

IDHEAP

Econometrics of Panel Data

Semestre d'automne 2015

Chargé de cours :

Christopher Grigoriou

Rapport de semestre

L'effet de la signature et la ratification du protocole de
Kyoto sur les déterminants des émissions de CO₂

Etudiant :

David Caillet

10-213-049

david.caillet@students.unibe.ch

Fribourg, le 16 janvier 2016

Table des matières

1 Introduction.....	3
2 Le protocole de Kyoto.....	3
3 Littérature.....	3
4 Analyse empirique.....	4
4.1 Données.....	4
4.2 Modèle.....	5
4.3 Résultats.....	7
5 Conclusion.....	9
6 Références.....	10
7 Annexes.....	I

Index des annexes

Annexe 7.1 : Pays signataires du protocole de Kyoto.....	I
Annexe 7.2 : Pays membres de l'Annexe I.....	II
Annexe 7.3 : Liste des 193 pays ayant ratifié le protocole de Kyoto.....	III
Annexe 7.4 : Liste des pays ayant ratifié le protocole durant la première période (1998 à 2002).....	IV
Annexe 7.5 : Liste des pays ayant ratifié le protocole durant la deuxième période (2002 à 2004).....	V
Annexe 7.6 : Liste des pays ayant ratifié le protocole après son entrée en vigueur (dès 2005).....	VI
Annexe 7.7 : Résumé statistique – Données brutes.....	VII
Annexe 7.8 : Résumé statistique – Transformation logarithmique.....	VIII
Annexe 7.9 : Corrélations entre chaque variable.....	VIII
Annexe 7.10 : Représentation graphique des données brutes.....	IX
Annexe 7.11 : Représentation graphique des données après transformation logarithmique.....	X
Annexe 7.12 : Variables utilisées dans la recherche.....	XI
Annexe 7.13 : Effets de la signature du protocole de Kyoto sur les déterminants des émissions de CO ₂ - période de 2000 à 2010.....	XII
Annexe 7.14 : Effets de l'appartenance à l'Annexe I sur les déterminants des émissions de CO ₂ - période de 1988 à 2010.....	XIII
Annexe 7.15 : Effets de la ratification pour les pays de l'Annexe I sur les déterminants des émissions de CO ₂ - période de 1988 à 2010.....	XIV
Annexe 7.16 : Emissions de CO ₂ pour les pays de l'ancienne Union Soviétique.....	XV
Annexe 7.17 : Effets de la ratification en fonction de la période pour l'ensemble des pays sur les déterminants des émissions de CO ₂	XVI
Annexe 7.18 : Effets de la ratification sur les déterminants des émissions de CO ₂ pour les pays ratifiant après l'entrée en vigueur du protocole et membres de l'Annexe I.....	XVII

1 Introduction

Le protocole de Kyoto est né des discussions des pays participants aux Conférences des Parties (COP). Il est un des premiers résultats en matière de politique environnementale internationale avec des objectifs légalement contraignants et des délais pour réduire les émissions de gaz à effet de serre des pays industrialisés (UNFCCC b, Internet). Le protocole de Kyoto a été critiqué de manière importante dès sa création autant pour sa conception inflexible similaire à d'autres accords dans différents domaines que d'un point de vue économique, pour l'incitation à la non-participation. A l'instar du Canada (2012), certains pays souhaiteraient se retirer du protocole surtout qu'aucune pénalité n'est prévue dans ce cas.

Nous allons dans cette recherche analyser l'effet de la signature et de la ratification du protocole de Kyoto sur les déterminants des émissions de CO₂ de différents pays sur une période allant de 1988 à 2010. Bien que le protocole limite l'émission de plusieurs gaz à effet de serre, le dioxyde de carbone (CO₂) a été choisi pour refléter la politique environnementale des pays car il compte pour 63 % de l'effet anthropogénique des gaz à effet de serre (Winkler, 2014, Courses-slides, p. 55).

Le chapitre suivant dresse un rapide portrait du fonctionnement et le but du protocole de Kyoto. Le troisième chapitre s'intéresse à la littérature qui a amené à cette recherche. Le quatrième chapitre traite de l'analyse empirique en détaillant les données, le modèle choisi et les résultats. Le dernier chapitre conclut ce rapport.

2 Le protocole de Kyoto

L'adoption du protocole de Kyoto, le 11 décembre 1997, réunissait 39 pays industrialisés ainsi que la communauté européenne, formant les pays de l'Annexe B¹. Ces pays ont pour objectif de réduire leurs émissions de gaz à effet de serre de 5.2 % en moyenne sur la période de 2008 à 2012 comparé aux niveaux de 1990. La première étape d'adoption qui voit la signature du protocole par 84 pays se déroule entre le 15 mars 1998 et le 15 mars 1999. Afin d'accéder au marché des permis d'émission, les pays doivent ratifier le protocole. Les pays qui n'avaient pas signé le protocole durant la période de signature peuvent accéder au mécanisme de permis d'émission en le ratifiant à tout moment. Pour entrer en vigueur, le protocole de Kyoto doit satisfaire deux conditions : (1) il doit être ratifié par au moins 55 pays qui représentent (2) au moins 55 % du niveau de 1990 des émissions de gaz à effet de serre des pays de l'Annexe I (Almer & Winkler, 2011). La première condition est atteinte lors de la ratification du protocole par l'Islande le 23 mai 2002, tandis que la deuxième n'est pas satisfaite simultanément. Il faut attendre le 4 novembre 2004 avec la ratification de la Russie pour que le protocole entre en vigueur. Il a été ratifié par 191 Etats, seul les Etats-Unis ont signé le protocole mais ne l'ont pas ratifié (UNFCCC b, Internet). Le protocole de Kyoto inclut des mesures contraignantes pour les pays de l'Annexe I (pays industrialisés) mais pas pour les autres pays (pays en voie de développement). En cas de ratification, un texte prévoit le contrôle du respect des engagements et le cas échéant des sanctions pour non-respect, expliquant le retrait récent du Canada (2012) sur qui pesait une amende de plusieurs milliards de dollars.

3 Littérature

Ce chapitre présente les différentes références théoriques qui analysent les effets du protocole de Kyoto ainsi que la relation entre émissions de CO₂ et développement économique.

Les négociations et les critiques liées au protocole de Kyoto montrent que les pays adoptent des comportements stratégiques lors de la ratification du traité. Almer et Winkler (2011) ont montré que la ratification du protocole n'est pas équitablement répartie dans le temps et que les pays ratifient le protocole lorsqu'ils en retirent un bénéfice. Ils classifient les pays selon le bénéfice net qu'ils retirent lors de la ratification. La première catégorie de pays soutient inconditionnellement le protocole en le signant et en le ratifiant rapidement. Elle regroupe principalement des pays fortement exposés aux changements climatiques. Les pays de la deuxième catégorie,

1 Les pays listés dans l'Annexe B du protocole de Kyoto correspondent à la liste de pays de l'Annexe I de l'*United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) à l'exception de la Turquie. Nous allons faire abstraction de cette différence mineure dans la suite du travail et utiliser le terme Annexe I en références aux pays avec des limitations d'émissions de CO₂.

principalement les pays de l'Annexe I ainsi que les grands pays en transition (Chine, Brésil, etc.), retirent des bénéfices en adoptant le protocole mais ont des coûts élevés de régulation et sont donc incités à ne pas signer et à retarder la ratification. La troisième catégorie de pays, incluant les pays membres de l'Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole (OPEP), préfère que le protocole de Kyoto n'entre pas en vigueur mais si c'est le cas ont intérêt à le ratifier. On s'attend donc à une ratification tardive après son entrée en vigueur. Le comportement stratégique des pays expliquent pourquoi si peu de pays ont participé à la phase de signature. En effet, la signature montre le soutien du pays au protocole de Kyoto et augmente la probabilité qu'il soit adopté. Ainsi, si trop peu de pays signent, il se pourrait que le protocole n'atteigne pas l'étape de ratification et qu'il soit renégocié (Almer & Winkler, 2011).

Comme déjà mentionné, les pays de l'Annexe I sont les seuls à avoir des limitations quantifiées de leurs émissions. Almer et Winkler (2012) relèvent que pour les 6 pays les plus importants de ce groupe (Australie, Canada, France, Allemagne, Italie et Japon), les objectifs d'émissions contraignants n'ont aucun effet sur les émissions de 1998 à 2004. Ce résultat ne se vérifie toutefois pas pour la Grande-Bretagne.

La relation entre pollution et croissance économique a été longuement étudiée et débattue, l'adaptation du modèle de la courbe de Kuznet à l'environnement (*environmental Kuznets Curve* – EKC) synthétise la relation entre qualité de l'environnement et développement économique : la dégradation de l'environnement augmente avec le revenu par habitant jusqu'à ce que celui-ci atteigne un certain niveau à partir duquel la qualité environnementale augmente. Cette courbe permet de voir une relation quadratique inversée entre émissions de CO₂ émanant de la combustion de combustibles fossiles et production (Sharma, 2011). Une deuxième vision voit une relation entre la croissance économique et la consommation énergétique. En effet, un plus haut niveau de développement économique requiert plus de consommation énergétique, et, de manière similaire, une meilleure efficacité énergétique demande un niveau de développement économique élevé (Sharma, 2011). Nous allons dans notre recherche combiner les deux visions en utilisant un modèle de variables multiples pour contrôler la relation entre la croissance économique, la consommation énergétique et les émissions de CO₂.

L'étude de Ang (2008) montre que la pollution et la consommation énergétique sont positivement corrélées à long terme. De même, la croissance de la consommation semble être liée à la croissance économique. Il est donc important d'inclure des variables captant l'utilisation énergétique dans notre modèle. Précédemment, le même auteur (Ang, 2007) a montré que les émissions de CO₂, la consommation énergétique et le Produit Intérieur Brut (PIB) étaient fortement corrélés entre elles. Il examine cette relation en France à l'aide d'un modèle de Vecteur Auroregressif (VAR) avant de tester une potentielle causalité. Cette étude dépasse le cadre de cette recherche, nous n'allons donc pas reproduire ici ces conclusions. Il est toutefois nécessaire de garder à l'esprit cette forte corrélation entre les variables pour la suite de la lecture. Certains auteurs (Govindaraju and Tang, 2013) ont montré que cette causalité n'était pas forcément avérée pour certains pays et qu'elle peut être bidirectionnelle comme unidirectionnelle en fonction des variables.

4 Analyse empirique

Comme nous l'avons présenté chaque pays est incité à ratifier plus ou moins tardivement le protocole de Kyoto (Almer & Winkler, 2011). A l'exception des Etats-Unis (et du Canada après 2012), tous les pays de notre base de données ont ratifiés le protocole de Kyoto. Nous pouvons analyser l'effet de la ratification du protocole de Kyoto sur les déterminants des émissions de CO₂ sur une période allant de 1988 à 2010 en tenant compte de la date de ratification. Nous allons également analyser si la signature et l'appartenance à l'Annexe I ont des effets sur les déterminants des émissions de CO₂.

4.1 Données

Les données utilisées dans cette recherche proviennent de différentes sources. Les données pour les variables environnementales, économiques, énergétiques et géographiques sont issues des *World Development Indicators* publiés par la Banque Mondiale (2014, Internet). Les données supplémentaires en lien avec le protocole de Kyoto proviennent de l'*United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC a) et b), Internet). Notre

base de données comporte 79 pays signataires² qui représentent 37,3 % des pays ayant ratifié le protocole de Kyoto (voir annexe 7.1). Similairement, la liste des pays de l'Annexe I comporte 41 pays (sans les Etats-Unis) et représentent 19,2 % des pays ayant ratifié le protocole (voir annexe 7.2). La base de données contient 193 entités³ ayant ratifié le protocole de Kyoto (voir annexe 7.3).

Les données sont organisées en panel pour les années 1988 à 2010 et pour les 193 entités ayant ratifié le protocole de Kyoto ainsi que pour les Etats-Unis. Les annexes 7.7 et 7.8 présentent le résumé statistique des données utilisées pour l'analyse empirique.

L'annexe 7.9 présente les corrélations des variables entre elles. Nous constatons une forte corrélation entre les émissions de CO₂ et le PIB, une corrélation moyenne entre les émissions et les variables taux d'urbanisation, ouverture au commerce, production électrique issue du charbon et production électrique issue d'énergies renouvelables (négative). La corrélation entre la variable « *Forest* » qui capture le pourcentage de forêts par rapport à la superficie totale des pays et les émissions est faible (négative). A noter que la corrélation entre le taux d'urbanisation et le PIB est élevée corroborant les résultats de Ang (2008).

La représentation graphique justifie l'utilisation des logarithmes. Les différences étant importantes entre les pays (voir annexe 7.10), les logarithmes nous permettent d'éviter d'avoir des données trop éloignées de la moyenne (*outliers*). L'interprétation des résultats sera donc une élasticité. L'annexe 7.11 représente graphiquement la relation entre les données après transformation logarithmique.

4.2 Modèle

Cette section s'intéresse aux variables, aux hypothèses et au modèle empirique que nous allons utiliser pour tester l'effet de la signature et de la ratification du protocole de Kyoto sur les déterminants des émissions de CO₂. Le tableau annexe 7.12 résume les variables utilisées pour cette recherche qui ont été déduites des références théoriques présentées au chapitre 3.

Le PIB est un déterminant important des émissions de CO₂, en effet, il existe une relation entre la croissance économique et les émissions de CO₂. On s'attend à ce que la croissance du PIB ait un effet positif sur les émissions de CO₂ consécutivement à l'augmentation de consommation d'énergies fossiles (Sharma, 2011). De plus, le changement climatique affecte différemment la croissance économique des pays. On peut supposer que les pays à haut revenus et avec un niveau de croissance élevé ne sont pas incités à rejoindre le protocole de Kyoto car ils désirent augmenter (ou garder) leur niveau d'émissions de gaz à effet de serre dans le but de maintenir une croissance économique positive. A l'inverse les pays à bas revenus peuvent être incités à rejoindre le protocole de Kyoto car ils pourraient bénéficier de transferts financiers et technologiques dans ce cadre (Almer & Winkler, 2011).

On s'attend à ce que le commerce ait un effet positif sur les émissions de CO₂. Cela résulte des théories du commerce international. En appliquant, le théorème d'Heckscher-Ohlin⁴ les pays à bas revenus vont se spécialiser dans les biens intensifs en travail et en ressources naturelles, tandis que les pays à haut revenus se spécialiseront dans les biens intensifs en capital. Les pays vont donc commercer entre eux. Ainsi l'augmentation de consommation et la production de biens qui résultent des échanges suite à l'ouverture au commerce est une source de pollution (Sharma, 2011).

2 Il manque 5 signataires dans notre base de données. Il s'agit principalement d'îles qui ne sont pas incluses dans les données de la Banque Mondiale (par exemple les îles Cook). Nous faisons abstraction de ce détail mineur.

3 Officiellement, il y a 191 pays qui ont ratifié le protocole de Kyoto. La différence vient du fait que nous considérons certaines îles qui sont sous la juridiction d'un pays comme une entité à part entière. Nous faisons abstraction de ce détail mineur pour la suite.

4 Le théorème de Heckscher-Ohlin stipule qu'un pays aura un avantage comparatif dans le bien intensif dont le facteur de production pour lequel il est relativement abondant, ce bien sera un bien exportable ; inversement, ce pays aura un désavantage comparatif dans le bien intensif dont le facteur de production pour lequel il est relativement peu abondant, ce bien sera un bien importable (Madiès, Note de cours, 2012).

L'urbanisation a aussi un effet positif sur les émissions de CO₂. En effet, les villes connaissent généralement une croissance démographique plus importante que le reste du territoire. Ainsi, plus l'urbanisation d'un pays est importante, plus la pression sur les ressources et sur l'environnement sera importante (Sharma, 2011).

L'effet des forêts sur les émissions de CO₂ n'est pas clair. D'un côté, il est attendu que les forêts aient un effet négatifs sur les émissions de CO₂ car elles jouent un rôle clé dans le cycle du carbone en capturant le CO₂ et en relâchant de l'oxygène (O₂) (Schlamadinger & Marland, 1995). Dans ce cas, plus le territoire d'un pays est recouvert de forêts, moins élevées devraient être ses émissions. D'un autre côté, la déforestation est une source importante d'émissions de CO₂. On peut donc imaginer que malgré une surface forestière importante, un pays engagé dans un processus de déforestation, aura quand même des émissions élevées (par exemple, le Brésil).

Comme approximation de la production énergétique il a été choisi d'analyser l'effet de la production électrique issue du charbon sur les émissions de CO₂. Il est attendu que cette variable ait un effet positif sur les émissions de gaz à effet de serre. A l'opposé, la production électrique issue de sources renouvelables a un effet négatif sur les émissions d'un pays. Cette variable permet d'approximer le niveau de technologie atteint par les pays en matière environnementale. En outre un pays avec une part importante d'électricité produite par des sources renouvelables sera incité à rejoindre rapidement le protocole de Kyoto afin de profiter du marché des permis d'émission.

L'effet de la signature du protocole sera analysé à l'aide d'une variable binaire si le pays est signataire (1) ou non (0). Le bénéfice que retire un pays en signant le protocole de Kyoto n'est pas clair. Toutefois, un pays perdrait en crédibilité s'il ne ratifiait pas le protocole après sa signature. Ainsi, la signature a un coût pour le pays mais montre également le soutien du pays au protocole (Almer & Winkler, 2011). Notre première hypothèse (H1) stipule que la signature du protocole n'a pas d'effet sur les déterminants des émissions de CO₂ vu qu'elle n'est pas liée à des mesures contraignantes et qu'elle n'apporte pas un bénéfice net au pays.

Almer et Winkler (2012) ont montré que les objectifs contraignants n'ont pas d'effet sur les émissions des six pays les plus importants de l'Annexe I pour une période de 1998 à 2004. Nous allons créer une variable binaire si le pays fait partie (1) ou non (0) de l'Annexe I. De plus la ratification entraîne un coût pour les pays de cette catégorie qui devront se soumettre aux objectifs fixés dans le protocole. Notre deuxième hypothèse (H2a) stipule que, sur l'ensemble de la période 1988 à 2010, il n'y a pas de différence sur les déterminants des émissions de CO₂ entre les pays de l'Annexe I et les autres mais que, (H2b) en se concentrant sur les pays de l'Annexe I et à cause des mesures contraignantes, on peut observer des différences entre les périodes avant et après la ratification. La date de ratification reflète l'intérêt d'un pays au protocole de Kyoto, nous allons pour cette recherche suivre la même classification que Almer et Winkler (2011)⁵ :

$$\text{ratif} = 1 \text{ si } \left\{ \begin{array}{l} \text{période 1} \Leftrightarrow \text{mars 1998} - \text{mai 2002} \\ \text{période 2} \Leftrightarrow \text{mai 2002} - \text{novembre 2004} \\ \text{période 3} \Leftrightarrow \text{novembre 2004} - \text{mars 2009} \\ 0 \text{ autrement} \end{array} \right.$$

La première période correspond au 55 premiers pays, ayant ratifiés le protocole⁶ (première condition d'entrée en vigueur), la deuxième période correspond au nombre nécessaire de pays qui compte pour 55 % du niveau de 1990 des émissions de gaz à effet de serre des pays de l'Annexe I (deuxième condition d'entrée en vigueur), la troisième période regroupe les pays qui ont signé le protocole après son entrée en vigueur (voir annexes 7.4 à 7.6). L'effet de la ratification sur les déterminants des émissions de CO₂ dépend du bénéfice que retire un pays de la ratification et (H3a) l'effet sera important pour les pays ayant ratifié le protocole durant la première période (= pays sensibles au changement climatique). Tandis que (H3b) les pays qui ont ratifiés le protocole dans la deuxième période (= pays de l'Annexe I et « grands émergents ») préféreraient une renégociation du protocole et donc l'effet sur les déterminants de leurs émissions sera moindre. Finalement, (H3c) l'effet de la ratification du protocole sera inexistant (situation de *business-as-usual*) pour les pays ayant ratifié le protocole qu'après son entrée en vigueur autrement dit, durant la troisième période (= pays producteurs de pétrole).

5 Des tests de Chow ont été réalisés et démontrent une instabilité des coefficients justifiant également un tel découpage.

6 La base de données contient les données pour 52 pays. Certains pays signataires semblent ne pas être inclus dans les données de la Banque Mondiale.

La meilleure stratégie empirique pour tester les trois hypothèses énoncées ci-dessus est d'utiliser la méthode *Fixed Effect*⁷. Nous allons tester trois modèles qui ne diffèrent que par les variables binaires (B_i : Sign_i, Annex1_i, Ratif_i) et les termes d'interactions (I_{it}) entre ces variables binaires et les autres variables. Les termes d'interactions permettent de distinguer les coefficients du groupe de référence (par exemple, non signataire) et du groupe de comparaison (par exemple, signataire). Les indices i et t notent respectivement le pays et l'année :

$$(1) \quad E_{it} = \beta_0 + \beta_1 GDPPC_{it} + \beta_2 U_{it} + \beta_3 O_{it} + \beta_4 FOREST_{it} + \beta_5 COALELECT_{it} + \beta_6 RENELECT_{it} \\ + \beta_7 B_i + \beta_8 I_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

Note : Voir l'annexe 7.12 pour le détail des variables

4.3 Résultats

Nous allons tester successivement les hypothèses énoncées dans la section précédente, chaque tableau présente les résultats (1) en ne tenant pas compte de nos données en panel (OLS), (2) en utilisant la méthode *Fixed Effect* et en ne contrôlant que pour les effets fixes des pays et finalement (3) en contrôlant également pour l'effet fixe temporel⁸. Un test a été réalisé afin de savoir si les coefficients des variables binaires de chaque année étaient statistiquement différents de 0, indiquant que l'effet fixe temporel était nécessaire.

Afin d'avoir une vision plus précise de l'effet de la signature du protocole nous allons nous concentrer sur la période de 2000 à 2010. En effet, les signatures étaient ouvertes de mars 1998 à mars 1999, il est irréaliste que la signature du protocole ait eu des effets auparavant. L'annexe 7.13 présente les résultats des effets de la signature du protocole de Kyoto sur les déterminants des émissions de CO₂ de l'ensemble des pays pour une période allant de 2000 à 2010. En regardant les R², on remarque que le modèle OLS capture une part importante de cette variabilité des émissions de CO₂, toutefois le modèle avec effet fixe temporel capture une part légèrement plus importante de la variabilité que le modèle sans. Nous constatons qu'en tenant compte des données en panel, certains coefficients ne sont plus statistiquement significatifs. Cependant, le PIB par habitant, l'ouverture au commerce, la superficie forestière et la production électrique issue de sources renouvelables ont un coefficient significatif avec les 3 méthodes pour les pays non signataires. On peut noter que la production électrique issue de sources renouvelables et la superficie forestière sont les seules variables à avoir un effet négatif sur les émissions de CO₂⁹. En se concentrant sur la colonne 3 et en analysant les coefficients des termes d'interaction, on remarque que sur l'ensemble de la période, la signature du protocole de Kyoto n'a pas d'effet sur les déterminants des émissions de CO₂, ce qui justifie notre première hypothèse (H1). Cela s'explique par le caractère non obligatoire et non contraignant de la signature mais impliquant un coût pour le pays signataire. Seul le coefficient d'interaction entre la signature et la production électrique issue du charbon a un effet significatif, mais son interprétation ne fait pas sens car le coefficient associé n'est pas significatif pour les pays non signataires.

Malgré les mesures contraignantes, les pays de l'Annexe I semblent ne pas être incités à réduire leurs émissions de CO₂. L'annexe 7.14 présente les effets de l'appartenance à l'Annexe I sur les déterminants des émissions de CO₂ pour l'ensemble de la période de 1988 à 2010. A nouveau en regardant les R², la méthode OLS explique une part plus importante de la variabilité des émissions de CO₂. Mais, pour les mêmes raisons que précédemment, la méthode à effet fixe temporel est plus appropriée, même si certains coefficients ne sont plus statistiquement significatifs. Le PIB par habitant, l'urbanisation, la production électrique issue du charbon et celle issue d'énergies renouvelables (négatif) ainsi que l'interaction entre le PIB par habitant et l'appartenance à l'Annexe I ont des coefficients statistiquement significatifs dans chaque modèle. En analysant la colonne 3, on remarque que pour une augmentation de 1 % du PIB par habitant, les pays de l'Annexe I voient une augmentation de leurs émissions de 0,409 % contre 0,645 % pour les pays non membres de l'Annexe I. La première partie de notre seconde hypothèse (H2a) est vérifiée et en lien avec les références théoriques : sur l'ensemble de la période, le fait d'avoir

7 Un test de Hausman a été réalisé indiquant que la méthode *Random Effect* n'était pas approprié.

8 Pour des raisons de clarté, la méthode OLS ne sera pas présentée pour le test de la troisième hypothèse (H3a, H3b, H3c).

9 A l'exception de l'ouverture commerciale avec la méthode OLS.

des objectifs quantifiés de réduction d'émission de gaz à effet de serre a une influence uniquement sur un seul déterminant des émissions de CO₂, le PIB par habitant.

Après avoir démontré que malgré les objectifs de réduction, les déterminants des émissions de CO₂ des pays de l'Annexe I ne sont que très faiblement différents des pays non membres, il est légitime de vérifier si la ratification du protocole a un effet sur les déterminants des émissions de CO₂ des pays de cette annexe. En effet, on peut s'attendre à ce que les mesures contraignantes et les sanctions incitent ceux-ci à réduire leur pollution qu'après avoir ratifié le protocole. L'annexe 7.15 expose les effets de la ratification pour les pays membres de l'Annexe I sur les déterminants des émissions de CO₂ pour la période de 1988 à 2010. Les R² montrent que le modèle avec effet fixe temporel capture une part légèrement plus importante de la variabilité des émissions de CO₂ que les autres modèles. On remarque que les coefficients du PIB par habitant, de l'urbanisation, de la production électrique issue du charbon et celle issue de sources renouvelables sont significatifs pour les années antérieures à la ratification. Certains coefficients des termes d'interaction ne sont pas significatifs avec la méthode OLS mais le deviennent en utilisant la méthode *Fixed Effects*. En se concentrant sur la colonne 3, on remarque qu'une augmentation de 1 % du PIB par habitant amène une augmentation de 0,425 % et 0,476 % des émissions de CO₂ pour les années avant, respectivement après la ratification des pays de l'Annexe I. Il est nécessaire de contextualiser pour expliquer ce résultat contraire aux attentes : lors de l'éclatement de l'Union Soviétique dans les années 1990, les pays du bloc de l'Est ont subi un choc économique conséquent lié à une baisse des émissions de gaz à effet de serre. Leur forte croissance économique des années 2000 à 2010 est associée à une forte croissance des émissions de gaz à effet de serre. L'annexe 7.16 représente graphiquement l'évolution des émissions de CO₂ pour les anciens pays soviétiques simultanément membres de l'Annexe I. On constate, pour une augmentation de 1 % du taux d'urbanisation, une augmentation de 1,381 % et 1,252 % des émissions de CO₂ des pays de l'Annexe I pour les années avant, respectivement après la ratification. Similairement, pour une augmentation de 1 % de la production électrique issue du charbon, les émissions de CO₂ ont augmenté de 0,062 % et 0,038% pour les années avant, respectivement après la ratification : cela se justifie par le haut niveau de développement des pays de l'Annexe I et leur faible utilisation de centrales à charbon. Ils ont pu facilement substituer la production électrique issue du charbon par d'autres sources. De plus, une volonté politique de réduction de l'utilisation du charbon comme source énergétique existe dans les pays industrialisés. On constate que la ratification a un effet sur les déterminants des émissions de CO₂ des pays de l'Annexe I et que notre hypothèse H2b se vérifie. La crainte des sanctions peut expliquer que les pays se conforment aux objectifs de réductions qu'après la ratification du protocole, Almer et Winkler (2012) qui se concentraient uniquement sur la période 1998 à 2004 n'ont pour leur part pas trouvé d'effet significatif du protocole de Kyoto pour les six principaux pays de l'Annexe I. Mais la plupart des pays de l'Annexe I ont ratifié le protocole seulement après 2004, c'est pourquoi, nous trouvons un résultat différent sur les années de 1988 à 2010.

Il a été montré que la ratification a un effet sur les déterminants des émissions de CO₂ pour les pays de l'Annexe I, nous allons généraliser ce questionnement pour tous les pays en fonction de leur date de ratification. L'annexe 7.17 regroupe l'ensemble des résultats, il a été choisi de présenter uniquement la méthode *Fixed Effect* afin d'éviter de trop surcharger l'analyse. La première colonne présente l'effet de la ratification du protocole de Kyoto pour l'ensemble des pays indépendamment de la période de ratification. On constate que la ratification a un effet uniquement sur le coefficient de la production électrique issue du charbon. Ainsi une augmentation de 1 % de la production issue de cette source amène une augmentation de 0,077 % et 0,051 % des émissions de CO₂ pour les années avant, respectivement après la ratification. Pour l'ensemble de la période, la signature du protocole de Kyoto n'a pas d'effet sur les autres déterminants des émissions de CO₂. Comme nous l'avons relevé, un pays ratifie le protocole lorsqu'il en retire un bénéfice, il est donc pertinent d'analyser l'effet de la période de ratification sur les déterminants des émissions de CO₂ en distinguant selon les 3 périodes identifiées précédemment. Les colonnes 2 à 4 de l'annexe 7.17 présentent les résultats en fonction de la période de ratification. Pour connaître son effet, nous devons analyser les coefficients des termes d'interaction. Ainsi, la deuxième colonne montre qu'il n'y a pas de différence significative sur les déterminants des émissions de CO₂ entre avant et après ratification pour les pays qui ratifient le protocole dans la première période (1998 à 2002).

En effet, aucun coefficient des termes d'interaction n'est significatif, rejetant donc notre hypothèse H3a. On conclut que, malgré la forte exposition au changement climatique, le fait de ratifier le protocole de Kyoto n'a aucun effet sur les déterminants des émissions de CO₂ pour les pays le ratifiant durant la première période. On peut expliquer cela par le fait que la majorité de ces pays ne sont pas membres de l'Annexe I et qu'ils n'ont par conséquent aucun objectif incitatif de réduction¹⁰.

La colonne 3 de l'annexe 7.17 présente les résultats pour les pays ayant ratifié le protocole dans la deuxième période (2002 à 2004). Ainsi, on constate que seul le coefficient d'interaction de la production électrique issue du charbon est significatif : une augmentation de 1 % de cette production amène une augmentation de 0,0921% et 0,055 % des émissions de CO₂ pour les années avant, respectivement après la ratification pour les pays ayant ratifié entre 2002 et 2004. Il est utile de rappeler que la majorité des pays de l'Annexe I ont ratifié le protocole durant la deuxième période, ce qui explique la similitude des résultats entre les deux modèles pour ce déterminant des émissions de CO₂. L'argumentation développée précédemment concernant la substitution des centrales à charbon, s'applique également ici. Ainsi, pour les pays ayant ratifié le protocole de Kyoto durant la deuxième période, la ratification n'a un effet significatif que sur un seul déterminant, justifiant notre hypothèse H3b qui argumentait que les pays ayant ratifiés le protocole entre 2002 et 2004, soit, principalement, les grands émergents (non soumis à des réductions d'émissions) et les pays de l'Annexe I, préféreraient une renégociation du protocole et la ratification n'a qu'un effet moindre sur les déterminants des CO₂.

La quatrième colonne de l'annexe 7.17 regroupe les résultats pour les pays ayant ratifié le protocole après son entrée en vigueur (après 2004). On constate qu'aucun coefficient des termes d'interaction n'est significatif et donc qu'il n'y a pas de différence significative sur les déterminants des émissions de CO₂ entre avant et après la ratification pour les pays ratifiant le protocole après son entrée en vigueur. Notre hypothèse H3c est vérifiée. Il s'agit principalement des pays producteurs de pétrole, les pays en développement à bas revenus et certains grands émetteurs de CO₂. Si on analyse les pays qui ont ratifié le protocole après son entrée en vigueur et qui sont, simultanément membres de l'Annexe I, les mêmes conclusions s'appliquent malgré les sanctions potentielles (voir annexe 7.18).

5 Conclusion

Nous pouvons voir deux limitations à l'analyse présentée ici. Premièrement la question de l'endogénéité n'a pas été analysée. On peut suspecter une causalité entre les variables indépendantes et d'autres variables omises (par exemple entre le PIB par habitant et le niveau d'investissements, l'éducation, etc). Ainsi une analyse plus approfondie en contrôlant ces différents biais permettrait d'obtenir des résultats plus exacts. Toutefois, on peut supposer que les résultats présentés restent valides. En effet, il est improbable qu'une variable omise dans notre modèle arrive à elle seule à inverser les tendances soulignées ici. Deuxièmement, nous n'avons pas distingué les pays de l'ancienne Union Soviétique, en effet, nous avons montré que l'évolution de leurs émissions de CO₂ suit une tendance singulière. Une variable de contrôle préciserait l'analyse.

A travers cette étude nous avons souligné l'effet inexistant de la première phase du protocole (signature) et similairement, le peu d'effet de la ratification sur les déterminants des émissions de CO₂ et cela, même si nous séparons en fonction de la période de ratification. Nous avons toutefois constaté que les objectifs quantifiés d'émissions ont un effet sur les déterminants des émissions des pays qui y sont soumis (Annexe I). Du fait de sa construction par étape, le protocole de Kyoto n'est pas assez incitatif pour une réduction des émissions à l'échelle planétaire. En effet, il donne les mêmes accès au marché d'émissions pour les pays qui ont des objectifs de réduction que pour les Etats qui l'ont ratifié après l'entrée en vigueur. Les intérêts différents de chaque nation rendent difficile l'adoption et l'application d'un traité international contraignant. Les récentes négociations de Paris (COP 21) ont permis la signature d'un accord important qui n'est toutefois que la base de la solution au changement climatique.

10 A l'exception de Chypre, l'Islande, Malte, la République Tchèque et la Roumanie qui ont ratifiés le protocole dans la première période et qui sont simultanément membre de l'Annexe I.

6 Références

- Almer Christian and Winkler Ralph (2011). Strategic behavior in IEAs : When and why countries joined the Kyoto Protocol. *Diskussionsschriften*, Universität Bern, Departement Volkswirtschaft.
- Almer Christian and Winkler Ralph (2012). The Effect of Kyoto Emission Targets on Domestic CO₂ Emissions : A Synthetic Control Approach. *Diskussionsschriften*, Universität Bern, Departement Volkswirtschaft.
- Ang James B. (2007). CO₂ emissions, energy consumption, and output in France. *Energy Policy*, 35, 4772–4778.
- Ang James B. (2008). Economic development, pollutant emissions and energy consumption in Malaysia. *Journal of Policy Modeling*, 30, 271-278.
- Banque Mondiale (2014). World Development Indicators, Database. Visité en ligne : <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators/wdi-2014> (10.11.2015)
- Govindaraju Chandran, Tang Chor Foon (2013). The dynamic links between CO₂ emissions, economic growth and coal consumption in China and India. *Applied Energy*, 104, 310-318.
- Madiès Thierry, (2012). Les dotations factorielles et l'échange international : le modèles HOS. Notes de cours. Commerce Internationale. Université de Fribourg.
- Schlamadinger Bernhard and Marland Gregg (1995). The Role Of Forest And Bioenergy Strategies in The Global Carbon Cycle. *Biomass and bioenergy*, Vol. 10, 5/6, 275-300.
- Sharma Sunila Susan (2011). Determinants of carbon dioxide emissions: Empirical evidence from 69 countries. *Applied Energy*, 88, 376-382.
- UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change a). Statut of ratification for the Kyoto Protocol. Visité en ligne : http://unfccc.int/kyoto_protocol/status_of_ratification/items/2613.php (29.12.2015)
- UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change b). Le protocole de Kyoto, un résumé. Visité en ligne : http://unfccc.int/portal_francoophone/essential_background/feeling_the_heat/items/3294.php (01.01.2016)
- Winkler Ralph (2014). Greenhouse Gases, Radiative Forcing and Atmospheric Lifetime. Course-slides. Climate Economics: Scientific and Economic Foundations. University of Bern.

7 Annexes

Annexe 7.1 : Pays signataires du protocole de Kyoto

Antigua and Barbuda	Mali
Argentina	Malta
Australia	Marshall Islands
Austria	Mexico
Belgium	Micronesia, Fed. Sts.
Bolivia	Monaco
Brazil	Netherlands
Bulgaria	New Zealand
Canada	Nicaragua
Chile	Niger
China	Norway
Costa Rica	Panama
Croatia	Papua New Guinea
Cuba	Paraguay
Czech Republic	Peru
Denmark	Philippines
Ecuador	Poland
Egypt, Arab Rep.	Portugal
El Salvador	Romania
Estonia	Russian Federation
Fiji	Samoa
Finland	Seychelles
France	Slovak Republic
Germany	Slovenia
Greece	Solomon Islands
Guatemala	Spain
Honduras	St. Lucia
Indonesia	Sweden
Ireland	Switzerland
Israel	Thailand
Italy	Trinidad and Tobago
Japan	Turkmenistan
Kazakhstan	Tuvalu
Korea, Rep.	Ukraine
Latvia	United Kingdom
Liechtenstein	United States
Lithuania	Uruguay
Luxembourg	Uzbekistan
Malaysia	Vietnam
Maldives	Zambia

Annexe 7.2 : Pays membres de l'Annexe I

Australia	Liechtenstein
Austria	Lithuania
Belarus	Luxembourg
Belgium	Malta
Bulgaria	Monaco
Canada	Netherlands
Croatia	New Zealand
Cyprus	Norway
Czech Republic	Poland
Denmark	Portugal
Estonia	Romania
Finland	Russian Federation
France	Slovak Republic
Germany	Slovenia
Greece	Spain
Hungary	Sweden
Iceland	Switzerland
Ireland	Turkey
Italy	Ukraine
Japan	United Kingdom
Latvia	

Annexe 7.3 : Liste des 193 pays ayant ratifié le protocole de Kyoto

Albania	Denmark	Korea, Rep.	Philippines	United Kingdom
Algeria	Djibouti	Kuwait	Poland	Uruguay
Angola	Dominica	Kyrgyz Republic	Portugal	Uzbekistan
Antigua and Barbuda	Dominican Republic	Lao PDR	Qatar	Vanuatu
Argentina	Ecuador	Latvia	Romania	Venezuela, RB
Armenia	Egypt, Arab Rep.	Lebanon	Russian Federation	Vietnam
Australia	El Salvador	Lesotho	Rwanda	Yemen, Rep.
Austria	Equatorial Guinea	Liberia	Samoa	Zambia
Azerbaijan	Eritrea	Libya	Sao Tome & Principe	Zimbabwe
Bahamas, The	Estonia	Liechtenstein	Saudi Arabia	
Bahrain	Ethiopia	Lithuania	Senegal	
Bangladesh	Fiji	Luxembourg	Serbia	
Barbados	Finland	Macedonia, FYR	Seychelles	
Belarus	France	Madagascar	Sierra Leone	
Belgium	French Polynesia	Malawi	Singapore	
Belize	Gabon	Malaysia	Slovak Republic	
Benin	Gambia, The	Maldives	Slovenia	
Bermuda	Georgia	Mali	Solomon Islands	
Bhutan	Germany	Malta	Somalia	
Bolivia	Ghana	Marshall Islands	South Africa	
Bosnia and Herzegovina	Greece	Mauritania	Spain	
Botswana	Greenland	Mauritius	Sri Lanka	
Brazil	Grenada	Mexico	St. Kitts and Nevis	
Brunei Darussalam	Guatemala	Micronesia, Fed. Sts.	St. Lucia	
Bulgaria	Guinea	Moldova	St. Martin (FR)	
Burkina Faso	Guinea-Bissau	Monaco	St. Vincent	
Burundi	Guyana	Mongolia	Sudan	
Cabo Verde	Haiti	Montenegro	Suriname	
Cambodia	Honduras	Morocco	Swaziland	
Cameroon	Hungary	Mozambique	Sweden	
Canada	Iceland	Myanmar	Switzerland	
Cayman Islands	India	Namibia	Syrian Arab Republic	
Central African Republic	Indonesia	Nepal	Tajikistan	
Chad	Iran, Islamic Rep.	Netherlands	Tanzania	
Chile	Iraq	New Zealand	Thailand	
China	Ireland	Nicaragua	Timor-Leste	
Colombia	Isle of Man	Niger	Togo	
Comoros	Israel	Nigeria	Tonga	
Congo, Dem. Rep.	Italy	Norway	Trinidad and Tobago	
Congo, Rep.	Jamaica	Oman	Tunisia	
Costa Rica	Japan	Pakistan	Turkey	
Cote d'Ivoire	Jordan	Palau	Turkmenistan	
Croatia	Kazakhstan	Panama	Tuvalu	
Cuba	Kenya	Papua New Guinea	Uganda	
Cyprus	Kiribati	Paraguay	Ukraine	
Czech Republic	Korea, Dem. Rep.	Peru	United Arab Emirates	

Annexe 7.4 : Liste des pays ayant ratifié le protocole durant la première période (1998 à 2002)

Antigua and Barbuda	Kiribati
Argentina	Lesotho
Azerbaijan	Malawi
Bahamas, The	Maldives
Bangladesh	Mali
Barbados	Malta
Benin	Mauritius
Bolivia	Mexico
Burundi	Micronesia, Fed. Sts.
Colombia	Mongolia
Cuba	Morocco
Cyprus	Nicaragua
Czech Republic	Palau
Djibouti	Panama
Dominican Republic	Papua New Guinea
Ecuador	Paraguay
El Salvador	Romania
Equatorial Guinea	Samoa
Fiji	Senegal
Gambia, The	Trinidad and Tobago
Georgia	Turkmenistan
Guatemala	Tuvalu
Guinea	Uganda
Honduras	Uruguay
Iceland	Uzbekistan
Jamaica	Vanuatu

Annexe 7.5 : Liste des pays ayant ratifié le protocole durant la deuxième période (2002 à 2004)

Armenia	Liberia
Austria	Lithuania
Belgium	Luxembourg
Belize	Madagascar
Bermuda	Malaysia
Bhutan	Marshall Islands
Botswana	Moldova
Brazil	Myanmar
Bulgaria	Namibia
Cambodia	Netherlands
Cameroon	New Zealand
Canada	Niger
Chile	Norway
China	Peru
Costa Rica	Philippines
Denmark	Poland
Estonia	Portugal
Finland	Rwanda
France	Seychelles
French Polynesia	Slovak Republic
Germany	Slovenia
Ghana	Solomon Islands
Greece	South Africa
Greenland	Spain
Grenada	Sri Lanka
Guyana	St. Lucia
Hungary	Sudan
India	Sweden
Ireland	Switzerland
Israel	Tanzania
Italy	Thailand
Japan	Togo
Jordan	Tunisia
Korea, Rep.	Ukraine
Kyrgyz Republic	United Kingdom
Lao PDR	Vietnam
Latvia	Yemen, Rep.

Annexe 7.6 : Liste des pays ayant ratifié le protocole après son entrée en vigueur (dès 2005)

Albania	Libya
Algeria	Liechtenstein
Angola	Macedonia, FYR
Australia	Mauritania
Bahrain	Monaco
Belarus	Montenegro
Bosnia and Herzegovina	Mozambique
Brunei Darussalam	Nepal
Burkina Faso	Nigeria
Cabo Verde	Oman
Cayman Islands	Pakistan
Central African Republic	Qatar
Chad	Russian Federation
Comoros	Sao Tome and Principe
Congo, Dem. Rep.	Saudi Arabia
Congo, Rep.	Serbia
Cote d'Ivoire	Sierra Leone
Croatia	Singapore
Dominica	Somalia
Egypt, Arab Rep.	St. Kitts and Nevis
Eritrea	St. Martin (French part)
Ethiopia	St. Vincent and the Grenadines
Gabon	Suriname
Guinea-Bissau	Swaziland
Haiti	Syrian Arab Republic
Indonesia	Tajikistan
Iran, Islamic Rep.	Timor-Leste
Iraq	Tonga
Isle of Man	Turkey
Kazakhstan	United Arab Emirates
Kenya	Venezuela, RB
Korea, Dem. Rep.	Zambia
Kuwait	Zimbabwe
Lebanon	

Annexe 7.7 : Résumé statistique – Données brutes

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
VARIABLES	N	Mean	Std. Dev.	Min	Max
emissions	4,521	4.679	6.556	0.000580	68.70
gdppc	4,442	10,510	17,249	68.57	158,603
urban	5,082	54.41	24.80	5.198	100
forest	4,255	32.49	24.50	0	98.91
coalelect	3,180	17.36	26.91	0	100
openness	2,634	73.25	527.9	9.75e-05	14,337
renelect	3,945	31.81	34.33	0	100
sign	5,136	0.373	0.481	0	1
annex1	5,136	0.192	0.394	0	1

Notes:

Emissions: Émissions de CO2 (tonnes métriques par habitant)

Gdppc: PIB par habitant en USD valeur constante 2005

Urban: Population urbaine (pourcentage de la population totale)

Openness: (Exportations+Importations)/PIB en valeur constante 2005

Forest: Forêts en pourcentage de la superficie totale du pays

Coalelect: Production électrique issue du charbon (en pourcent du total de production électrique)

Renelect: Production électrique issue de sources renouvelables (en pourcent du total de production électrique)

Sign: Variable binaire si un pays a signé le protocole de Kyoto

Annex1: Variable binaire si un pays appartient à l'Annexe I

Annexe 7.8 : Résumé statistique – Transformation logarithmique

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
VARIABLES	N	Mean	Std. Dev.	Min	Max
ln_emission	4,521	0.508	1.714	-7.452	4.230
ln_gdppc	4,442	8.044	1.653	4.228	11.97
ln_urban	5,082	3.863	0.561	1.648	4.605
ln_openness	2,634	0.292	3.103	-9.236	9.571
ln_forest	4,209	2.846	1.723	-7.531	4.594
ln_coalelect	1,661	2.693	1.815	-6.483	4.605
ln_renelect	3,169	2.915	1.695	-7.061	4.605

Notes:

Ln_emissions: Logarithme des émissions de CO2

Ln_gdppc: Logarithme du PIB par habitant

Ln_urban: Logarithme de la population urbaine

Ln_openness: Logarithme de la variable « Openness »

Ln_forest: Logarithme de la variable « Forest »

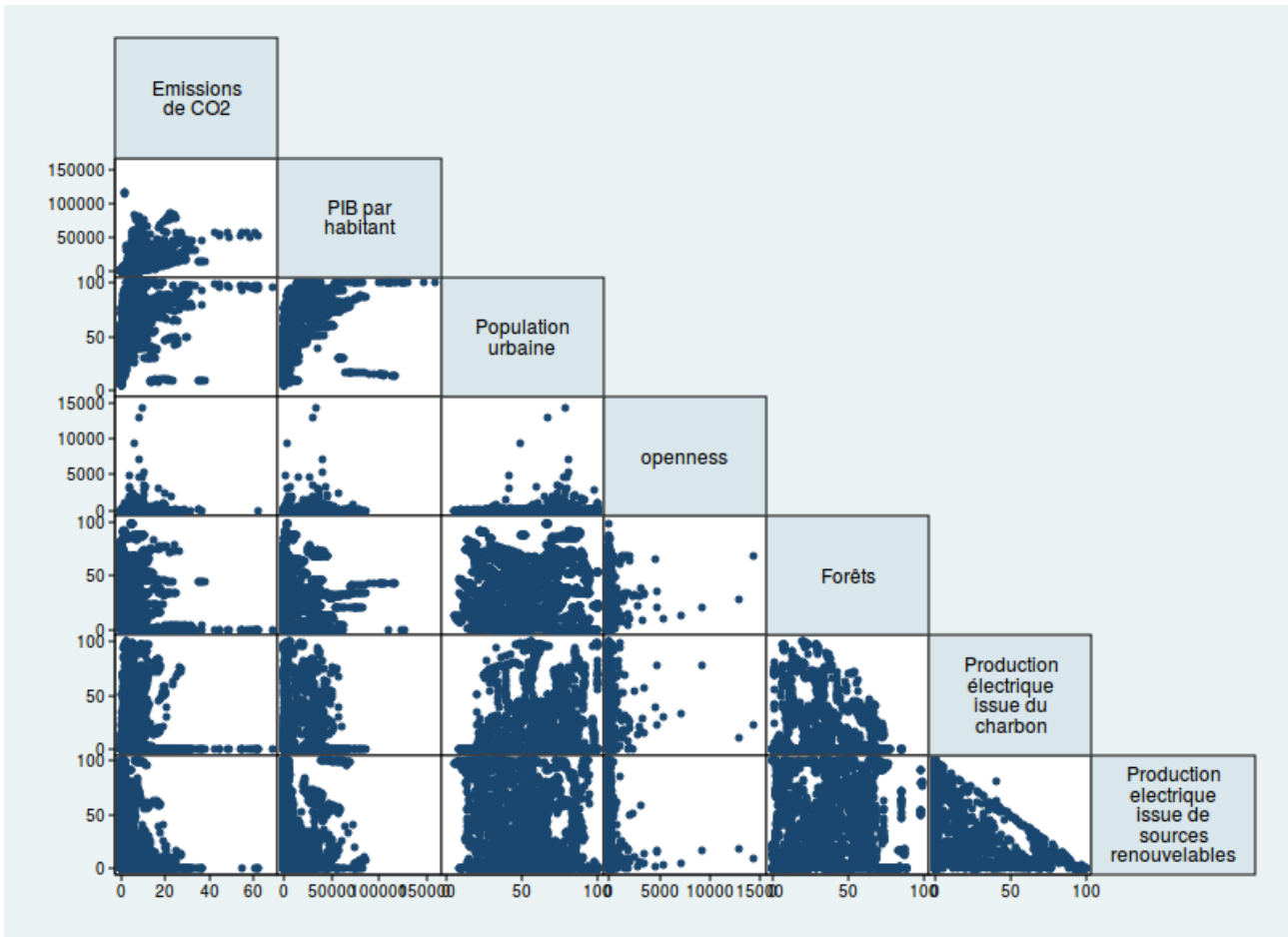
Ln_coalelect: Logarithme de la production électrique issue du charbon

Ln_renelect: Logarithme de la production électrique issue de sources renouvelables

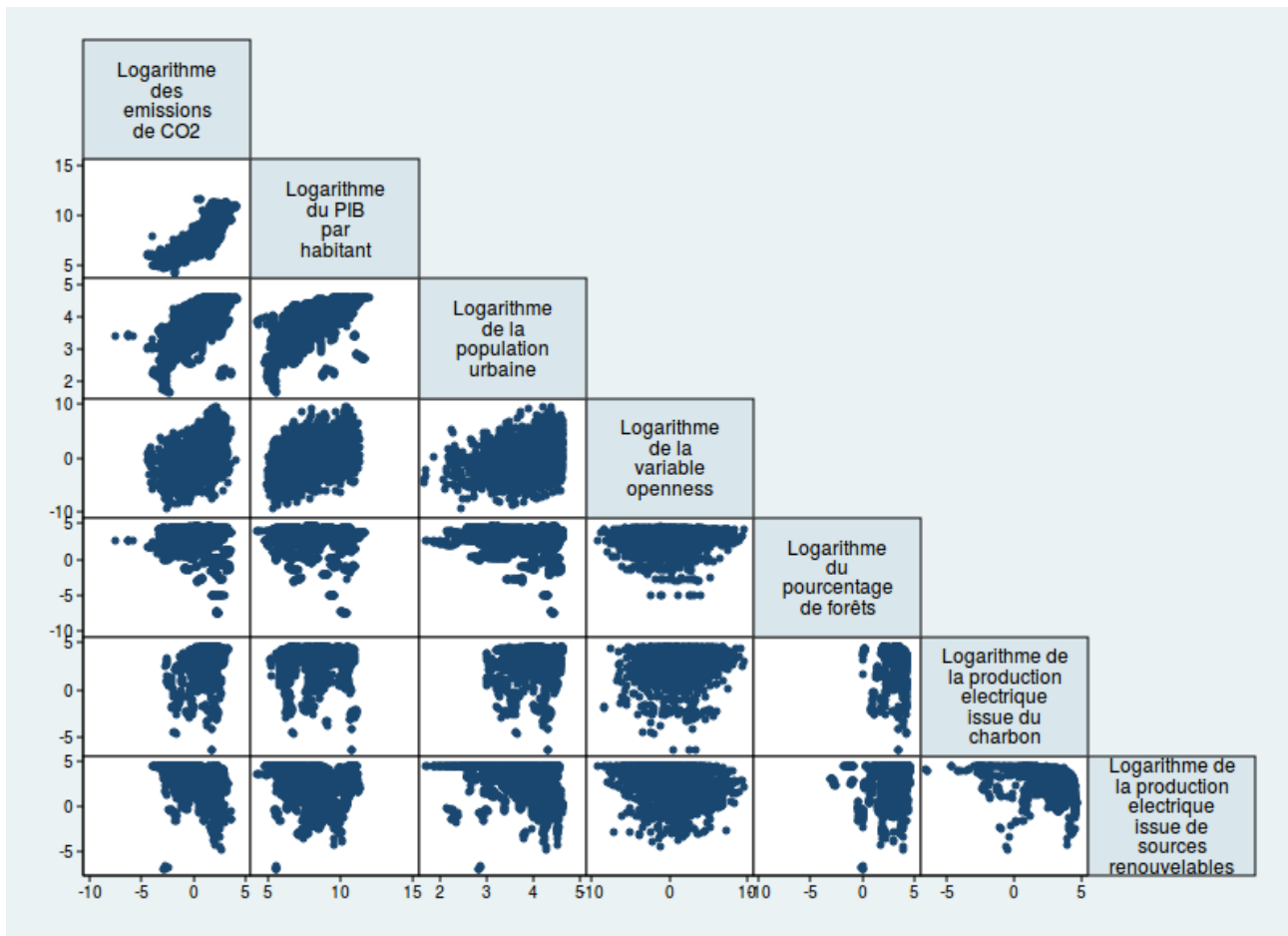
Annexe 7.9 : Corrélations entre chaque variable

	emissio~s	gdppc	urban	openness	forest	coalele~t	renelect	sign	annex1
emissions	1.0000								
gdppc	0.6592	1.0000							
urban	0.4796	0.5585	1.0000						
openness	0.1069	0.1463	0.0871	1.0000					
forest	-0.0058	0.0119	0.0263	0.0135	1.0000				
coalelect	0.2900	0.1077	0.1043	0.0765	-0.1401	1.0000			
renelect	-0.4259	-0.1232	-0.1798	-0.0799	0.3012	-0.3990	1.0000		
sign	0.3194	0.3473	0.3401	0.1071	0.2051	0.1738	-0.0487	1.0000	
annex1	0.4582	0.6300	0.4493	0.1006	0.0124	0.2255	-0.2021	0.4299	1.0000

Annexe 7.10 : Représentation graphique des données brutes



Annexe 7.11 : Représentation graphique des données après transformation logarithmique



Annexe 7.12 : Variables utilisées dans la recherche

<i>Variable dépendante</i>		<i>Sources</i>
Émissions de CO ₂ (tonnes métriques par habitant)	E_{it}	Ang (2007)
<i>Variable indépendantes</i>		
PIB par habitant en USD (valeur constante 2005)	$GDPPC_{it}$	Govindaraju and Tang (2013) Almer & Winkler (2011)
Ouverture au commerce (<i>trade openness</i>) : Exportations + importations en pourcentage du PIB (valeur constante 2005)	O_{it}	Sharma Sunila (2011)
Population urbaine (en pourcentage de la population totale)	U_{it}	Sharma Sunila (2011)
Forêt (en pourcentage de la superficie totale du pays)	$FOREST_{it}$	Schlamadinger & Marland (1995)
Production électrique issue du charbon (en pourcent du total de production électrique)	$COALELECT_{it}$	Almer & Winkler (2011)
Production électrique issue de sources renouvelables (en pourcent du total de production électrique)	$RENELECT_{it}$	
Pays signataire du protocole de Kyoto : variable binaire si le pays a signé le protocole (1) ou non (0)	$SIGN_i$	
Pays membre de l'Annexe I : variable binaire si le pays est membre de l'Annexe I (1) ou non (0)	$ANNEXI_i$	
Variable binaire en fonction de la période de ratification : (1) si le pays a déjà ratifié le protocole de Kyoto, (0) autrement	$RATIF_{it}$	

*Annexe 7.13 : Effets de la signature du protocole de Kyoto sur les déterminants des émissions de CO2 -
période de 2000 à 2010*

VARIABLES	(1)	(2)	(3)
	2000-2010 OLS	2000-2010 Fixed Effects	2000-2010 Fixed Effects
ln_gdppc	0.331*** (0.0677)	0.555*** (0.202)	0.698*** (0.120)
ln_urban	1.361*** (0.206)	1.099 (0.794)	1.746*** (0.645)
ln_openness	-0.0308** (0.0136)	0.00502** (0.00238)	0.00452** (0.00220)
ln_forest	-0.361*** (0.0348)	-0.579* (0.309)	-0.910*** (0.267)
ln_coalelect	0.172*** (0.0296)	0.00591 (0.0222)	0.00112 (0.0172)
ln_renelect	-0.0814** (0.0327)	-0.104*** (0.0235)	-0.0704*** (0.0177)
gdp_sign	0.0813 (0.0731)	-0.198 (0.225)	-0.0818 (0.182)
urban_sign	-1.022*** (0.234)	-0.164 (0.865)	-0.496 (0.705)
openness_sign	0.0341** (0.0164)	-0.00139 (0.00283)	-0.00263 (0.00266)
forest_sign	0.200*** (0.0502)	0.747 (0.565)	0.979* (0.512)
coalelect_sign	-0.0353 (0.0386)	0.0953*** (0.0298)	0.0849*** (0.0223)
renelect_sign	-0.0187 (0.0428)	0.0137 (0.0462)	0.0190 (0.0372)
sign	3.213*** (0.660)		
Constant	-6.267*** (0.439)	-6.035*** (1.678)	-9.194*** (1.526)
Observations	561	561	561
R-squared	0.800	0.551	0.633
Number of countries		68	68
Country FE		YES	YES
Year FE			YES

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Annexe 7.14 : Effets de l'appartenance à l'Annexe I sur les déterminants des émissions de CO₂ - période de 1988 à 2010

VARIABLES	(1) OLS	(2) Fixed Effects	(3) Fixed Effects
ln_gdppc	0.451*** (0.0436)	0.397*** (0.0912)	0.645*** (0.132)
ln_urban	0.652*** (0.107)	0.885*** (0.285)	1.129*** (0.288)
ln_openness	0.0236*** (0.00862)	0.000714 (0.00285)	0.00317 (0.00268)
ln_forest	-0.351*** (0.0190)	0.545 (0.382)	0.218 (0.403)
ln_coalelect	0.172*** (0.0142)	0.0677** (0.0312)	0.0659** (0.0281)
ln_renelect	-0.0805*** (0.0254)	-0.217*** (0.0544)	-0.198*** (0.0599)
gdp_an1	-0.313*** (0.0471)	-0.294*** (0.108)	-0.236** (0.104)
urban_an1	0.206 (0.138)	-0.273 (0.431)	0.285 (0.406)
openness_an1	-0.0291*** (0.00982)	0.000241 (0.00312)	-0.00194 (0.00287)
forest_an1	0.485*** (0.0314)	-0.183 (0.446)	0.176 (0.519)
coalelect_an1	-0.121*** (0.0161)	-0.00444 (0.0345)	-0.00411 (0.0317)
renelect_an1	-0.0159 (0.0282)	0.122** (0.0607)	0.122* (0.0624)
annex1	1.136*** (0.435)		
Constant	-4.384*** (0.241)	-4.872*** (1.101)	-8.950*** (1.736)
Observations	1,051	1,051	1,051
R-squared	0.846	0.616	0.673
Number of countries		71	71
Country FE		YES	YES
Year FE			YES

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

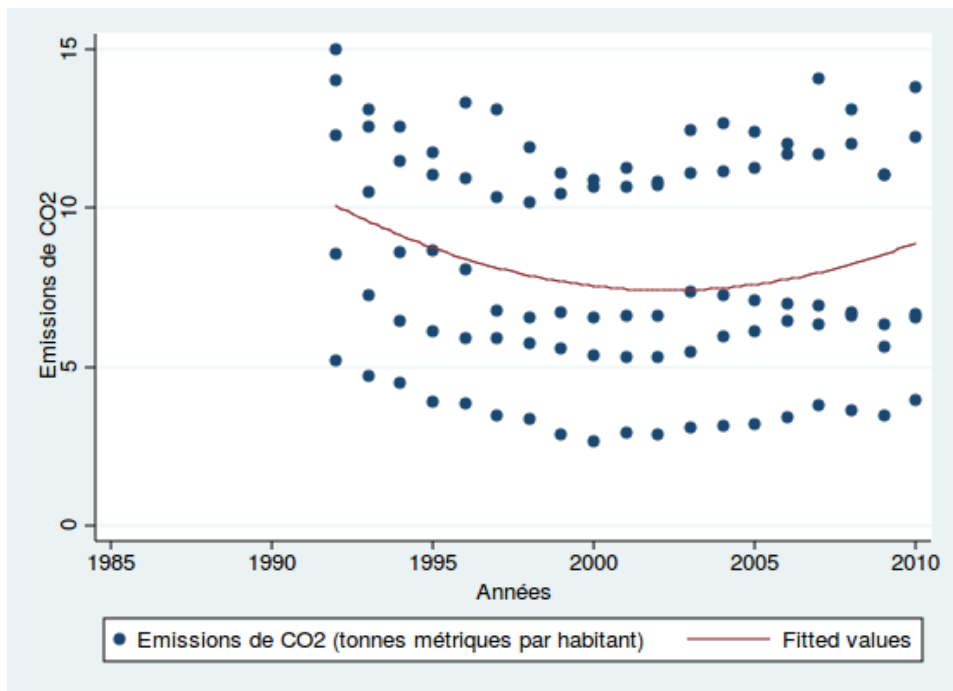
Annexe 7.15 : Effets de la ratification pour les pays de l'Annexe I sur les déterminants des émissions de CO2 - période de 1988 à 2010

VARIABLES	(1) OLS	(2) Fixed Effects	(3) Fixed Effects
ln_gdppc	0.127*** (0.0223)	0.200** (0.0834)	0.425*** (0.108)
ln_urban	0.890*** (0.0944)	0.781** (0.311)	1.381*** (0.346)
ln_openness	-0.00440 (0.00541)	0.00152 (0.00144)	0.00153 (0.00170)
ln_forest	0.140*** (0.0305)	0.307 (0.267)	0.396 (0.348)
ln_coalelect	0.0496*** (0.00747)	0.0578*** (0.0137)	0.0623*** (0.0160)
ln_renelect	-0.0989*** (0.0134)	-0.0856*** (0.0213)	-0.0686*** (0.0200)
gdp_ratif	0.0408 (0.0349)	0.0506** (0.0197)	0.0517** (0.0226)
urban_ratif	-0.0936 (0.0892)	-0.119** (0.0511)	-0.129** (0.0503)
openness_ratif	-0.00325 (0.0112)	-0.00214 (0.00337)	-0.000830 (0.00350)
forest_ratif	-0.0224 (0.0506)	0.0347 (0.0266)	0.0358 (0.0276)
coalelect_ratif	0.00391 (0.0174)	-0.0258** (0.0107)	-0.0235** (0.00987)
renelect_ratif	0.0121 (0.0336)	-0.0338*** (0.0113)	-0.0123 (0.0105)
Constant	-3.280*** (0.365)	-4.159*** (1.300)	-9.171*** (2.198)
Observations	515	515	515
R-squared	0.446	0.388	0.506
Number of countries		33	33
Country FE		YES	YES
Year FE			YES

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Annexe 7.16 : Emissions de CO2 pour les pays de l'ancienne Union Soviétique



Pays concernés : Belarus, Estonia, Latvia, Russian Federation, Ukraine

Annexe 7.17 : Effets de la ratification en fonction de la période pour l'ensemble des pays sur les déterminants des émissions de CO2

VARIABLES	(1) Toutes périodes Fixed Effect	(2) Période 1 Fixed Effects	(3) Période 2 Fixed Effects	(4) Période 3 Fixed Effects
ln_gdppc	0.611*** (0.110)	0.549** (0.207)	0.502*** (0.168)	0.548*** (0.0791)
ln_urban	1.342*** (0.296)	2.048** (0.751)	1.405*** (0.354)	1.420*** (0.247)
ln_openness	0.00273 (0.00246)	-0.00340 (0.00732)	0.000636 (0.00258)	0.00329 (0.00428)
ln_forest	0.280 (0.342)	-0.778* (0.414)	0.595 (0.425)	0.453 (0.479)
ln_coalelect	0.0775*** (0.0246)	0.0151 (0.0382)	0.0921** (0.0370)	0.0758*** (0.0219)
ln_renelect	-0.128*** (0.0242)	-0.203*** (0.0493)	-0.102*** (0.0197)	-0.150* (0.0718)
gdp_ratif	0.0164 (0.0187)	0.0635 (0.0985)	0.00735 (0.0226)	0.000907 (0.0759)
urban_ratif	-0.0168 (0.0462)	-0.263 (0.283)	-0.110 (0.0964)	-0.292 (0.387)
openness_ratif	-0.000860 (0.00375)	0.0154 (0.00925)	0.000235 (0.00413)	0.00305 (0.00984)
forest_ratif	-0.00321 (0.0196)	-0.139 (0.0806)	0.0322 (0.0221)	-0.0159 (0.0366)
coalelect_ratif	-0.0261** (0.0111)	-0.0384 (0.0328)	-0.0371*** (0.0108)	-0.0329* (0.0171)
renelect_ratif	0.00262 (0.0104)	-0.0757 (0.0594)	-0.00146 (0.0108)	-0.142* (0.0788)
Constant	-10.02*** (2.073)	-8.676*** (2.379)	-10.62*** (2.725)	-9.751*** (1.781)
Observations	1,051	157	672	203
R-squared	0.665	0.674	0.709	0.787
Number of countries	71	11	44	15
Country FE	YES	YES	YES	YES
Year FE	YES	YES	YES	YES

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Annexe 7.18 : Effets de la ratification sur les déterminants des émissions de CO2 pour les pays ratifiant après l'entrée en vigueur du protocole et membres de l'Annexe I

VARIABLES	(1) Fixed Effect
ln_gdppc	0.211* (0.0792)
ln_urban	1.385* (0.558)
ln_openness	0.000723 (0.00215)
ln_forest	0.181 (0.670)
ln_coalelect	0.0435*** (0.00341)
ln_renelect	-0.0810 (0.0582)
gdp_ratif	-0.0241 (0.0299)
urban_ratif	0.0671 (0.0595)
openness_ratif	-0.0690*** (0.00483)
forest_ratif	-0.137*** (0.00515)
renelect_ratif	0.157*** (0.0191)
Constant	-6.274** (1.097)
Observations	67
Number of countries	4
R-squared	0.827
Country FE	YES

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Pays concernés : Australia, Belarus, Croatia, Russian Federation

Pas de données pour : Liechtenstein, Monaco, Turkey