus souvent appelée GMM, est une méthode d'estimation dynamique. Cela implique que le niveau d'émission de CO2 de la période précédente sera utilisé comme variable explicative du modèle. Dès lors, le coefficient  $\alpha_0$  sera différent de zéro. Ce qui n'était pas le cas pour les méthodes d'estimation statiques. Par exemple, on pourrait supposer que le niveau d'émission de CO2 n'est pas affecté majoritairement par le niveau d'IDE de la même période mais par celle de la période précédente.

Le modèle pourrait être estimé par la méthode des moindres carrés dynamique ou encore par la méthode des effets fixes également dynamique. Cela implique que des valeurs laguées de

la variable dépendante, à savoir le CO<sub>2</sub>, seront utilisées comme variables explicatives du modèle. Mais l'utilisation de ces méthodes de façon dynamique est biaisée dans les deux cas. Pour ce qui est de la méthode « pooled OLS » dynamique, les résultats fournis seront biaisés car la variable dépendante laguée sera corrélée avec la partie fixe du terme d'erreur. En ce qui concerne la méthode des effets fixes, lorsque l'on ajoute le niveau de CO<sub>2</sub> de la période précédente dans les variables explicatives, selon Nickell (1981) la variable  $CO_{2,t-1}$  sera toujours corrélée avec le terme d'erreur. Ceci viole l'hypothèse nécessaire d'indépendance entre les variables explicatives et le terme d'erreur. Dès lors, la méthode GMM permet de contrôler ce biais simultané ainsi que d'autres biais pouvant amener de l'endogénéité dans le modèle.

L'utilisation de la méthode GMM peut être bénéfique afin de résoudre certains problèmes liés à l'utilisation de la méthode à effets fixes.

Premièrement, comme précisé auparavant, la méthode à effets fixes permet de résoudre partiellement certains biais d'endogénéité. En effet, cette méthode contrôle l'omission de variables qui sont fixes dans le temps. Mais il est fort probable que certaines variables explicatives omises ne soient pas fixes dans le temps, ce qui entraîne un problème d'endogénéité dans le modèle.

Une autre source d'endogénéité dans mon modèle pourrait être la causalité inverse. La causalité inverse signifie que la variable dépendante peut à la fois être impactée par la variable explicative mais également impacter la variable explicative (Ullah et al, 2018). Il est possible de contrôler ce biais en utilisant les variables instrumentales ou en utilisant la méthode GMM comme dans le cadre de ce travail.

Finalement, une nouvelle source d'endogénéité pourrait être ce qu'on appelle le biais de panel dynamique. Dans ce cas, ni la méthode OLS ni des effets fixes permettent de contrôler cette source. Le biais de panel dynamique sera développé lors de la présentation de l'estimateur en différence première.

La méthode GMM permet de contrôler l'endogénéité en transformant les données (Ullah et al, 2018) ainsi qu'en ajoutant la variable dépendante laguée dans les variables explicatives. Les différentes sources d'endogénéité contrôlées par cette méthode sont les suivantes : l'hétérogénéité inobservée, la causalité inverse ainsi que le biais de panel dynamique. La méthode OLS statique ne permet de contrôler aucun de ces biais alors que la méthode des effets fixes statique permet uniquement de contrôler l'endogénéité liée à l'hétérogénéité non observée. Comme expliqué précédemment, les formes dynamiques des modèles OLS et à effets fixes pourraient être employées, mais celles-ci fourniraient des résultats biaisés. Cela implique que les résultats provenant du modèle GMM seront plus précis que ceux du modèle à effets fixes ainsi que OLS.

Cette méthode a été principalement développée par Arellano et Bond (1991), Arellano et Bover (1995) ainsi que Blundell et Bond (1998). La méthode GMM connaît particulièrement un succès pour sa capacité à contrôler l'endogénéité dans les analyses en panel. Il existe deux façons différentes d'employer la méthode GMM : l'estimateur en différence première et l'estimateur en système.

La première méthode, l'estimateur en différence, a été proposée par Arellano et Bond en 1991. L'objectif de cette méthode est de transformer les variables afin d'éliminer les biais d'endogénéité. Pour cela, la différence première est employée. Cela implique que l'équation (2) devient désormais :

$$\Delta CO2_{it} = \Delta \sigma_i + \sigma_0 \Delta CO2_{it-1} + \sigma_1 \Delta IDE_{it} + \sigma_2 \Delta PIB_{it} + \sigma_3 \Delta PIB_{it}^2 + \sigma_4 \Delta EnvReg_{it} + \sigma_5 \Delta Education_{it} + \sigma_6 \Delta (IDE_{it} * PIB_{it}) + \Delta \varepsilon_{it} \quad \text{Equation (6)}$$

Où  $\Delta \varepsilon_{it} = \varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1}$

Etant donné que les effets spécifiques aux différents pays sont fixes dans le temps, le coefficient  $\Delta \sigma_i$  sera nul pour tous les pays. Cela implique que les effets fixes sont supprimés de ce modèle. Le fait que cela élimine les effets fixes élimine également une source potentielle de biais de variables omises dans cette estimation. Cependant, il y a toujours de l'endogénéité dans ce modèle étant donné qu'il y a une certaine corrélation entre  $CO2_{it-1}$  et  $\varepsilon_{t-1}$ . C'est ce qu'on appelle le biais de panel dynamique ou encore biais de Nickell. Ce type de biais ne peut pas non plus être évité via la méthode des effets fixes de type within. Dès lors, Arellano et Bond (1991) suggèrent d'utiliser la méthode des variables instrumentales afin que la corrélation avec le terme d'erreur soit nulle. Dans ce cas, les variables laguées seront utilisées comme instruments. Quelques années plus tard, Arellano et Bover (1995) ont révélé que cette méthode n'était pas optimale car les valeurs laguées représentaient un instrument faible pour des variables en différence première. De plus, cette méthode impliquait des biais importants lorsque l'on souhaite travailler avec des échantillons finis.

C'est alors qu'a été développé le second estimateur, l'estimateur en système. Blundell et Bond (1998) ont démontré via les estimations Monte Carlo que la méthode GMM en système était plus fiable que la méthode en différence. Cette estimation est basée sur deux équations. La première est identique à la méthode en différence première. C'est-à-dire que les variables en différence première sont instrumentalisées par les valeurs laguées de la variable en question. La seconde équation est l'équation originale en niveau. Dans cette seconde équation, les variables sont instrumentalisées par leur différence première.

Un avantage considérable de la méthode GMM, que ce soit en différence ou en système, est que les instruments sont internes et non externes. Les instruments utilisés sont les valeurs précédentes des variables déjà présentes dans notre modèle (Roodman, 2009). Cela implique qu'il n'est pas nécessaire d'identifier un instrument extérieur au modèle, ce qui peut être assez compliqué. Cependant, il est important de choisir un nombre d'instruments adéquat. D'une part, prendre en compte plus de lags et donc créer plus d'instruments permet d'avoir plus d'informations, et devrait être plus efficace. D'autre part, selon Sargan (1958), l'erreur associée au modèle est positivement corrélée au nombre d'instruments. Windmeijer (2005) confirme cette idée. En utilisant un panel de taille 8 x 100 et via la méthode GMM, il trouve

qu'une réduction du nombre d'instruments de 28 à 13 réduit en moyenne le biais dans l'estimation du coefficient d'intérêt de 40%. Le nombre d'instruments augmente avec le nombre de périodes, ce qui implique qu'il peut rapidement y avoir trop d'instruments lorsque l'on travaille sur une période de temps importante. Afin de résoudre ce problème, deux méthodes peuvent être employées. La première consiste à définir une certaine « lag structure » ce qui va réduire le nombre de périodes laguées utilisées comme instruments. L'autre méthode est ce qu'on appelle le « collapsing ». Il est important d'utiliser le nombre d'instruments adéquat, c'est-à-dire qui permet d'avoir assez d'informations sans pour autant biaiser l'estimation. Mehrhoff (2009) fournit des données concernant le biais en fonction des méthodes employées. Il montre que lorsque l'on réduit le nombre de périodes laguées et lorsqu'on utilise la méthode « collapse », le biais est inférieur que dans tous les autres cas. En règle générale, le nombre d'instruments est trop élevé lorsqu'il est supérieur au nombre de pays concernés par l'étude, soit 64 dans ce cas. J'ai dès lors limité le nombre de lags à 8 et employé de la méthode « collapse » comme le suggère les résultats fournis par Mehrhoff. Cela me permet d'avoir assez d'informations tout en ayant un nombre d'instruments inférieur au nombre de pays.

Deux tests peuvent être employés afin de vérifier la validité de l'estimateur GMM et des instruments employés.

Le premier est le test de sur-indentification de Hansen ou de Sargan qui concerne la validité des instruments employés (Roodman, 2009). Si la p-valeur associée ne nous permet pas de rejeter l'hypothèse nulle, alors les instruments utilisés sont valides. Dans le cas de cette étude, la p-valeur étant égale à 0,158, il n'est pas possible de rejeter l'hypothèse de validité des instruments employés.

Le second test est le test d'Arellano-Bond d'autocorrélation concernant les erreurs en différence première (Roodman, 2009). Une condition importante pour la validité des instruments est que le terme d'erreur différencié ne soit pas lié à la variable dépendante laguée de deux périodes (ainsi que pour les variables laguées plus anciennes). De façon mathématique, cela peut se représenter de la façon suivante :

$$E(\Delta CO2_{i(t-j)} \Delta \varepsilon_{it}) = 0 \quad \text{avec } j \geq 2 \quad \text{Equation (7)}$$

Dans ce test, l'hypothèse nulle stipule qu'il n'y a pas de corrélation, comme suggéré par l'équation ci-dessus. Lorsque le lag est d'une période ( $j=1$ ), on s'attend à ce qu'il y ait logiquement de la corrélation et donc un rejet de l'hypothèse nulle. Cependant, pour un lag supérieur à une période, il faut que l'hypothèse nulle soit non rejetée. Dans ce cas, les instruments utilisés sont satisfaisants.

Tableau 3: Test d'Arellano-Bond

	P-valeur
AR(1)	0,000
AR(2)	0,067

La p-valeur étant supérieure à 5%, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a pas de corrélation. Le tableau ci-dessus démontre donc que les instruments utilisés sont valides étant donné que le terme d'erreur différencié n'est pas corrélé avec la variable dépendante laguée de deux périodes.

## 5. Présentations des résultats et analyse économique

Cette section présentera les résultats obtenus via les trois méthodes sélectionnées. Par la suite, une analyse économique et quelques recommandations basées sur les résultats obtenus auront lieu.

Pour rappel, l'équation estimée est la suivante :

$$CO2_{it} = \alpha_i + \alpha_0 CO2_{it-1} + \alpha_1 IDE_{it} + \alpha_2 PIB_{it} + \alpha_3 PIB_{it}^2 + \alpha_4 EnvReg_{it} + \alpha_5 Education_{it} + \alpha_6 (IDE_{it} * PIB_{it}) + \varepsilon_{it} \quad \text{Equation (2)}$$

### 5.1 Résultats via Moindres Carrés Ordinaires (OLS)

Tableau 4: Résultats via Pooled OLS

Variable	Coefficient	P-valeur
CO2		
IDE	0,033	0,337
PIB	3,854 ***	0,000
PIB^2	-0,168 ***	0,000
EnvReg	-0,460 ***	0,000
Education	0,174 ***	0,001
IDE*PIB	0,001	0,809
Constante	-21,350 ***	0,000
Légende : *** = significatif au seuil de 1%		

Le tableau 4 ci-dessus rapporte les coefficients fournis par la méthode des moindres carrés ordinaires. Plusieurs choses sont à souligner. Premièrement, cette méthode ne me permet pas de dire quelque chose concernant l'impact des IDE sur le niveau d'émission de CO2. En effet, la p-valeur associée est élevée, ce qui implique le non-rejet de l'hypothèse nulle selon laquelle le coefficient est nul. Deuxièmement, le coefficient associé à la variable éducation, bien que significatif est positif. Cela impliquerait que plus la population est éduquée, plus le niveau d'émission est important. A première vue, cela semble quelque peu contrintuitif. Il sera important d'analyser le signe du coefficient fourni par les autres méthodes d'estimation et de les comparer entre eux. Troisièmement, on peut observer que la p-valeur associée au terme d'interaction entre IDE et

PIB est également très élevée. Dès lors, il est impossible de tirer des conclusions concernant l'impact de ce terme d'interaction sur le niveau de CO2.

L'analyse brève de ce tableau démontre que la méthode OLS n'est pas optimale pour fournir toutes les informations nécessaires pour mon étude. De plus, comme évoqué précédemment, cette méthode ne tient pas compte de l'hétérogénéité entre les différents pays. Il est donc désormais important de regarder les résultats fournis par la méthode des effets fixes.

## 5.2 Résultats via Effets Fixes

Tableau 5: Résultats via Effets fixes

Variable	Coefficient	P-valeur
CO2		
IDE	0,106 ***	0,000
PIB	3,781 ***	0,000
PIB^2	-0,155 ***	0,000
EnvReg	-0,323 ***	0,000
Education	-0,181 ***	0,000
IDE*PIB	-0,011 ***	0,000
Constante	-20,137 ***	0,000
Légende : *** = significatif au seuil de 1%		

L'objectif principal de la méthode des effets fixes étant d'éliminer une part du biais dans l'estimation pouvant être due au problème d'hétérogénéité et non de lister les constantes de chaque pays. Celles-ci ne sont pas reportées dans ce tableau mais bien en annexe 2.

Le tableau 5 ci-dessus fournit davantage d'informations pertinentes. Pour commencer, il rapporte un effet positif et significatif des entrées d'IDE sur le niveau d'émission de CO2, là où la méthode des moindres carrés me donnait un coefficient non-significatif. Dans ce cas, une augmentation de 1% du nombre d'IDE entrant dans un pays entraîne, en moyenne, une augmentation des émissions de CO2 de 0,106%. Dès lors, selon cette méthode d'estimation, l'hypothèse de havre de pollution est validée. Le tableau 3 rapportait un coefficient significatif et positif concernant le niveau d'éducation ce qui semblait étrange. On remarque que via les effets fixes, on obtient quelque chose de radicalement différent. Dans ce cas, le coefficient est bien négatif, ce qui semble plus raisonnable. Une population plus éduquée impliquerait un niveau de CO2 moins élevé. Afin de vérifier cette relation, il sera intéressant d'être attentif au coefficient fourni par la méthode

GMM.

La méthode d'estimation OLS était également incapable de fournir des informations concernant le terme d'interaction IDE\*PIB. Or, la méthode des effets fixes exhibe une relation négative et significative entre niveau d'émission de CO2 et ce terme d'interaction. Cela suggère que les pays les moins développés subissent un impact des entrées d'IDE plus fort sur leurs émissions de CO2. Afin de vérifier cela, il est intéressant de répéter la méthode des effets fixes pour deux groupes de pays, classés en fonction de leur niveau de PIB par tête. Pour cela, le niveau de PIB par habitant moyen sur la période 1990-2014 est calculé pour tous les pays. Une fois cela réalisé, le niveau de revenu moyen qui permet de diviser l'échantillon en deux groupes de taille similaire est calculé. Ainsi, on obtient le revenu médian de 8995\$. Les pays ayant un revenu moyen plus petit que 8995\$ feront partie du groupe 1, les autres étant attribués au groupe 2<sup>21</sup>.

Voici les résultats obtenus :

Tableau 6: Résultats via Effets fixes en fonction du PIB/hab

CO2	Groupe 1 (low income)	Groupe 2 (high income)
IDE	0,246 ***	-0,016
PIB	2,800 ***	5,268 ***
PIB <sup>2</sup>	-0,071 ***	-0,241 ***
EnvReg	-0,289 ***	-0,314 ***
Education	0,070	-0,460 ***
IDE*PIB	-0,031 ***	0,002
Constante	-17,856 ***	-25,858 ***
Légende : *** = significatif au seuil de 1% ** = significatif au seuil de 5% * = significatif au seuil de 10%		

<sup>21</sup> Groupe 1 : Afrique du Sud, Algérie, Argentine, Bangladesh, Bénin, Bolivie, Botswana, Bulgarie, Cameroun, Chine, Colombie, Costa Rica, Egypte, Equateur, Honduras, Inde, Indonésie, Kenya, Malaisie, Maroc, Mexique, Mozambique, Nicaragua, Nigéria, Panama, Paraguay, Pérou, Sénégal, Soudan, Thaïlande, Togo, Tunisie.

Groupe 2 : Allemagne, Australie, Autriche, Belgique, Brésil, Canada, Chili, Danemark, Espagne, Etats-Unis, Finlande, France, Gabon, Grèce, Irlande, Islande, Israël, Italie, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République de Corée, Royaume-Unis, Singapour, Suède, Suisse, Turquie, Uruguay, Vénézuéla.

Le tableau 6 confirme l'idée qui nous était donnée par le coefficient du terme d'interaction dans le tableau 5. A savoir que l'impact des IDE sur le niveau de CO2 varie en fonction du développement économique du pays. On remarque en effet que dans les pays ayant un revenu faible, une augmentation du niveau d'IDE entraîne une augmentation des émissions de CO2. En moyenne, lorsque le niveau d'IDE augmente de 1%, le niveau d'émission de CO2 augmente de son côté de 0,246%.

En ce qui concerne les pays du groupe deux, le tableau ci-dessus semble montrer que les entrées d'IDE dans ces pays sont bénéfiques pour la qualité environnementale et diminuent le niveau de CO2. Cependant, la p-valeur associée dans ce cas est élevée, ce qui ne me permet pas de tirer des conclusions. Même si les IDE semblent améliorer la qualité de l'air, ce tableau 6 ne me permet pas de valider définitivement cette hypothèse.

Afin d'aller plus loin et de vérifier l'impact des IDE pour les pays plus développés, le modèle va à nouveau être estimé pour les pays ayant un niveau de revenu moyen supérieur à la moyenne de l'échantillon<sup>22</sup>.

Tableau 7: Résultats via Effets fixes pour 24 pays les plus riches

CO2	
IDE	-0,255 *
PIB	6,764 ***
PIB <sup>2</sup>	-0,331 ***
EnvReg	-0,226 ***
Education	-0,768 ***
IDE*PIB	0,025 *
Constante	-30,785 ***
Légende : *** : significatif au seuil de 1%	
* : significatif au seuil de 10%	

Ce tableau 7 confirme l'hypothèse selon laquelle les IDE permettent aux pays les plus développés de lutter contre la dégradation de leur environnement. Selon les résultats obtenus, pour les 24 pays ayant un niveau de revenu moyen supérieur à la moyenne de l'échantillon, une augmentation du niveau d'IDE de 1% implique en moyenne une diminution des émissions de CO2 de 0,255%.

<sup>22</sup> Allemagne, Australie, Autriche, Belgique, Canada, Danemark, Espagne, Etats-Unis, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Israël, Italie, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Unis, Singapour, Suède, Suisse.

Si pour les pays moins développés c'est l'hypothèse de havre de pollution qui émerge, les pays plus riches sont eux concernés par l'hypothèse de pollution halo. Cela confirme bien que les pays les plus pauvres sont davantage confrontés à des entrées d'IDE polluants. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus notamment par Sapkota et Bastola (2017) ainsi que Zugravu-Soilita (2017).

Comme expliqué précédemment, la méthode d'estimation des effets fixes ne permet pas de surmonter tous les biais qui peuvent amener de l'endogénéité dans le modèle. Dès lors, il est désormais nécessaire d'analyser les résultats fournis par la méthode d'estimation GMM et de comparer les résultats avec ceux obtenus via les effets fixes.

### 5.3 Résultats via GMM

Tableau 8: Résultats via System GMM

Variable	Coefficient	P-valeur
CO2		
L.CO2	0,604 ***	0,000
IDE	0,159 ***	0,000
PIB	2,507 ***	0,000
PIB^2	-0,096 **	0,011
EnvReg	-0,245 **	0,019
Education	-0,332 **	0,026
IDE*PIB	-0,015 **	0,020
Constante	-14,194 ***	0,000
Légende : * = significatif au seuil de 10%		
** = significatif au seuil de 5%		
*** = significatif au seuil de 1%		

La première chose que nous indique ce tableau est qu'il y a de la dynamique dans ce modèle. En effet, le coefficient associé à la variable CO2 laguée d'une période est positif et significatif. Cela implique que la valeur précédente du niveau d'émission de CO2 joue un certain rôle dans la détermination du niveau de CO2 de la période actuelle. On observe dès lors qu'il y a un mécanisme d'ajustement, le niveau de CO2 actuel est également déterminé par les IDE de la période précédente.

On peut observer que tout comme lors de l'estimation via les effets fixes, le coefficient associé à la variable IDE est positif, ce qui valide l'hypothèse de havre de pollution. Selon cette estimation, lorsque le niveau d'IDE augmente de 1%, le niveau d'émission de CO2 augmente

quant à lui, en moyenne, de 0,159%. Une fois de plus, on remarque que le coefficient relatif au terme d'interaction est négatif, suggérant que les IDE impliquent plus de dommage sur la qualité de l'environnement lorsque le pays est moins développé.

En ce qui concerne l'impact du niveau d'éducation sur les émissions de CO<sub>2</sub>, la méthode des moindres carrés ordinaires et des effets fixes fournissaient des résultats opposés. Lorsque l'on emploie la méthode GMM, on remarque que le coefficient associé à la variable éducation est négatif comme dans les cas de l'estimation via les effets fixes. Cela semble logique et confirme qu'une population plus éduquée implique une amélioration du niveau de pollution. Cela peut s'expliquer par le fait qu'ils sont plus conscients des problèmes environnementaux mais également par le fait qu'ils sont plus à même d'employer des nouvelles technologies.

En ce qui concerne l'impact des normes environnementales sur le niveau d'émission de CO<sub>2</sub>, toutes les méthodes d'estimation fournissent le même résultat. Des normes plus strictes permettent de faire diminuer la pollution.

On peut noter que les signes correspondant aux différents effets des variables sur le niveau de CO<sub>2</sub> sont identiques à ceux obtenus via la méthode des effets fixes. Cela suggère que les résultats obtenus sont assez robustes.

#### 5.4 Tester la relation IDE-pollution

Comme l'a démontré cette étude, il semble que les IDE ont bel et bien un impact sur le niveau de pollution du pays receveur. Il est dès lors intéressant de comprendre le mécanisme par lequel passe cet effet. Les résultats ont également démontré que l'impact des IDE était différent en fonction du niveau de développement des pays. Les pays les plus riches ne sont pas affectés négativement par les IDE, cela s'explique en grande partie par le fait que leurs normes environnementales sont plus strictes. De leur côté, les pays peu développés ont des normes très faibles ce qui facilite l'entrée d'investissements polluants.

Dans un premier temps, l'objectif est de trouver un(e) indicateur/variable qui me permettrait de mesurer le changement des normes environnementales, afin de voir quand celles-ci deviennent plus strictes. Ensuite, il faut discuter si cet indicateur influence vraiment le niveau d'IDE. Finalement, il est intéressant de voir l'impact de ces changements sur la pollution, ainsi que d'analyser le délai de temps séparant le changement de normes environnementales et l'impact sur les émissions. L'estimateur employé dans cette étude pour évaluer le niveau des régulations environnementales est l'intensité d'énergie. Cependant, ce n'est pas un indicateur conçu pour mesurer le niveau des normes mais un « outcome » qui permet de l'approximer de façon simple. Afin de discuter de la relation, il est important d'identifier un indicateur dont l'objectif est de réellement évaluer la rigueur des normes environnementales.

Par exemple, on pourrait penser à un indicateur regroupant le nombre de traités environnementaux réellement mis en vigueur dans les différents pays. Ceux-là peuvent être des traités internationaux ainsi que des traités nationaux. Cependant, il est important de

pondérer la force du traité ainsi que son importance dans le total. Ainsi, un traité national visant à améliorer la qualité d'un fleuve, par exemple, aurait moins de poids qu'un traité tel que le protocole de Kyoto. De cette façon, chaque pays aurait une valeur qui représenterait la sévérité de ses normes environnementales.

Par la suite, il est nécessaire de voir si cet indicateur influence réellement les IDE. De façon logique, il semblerait qu'un pays ayant des normes plus strictes attire davantage d'IDE plus propres que la moyenne. En ce qui concerne l'impact de l'indicateur, bien que cela semble également évident, il faut tester s'il joue réellement un rôle sur le niveau de pollution. Par exemple, lorsqu'un pays signe un nouveau traité, il verra son indicateur augmenter. Dès lors, il sera nécessaire d'analyser si une augmentation de l'indicateur implique réellement une diminution du niveau de pollution. Si ces conditions sont remplies, alors cela impliquera que l'effet passe notamment par les normes environnementales. Finalement, une analyse plus poussée serait utile afin de déterminer si l'effet des normes environnementales sur le niveau de pollution est immédiat ou légèrement retardé. Concrètement, cela permettrait de savoir si un durcissement des normes environnementales au cours d'une année impliquerait déjà une baisse de la pollution cette même année, l'année suivante ou encore plus tard.

## 5.5 Analyse économique et recommandations

Après avoir présenté les différents résultats en fonction des méthodes d'estimation, cette section fournira une analyse économique ainsi que quelques recommandations politiques. Bien entendu, ces recommandations seront faites sur base des résultats obtenus dans le cadre de mon étude.

Que ce soit via la méthode des effets fixes ou via la méthode des moments généralisés, les résultats obtenus exhibent en moyenne une relation positive entre niveau entrant d'IDE et niveau d'émission de CO<sub>2</sub>. Cela implique qu'en moyenne, lorsque davantage d'IDE arrivent dans un pays, la qualité environnementale, mesurée dans ce cas via les émissions de CO<sub>2</sub>, se dégrade. Ce résultat supporte l'hypothèse de havre de pollution selon laquelle les IDE sont néfastes pour la qualité de l'environnement. De nombreux auteurs tels que Baek (2016) et Bokpin (2017) arrivent à la même conclusion. Il semblerait donc qu'en moyenne, les pays, à qui sont destinés les IDE, accueillent la production de produits polluants et non de nouvelles technologies plus vertes. Cependant, l'échantillon utilisé pour cette étude est composé de pays ayant des niveaux de développement et donc de revenus très hétérogènes. C'est pourquoi ce modèle est composé d'un terme d'interaction IDE\*PIB qui s'est vu être négatif et significatif dans le cas du modèle à effets fixes et via la méthode GMM. Ce coefficient suggère que les pays les plus pauvres subiront davantage de pression sur leur qualité environnementale suite au développement des IDE. C'est pourquoi le tableau 6 a séparé les pays en deux groupes afin d'identifier les impacts. On observe que les pays pauvres sont fortement impactés par les entrées d'IDE, l'hypothèse de havre de pollution se confirme dès lors pour les pays moins développés. De

l'autre côté, le développement d'IDE semble améliorer les performances environnementales des pays les plus développés ce qui valide l'hypothèse de pollution halo pour ces pays. On remarque dès lors que si l'effet moyen de l'échantillon est positif, cela cache des divergences importantes entre les pays. En effet, le développement économique des pays les plus riches, via notamment les IDE exportés, se fait au détriment de la qualité environnementale des pays les plus pauvres qui deviennent des havres de pollution. Cela implique que les recommandations faites aux différents pays varient elles aussi en fonction du niveau de développement des pays.

En ce qui concerne les pays riches, il n'y a pas de raisons qu'ils changent leur fusil d'épaule en ce qui concerne l'accueil des IDE. En effet, en plus d'avoir un effet positif sur leur croissance via les entrées de capitaux et autres bénéfiques, les IDE leur permettent d'également de diminuer leur niveau de pollution. On pourrait même leur conseiller d'accueillir le plus possible d'IDE. Mais cette recommandation simple pourrait être une mauvaise idée. Si les pays riches ne sont pas impactés de façon perverse par les entrées d'IDE, cela peut s'expliquer par le fait que leurs normes environnementales sont plus strictes. Ce qui signifie que les pays développés attirent des IDE qui sont de base plus « propres ». Ce serait donc une erreur de conseiller aux pays ayant un niveau de revenu plus élevé de baisser la rigidité de leurs lois environnementales afin de bénéficier d'un plus grand nombre d'IDE entrants.

De l'autre côté, les pays moins développés font face à un certain dilemme. Les IDE leur permettent de croître économiquement grâce à l'arrivée de nouvelles méthodes de production, de nouvelles idées et cela favorise l'emploi (Al-Mulali et Tang, 2013). Mais cette étude a démontré que la croissance économique se faisait au détriment de leur qualité de l'air car l'hypothèse de havre de pollution émerge pour ces pays. Dès lors quelle est la décision optimale ? Selon la théorie de la courbe de Kuznets environnementale, la croissance économique est ce qu'il y a de plus important car elle permet, à long terme, de lutter contre les dégradations environnementales (Grossman et Kruger, 1991). Les partisans de cette théorie suggèreront dès lors de favoriser la croissance économique au détriment du niveau de pollution.

La mission pour les pays en voie de développement serait d'attirer assez d'IDE afin de continuer de croître mais tenter d'attirer des investissements plus propres qui leur permettraient de ne pas (trop) dégrader la qualité de leur environnement. Cela peut notamment se faire en rendant les normes environnementales un peu plus strictes. En effet, le coefficient associé à la variable EnvReg est négatif et significatif dans tous les cas, que ce soit via la méthode OLS, des effets fixes ou GMM. Cela prouve que ce résultat est robuste. Ceci suggère qu'augmenter la rigueur des normes environnementales est un moyen efficace de lutter contre la pollution. Dans tous les cas, lorsque les normes sont rendues plus strictes, le niveau d'émission de CO2 associé diminue. Toutefois, il faut veiller à ne pas rendre ces normes trop strictes sans quoi leur croissance économique serait engagée. Une autre façon d'attirer des IDE plus propres serait d'accorder davantage d'importance au niveau d'éducation de leurs travailleurs. En effet, il est facile de concevoir que les nouvelles

technologies et donc des méthodes de fabrication plus propres nécessitent une capacité d'absorption. Cela signifie que les travailleurs locaux doivent être capables d'utiliser ce capital physique entrant. Dès lors, si un pays augmente le niveau d'éducation de ses travailleurs, ce pays sera plus à même de recevoir des investissements propres. Au contraire, si les investisseurs se rendent compte que le pays est incapable d'utiliser cette technologie suite au manque de capital humain, ils se tourneront vers un autre pays. A la fin, les pays ayant un niveau de capital humain faible se retrouveront uniquement avec des facteurs de production faibles en technologie et dès lors polluants. Le tableau 8 exhibe une relation assez forte entre niveau d'éducation et émissions de CO<sub>2</sub>. Selon la méthode d'estimation GMM, lorsque le niveau d'éducation augmente de 1%, les émissions de dioxyde de carbone diminuent, en moyenne, de 0,332%.

Suite au fait que les variables PIB ainsi que PIB à la seconde puissance aient été utilisées comme variables de contrôle, il est possible de commenter la courbe de Kuznets environnementale sur base des résultats obtenus. L'objectif de ce travail étant d'analyser l'impact des IDE et non de la croissance économique sur le niveau de CO<sub>2</sub>, l'analyse relative à la CKE sera faite en annexe 1.

## 6. Conclusion

L'objectif de ce travail est de déterminer quel est l'impact des IDE sur l'environnement pour un panel de 64 pays concernant la période 1990-2014. Dans un premier temps, une analyse de la littérature déjà existante a démontré que l'impact était incertain. Certains auteurs valident l'hypothèse de havre de pollution, d'autres l'hypothèse de pollution halo. Dès lors, j'ai employé trois méthodes d'estimation différentes afin de déterminer l'effet réel. Pour commencer, la méthode simple des moindres carrés ordinaires (OLS) a été utilisée. Ensuite, dans le but de résoudre le biais pouvant provenir de l'hétérogénéité non observée, la méthode d'analyse en panel des effets fixes a été employée. Finalement, la méthode d'analyse dynamique GMM m'a permis de lutter contre l'endogénéité. Si la méthode dite « pooled OLS » ne me permettait pas de tirer de conclusions, la méthode des effets fixes ainsi que la méthode GMM faisaient apparaître un coefficient positif. Ce coefficient positif implique, qu'en moyenne, les IDE détériorent la qualité environnementale, mesurée par le niveau d'émission de CO<sub>2</sub>. Selon les résultats obtenus via la méthode GMM, une augmentation des IDE de 1% se traduit en moyenne par une augmentation du niveau de CO<sub>2</sub> de 0,159%. Cela supporte bel et bien l'hypothèse de havre de pollution. Cependant, l'addition d'un terme d'interaction entre IDE et PIB démontre que les pays les moins développés voient leur environnement se détériorer davantage que les pays plus développés. Cette analyse démontre même que pour les pays les plus riches, les IDE peuvent en réalité être bénéfiques pour leur environnement. L'hypothèse de pollution halo se valide donc pour les pays les plus riches. En ce qui concerne les pays moins développés, les IDE ont un impact fortement négatif sur leur environnement. Cette étude a également démontré que la sévérité des lois environnementales joue un rôle important sur le niveau d'émission de CO<sub>2</sub>. On observe par exemple qu'une augmentation de 1% des normes implique, en moyenne, une diminution de 0,245% des émissions de CO<sub>2</sub>. Dès lors, les pays moins développés se souciant de leur environnement pourraient durcir leurs lois environnementales afin de lutter contre la pollution. Cependant, les décideurs politique doivent garder à l'esprit que des règles trop strictes pourraient contraindre leur croissance économique.

## 7. Bibliographie

Abbasi, F., & Riaz, K. (2016). "CO2 emissions and financial development in an emerging economy: an augmented VAR approach". *Energy Policy*, 90, 102-114.

Acharyya, J. (2009). "FDI, growth and the environment: Evidence from India on CO2 emission during the last two decades". *Journal of economic development*, 34(1), 43.

Aliyu, M. A. (2005). "Foreign direct investment and the environment: Pollution haven hypothesis revisited".

Al-Mulali, U., & Tang, C. F. (2013). "Investigating the validity of pollution haven hypothesis in the gulf cooperation council (GCC) countries". *Energy Policy*, 60, 813-819.

Angrist, J. D., & Pischke, J. S. (2008). *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*. Princeton university press.

Arellano, M., & Bond, S. (1991). "Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations". *The review of economic studies*, 58(2), 277-297.

Arellano, M., & Bover, O. (1995). "Another look at the instrumental variable estimation of error-components models". *Journal of econometrics*, 68(1), 29-51.

Asghari, M. (2013). "Does FDI promote MENA region's environment quality? Pollution halo or pollution haven hypothesis". *Int J Sci Res Environ Sci*, 1(6), 92-100.

Atici, C. (2012). "Carbon emissions, trade liberalization, and the Japan–ASEAN interaction: A group-wise examination". *Journal of the Japanese and International Economies*, 26(1), 167-178.

Baek, J. (2016). "A new look at the FDI–income–energy–environment nexus: dynamic panel data analysis of ASEAN". *Energy Policy*, 91, 22-27.

Bakhsh, K., Rose, S., Ali, M. F., Ahmad, N., & Shahbaz, M. (2017). "Economic growth, CO2 emissions, renewable waste and FDI relation in Pakistan: New evidences from 3SLS". *Journal of environmental management*, 196, 627-632.

Bernard, J., & Mandal, S. K. (2016). "The impact of trade openness on environmental quality: an empirical analysis of emerging and developing economies". *WIT Trans Ecol Environ*, 203, 195-208.

Blundell, R., & Bond, S. (1998). "Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models". *Journal of econometrics*, 87(1), 115-143.

Bokpin, G. A. (2017). "Foreign direct investment and environmental sustainability in Africa: The role of institutions and governance". *Research in International Business and Finance*, 39, 239-247.

Cole, M. A., & Elliott, R. J. (2005). "FDI and the capital intensity of "dirty" sectors: a missing piece of the pollution haven puzzle". *Review of Development Economics*, 9(4), 530-548.

Cole, M. A., Elliott, R. J., & Zhang, J. (2011). "Growth, foreign direct investment, and the environment: evidence from Chinese cities". *Journal of Regional Science*, 51(1), 121-138.

Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D. (2002). "Confronting the environmental Kuznets curve". *Journal of economic perspectives*, 16(1), 147-168.

Eurostat, *Glossaire : investissement direct étranger (IDE)*, disponible sur : [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Foreign\\_direct\\_investment\\_\(FDI\)/fr](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Foreign_direct_investment_(FDI)/fr)

- Fagnart, J. F., & Hamaide, B. (2012). « Environnement et développement économique : Introduction ». *Reflets et perspectives de la vie économique*, 51(4), 5-8.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). "Environmental impacts of a North American free trade agreement" (No. w3914). *National Bureau of Economic Research*.
- Hausman, J. A. (1978). "Specification tests in econometrics". *Econometrica: Journal of the econometric society*, 1251-1271.
- Hassaballa, H. (2013). "Environment and foreign direct investment: policy implications for developing countries". *Journal of Emerging Issues in Economics, Finance and Banking*, 1(2), 75-106.
- He, J. (2006). "Pollution haven hypothesis and environmental impacts of foreign direct investment: The case of industrial emission of sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) in Chinese provinces". *Ecological economics*, 60(1), 228-245.
- International Energy Agency, *Data browser*, Disponible sur : <https://www.iea.org/>
- Janconvici J-M, *Quels sont les gaz à effet de serre ?*, disponible sur : <https://janconvici.com/changement-climatique/gaz-a-effet-de-serre-et-cycle-du-carbone/quels-sont-les-gaz-a-effet-de-serre-quels-sont-leurs-contribution-a-leffet-de-serre/>
- Kirkulak, B., Qiu, B., & Yin, W. (2011). "The impact of FDI on air quality: evidence from China". *Journal of Chinese economic and foreign trade studies*, 4(2), 81-98.
- Kellenberg, D. K. (2009). "An empirical investigation of the pollution haven effect with strategic environment and trade policy". *Journal of international economics*, 78(2), 242-255.
- Kuznets, S. (1955). "Economic growth and income inequality". *The American economic review*, 45(1), 1-28.
- Lau, L. S., Choong, C. K., & Eng, Y. K. (2014). "Investigation of the environmental Kuznets curve for carbon emissions in Malaysia: do foreign direct investment and trade matter?". *Energy Policy*, 68, 490-497.
- Mehrhoff, J. (2009). "A solution to the problem of too many instruments in dynamic panel data GMM".
- Nickell, S. (1981). "Biases in dynamic models with fixed effects". *Econometrica: Journal of the econometric society*, 1417-1426.
- OCDE (2008), *Définition de référence de l'OCDE des investissements directs internationaux : quatrième édition*, disponible sur : <https://www.oecd.org/fr/daf/inv/statistiquesetanalysesdelinvestissement/40632182.pdf>
- Panayotou, T. (1993). "Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development" (No. 992927783402676). *International Labour Organization*.
- Pao, H. T., & Tsai, C. M. (2011). "Multivariate Granger causality between CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries". *Energy*, 36(1), 685-693.
- Park, H. M. (2011). "Practical guides to panel data modeling: a step-by-step analysis using stata". *Public Management and Policy Analysis Program, Graduate School of International Relations, International University of Japan*, 1-52.
- Pinter, J. (2014), *Qu'est ce qu'une variable de contrôle dans une régression*, BSI ECONOMICS, disponible sur : <http://www.bsi-economics.org/236-%E2%98%86-qu%E2%80%99est-ce-qu%E2%80%99une-variable-de-contrôle-dans-une-régression>

- Roodman, D. (2009). "How to do xtabond2: An introduction to difference and system GMM in Stata". *The stata journal*, 9(1), 86-136.
- Sapkota, P., & Bastola, U. (2017). "Foreign direct investment, income, and environmental pollution in developing countries: Panel data analysis of Latin America". *Energy Economics*, 64, 206-212.
- Sargan, J. D. (1958). "The estimation of economic relationships using instrumental variables". *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 393-415.
- Sbia, R., Shahbaz, M., & Hamdi, H. (2014). "A contribution of foreign direct investment, clean energy, trade openness, carbon emissions and economic growth to energy demand in UAE". *Economic modelling*, 36, 191-197.
- Seker, F., Ertugrul, H. M., & Cetin, M. (2015). "The impact of foreign direct investment on environmental quality: a bounds testing and causality analysis for Turkey". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 347-356.
- Selden, T. M., & Song, D. (1994). "Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?". *Journal of Environmental Economics and management*, 27(2), 147-162.
- Shahbaz, M., Nasreen, S., Abbas, F., & Anis, O. (2015). "Does foreign direct investment impede environmental quality in high-, middle-, and low-income countries?". *Energy Economics*, 51, 275-287.
- Shao, Y. (2018). "Does FDI affect carbon intensity? New evidence from dynamic panel analysis". *International Journal of Climate Change Strategies and Management*.
- Sung, B., Song, W. Y., & Park, S. D. (2018). "How foreign direct investment affects CO2 emission levels in the Chinese manufacturing industry: Evidence from panel data". *Economic Systems*, 42(2), 320-331.
- Tamazian, A., Chousa, J. P., & Vadlamannati, K. C. (2009). "Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: evidence from BRIC countries". *Energy policy*, 37(1), 246-253.
- Tamazian, A., & Rao, B. B. (2010). "Do economic, financial and institutional developments matter for environmental degradation? Evidence from transitional economies". *Energy Economics*, 32(1), 137-145.
- The World Bank Group, *World Development Indicators*, 2020, disponible sur : <https://data.worldbank.org/indicator>
- Ullah, S., Akhtar, P., Zaefarian, G., (2018) "dealing with endogeneity bias: The generalised methods of moments (GMM) for Panel data", *Industrial Marketing Management*. Vol. 71, pp. 69-78
- UNCTADSTAT, *Centre de données : investissements directs étrangers*, disponible sur : <https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=96740>
- United Nations Development Programme, *Human Development Reports: Data*, disponible sur : <http://hdr.undp.org/en/data>
- Van Beers, C., & Van Den Bergh, J. C. (1997). "An empirical multi-country analysis of the impact of environmental regulations on foreign trade flows". *Kyklos*, 50(1), 29-46.
- Waldkirch, A., & Gopinath, M. (2008). "Pollution control and foreign direct investment in Mexico: an industry-level analysis". *Environmental and Resource Economics*, 41(3), 289-313.

Wendling, Z. A., Emerson, J. W., de Sherbinin, A., Esty, D. C., *et al.* (2020). *2020 Environmental Performance Index*. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy, disponible sur : <https://epi.yale.edu/>

Wheeler, D. (2001). "Racing to the bottom? Foreign investment and air pollution in developing countries". *The Journal of Environment & Development*, 10(3), 225-245.

Windmeijer, F. (2005). "A finite sample correction for the variance of linear efficient two-step GMM estimators". *Journal of econometrics*, 126(1), 25-51.

Wintoki, M. B., Linck, J. S., & Netter, J. M. (2012). "Endogeneity and the dynamics of internal corporate governance". *Journal of financial economics*, 105(3), 581-606.

Zugravu-Soilita, N. (2017). "How does foreign direct investment affect pollution? Toward a better understanding of the direct and conditional effects". *Environmental and Resource Economics*, 66(2), 293-338.

## 8. Annexes

### Annexe 1 : la courbe de Kuznets environnementale (CKE)

Cette partie concernant la CKE sera composée de deux sections principales. La première sera destinée à la présentation de cette théorie. Ensuite, les résultats obtenus via les différentes méthodes d'estimation seront analysés afin de voir si cette théorie est confirmée ou non dans le cadre de cette étude.

#### A.1.2 Présentation

Simon Kuznets, économiste américain d'origine biélorusse a donné son nom à la courbe représentant la relation entre le niveau de richesse d'un pays et le niveau d'inégalité au sein de ce même pays. Selon cette courbe, les inégalités augmentent dans un premier temps avant de décroître une fois un revenu seuil atteint (Kuznets, 1955). On retrouve cette même courbe pour la relation entre croissance économique et qualité environnementale, plus connue sous le nom « courbe de Kuznets environnementale » (CKE) (Grossman et Krueger 1991). Elle suggère une relation en « U inversé » entre les 2 composantes, tout comme la courbe de Kuznets entre niveau de richesse et inégalité au sein d'un même pays. La CKE suggère que l'environnement se dégrade dans un premier temps suite à la croissance économique, puis une fois que le revenu dépasse un certain seuil, alors la pollution commence à diminuer. Les dégradations environnementales ont tendance à croître au début lorsque l'on passe d'une économie basée sur l'agriculture à une économie qui devient de plus en plus industrielle. Par la suite, la qualité de l'environnement s'améliore lorsque les industries polluantes s'effacent pour des industries intensives en technologie et une société davantage orientée services (Panayotou, 1993). Cette relation en U inversé peut s'expliquer par plusieurs raisons distinctes. Lorsqu'un pays commence à se développer, l'importance est principalement accordée à l'économie et non à la qualité de l'environnement. Les habitants se soucient de leur travail ainsi que de leur revenu, ils sont trop pauvres pour consacrer leur argent à l'environnement et les régulations environnementales sont faibles étant donné le faible développement du pays. De plus, les ressources naturelles sont utilisées de façon intense, lorsqu'un pays se développe, le secteur qui domine est généralement le secteur secondaire. A ce niveau de développement, les méthodes de production sont principalement très polluantes. Cela explique ce qu'on observe lors de la première phase de la CKE : la pollution est positivement corrélée à la croissance économique. Par la suite, lorsqu'un certain niveau de revenu par habitant est atteint, la courbe commence à avoir une pente négative. Cette corrélation négative peut s'expliquer par la tertiarisation de l'économie, le secteur tertiaire étant un secteur nettement moins polluant que le secteur secondaire. Une autre raison est que une fois que les ménages possèdent assez de revenu, une part de celui-ci est consacré à

l'environnement, les individus sont plus sensibles à la cause environnementale. L'environnement peut alors être vu comme un bien dit normal, ce qui signifie que les dépenses pour ce bien augmentent lorsque le revenu s'accroît. Mais ce n'est pas tout, suite au développement du pays, les moyens de production sont de plus en plus propres ce qui permet de limiter la pollution et les institutions étant de plus en plus puissantes fixent des réglementations environnementales de plus en plus strictes. En réalité, trois effets peuvent expliquer la forme de la CKE : l'effet d'échelle, l'effet de composition et l'effet technique (Grossman et Kruger, 1991).

D'après l'effet d'échelle, la dégradation de l'environnement est inévitable lorsqu'un pays est en phase de croissance économique. Une augmentation de la production s'accompagne toujours d'une augmentation de la pollution si les technologies employées ainsi que la structure de production restent identiques. Grossman et Kruger soulignent également le fait que l'expansion économique d'un pays va augmenter les importations et exportations, ce qui va contribuer à la détérioration de l'environnement par le biais de davantage de transports. L'effet d'échelle explique dès lors la phase croissante de la EKC.

Le second effet est appelé effet de composition, cet effet peut avoir un impact positif ou négatif sur l'environnement. Cet effet part du principe que lorsqu'il y a libéralisation du commerce international chaque pays se spécialise dans la production d'un bien pour lequel il a un avantage comparatif. La spécialisation d'un pays va également dépendre des réglementations environnementales ainsi que de l'abondance de facteurs de production qu'il possède. Par exemple, un pays possédant beaucoup de main d'œuvre va se spécialiser dans la production d'un bien intensif en facteur travail. Il va donc y avoir une modification de la structure économique du pays. Cela implique que les pays spécialisés dans la production de biens polluants vont être impactés négativement alors que ceux spécialisés dans les biens non ou peu polluants vont voir leur niveau de pollution diminuer.

En ce qui concerne l'effet technique, il est associé à la phase décroissante de la EKC. Une fois que le pays est suffisamment développé, de nouvelles techniques de production moins polluantes voient le jour, ce qui permet de produire la même quantité d'outputs avec un impact moindre sur l'environnement. Les régulations environnementales deviennent également de plus en plus strictes, forçant les pays à réduire leurs émissions polluantes et donc investir dans des technologies plus vertes. Durant la phase décroissante, l'effet technique est supérieur à l'effet d'échelle.

Selden et Song (1994) quant à eux présentent quatre raisons expliquant pourquoi la courbe est en forme de U inversé. Ces raisons peuvent être listées de cette façon : (i) l'élasticité revenu-qualité environnementale est positive, signifiant que lorsque le revenu augmente, les individus sont plus enclins à dépenser de l'argent pour protéger l'environnement ; (ii) changement dans la production et consommation lorsque le revenu par tête augmente ; (iii) davantage d'informations sur l'importance de l'environnement et plus d'éducation ; (iv) systèmes politiques de plus en plus ouverts.

Selon la EKC, la croissance économique serait dès lors suffisante pour réduire la détérioration de l'environnement. Mais cette vision très optimiste n'est pas partagée par tous les économistes, certains parlent de « havre de pollution » ainsi que de « course vers le bas », deux alternatives nettement moins optimistes et assez semblables. L'hypothèse de havre de pollution a déjà largement été discutée. En ce qui concerne la « course vers le bas » ou « race to the bottom », cette théorie dit que la forme de la courbe ne peut pas tenir pour les pays riches. En effet, étant donné que les lois environnementales sont plus souples dans les pays peu développés, les entreprises peuvent être incitées à délocaliser leur production dans ces pays. Ces délocalisations massives entraînent d'importantes sorties de capitaux, ralentissement de l'économie, augmentation du chômage. Afin de résoudre ces problèmes économiques, les pays développés vont être obligés d'assouplir leurs lois environnementales, ce qui va continuer jusqu'à ce que les normes des pays développés soient aussi faibles que celles des pays non développés, impliquant un accroissement de la pollution dans tous les pays. (Dasgupta et al,2002 ; Wheeler,2001)

### A.1.3 Résultats

Le modèle estimé est forcément identique à celui utilisé précédemment. Pour rappel, voici l'équation le caractérisant :

$$CO2_{it} = \alpha_i + \alpha_0 CO2_{it-1} + \alpha_1 IDE_{it} + \alpha_2 PIB_{it} + \alpha_3 PIB_{it}^2 + \alpha_4 EnvReg_{it} + \alpha_5 Education_{it} + \alpha_6 (IDE_{it} * PIB_{it}) + \varepsilon_{it} \quad \text{Equation (2)}$$

Dans cette section, ce qui m'intéresse ce sont les coefficients associés au PIB ainsi qu'au PIB à la seconde puissance. Le tableau ci-dessous présente les différents résultats en fonction des méthodes employées. Ce tableau se focalise uniquement sur les coefficients d'intérêts.

Tableau A.1 : EKC

	OLS	Effets fixes	GMM
CO2			
PIB	3,854 ***	3,781 ***	2,507 ***
PIB^2	-0,168 ***	-0,155 ***	-0,096 **
Légende : *** = significatif au seuil de 1% ** = significatif au seuil de 5%			

Afin de valider l'hypothèse de la CKE et donc obtenir une courbe en U inversé entre niveau de revenus et niveau de pollution, deux conditions sont nécessaires. Pour commencer, il faut que

l'élasticité entre le PIB par tête et le niveau d'émission de CO2, représentée par  $\alpha_2$ , soit négative. L'autre condition nécessite que  $\alpha_3$  soit positif.

On remarque en analysant le tableau que quelle que soit la méthode d'estimation employée, ces conditions sont remplies, ce qui valide la CKE pour l'échantillon de pays entre 1990 et 2014.

Il est possible de trouver le revenu seuil, c'est-à-dire le niveau de revenu par tête à partir duquel les émissions de CO2 vont décroître, via la formule suivante :

$$PIB_{seuil} = - \frac{\alpha_1}{2\alpha_2}.$$

Cependant, cela nous donne un PIB seuil très élevé, ce qui suggère que les pays concernés par cette étude sont en moyenne encore loin de la phase décroissante de la courbe.

## Annexe 2 : constantes

Tableau A.2: constante par pays, modèle à effets fixes

Pays	Constante	P-valeur
Algérie	-19,812	0,000
Argentine	-20,131	0,000
Australie	-19,27	0,000
Autriche	-19,977	0,026
Bangladesh	-19,939	0,096
Belgique	-19,761	0,374
Bénin	-20,471	0,000
Bolivie	-19,875	0,182
Botswana	-20,379	0,000
Brésil	-20,913	0,000
Bulgarie	-19,432	0,438
Cameroun	-21,052	0,000
Canada	-19,430	0,000
Chili	-20,264	0,000
Chine	-19,589	0,000
Colombie	-20,595	0,000
Costa Rica	-20,792	0,000
Danemark	-19,778	0,682
Equateur	-20,162	0,000
Egypte	-19,849	0,363
Finlande	-19,794	0,805
France	-20,28	0,000
Gabon	-20,479	0,000
Allemagne	-19,702	0,095
Grèce	-19,85	0,512
Honduras	-20,394	0,000
Islande	-20,54	0,000

Inde	-19,739	0,213
Indonésie	-20,248	0,000
Irlande	-19,749	0,358
Israël	-19,73	0,156
Italie	-20,008	0,004
Japon	-19,794	0,810
Kenya	-20,959	0,000
République de Corée	-19,728	0,086
Malaisie	-19,802	0,802
Mexique	-20,154	0,000
Maroc	-20,096	0,000
Mozambique	-21,339	0,000
Pays-Bas	-19,652	0,024
Nouvelle-Zélande	-19,987	0,006
Nicaragua	-20,335	0,000
Nigéria	-21,117	0,000
Norvège	-19,856	0,659
Panama	-20,473	0,000
Paraguay	-21,172	0,000
Pérou	-20,468	0,000
Pologne	-19,551	0,000
Portugal	-20,239	0,000
Sénégal	-20,413	0,000
Singapour	-19,767	0,520
Afrique du Sud	-19,504	0,000
Espagne	-20,092	0,000
Soudan	-21,359	0,000
Suède	-20,358	0,000
Suisse	-20,343	0,000
Thaïlande	-20,019	0,000
Togo	-20,521	0,000
Tunisie	-20,042	0,000
Turquie	-20,27	0,000
Royaume-Uni	-19,818	0,984
Etats-Unis	-19,212	0,000
Uruguay	-20,834	0,000
Vénézuela	-19,955	0,003