

**ETUDE DU DECOUPLAGE PIB – CO2  
DE L'UNION EUROPEENNE  
SUR LA PERIODE 1990 - 2018**

Une étude produite par



**Janvier 2023**

## Sommaire

Résumé	2
1. Introduction	3
2. Les sources de données	5
3. L'évolution des émissions de CO2 et du PIB de l'Europe des 28	6
4. Décomposition de l'évolution des émissions de CO2	11
5. Comment obtenir un découplage absolu ?	16
6. Conclusion	18
7. Bibliographie	19
8. Annexe : méthode de décomposition LMDI	20

## Résumé

L'Union Européenne s'est fixé un objectif ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre de -55% en 2030 par rapport aux émissions de 1990 tout en souhaitant conserver un rythme annuel de croissance économique significatif. Cet objectif et la stratégie du Pacte Vert Européen associé, requiert un découplage absolu entre les émissions de gaz à effet de serre et la croissance du PIB dans la durée, c'est-à-dire une croissance du PIB combinée à une réduction significative des émissions. Une littérature scientifique déjà abondante a montré qu'un tel découplage avait été très rarement observé, et même jamais dans le cas de pays avec des économies matures tels que les pays de l'Ouest de l'Europe.

Nous proposons dans cette étude d'analyser en détail les raisons de cet absence de découplage avec les cas spécifiques de l'Union Européenne des 28, et des 10 pays les plus émetteurs en faisant partie, en se concentrant sur 3 périodes temporelles spécifiques : 1990-2006, 2007-2014 et 2015-2018. Ce découpage permet de montrer que seule la période 2007-2014 présente une diminution significative des émissions de CO2. Cette diminution sur 8 ans représente plus de 80% de la diminution des émissions depuis 1990. Cette période correspond également à la période avec la croissance du PIB la plus faible.

Dans le but d'explicitier les spécificités de cette période, et de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents à la diminution des émissions, nous appliquons l'équation de Kaya. Cette équation permet d'évaluer l'impact de plusieurs paramètres sur les émissions de CO2 : la population, le PIB par habitant, l'intensité énergétique du PIB et le contenu en CO2 de l'énergie.

Notre analyse montre que la croissance du PIB par habitant joue un rôle de frein sur la réduction des émissions entraînée par les réductions de l'intensité énergétique du PIB et du contenu en CO2 de l'énergie. Ces 2 facteurs ont aujourd'hui un impact trop faible pour permettre d'atteindre l'objectif fixé pour 2030, impact d'autant plus amoindri dès que la croissance du PIB dépasse 1%. Il faudrait concrètement que l'impact sur la diminution des émissions de CO2 de l'intensité énergétique du PIB soit multiplié par 3 par rapport à son niveau des 30 dernières années. Alternativement, il faudrait que l'impact sur la diminution des émissions de CO2 du contenu en CO2 de l'énergie soit multiplié par 4.

L'ensemble des résultats présentés dans cette étude met en doute la stratégie actuellement appliquée par l'Union Européenne, et nécessite de revoir plus en profondeur notre système socio-économique. C'est aujourd'hui la condition nécessaire à l'atteinte d'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre qui permettrait d'espérer maintenir le réchauffement climatique en dessous de +2°C.

## 1. Introduction

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a publié, respectivement en août 2021 et février 2022, les rapports issus des travaux des Groupe de travail I et II<sup>1</sup> de l'organisation avec des constats sans appel. Ces rapports confirment et complètent les rapports précédents en montrant que le changement climatique est bien dû aux émissions de gaz à effet de serre provenant des activités humaines, que les conséquences de ce changement sont déjà observables et qu'elles mettent à risque l'habitabilité de nombreuses zones du monde, bousculant les vies d'une très grande partie de la population mondiale.

Ces rapports appellent à des actions significatives et immédiates pour infléchir la tendance du réchauffement et des émissions associées. De nombreux pays, dont les membres de l'Union Européenne, appellent à une transition écologique de leurs économies pour tenter de tendre vers la 'neutralité carbone'.

La transition écologique telle que présentée à ce jour dans le cadre du Pacte Vert<sup>2</sup> pour l'Europe se fonde sur le postulat d'un découplage entre le PIB et les émissions de gaz à effet de serre, constituées à 80% de CO2. Le concept de découplage suppose une transformation des procédés industriels, agricoles et de la construction ainsi que du secteur de la mobilité pour permettre au PIB de continuer de croître de manière continue tout en réduisant les émissions associées à ces activités. De plus, pour que les effets de ce découplage soient conséquents, il est nécessaire qu'il soit significatif en valeur, durable dans le temps, et généralisé géographiquement. On parle alors de découplage absolu. Par comparaison, un découplage relatif signifie que lorsque le PIB augmente, les émissions de gaz à effet de serre augmentent juste 'moins vite' par rapport à la tendance historique<sup>3</sup>.

De nombreuses études se sont attelées à étudier ce phénomène de découplage potentiel pour différentes zones géographiques, activités ou périodes temporelles. Plus particulièrement, deux méta-études récentes (Haberl et al., 2020; Vadén et al., 2020) ont analysé les résultats de nombreux articles scientifiques pour identifier les cas éventuels de découplage absolu. Ces deux études concluent que les preuves de la possibilité d'un découplage absolu sont aujourd'hui faibles et que si nous continuons dans la lignée des tendances historiques, il sera difficile d'espérer un tel découplage dans le futur.

Cependant, il faut noter que les travaux de Le Quéré et al.(2019), ont montré que les émissions de CO2 de 18 pays de l'OCDE ont diminué sur la période 2005 – 2015 de -2,4% par an tout en étant associées à une croissance économique positive, mais relativement faible de 1% sur la même période. Cette analyse pointe les effets bénéfiques des politiques d'efficacité énergétique et de remplacement des énergies fossiles par des énergies renouvelables. Pour remettre dans le contexte le résultat de cette étude, il faut garder à l'esprit que la trajectoire fixée par la France de réduire de 40% ses émissions en 2030 par rapport à 1990 nécessite une diminution de l'ordre de 3-3,5% par an comme prescrit par la

<sup>1</sup> <https://www.ipcc.ch/languages-2/francais/>

<sup>2</sup> [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_fr](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fr)

<sup>3</sup> Pour une synthèse sur le découplage : <https://eeb.org/library/decoupling-debunked/>

Stratégie Nationale Bas Carbone<sup>4</sup>. Lorsque la France s'alignera sur la feuille de route adoptée par la Commission Européenne en 2021 qui augmente l'objectif à 55% de réduction pour 2030<sup>5</sup>, la diminution annuelle devra alors être autour de 4-4,5% par an.

L'objectif est ambitieux et il nous semble donc indispensable de comprendre au mieux le cas de découplage observé par Le Quéré et al.(2019) pour identifier les leviers d'action à notre disposition. Nous proposons dans cette étude d'étendre l'analyse sur la période 1990 – 2018 mais en se concentrant sur les pays qui constituaient l'Union Européenne des 28 (UE des 27 + Royaume Uni), et plus particulièrement les 10 pays les plus émetteurs. Notre étude se distingue par un découpage en trois sous-périodes qui présentent des caractéristiques de réduction des émissions de CO2 différentes : 1990 – 2006, 2007 – 2014 et 2015 – 2018. Un article de P. Sadorsky (2020) avait déjà proposé une analyse intéressante en étudiant l'évolution des émissions avant et après la crise de 2007 (périodes 2000-2007 et 2010-2017). Nous mettons l'emphase dans notre étude sur la spécificité de la période 2007 – 2014 parce que c'est la période présentant la plus forte baisse des émissions de CO2 sur la période de 28 ans.

Nous nous concentrons ici uniquement sur les émissions de CO2 territoriales, c'est-à-dire sans prendre en compte les émissions associées aux importations.

---

<sup>4</sup> <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

<sup>5</sup> <https://www.ecologie.gouv.fr/fit-55-nouveau-cycle-politiques-europeennes-climat>

## 2. Les sources de données

Dans le cadre de l'analyse du découplage des émissions de CO2 et de la croissance du PIB pour l'Europe des 28, nous avons étudié différents facteurs pouvant influencer son évolution : les émissions de CO2, le PIB, la population, l'intensité énergétique du PIB et l'intensité en carbone de l'énergie, représentative de la part des énergies fossiles dans les sources d'énergie. Le tableau ci-dessous présente les sources pour ces différentes données.

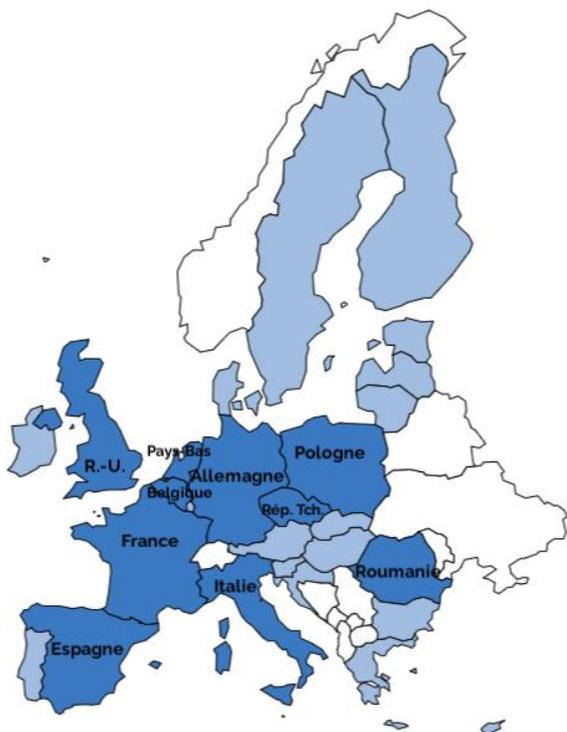
Tableau 1

Variable	Unité	Période	Source
Emissions CO2 total hors UTCATF	MtCO2e	1990-2018	<a href="#">CAIT via Climate Data Watch</a>
PIB	US\$ constant 2015	1990-2018	<a href="#">Banque Mondiale</a>
Population	Nombre d'habitants	1990-2018	<a href="#">Eurostat</a>
Energie disponible brute	ktoe	1990-2018	<a href="#">Eurostat</a>

Energie disponible brute : L'énergie disponible brute est l'un des agrégats les plus importants du bilan énergétique. Pour la somme de tous les produits énergétiques, il s'agit de l'énergie totale fournie / consommée dans un pays.

PIB : Produit Intérieur Brut

UTCATF : Changement d'affectation des terres et la foresterie.



Pour rappel, voici la liste des 28 pays considérés dans notre analyse : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède.

Figure 1: L'Union Européenne des 28 (en bleu) dont les 10 pays les plus émetteurs de CO2 (bleu foncé)

### 3. L'évolution des émissions de CO2 et du PIB de l'Europe des 28

Sur la base de l'évolution des émissions de CO2 et du PIB sur la période 1990 – 2018, nous étudions les pays de l'Union Européenne des 28 ainsi que les 10 pays les plus émetteurs de ce groupe, représentant environ 83% des émissions sur cette période.

Les 10 pays les plus émetteurs (GEE10) sont : Allemagne, Belgique, Espagne, France, Italie, Pays-Bas, Pologne, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni.

Nous distinguons alors pour les deux groupes UE28 et GEE10 trois périodes présentant des caractéristiques différentes (voir les figures sur la page suivante):

- Une première phase de 1990 à 2006 durant laquelle le PIB croît régulièrement et les émissions baissent peu, voire stagnent.
- Une deuxième phase de 2007 à 2014 qui démarre avec la crise financière avec un PIB qui stagne et des émissions de CO2 qui diminuent beaucoup plus significativement que dans la première phase.
- Une troisième phase de 2015 à 2018 qui ressemble à la première phase avec un PIB qui repart à la hausse et des émissions qui semblent à nouveau diminuer faiblement.

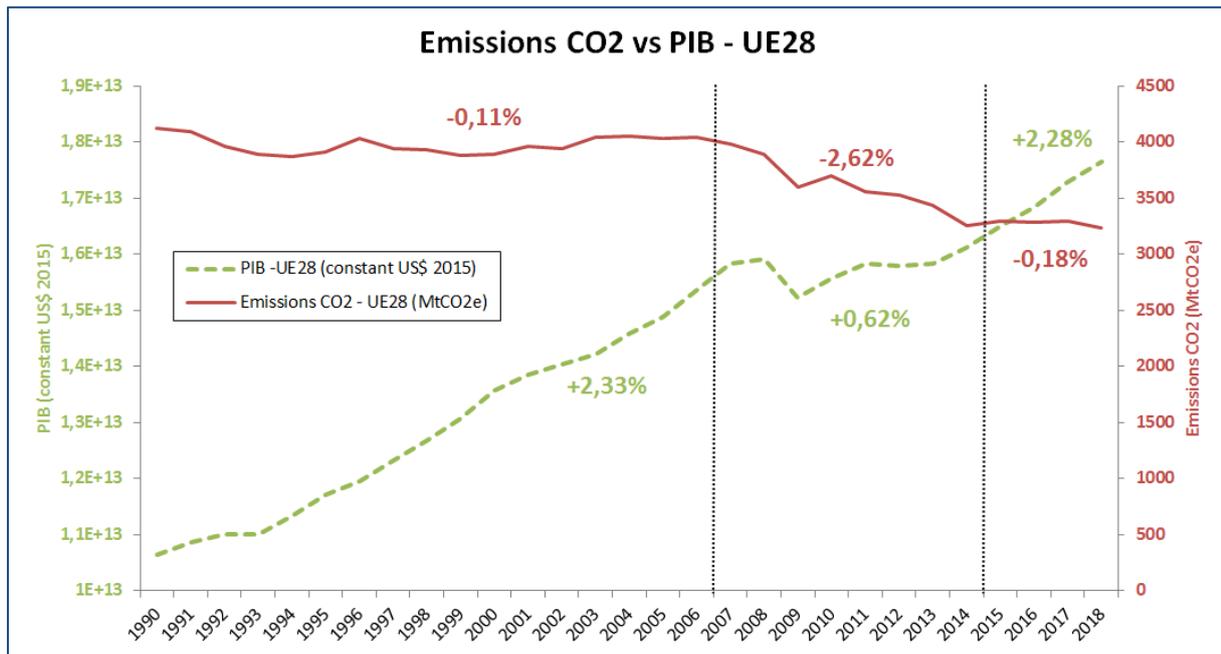


Figure 2: Emissions de CO2 vs PIB sur la période 1990 - 2018 pour l'Union Européenne des 28 (UE28). Les chiffres indiqués sur les courbes correspondent à la moyenne annuelle de chacune des 3 périodes.

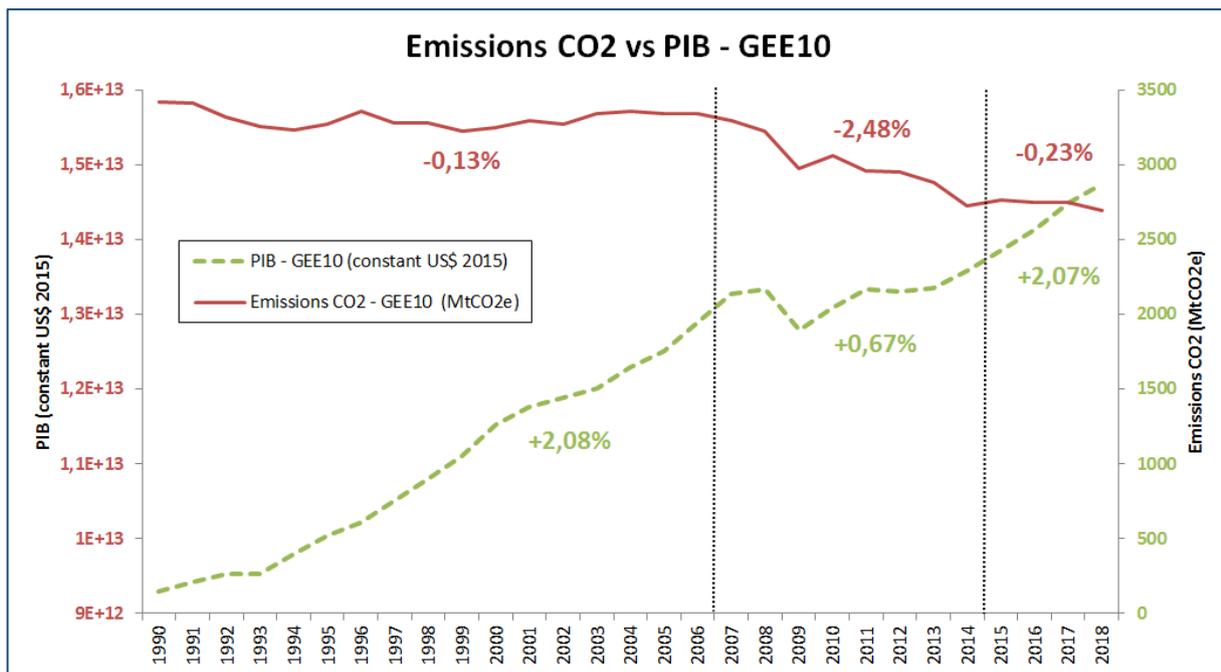


Figure 3: Emissions de CO2 vs PIB sur la période 1990 - 2018 pour les 10 pays les plus émetteurs (GEE10). Les chiffres indiqués sur les courbes correspondent à la moyenne annuelle de chacune des 3 périodes.

Ce découpage temporel confirme sa pertinence avec les statistiques sur la croissance du PIB et l'évolution des émissions de CO2 pour chacune des périodes pour les groupes UE28 et GEE10 ainsi que pour chacun des 10 pays les plus émetteurs (Tableau 2).

Tableau 2

	Année du pic d'émissions de CO2	Moyenne annuelle	1991-2006	2007-2014	2015-2018
<b>UE28</b>	1996	<b>Croissance PIB</b>	<b>2,33%</b>	<b>0,62%</b>	<b>2,28%</b>
		<b>Evolution émissions CO2</b>	<b>-0,11%</b>	<b>-2,62%</b>	<b>-0,18%</b>
<b>GEE10</b>	1990	<b>Croissance PIB</b>	<b>2,08%</b>	<b>0,67%</b>	<b>2,07%</b>
		<b>Evolution émissions CO2</b>	<b>-0,13%</b>	<b>-2,48%</b>	<b>-0,23%</b>
<b>Allemagne</b>	1990	Croissance PIB	1,62%	1,18%	1,87%
		Evolution émissions CO2	-0,97%	-1,15%	-0,95%
<b>Belgique</b>	1996	Croissance PIB	2,16%	1,18%	1,69%
		Evolution émissions CO2	0,01%	-2,16%	0,94%
<b>Espagne</b>	2007	Croissance PIB	3,04%	-0,37%	3,03%
		Evolution émissions CO2	3,02%	-4,14%	1,86%
<b>France</b>	1998	Croissance PIB	2,00%	0,72%	1,59%
		Evolution émissions CO2	0,31%	-2,40%	0,45%
<b>Italie</b>	2005	Croissance PIB	1,45%	-0,90%	1,17%
		Evolution émissions CO2	0,91%	-4,26%	-0,18%
<b>Pays-Bas</b>	1993	Croissance PIB	2,71%	0,68%	2,36%
		Evolution émissions CO2	0,66%	-1,02%	0,26%
<b>Pologne</b>	1996	Croissance PIB	3,72%	3,55%	4,39%
		Evolution émissions CO2	-0,63%	-1,14%	2,30%
<b>République Tchèque</b>	2002	Croissance PIB	2,03%	1,15%	4,07%
		Evolution émissions CO2	-1,28%	-2,30%	0,68%
<b>Roumanie</b>	1990	Croissance PIB	1,59%	2,31%	4,86%
		Evolution émissions CO2	-3,12%	-3,75%	1,22%
<b>Royaume-Uni</b>	1990	Croissance PIB	2,50%	0,97%	2,17%
		Evolution émissions CO2	-0,15%	-3,15%	-3,56%

Pour la grande majorité des pays, sur les périodes 1991-2006 et 2015-2018, la croissance est supérieure à 1% et les émissions augmentent ou décroissent très faiblement (>-1%).

Sur la période 2007-2014, la croissance faiblit (<1,2%) et les émissions diminuent alors plus fortement avec un rythme supérieur à 2% pour plusieurs pays.

On peut remarquer que l'Allemagne présente une croissance relativement constante sur les trois périodes et un taux de diminution des émissions faible mais également constant. La République Tchèque et la Roumanie parviennent à diminuer leurs émissions de CO2 de manière significative de 1990 à 2014 avec une croissance économique soutenue, mais observent une augmentation des émissions sur 2015 – 2018 lorsque leur croissance dépasse 4%. Idem pour la Pologne même si la diminution des émissions de CO2 est plus faible jusqu'en 2014. L'histoire particulière de ces trois pays, ancien membre du 'Bloc de l'Est' explique leur évolution différente avec une longue phase de 'rattrapage' économique et

technologique, ainsi qu'une bascule progressive vers une économie de services, beaucoup moins émettrice de CO2 que les activités industrielles<sup>6</sup>.

A part pour ces cas particuliers, nous observons un découplage significatif uniquement sur la période 2007-2014 pour des croissances économiques proches ou en dessous de 1%. Cette situation ne correspond pas un découplage absolu puisqu'elle ne perdure pas ensuite.

Voir la Figure 4 pour une représentation graphique de ces résultats.

---

<sup>6</sup> En moyenne, les activités de service émettent 9 fois moins de CO2 que les activités industrielles.

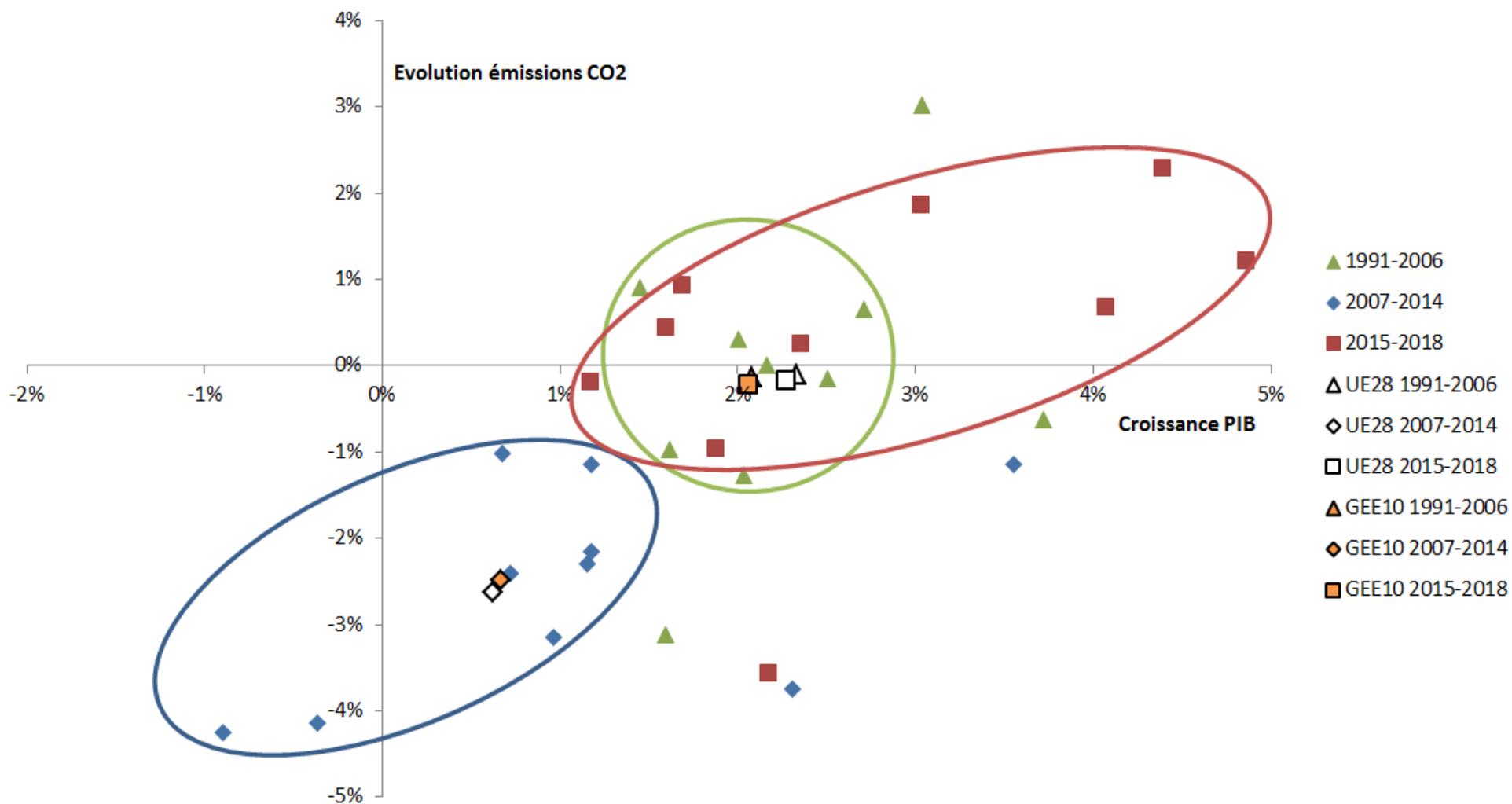


Figure 4: Evolution des émissions de CO2 vs Croissance du PIB en moyenne annuelle sur les 3 périodes temporelles pour les 10 pays les plus émetteurs séparément et combinés (GEE10). Les résultats sont également présentés pour l'Union Européenne des 28 (UE28).

#### 4. Décomposition de l'évolution des émissions de CO2

Sur la base des observations précédentes, il est alors pertinent d'analyser les facteurs qui influencent l'évolution des émissions de CO2 sur les trois périodes étudiées. Pour cela, nous proposons d'utiliser l'équation de Kaya selon la forme suivante :

$$CO2 = \frac{CO2}{E} \times \frac{E}{PIB} \times \frac{PIB}{POP} \times POP$$

$\frac{CO2}{E}$  : contenu carbone de l'énergie.  $\frac{E}{PIB}$  : intensité énergétique du PIB.

$\frac{PIB}{POP}$  : PIB par habitant.  $CO2$  : Emissions de CO2.

$POP$  : Population.  $E$  : Energie disponible brute.

Nous combinons alors cette équation avec la méthode de décomposition LMDI (Logarithmic Mean Divisia Index) pour estimer le poids relatif de chacune des composantes<sup>7</sup> dans l'évolution des émissions de CO2 (Voir Section 8 pour le détail du calcul).

Nous présentons les résultats pour la variation totale et le rythme annuel d'émissions de CO2 entre la première et la dernière année de chaque période d'intérêt. Etant donné la définition des trois périodes d'études par leurs caractéristiques spécifiques cohérentes, l'analyse directe de la variation entre la première et la dernière année est pertinente.

1990-2006	Evolution des émissions de CO2		Impact de l'évolution de la population		Impact de l'évolution du PIB/hab		Impact de l'évolution de l'intensité énergétique du PIB		Impact de l'évolution de l'intensité carbone de l'énergie	
	Total	Par an	Total	Par an	Total	Par an	Total	Par an	Total	Par an
<b>UE28</b>	<b>-2,0%</b>	<b>-0,1%</b>	<b>3,7%</b>	<b>0,2%</b>	<b>32,7%</b>	<b>2,0%</b>	<b>-25,6%</b>	<b>-1,6%</b>	<b>-12,8%</b>	<b>-0,8%</b>
<b>GEE10</b>	<b>-2,3%</b>	<b>-0,1%</b>	<b>4,2%</b>	<b>0,3%</b>	<b>28,3%</b>	<b>1,8%</b>	<b>-21,2%</b>	<b>-1,3%</b>	<b>-13,6%</b>	<b>-0,8%</b>
<b>Allemagne</b>	-14,8%	-0,9%	3,5%	0,2%	20,1%	1,3%	-23,2%	-1,5%	-15,1%	-0,9%
<b>Belgique</b>	-0,6%	0,0%	5,0%	0,3%	29,1%	1,8%	-10,5%	-0,7%	-24,1%	-1,5%
<b>Espagne</b>	59,0%	3,7%	14,8%	0,9%	45,9%	2,9%	3,5%	0,2%	-5,2%	-0,3%
<b>France</b>	4,2%	0,3%	8,1%	0,5%	24,2%	1,5%	-13,2%	-0,8%	-14,9%	-0,9%
<b>Italie</b>	15,1%	0,9%	2,3%	0,1%	22,4%	1,4%	0,3%	0,0%	-9,8%	-0,6%
<b>Pays-Bas</b>	10,4%	0,6%	9,2%	0,6%	35,6%	2,2%	-21,6%	-1,3%	-12,9%	-0,8%
<b>Pologne</b>	-10,3%	-0,6%	0,1%	0,0%	54,4%	3,4%	-60,1%	-3,8%	-4,8%	-0,3%
<b>République Tchèque</b>	-19,7%	-1,2%	-1,1%	-0,1%	28,6%	1,8%	-33,9%	-2,1%	-13,3%	-0,8%
<b>Roumanie</b>	-42,7%	-2,7%	-6,5%	-0,4%	23,7%	1,5%	-52,1%	-3,3%	-7,8%	-0,5%
<b>Royaume-Uni</b>	-2,7%	-0,2%	5,3%	0,3%	33,6%	2,1%	-30,5%	-1,9%	-11,1%	-0,7%

<sup>7</sup> Il est important de retenir que ce sont les contributions ou impacts de chacune des composantes sur l'évolution des émissions de CO2 que nous regardons. Ces contributions ne correspondent pas à l'évolution en valeur absolue de chaque composante considérée séparément. Ex : sur 2007-2014, la contribution du PIB/hab est proche de 0 en rythme annuel, alors que la croissance du PIB est égale en valeur absolue à 0,62% sur la même période.

2007-2014	Evolution des émissions de CO2		Impact de l'évolution de la population		Impact de l'évolution du PIB/hab		Impact de l'évolution de l'intensité énergétique du PIB		Impact de l'évolution de l'intensité carbone de l'énergie	
	Total	Par an	Total	Par an	Total	Par an	Total	Par an	Total	Par an
UE28	-18,4%	-2,6%	1,6%	0,2%	0,1%	0,0%	-12,8%	-1,8%	-7,2%	-1,0%
GEE10	-17,3%	-2,5%	1,8%	0,3%	0,3%	0,0%	-13,3%	-1,9%	-6,1%	-0,9%
Allemagne	-5,9%	-0,8%	-2,1%	-0,3%	8,0%	1,1%	-12,8%	-1,8%	1,1%	0,2%
Belgique	-13,8%	-2,0%	5,2%	0,7%	0,0%	0,0%	-16,9%	-2,4%	-2,2%	-0,3%
Espagne	-32,1%	-4,6%	4,1%	0,6%	-9,6%	-1,4%	-11,8%	-1,7%	-14,8%	-2,1%
France	-16,1%	-2,3%	3,3%	0,5%	-0,3%	0,0%	-8,5%	-1,2%	-10,6%	-1,5%
Italie	-28,7%	-4,1%	3,0%	0,4%	-10,5%	-1,5%	-11,5%	-1,6%	-9,6%	-1,4%
Pays-Bas	-9,0%	-1,3%	2,6%	0,4%	-1,2%	-0,2%	-13,6%	-1,9%	3,1%	0,4%
Pologne	-8,8%	-1,3%	-0,3%	0,0%	20,3%	2,9%	-22,5%	-3,2%	-6,4%	-0,9%
République Tchèque	-19,3%	-2,8%	2,4%	0,3%	0,7%	0,1%	-12,2%	-1,7%	-10,2%	-1,5%
Roumanie	-26,0%	-3,7%	-5,1%	-0,7%	14,1%	2,0%	-28,8%	-4,1%	-6,1%	-0,9%
Royaume-Uni	-21,6%	-3,1%	4,7%	0,7%	0,0%	0,0%	-19,9%	-2,8%	-6,3%	-0,9%

2015-2018	Evolution des émissions de CO2		Impact de l'évolution de la population		Impact de l'évolution du PIB/hab		Impact de l'évolution de l'intensité énergétique du PIB		Impact de l'évolution de l'intensité carbone de l'énergie	
	Total	Par an	Total	Par an	Total	Par an	Total	Par an	Total	Par an
UE28	-2,0%	-0,7%	0,8%	0,3%	5,8%	1,9%	-4,8%	-1,6%	-3,9%	-1,3%
GEE10	-2,4%	-0,8%	0,9%	0,3%	5,3%	1,8%	-5,0%	-1,7%	-3,6%	-1,2%
Allemagne	-4,4%	-1,5%	2,0%	0,7%	3,8%	1,3%	-7,0%	-2,3%	-3,2%	-1,1%
Belgique	-1,8%	-0,6%	1,5%	0,5%	3,2%	1,1%	2,6%	0,9%	-9,0%	-3,0%
Espagne	0,8%	0,3%	0,2%	0,1%	8,0%	2,7%	-3,1%	-1,0%	-4,3%	-1,4%
France	-0,2%	-0,1%	0,9%	0,3%	4,3%	1,4%	-7,3%	-2,4%	1,9%	0,6%
Italie	-3,9%	-1,3%	-0,4%	-0,1%	4,2%	1,4%	-2,5%	-0,8%	-5,1%	-1,7%
Pays-Bas	-4,4%	-1,5%	1,5%	0,5%	5,7%	1,9%	-7,5%	-2,5%	-4,1%	-1,4%
Pologne	8,2%	2,7%	-0,1%	0,0%	13,7%	4,6%	0,8%	0,3%	-6,1%	-2,0%
République Tchèque	1,5%	0,5%	0,7%	0,2%	10,1%	3,4%	-7,0%	-2,3%	-2,2%	-0,7%
Roumanie	2,7%	0,9%	-1,6%	-0,5%	17,9%	6,0%	-11,0%	-3,7%	-2,5%	-0,8%
Royaume-Uni	-10,4%	-3,5%	2,1%	0,7%	3,6%	1,2%	-8,2%	-2,7%	-7,8%	-2,6%

Les représentations graphiques ci-dessous permettent plus aisément d'évaluer le poids de chaque composante. Nous avons également inclus les mêmes graphiques pour le rythme annuel. Ceux-ci permettent entre autre de mieux appréhender ce que représentent ces valeurs, étant donné les durées différentes de chaque période.

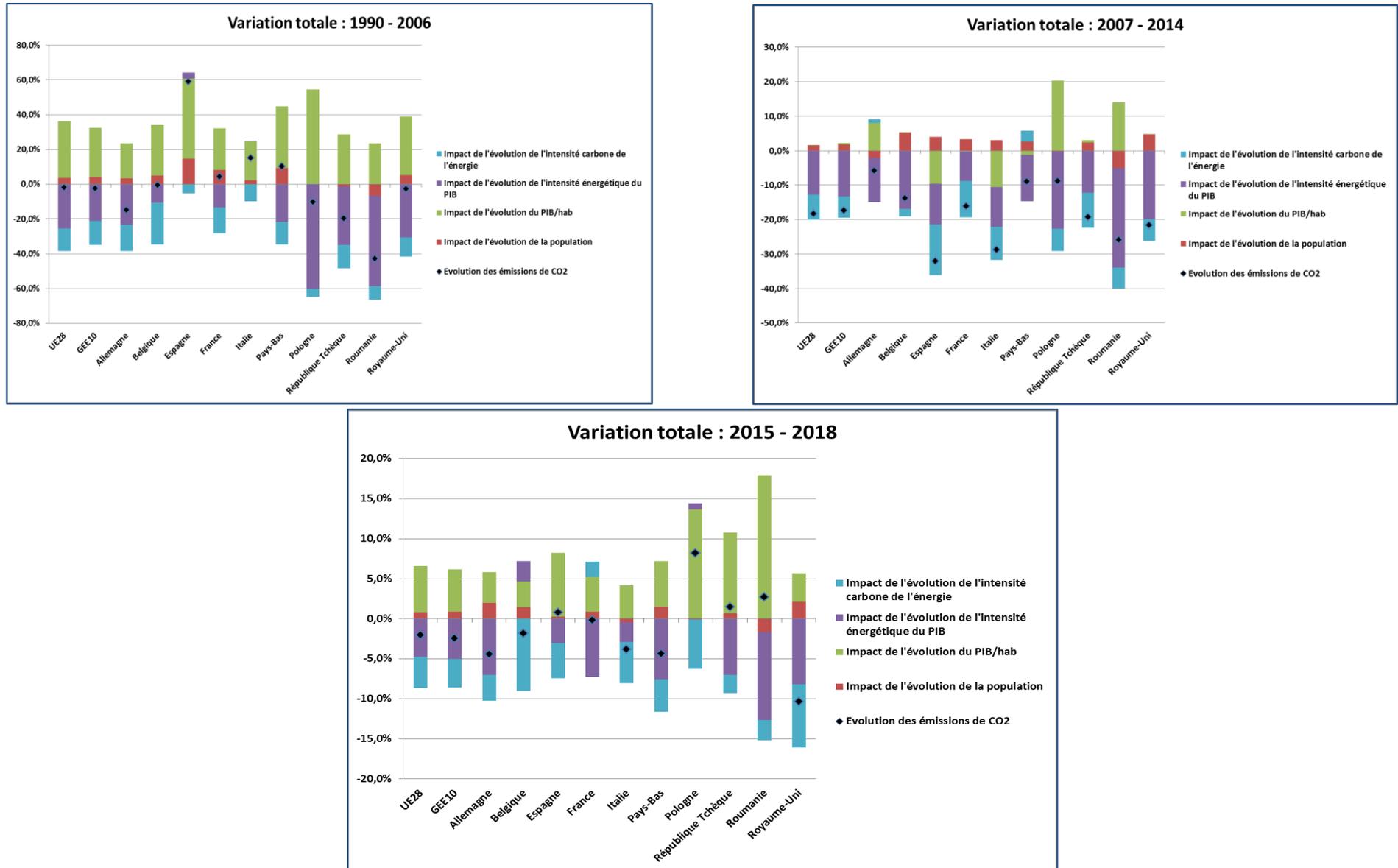


Figure 5: Décomposition de l'évolution des émissions de CO2 pour UE28 et les 10 pays les plus émetteurs ensemble et séparément. Variation totale sur chaque période.

## Etude du découplage PIB-CO2 de l'Union Européenne sur la période 1990 - 2018

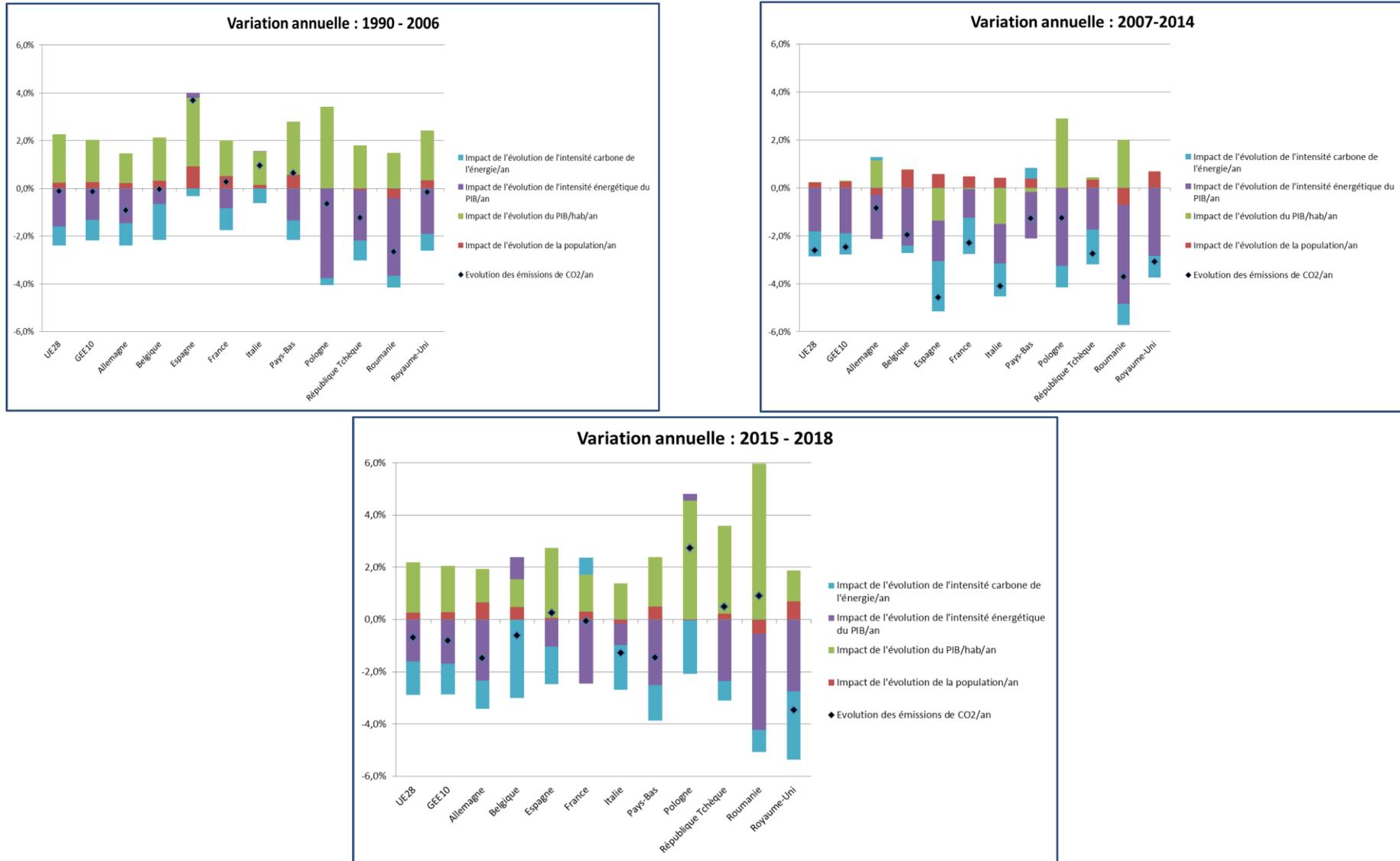


Figure 6: Décomposition de l'évolution des émissions de CO2 pour UE28 et les 10 pays les plus émetteurs ensemble et séparément. Variation annuelle moyenne sur chaque période.

Les points essentiels que nous pouvons déduire de cette décomposition en facteurs :

- **La plus importante diminution des émissions de CO2 de l'Union Européenne des 28 et la seule réellement significative sur la période 1990 – 2018 a eu lieu entre 2007 et 2014 (82% de la diminution totale).**
- **Cette même période 2007-2014 correspond à la période de plus faible croissance économique**
- L'intensité énergétique du PIB et le PIB par habitant sont les deux composantes majeures qui affectent le plus l'évolution des émissions de CO2 sur les 30 dernières années sur l'ensemble de l'Europe. Les contributions de l'évolution de la population et de l'intensité carbone de l'énergie varient beaucoup moins sur l'ensemble de la période et ont donc joué un rôle beaucoup moins significatif dans la variabilité des émissions.
- L'intensité énergétique du PIB a contribué de manière significative à la réduction des émissions de 1990 à 2014 mais cette tendance semble ralentir sur la période 2015 – 2018. L'intensité énergétique du PIB peut s'améliorer de deux manières principales. D'une part en réduisant la consommation d'énergie pour augmenter le PIB, par exemple en développant les activités de services par rapport à des activités industrielles. D'autre part en améliorant l'efficacité énergétique des procédés de production, par exemple dans les usines. On peut lier la diminution sur la période 1990-2014 entre autre à la réduction constante de l'activité industrielle en Europe depuis les années 1990<sup>8</sup>. Cette diminution a ralenti depuis 2010 pour même s'inverser ces dernières années.
- La croissance positive du PIB par habitant joue le rôle de frein par rapport à la contribution de l'intensité énergétique du PIB. C'est une sorte d'effet rebond. Les gains d'efficacité énergétique sont effacés lorsque la contribution du PIB par habitant dépasse celle de l'intensité énergétique, ce qui fut toujours le cas depuis 1990 sauf sur la période 2007-2014.
- Les impacts économiques découlant de la crise financière de 2007-2008 ont donc eu un rôle majeur dans la capacité de l'Union Européenne des 28 de diminuer ses émissions de CO2.
- Les cas particuliers de la Roumanie, de la Pologne et de la République Tchèque qui présentent des découplages significatifs entre le PIB et les émissions de CO2 depuis les années 1990 (voir section 3) s'expliquent par une forte réduction de l'intensité énergétique du PIB liée à la désindustrialisation progressive dans ces deux pays au profit d'activités de services<sup>9,10</sup>.

---

<sup>8</sup> <https://www.observatoire-des-territoires.gouv.fr/kiosque/2018-industrie-03-lindustrie-recule-presque-partout-dans-lunion-europeenne-depuis-20-ans>

<sup>9</sup> [https://news.industrial-europe.eu/documents/upload/2017/4/636287317148170523\\_636275140008738887\\_updated%20swot%20analysis%20romania.pdf](https://news.industrial-europe.eu/documents/upload/2017/4/636287317148170523_636275140008738887_updated%20swot%20analysis%20romania.pdf)

<sup>10</sup> <https://www.statista.com/statistics/373136/share-of-economic-sectors-in-the-gdp-in-romania/>

## 5. Comment obtenir un découplage absolu ?

Comme nous avons pu l'observer dans les sections précédentes, si l'Union Européenne se fixe un objectif de croissance du PIB significatif, il est nécessaire que la diminution de l'intensité énergétique du PIB et/ou la décarbonation de l'énergie soit significatif.

L'Union Européenne s'est fixé un objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre de -55% par rapport au niveau d'émission de 1990. Nous nous concentrons dans le cadre de cette étude uniquement sur les émissions de CO2. Les émissions de l'Europe des 28 étaient de 4119 MtCO2 en 1990. Une réduction de -55% pour 2030 représente donc un objectif de 1854 MtCO2. En 2018, les émissions de CO2 de l'Europe des 28 atteignaient 3230 MtCO2. Il reste donc à diminuer les émissions de 1376 MtCO2 entre 2018 et 2030 ce qui implique un rythme annuel de réduction de -3,8% par an environ.

De la même manière que dans la section 4, nous utilisons l'équation de Kaya et la décomposition LMDI pour évaluer la contribution nécessaire de chaque composante à la diminution des émissions de CO2.

En considérant un rythme régulier d'augmentation du nombre d'habitants de l'Europe des 28, nous pouvons fixer l'impact de l'évolution de la population à +0,2% par an (voir section 4). De même, en se référant aux chiffres de la section 4, un impact annuel du PIB par habitant de +2% sur les émissions de CO2 semble réaliste pour un objectif de croissance à +2% sur l'ensemble de l'Europe des 28. Nous pouvons alors définir le champ des valeurs pour l'impact de l'intensité énergétique du PIB et de la décarbonation de l'énergie qui permettrait d'atteindre une réduction annuelle des émissions de CO2 de -3,8% par an (voir Figure 7).

On peut déjà noter que l'objectif d'une réduction de -3,8% par an des émissions de CO2 est ambitieux étant donné que le plus fort rythme annuel observé sur la période 2007-2014 était de -2,6%.

Sur la période 1990-2018, l'impact de l'intensité énergétique du PIB sur la réduction des émissions est resté cantonné autour de -1,7% par an, et l'impact de la décarbonation de l'énergie autour de -1%.

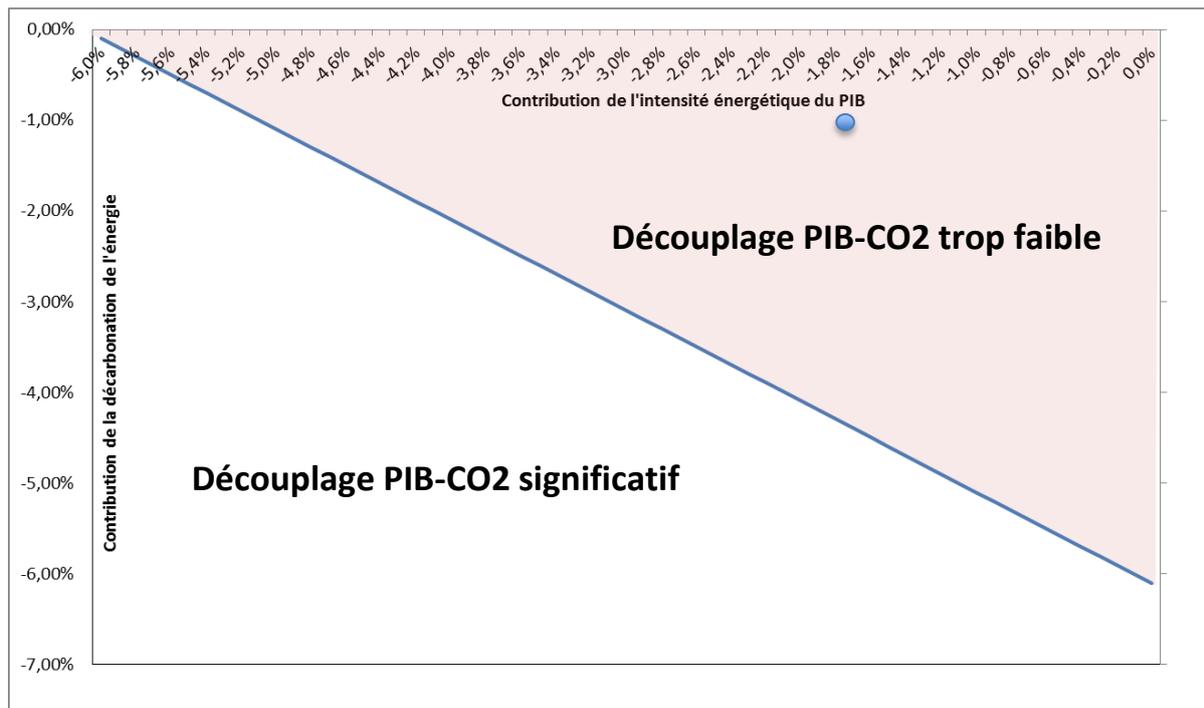


Figure 7: Champ des valeurs possibles pour les impacts de l'intensité énergétique du PIB et de la décarbonation de l'énergie pour un objectif de réduction des émissions de CO2 de -3,8% par an. Le point bleu indique les valeurs des 2 paramètres observées sur 1990-2018.

Si l'on maintient un impact de l'intensité énergétique du PIB au même niveau, cela implique qu'il faudrait que l'impact de la décarbonation de l'énergie atteigne -4,4%, un impact 4 fois plus élevé que ce que nous avons pu observer sur les 30 années passées.

De même si l'on maintient un impact de la décarbonation de l'énergie autour de -1%, l'impact de l'intensité énergétique du PIB devrait atteindre -5,1%, un impact 3 fois plus élevé que ce que nous avons pu observer sur les 30 années passées.

D'après le graphique, nous pouvons voir que même un doublement des 2 valeurs à la fois ne suffirait pas à atteindre l'objectif.

Ces objectifs ne semblent donc pas réalistes à court ou moyen terme au regard de la tendance actuelle et des technologies à notre disposition.

## 6. Conclusion

Cette étude a permis d'identifier trois phases clés de l'évolution des émissions de CO2 en Europe depuis 1990, et plus particulièrement le rôle clé joué par la période 2007-2014. Malgré une baisse des émissions de CO2 depuis 1990 pour l'Union Européenne des 28, la plus grosse part de cette diminution a eu lieu pendant la période 2007-2014 (82% de la diminution totale), correspondant à une période de croissance économique faible.

Nous avons montré que la croissance économique joue un rôle de frein sur la diminution des émissions de CO2 depuis 1990, tel que dès qu'elle dépasse 1%, elle réduit très fortement la possibilité d'atteindre une diminution annuelle des émissions au-delà de -2%.

L'ensemble de notre analyse nous permet donc d'affirmer qu'un découplage absolu, significatif et durable n'a pas eu lieu pour l'Union Européenne des 28 depuis 1990. Etant donné que l'objectif annuel de l'Europe devrait être proche de -4% de réduction des émissions de CO2 par an, il est fort peu probable que cet objectif puisse être atteint sans une révision profonde du système économique et technique de nos sociétés.

La France ayant clairement entamée une dynamique de réindustrialisation, l'intensité énergétique du PIB, dont nous avons vu qu'elle avait joué un rôle clé dans la diminution des émissions, va nécessairement diminuer moins vite, voire augmenter (impact sectoriel). Pour compenser, il sera alors nécessaire de réduire très fortement l'intensité carbone de l'énergie qui n'a en fait que très peu diminuée sur les 30 dernières années en Europe. Que ce soit par les énergies renouvelables ou l'énergie nucléaire, la décarbonation de l'énergie implique une plus large utilisation de l'électricité. L'électricité ayant un rendement énergétique plus faible que les énergies fossiles, cela affectera en retour négativement la composante de l'intensité énergétique du PIB (efficacité énergétique). De plus, nous serons alors toujours exposés au risque que la croissance du PIB efface les gains éventuels.

Il ne semble donc pas réaliste à ce jour d'espérer réindustrialiser le pays, tout en décarbonant nos sources d'énergie et en espérant une croissance économique soutenue. La promesse de la croissance verte fondée sur l'idée du découplage absolu semble extrêmement fragile, d'autant plus si l'on prend également en compte les émissions importées. Cela doit nous amener à considérer des choix plus drastiques sur ce que nous souhaitons produire et dans quelles quantités dans un cadre de sobriété choisie et planifiée plutôt que subie.

## 7. Bibliographie

- Haberl, H., Wiedenhofer, D., Virág, D., Kalt, G., Plank, B., Brockway, P., Fishman, T., Hausknost, D., Krausmann, F., Leon-Gruchalski, B., Mayer, A., Pichler, M., Schaffartzik, A., Sousa, T., Streeck, J., & Creutzig, F. (2020). A systematic review of the evidence on decoupling of GDP, resource use and GHG emissions, part II : Synthesizing the insights. *Environmental Research Letters*, 15(6), 065003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab842a>
- Le Quéré, C., Korsbakken, J. I., Wilson, C., Tosun, J., Andrew, R., Andres, R. J., Canadell, J. G., Jordan, A., Peters, G. P., & van Vuuren, D. P. (2019). Drivers of declining CO2 emissions in 18 developed economies. *Nature Climate Change*, 9(3), 213-217. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0419-7>
- Sadorsky, P. (2020). Energy Related CO2 Emissions before and after the Financial Crisis. *Sustainability*, 12(9), 3867. <https://doi.org/10.3390/su12093867>
- Tapio, P. (2005). Towards a theory of decoupling : Degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001. *Transport Policy*, 12(2), 137-151. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.01.001>
- Vadén, T., Lähde, V., Majava, A., Järvensivu, P., Toivanen, T., Hakala, E., & Eronen, J. T. (2020). Decoupling for ecological sustainability : A categorisation and review of research literature. *Environmental Science & Policy*, 112, 236-244. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.06.016>

## 8. Annexe : méthode de décomposition LMDI

La méthode Logarithmic Mean Divisia Index permet d'analyser le poids relatif des différentes composantes de l'évolution d'un paramètre donné. Dans notre cas, nous étudions l'évolution des émissions de CO2 et la décomposons selon l'équation de Kaya.

$$CO2 = \frac{CO2}{E} \times \frac{E}{PIB} \times \frac{PIB}{POP} \times POP$$

$\frac{CO2}{E}$  : contenu carbone de l'énergie.  $\frac{E}{PIB}$  : contenu énergétique du PIB.

$\frac{PIB}{POP}$  : PIB par habitant.  $CO2$  : Emissions de CO2.

$POP$  : Population.  $E$  : Energie disponible brute.

Pour simplifier les calculs nous attribuons des noms de variables spécifiques à chaque composante :

CCE : contenu carbone de l'énergie ; CCP : contenu carbone du PIB ; CPH : PIB par habitant ; CP : Population.

On obtient alors :  $CO2 = CCE \times CCP \times CPH \times CP$

La méthode LMDI avec une approche additive nous permet alors de transformer cette équation pour définir la variation des émissions de CO2 entre deux dates T1 et T2 sous la forme :

$$\Delta CO2 = \Delta CCE_{ef} + \Delta CCP_{ef} + \Delta CPH_{ef} + \Delta CP_{ef}$$

Avec :

$$\Delta CCE_{ef} = \left( \frac{CO2_{T2} - CO2_{T1}}{\ln CO2_{T2} - \ln CO2_{T1}} \right) \times \ln \left( \frac{CCE_{T2}}{CCE_{T1}} \right)$$

$$\Delta CCP_{ef} = \left( \frac{CO2_{T2} - CO2_{T1}}{\ln CO2_{T2} - \ln CO2_{T1}} \right) \times \ln \left( \frac{CCP_{T2}}{CCP_{T1}} \right)$$

$$\Delta CPH_{ef} = \left( \frac{CO2_{T2} - CO2_{T1}}{\ln CO2_{T2} - \ln CO2_{T1}} \right) \times \ln \left( \frac{CPH_{T2}}{CPH_{T1}} \right)$$

$$\Delta CP_{ef} = \left( \frac{CO2_{T2} - CO2_{T1}}{\ln CO2_{T2} - \ln CO2_{T1}} \right) \times \ln \left( \frac{CP_{T2}}{CP_{T1}} \right)$$