

## VERS UNE TYPOLOGIE DES PAYS DU MONDE EN FONCTION DE LEURS ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE (GES)

PITA M.F.

*Dpto. de Geografía Física y AGR, Universidad de Sevilla, C/ María de Padilla s.n. 41013 Sevilla (Espagne), mfpita@us.es*

**Résumé :** *La communication établit une typologie de pays en fonction (i) de leurs comportements quant aux émissions de GES et (ii) des facteurs donnant lieu à ces comportements. L'Analyse en Composantes Principales comme mécanisme de réduction de l'information et l'Analyse Cluster comme mécanisme de classification ont été les principales techniques statistiques utilisées dans ce travail.*

**Mots-clés :** *Gaz à effet de serre, émissions mondiales de CO<sub>2</sub>, analyse en composantes principales, analyse cluster.*

**Abstract:** *Towards a typology of countries according to their greenhouse emission behaviour.*

*This paper shows a country's typology based on: (i) the GHG emission behaviours of the countries, and (ii) the main driving forces determining them. Main Component Analysis and Cluster Analysis have been used as a tool for simplifying original data and for statistical classification.*

**Keywords:** *Greenhouse gases, CO<sub>2</sub> world emissions, main components analysis, cluster analysis.*

### Introduction

La responsabilité des GES dans la genèse du changement climatique est déjà suffisamment prouvée, et on connaît également bien le rapport entre ces émissions et des variables socio-économiques telles que la population, le revenu, l'usage de l'énergie ou l'intensité énergétique et d'émission liées à l'économie (Liaskas *et al.*, 2000). Et ce, jusqu'au point de pouvoir établir des formules estimant les émissions de GES à partir des dites variables (Duro et Padilla, 2006). Une si étroite association fait que le changement climatique devient un sujet essentiellement socio-économique (Martín Vide *et al.*, 2007), et présente, à cet égard, une dimension territoriale indéniable (Dow et Downing, 2006). Cette communication essaye d'approfondir ces idées à partir de l'établissement d'une typologie de pays en fonction de leur comportement émetteur et des facteurs socio-économiques déchainant ces émissions.

### 1. Données et méthodologie

On a traité l'information fournie par le *World Resources Institute*, à l'aide du Climate Analysis Indicator Tool (CAIT), disponible sur le site Web de l'Institut. On s'est servi de 12 variables, dont 7 font strictement référence aux émissions, tandis que les 5 restantes sont des variables socio-économiques. Toutes ont été exprimées par habitant afin d'éviter l'effet lié à la taille de la population de chaque pays (Tableau 1). La disponibilité d'information pour un maximum de pays a été le critère décisif pour la sélection des variables et des années de référence. Finalement, on a réussi à recueillir des informations pour un total de 185 pays, la presque totalité de ceux qui composent la scène géopolitique actuelle.

Dans une première phase on a effectué une Analyse en Composantes Principales avec rotation varimax. Puis, sur les composantes résultantes, on a appliqué une Analyse Cluster afin d'obtenir la typologie finale des pays. On a utilisé un cluster hiérarchique ascendant à similitudes intra-groupe et la distance euclidienne au carré comme expression de la distance.

Tableau 1 : Variables utilisés dans le travail.

Type de variables	Variables	Unités	Année
Émissions	Émissions totales de GES par habitant	TeCO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )	2000
	Émissions par habitant de CO <sub>2</sub> associées à l'énergie	TeCO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )	2004
	Émissions par habitant de CO <sub>2</sub> associées à l'industrie	TeCO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )	2004
	Émissions par habitant de CH <sub>4</sub> associées à l'agriculture	TeCO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )	2000
	Émissions par habitant de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation des terres, leur changement et la forêt (UTCF)	TeCO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )	2000
	Émissions totales accumulées de CO <sub>2</sub> par habitant	TeCO <sub>2</sub> (t CO <sub>2</sub> )	1850-2004
	Émissions accumulées par habitant de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation des terres, leur changement et la forêt (UTCF)	TeCO <sub>2</sub> (t CO <sub>2</sub> )	1850-2000
Socio-économiques	Revenu par habitant	\$ international (DI)	2004
	Indice de Gouvernance	N° Indice (0-100)	2006
	Consommation d'énergie par habitant	TEP	2004
	Intensité d'émission de l'économie	tCO <sub>2</sub> /Mill DI	2004
	Intensité d'émission de l'énergie	tCO <sub>2</sub> /TEP	2004

## 2. Résultats

L'Analyse en Composantes Principales a permis d'isoler trois composantes expliquant 74,4% de la variance. Toutes les trois ont une signification très nette, comme le montrent les corrélations qu'elles présentent avec les variables utilisées et d'après les scores des différents pays (Tableau 2 et Fig. 1).

Tableau 2 : Corrélation entre les variables utilisés dans l'analyse et les composantes sélectionnées.

Variables	Composantes		
	C1	C2	C3
Revenu par habitant	,423	,847	,017
Consommation d'énergie par habitant	,759	,497	,064
Indice de Gouvernance	,124	,894	-,004
Émissions totales de GEI par habitant	,423	,251	,833
Émissions par habitant de CO <sub>2</sub> associées à l'énergie	,813	,447	,055
Émissions par habitant de CO <sub>2</sub> associées à l'industrie	,644	,383	-,017
Émissions par habitant de CH <sub>4</sub> associées à l'agriculture	,028	,354	-,017
Émissions par habitant de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation des terres, leur changement et la forêt (UTCF)	-,149	-,110	,970
Émissions totales accumulées de CO <sub>2</sub> par habitant	,632	,573	-,001
Émissions accumulées par habitant de CO <sub>2</sub> liées à l'utilisation des terres, leur changement et la forêt (UTCF)	-,136	-,080	,972
Intensité d'émission de l'économie	,757	-,403	,028
Intensité d'émission de l'énergie	,685	,088	-,107

La première composante explique 41,4% de la variance totale et est clairement associée à la consommation d'énergie et à l'intensité d'émission de l'économie et de l'énergie. Les scores les plus hauts pour cette composante correspondent aux pays producteurs et exportateurs de pétrole et aux économies en transition, comme les états de l'ancienne Union Soviétique, ayant des intensités énergétiques et des émissions très élevées, à cause de l'obsolescence de leurs installations industrielles.

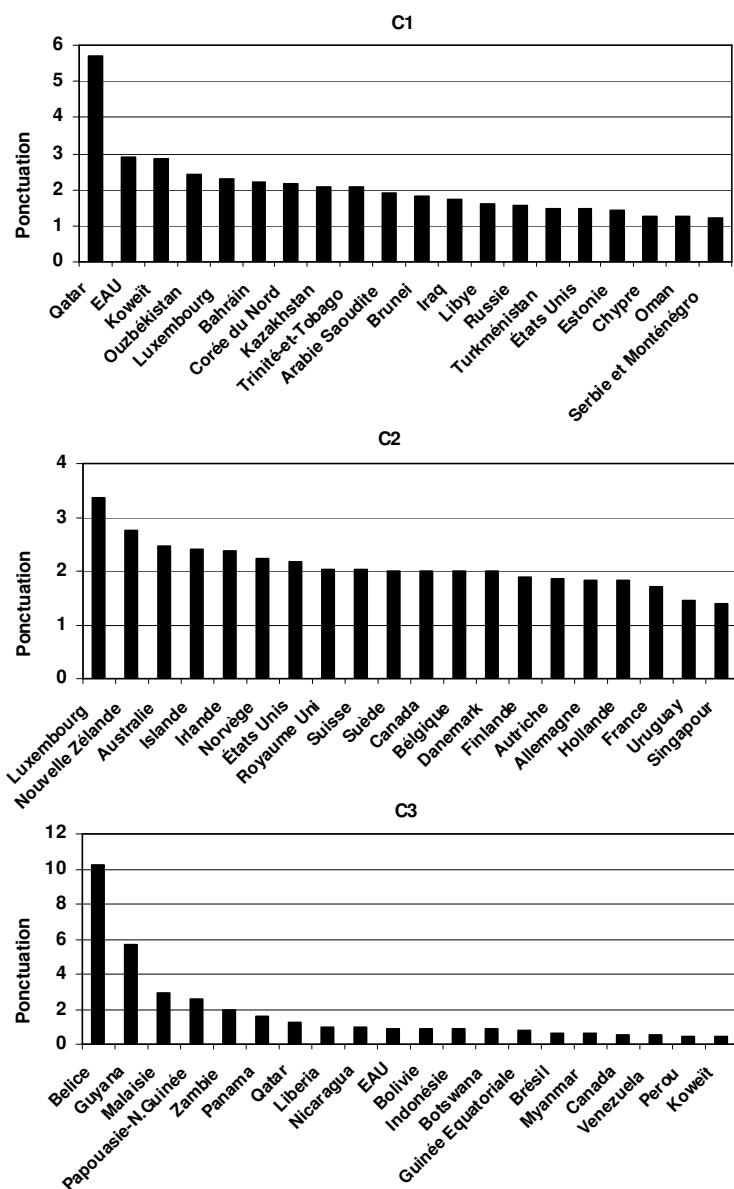


Figure 1 : Ponctuations (scores) obtenues par les trois composantes dans les 20 pays à plus haute ponctuation (score) dans chaque cas.

La deuxième composante explique plus de 21% de la variance et est liée au développement, d'où ses fortes corrélations avec le revenu par habitant et la gouvernance. Sa forte corrélation négative avec l'intensité d'émissions liées à l'économie et, à une moindre échelle, avec les émissions dues à l'utilisation des terres, leur changement et la forêt (UTCF) est également remarquable. Effectivement, les pays les plus développés génèrent très peu d'émissions liées à ces causes, et ce, jusqu'au point de devenir, dans de nombreux cas, des puits nets de carbone. Ces pays ne font non plus preuve de grandes intensités énergétiques ni d'émission, cela étant dû, dans la plupart des cas, à une technologie d'avant-garde, à une croissante conscience environnementale, et aussi à une structure productive liée à une claire prédominance du secteur tertiaire, beaucoup moins consommateur d'énergie que l'activité industrielle (Hamilton et Turton, 2002).

Enfin, la troisième composante explique presque 12% de la variance et est associée aux émissions issues de l'utilisation des terres, leur changement et la forêt (UTCF (Tableau 2). Les plus hauts scores dans cette composante correspondent à des pays tropicaux et équatoriaux peu développés et ayant subi de graves processus de déforestation (Fig. 1).

L'application de l'analyse cluster sur les trois composantes sélectionnées donne comme résultat une typologie avec 12 types de pays, pouvant être regroupés en 5 grands blocs. Le **premier bloc** comprend les pays où la première composante domine, cela étant reflet de leur forte consommation d'énergie et de leur grande intensité d'émission (Annexe 1 et Fig. 2). Le premier type (type 1.1, représenté par l'Iraq sur la figure 2) inclût 7 pays caractérisés par une très haute consommation énergétique (C1) liée à de très bas niveaux de développement (C2). Dans tous les cas, les intensités énergétiques et d'émission se montrent très élevées, ce qui est parfois accompagné de production de pétrole. Le deuxième type (type 1.2, illustré par l'Arabie Saoudite) est aussi formé de 7 pays à forte consommation énergétique, mais ayant des niveaux de développement un peu plus élevés. Il s'agit, dans tous les cas, de pays producteurs et exportateurs de pétrole, comptant des revenus élevés mais des très bas indices de gouvernance. Le troisième type (type 1.3, illustré par le Liban), est caractérisé par un C1 élevé, mais pas autant que dans les cas précédents, et par un bas niveau de développement. Ce groupe est composé de 20 pays très différents entre eux, mais remplissant la condition d'être soit des producteurs de pétrole soit des économies en transition. Finalement, on peut établir un quatrième type dans ce bloc (type 1.4, représenté par la République Tchèque), qui est similaire au précédent quant à consommation énergétique, mais ayant de bas ou moyens niveaux de développement.

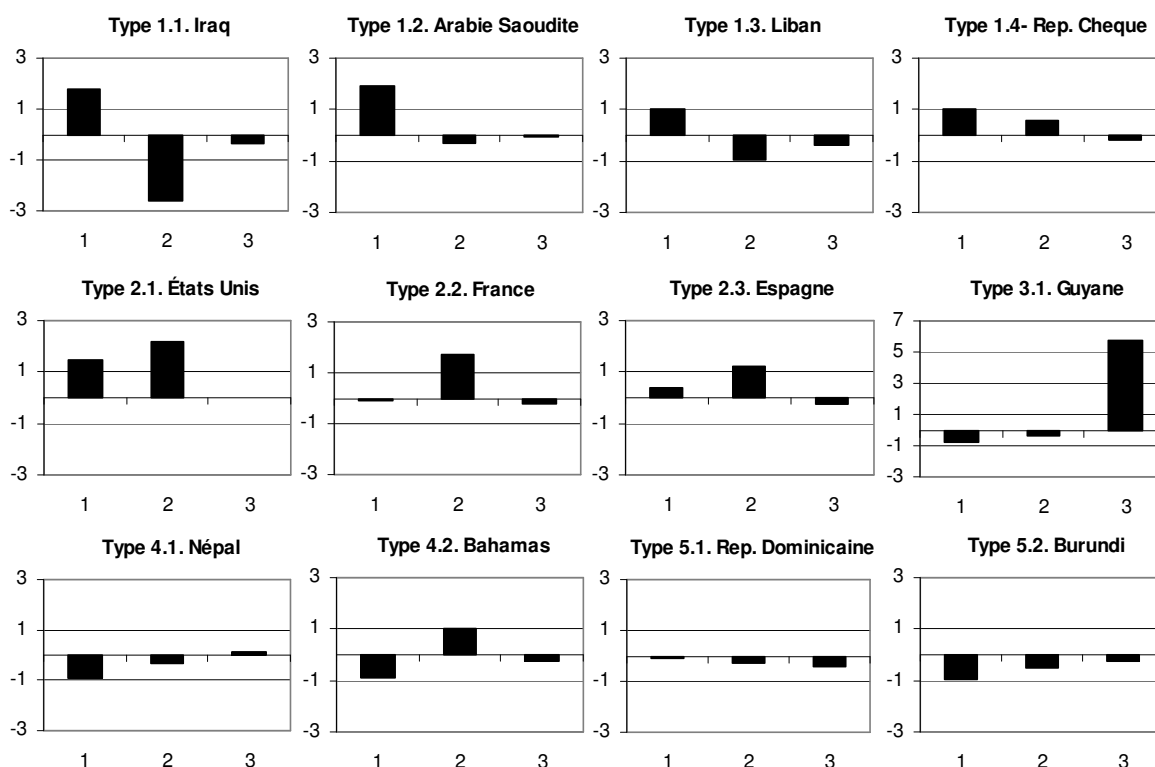


Figure 2 : Exemples des ponctuations des composantes pour chaque type de pays composant la typologie.

Le **deuxième bloc** de pays est associé à la richesse et à un haut niveau de développement, ce qui explique la dominance de la deuxième composante (C2). Dans le cinquième type (type 2.1, exemplifié par les Etats Unis), le très haut niveau de développement est lié à une forte consommation énergétique. Il est composé par 3 pays anglo-saxons, plus le Luxembourg.

Face à lui, le sixième type (type 2.2, illustré par la France) est également caractérisé par un très haut niveau de développement, mais cette fois-ci lié à une consommation d'énergie réduite. Il est composé de 16 pays, tous appartenant à l'Europe communautaire et développée, à l'exception de la Nouvelle Zélande, Singapour et le Japon. Le septième type (type 2.3, représenté par l'Espagne) montre toujours une prédominance de la C2, mais avec un moindre niveau de développement. Quant à la consommation d'énergie, elle a des valeurs moyennes entre les deux types précédents. Ce groupe comprend 12 pays placés parmi les plus développés de l'Amérique Latine et l'Asie et les moins développés de l'Europe prospère. Dans ce sens, on pourrait les définir comme des pays de transition.

**Le troisième bloc** est formé par des pays caractérisés par une claire prédominance de la troisième composante, celle liée à l'utilisation des terres, à leur changement et à la forêt (UTCF). Il ne comporte qu'un type, le type huitième (type 3.1, illustré par la Guyane), qui inclût 9 pays présentant de bas niveaux de développement et une pauvre consommation énergétique. Tous ces pays appartiennent à des domaines tropicaux et subissent des processus de déforestation et désertification dramatiques.

**Le quatrième bloc** est caractérisé par des pays à faible consommation énergétique avec un niveau de développement variable. Le neuvième type (type 4.1, représenté par le Népal) renferme l'ensemble des pays les moins développés, et est composé de 21 pays de tous les continents à l'exception de l'Europe. Dans le deuxième type (type 4.2, illustré par les Iles Bahamas), on trouve les pays les plus développés, un total de 16 pays, dans la plupart des cas, des îles des Caraïbes, du Pacifique ou de l'océan indien, et remplissant la condition de paradis fiscal, à l'exception du Brésil. Finalement, le **cinquième bloc** comprend la plupart des pays sous-développés, où la consommation d'énergie est toujours faible et le niveau de développement véritablement bas. Le onzième type (type 5.1, illustré par la République Dominicaine) comporte les meilleures situations, tandis que le douzième type (type 5.2, illustré par le Burundi) inclût 36 pays pouvant être classés, dans la plupart des cas, d'extrême sous-développement.

## Conclusion

Cette typologie confirme l'idée de l'importance territoriale des variables liées aux émissions des GES, configurant des blocs de pays dont l'unité s'explique en allant au-delà de la seule réalité des émissions. Cela permet de considérer les émissions de GES comme une nouvelle variable susceptible de caractériser les territoires par sa capacité d'intégrer et de synthétiser beaucoup d'autres phénomènes d'ordre social et économique.

## Bibliographie

Dow K. et Downing E., 2006 : *The Atlas of Climate Change. Mapping the World greatest challenge*. Earthscan, Londres.

Duro J.A. et Padilla E., 2006 : International inequalities in per capita CO<sub>2</sub> emissions: A decomposition methodology by Kaya factors. *Energy Economics*, **28**, 170-187.

Hamilton C. et Turton H., 2002 : Determinants of emissions growths in OCDE countries. *Energy Policy*, **30**, 63-71.

Liaskas K., Mavrotas G., Mandaraka M. et Diakoulaki D., 2000 : Decomposition of industrial CO<sub>2</sub> emissions: the case of European Union. *Energy Economics*, **22**, 383-394.

Martín Vide J. Llebot Rabagliati J.E., Padilla R., Alcántara Escolano V., 2007 : *Aspectos económicos del cambio climático en España*. Caixa Catalunya, Barcelona.

Washington DC: World Resources Institute, 2008 : CLIMATE ANALYSIS INDICATORS TOOL (CAIT) version 5.0. Disponible sur <http://cait.wri.org>.

Annexe 1 : Typologie des pays en fonction de leur comportement d'émission.

Type	Pays	Type	Pays	Type	Pays	Type	Pays
1.1	Libye	2.2	Allemagne	4.1	S. Tomé et Prince	5.2	Myanmar
	Serbie		Hollande		Tanzanie		Rep. Dém. Congo
	Kazakhstan		Danemark		Népal		Bénin
	Turkménistan		Royaume Uni		Laos		Cameroun
	Ouzbékistan		Autriche		Madagascar		Paraguay
	Corée du Nord		Belgique		Cambodge		Guatemala
	Iraq		Singapour		Bhutan		Côte d'Ivoire
1.2	Trinité-et-Tobago	2.3	Suède	4.2	Fidji	5.2	Nigeria
	Arabie Saoudite		Suisse		Ghana		Zimbabwe
	Brunei		France		Lesotho		Pakistan
	Bahreïn		Irlande		Tonga		Bangladesh
	Émirats Arabes Unis		Norvège		Bahamas		Haïti
	Koweït		Irlande		Barbade		Togo
	Qatar		N. Zélande		St. Kitty		Soudan
1.3	Tadjikistan	3.1	Chili	5.1	Seychelles	5.2	Sierra Leone
	Kirghizstan		Lettonie		Kiribati		Rep. Centrafricaine
	Angola		Lituanie		Vanuatu		Érythrée
	Syrie		Malta		I. Cook		Guinée Bissau
	Moldova		Argentine		Granada		Guinée
	Cuba		Hongrie		Cap-Vert		Tchad
	Congo		Portugal		Samoa		Burundi
	Yémen		Slovénie		Maurice		Palau
	Macédoine		Italie		Ste Lucia		Surinam
	Jordanie		Espagne		St. Vincent et Gr		Colombie
	Chine		Taïwan		Dominique		Namibie
	Ukraine		Uruguay		Brésil		Maldives
	Biélorussie		Belize		Botswana		Sri Lanka
	Iran		Guyane		Honduras		Mauritanie
	Azerbaïdjan		Zambie		Vietnam		Kenya
	Jamaïque		N. Guinée Papoua		Albanie		Niue
	Liban		Malaysia		R. Dominicaine		El Salvador
Nauru	Nicaragua	Inde	Philippines				
Venezuela	Bolivie	Arménie	Géorgie				
Russie	Indonésie	Maroc	Sénégal				
Guinée Equ.	Panama	Bosnie					
1.4	Estonie	4.1	Antigua	5.1	Egypte	5.2	
	Oman		Costa Rica		Algérie		
	Rep. Cheque		Malawi		Equateur		
	Chypre		Mali		Mongolie		
	Israël		Ouganda		Gabon		
	Estonie		Rwanda		Bulgarie		
	Corée du Sud		Mozambique		Afrique du Sud		
	Grèce		Gambie		Croatie		
	Pologne		Burkina Faso		Tunisie		
2.1	Luxembourg	4.1	Swaziland	5.1	Mexique	5.2	
	Canada		Djibouti		Roumanie		
	Australie		I. Salomon		Turquie		
	Etats Unis		Éthiopie		Thaïlande		
2.2	Japon	2.2	Comores	5.2	Liberia	5.2	
	Finlande		Niger		Pérou		