



# Stratégies énergie – climat en Europe

## Analyse comparative

Pierre Coppalle

# Avant-Propos

Bertrand Château

L'importance de la comparaison entre pays pour évaluer les performances énergétiques nationales s'est imposée de longue date. Elle a notamment conduit à la création de la base de données énergétiques Enerdata dans les années '80, et quelques années plus tard à celle d'Odyssee, spécialisée sur les consommations énergétiques en Europe.

Consciente de l'importance d'une telle comparaison dans le processus d'évaluation des politiques énergétiques en Europe, et grâce au soutien de la *Fondation Charles Léopold Meyer pour le Progrès de l'Homme*, Global Chance a pu recruter en 2022 un stagiaire en dernière année de l'INSA, Pierre Copalle, pour une durée de 6 mois, pour mener à bien ce travail de comparaison.

La mission confiée à Pierre Copalle, sous ma supervision, a été axée sur la question des consommations et des mix énergétiques, et s'est déroulée en deux temps.

- D'abord une analyse statistique des évolutions comparées des pays européens retenus, sur la base de statistiques très détaillées mises à disposition gracieusement par la société Enerdata sas (qu'elle en soit ici remerciée !), et dont la fiabilité n'est plus à démontrer.
- Ensuite une analyse comparative des politiques énergétiques menées par ces différents pays, et le raccordement de ces politiques avec les évolutions quantitatives mises en évidence dans l'analyse statistique.

Chacun de ces deux temps a donné lieu à la production d'un rapport. Ces deux rapports ayant chacun leur logique propre, ils ont constitué jusqu'à maintenant des entités autonomes, bien qu'ils soient fortement articulés entre eux. On a choisi de les présenter ici, sur le site de Global Chance, de façon regroupée, de façon à permettre au lecteur de disposer de l'ensemble de l'information nécessaire à l'évaluation comparée des politiques énergétiques nationale au sein de l'Europe.

Je ne saurai terminer sans remercier Pierre Coppalle pour la qualité du travail qu'il a accompli dans ce court laps de temps alors qu'il était encore largement néophyte sur ces matières au début de son stage, et pour l'enthousiasme qu'il a constamment manifesté pour ce sujet.



## Table des matières

PARTIE 1 : Analyse statistique comparée des évolutions énergétiques.....	6
INTRODUCTION ET METHODOLOGIE .....	7
L'EUROPE SCANDINAVE.....	9
Introduction.....	9
Analyse des mix énergétiques : .....	11
Rendement du système énergétique : .....	13
Intensité énergétique des économies et place de l'industrie : .....	14
Analyse de la consommation finale : .....	15
La consommation électrique .....	16
Le transport : .....	17
Le logement : .....	17
Les émissions de CO <sub>2</sub> : .....	19
L'EUROPE DU SUD .....	22
Introduction.....	22
Analyse des mix énergétiques : .....	24
Rendement des systèmes énergétiques : .....	24
Intensité énergétique des économies et place de l'industrie : .....	26
Analyse de la consommation finale : .....	27
La consommation électrique : .....	28
Le transport : .....	28
Le logement : .....	29
Les émissions de CO <sub>2</sub> : .....	30
L'EUROPE CENTRALE.....	32

Introduction.....	32
Analyse des mix énergétiques :.....	34
Rendement du système énergétique : .....	35
Intensité énergétique des économies et place de l'industrie : .....	35
Analyse de la consommation finale :.....	37
La consommation électrique .....	38
Le transport :.....	39
Le logement : .....	39
Les émissions de CO <sub>2</sub> : .....	41
<b>L'EUROPE DU NORD</b> .....	<b>41</b>
Introduction.....	42
Analyse des mix énergétiques :.....	44
Rendement du système énergétique : .....	45
Intensité énergétique des économies et place de l'industrie : .....	46
Analyse des consommations finales : .....	47
La consommation électrique : .....	49
Le transport :.....	50
Le logement : .....	50
Les émissions de CO <sub>2</sub> : .....	52
Tables des figures : .....	54
<b>PARTIE 2 : Analyse comparée des politiques énergétiques.....</b>	<b>56</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>57</b>
<b>L'ORGANISATION POLITIQUE DES PAYS AU REGARD DE L'ENERGIE.....</b>	<b>58</b>
Le régime politique.....	58
Institutions, réseaux de distribution et rôle des entreprises dans le secteur de l'énergie : .....	59
L'Union Européenne .....	62
Résumé de la partie I.....	63
<b>CHRONOLOGIE DES FAITS MARQUANTS EN MATIERE DE POLITIQUE ENERGETIQUE</b> .....	<b>64</b>
1974 – 1990 : le défi de l'indépendance énergétique .....	64
Les années 1990 : la fin du communisme et la construction de l'Union Européenne .....	67
2000 – 2019 : l'Union Européenne a-t-elle une politique énergétique ? .....	67
1990 - 2008 : la prise de conscience .....	69
2008-2012 : l'heure des plans.....	71
2012-2019 : Mettre en place la transition : taxes, subventions et nouvelles ambitions .....	72
Résumé.....	74
<b>GOUVERNANCES LOCALES DE L'ENERGIE</b> .....	<b>76</b>

Frederikshavn : montrer le chemin vers le 100% renouvelable .....	76
Francofort : planifier la neutralité carbone à l'échelle d'une région métropolitaine de près de 6 millions d'habitants .....	79
Grenoble : impliquer les citoyens dans la transition énergétique .....	80
Plymouth : lutter contre la précarité énergétique tout en développant les énergies renouvelables	81
Porto : la communauté énergétique .....	82
Résumé.....	84
<b>POLITIQUES ENERGETIQUES ET MIX ENERGETIQUES .....</b>	<b>85</b>
Le mix primaire.....	85
La sortie du charbon .....	88
Les mutations du mix électrique .....	90
La chaleur de réseau .....	92
La production de la chaleur de réseau : la cogénération.....	92
L'organisation des réseaux électrique et de chaleur : .....	94
Le mix d'énergie finale.....	101
Résumé.....	102
<b>POLITIQUES ENERGETIQUES ET EFFICACITE ENERGETIQUE .....</b>	<b>103</b>
Les économies d'énergie au niveau national.....	103
L'industrie.....	104
Le transport routier.....	106
Les bâtiments.....	110
Les consommations finales par habitant : .....	120
Résumé.....	121
<b>POLITIQUES ENERGETIQUES ET EMISSIONS DE CO<sub>2</sub> .....</b>	<b>122</b>
Emissions de CO <sub>2</sub> et mix énergétiques .....	122
Emission de CO <sub>2</sub> par secteur économique .....	123
Emissions de CO <sub>2</sub> par habitant .....	125
Imports et exports d'électricité .....	125
Atteinte des objectifs européens .....	127
Résumé.....	129
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>130</b>
Quels pays sont les mieux positionnés pour la transition énergétique ? .....	130
Quelle transition pour la France ?.....	131
<b>BIBLIOGRAPHIE : .....</b>	<b>133</b>



## PARTIE 1 : Analyse statistique comparée des évolutions énergétiques

## INTRODUCTION ET METHODOLOGIE

Nous avons choisi les principaux pays européens pour analyser et comparer leurs mix énergétiques. Pour cela, nous les avons regroupés en quatre groupes de pays similaires (Europe du Nord, Europe centrale, Europe de l'Est, Europe du Sud). Pour chacun des quatre groupes de pays, nous suivrons la structure suivante, en affichant et en commentant les graphiques détaillés ci-dessous :

Introduction : pourquoi ces pays sont-ils comparables ?

- PIB par habitant (k€)

Comparaison des mix énergétiques :

- Mix primaire (%)
- Mix final (%)
- Répartition de l'énergie finale (MTEP)
- Mix électrique (%)
- Rendement énergétique

Intensité énergétique des économies et place de l'industrie :

- Part de l'industrie dans la consommation finale (%)
- Intensité énergétique finale (TEP/k€)

La consommation d'énergie finale

- Consommation finale des pays en fonction du temps (MTEP)
- Consommation d'énergie finale par habitant, avec et sans l'industrie (TEP) (1990 et 2019)
- Consommation d'électricité par habitant, (1990 et 2019)

Le transport :

- Consommation finale par habitant pour le transport routier (TEP) (1990 et 2019)

Le logement :

- Consommation par logement et degré-jour (TEP et degrés-jours)
- Mix final pour le chauffage en 1995 et 2018 (%) (1990 et 2019), rendement moyen d'usage

Les émissions de CO<sub>2</sub> :

- Emission de CO<sub>2</sub> par habitant avec sans l'industrie (tCO<sub>2</sub>) (1990 et 2019)
- Origine des émissions de CO<sub>2</sub> (tCO<sub>2</sub>)

**Remarques préliminaires sur les unités utilisées :**

Différents indicateurs sont utilisés dans ce rapport.

**Les énergies :**

Elles sont exprimées soit en tonnes équivalent pétrole (TEP), ou en wattheures (Wh).

**Le PIB :**

On exprimera le produit intérieur brut (PIB) en euros de 2015 en parité de pouvoir d'achat

**Le degré-jour :**

C'est une unité qui représente l'écart entre une température donnée (18°C ici) et la température mesurée dans un pays, sur une période donnée. Ici les degrés-jours sont une moyenne sur la période 2010-2020.

**Le rendement d'usage :**

Ce rendement est utilisé pour quantifier l'efficacité d'une énergie à être convertie en chaleur. On prend les valeurs suivantes : 1 pour l'électricité, 0.9 pour la chaleur, 0.6 pour le gaz, 0.5 pour le pétrole et le charbon et 0.3 pour le bois.

**Comment lire les mix énergétiques :**

Dans ce rapport, nous afficherons des mix énergétiques primaires, électriques et finaux.

Deux rubriques méritent d'être expliquées :

Dans le mix primaire, la rubrique « Chaleur » fait référence à la chaleur géothermique et solaire, tandis que la rubrique « Solaire, géothermique, marées » fait référence à l'électricité primaire.



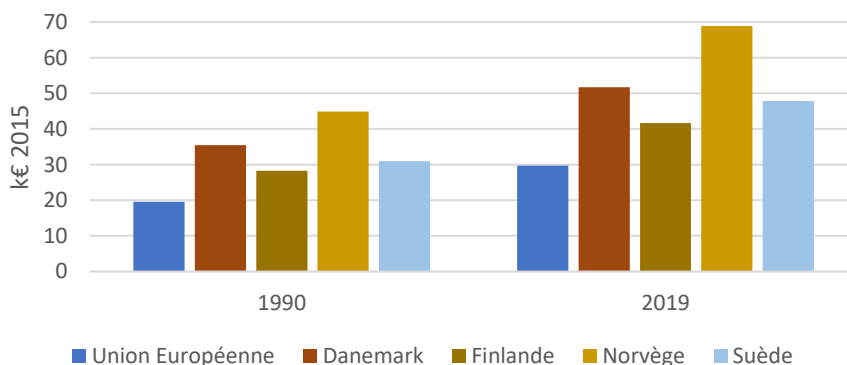
## L'EUROPE SCANDINAVE

2019	Danemark	Finlande	Norvège	Suède
Population	5 830 000	5 527 000	5 353 000	10 303 000
PIB/habitant (€2015)	51 600	41 600	68 800	47 800

### Introduction

Nous allons commencer par analyser les pays scandinaves, c'est-à-dire la Suède, la Norvège, la Finlande et le Danemark. Ces pays sont intéressants à comparer : ils sont très proches en termes de développement économique et humain. La figure du PIB par habitant, présenté ci-dessous, montre que ces pays sont plus riches que la moyenne européenne, et que la Norvège est le pays le plus riche de la liste. De plus, leur PIB a augmenté de manière importante depuis les années 90.

Figure 1 : PIB par habitant, pays scandinaves



Leurs populations sont proches, même si la Suède est deux fois plus peuplée que les 3 autres pays, qui ont tous 5 millions d'habitants. Les variations de population depuis 1990 sont similaires (+10% Finlande, +12% Danemark, + 21% Norvège, + 17% Suède).

Il est également important de regarder la situation géographique de ces pays.

Les 4 pays ont en commun un climat froid. Pour mieux les comparer, on peut parler en degré-jours : la Norvège est à 3600° et le Danemark à 3200°, mais la Suède et la Finlande sont au-dessus de 5100°. Ces deux derniers pays sont donc plus froids et ont donc plus besoin de chauffer leur logement pour les maintenir à une même température.

En revanche, ces pays ont à leur disposition des ressources différentes. La Norvège a un niveau exceptionnel de de ressource hydroélectrique, et elle a su investir massivement tout le long du XXe siècle pour l'exploiter. La Suède exploite elle aussi ses importantes ressources hydroélectriques, mais la Finlande et surtout le Danemark ont un accès bien moindre à cette ressource.

De plus, la Norvège a de grandes ressources en hydrocarbures : c'est le premier producteur gazier d'Europe. Cette ressource est à l'origine de la prospérité exceptionnelle du pays depuis un demi-siècle, mais elle est très peu utilisée sur place, comme on va le voir. Les ressources de la mer du Nord permettent aussi au Danemark de subvenir à ses besoins en gaz.

Finalement, la mer du Nord est aussi propice à l'exploitation de l'énergie éolienne, exploitée différemment selon les pays.

Figure 2 : Mix primaire, pays scandinaves, 2019

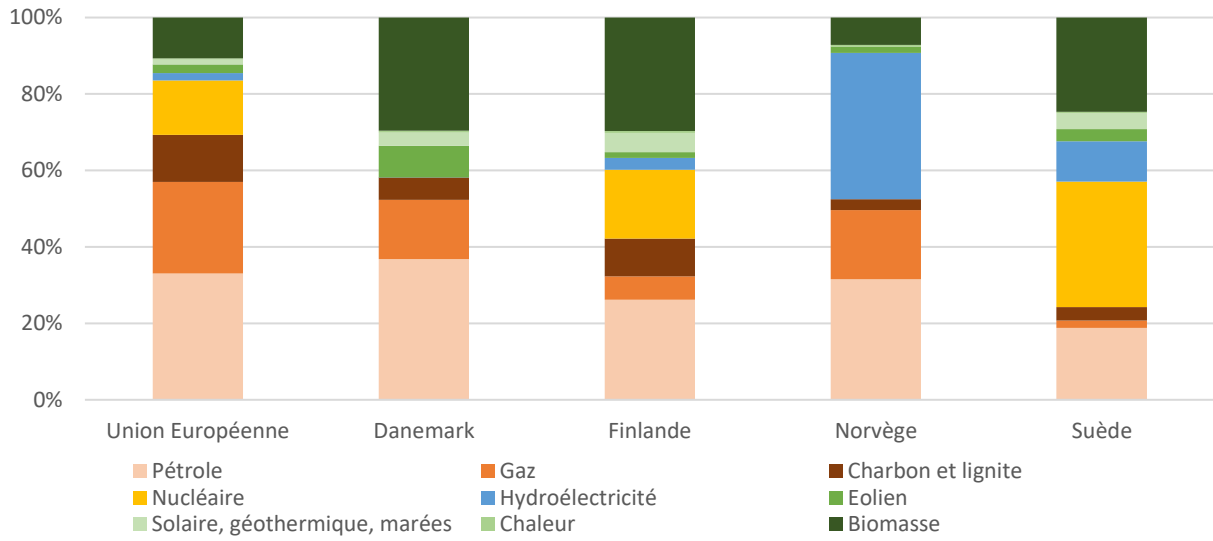


Figure 3 : Répartition de l'énergie finale, pays scandinaves, 2019

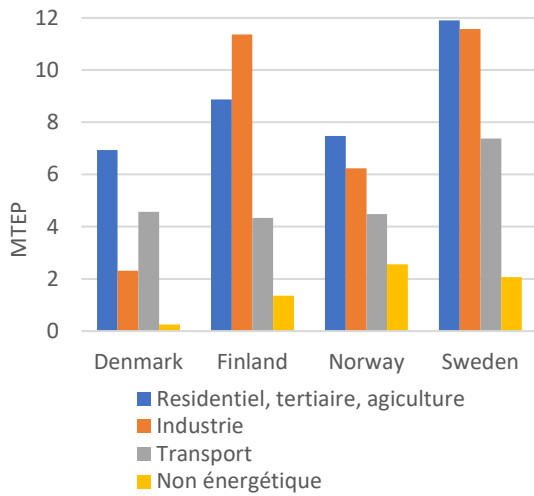


Figure 4 : Mix final, pays scandinaves, 2019

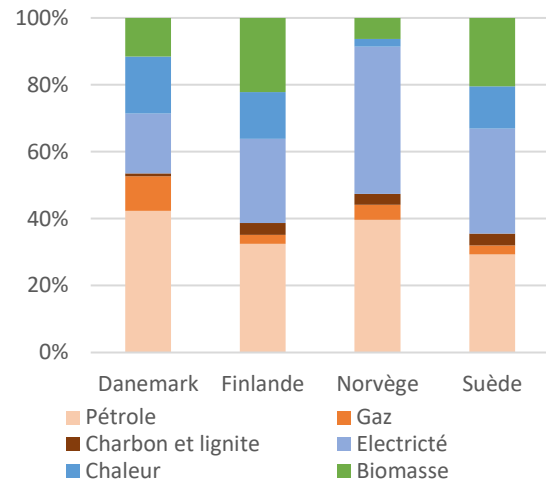
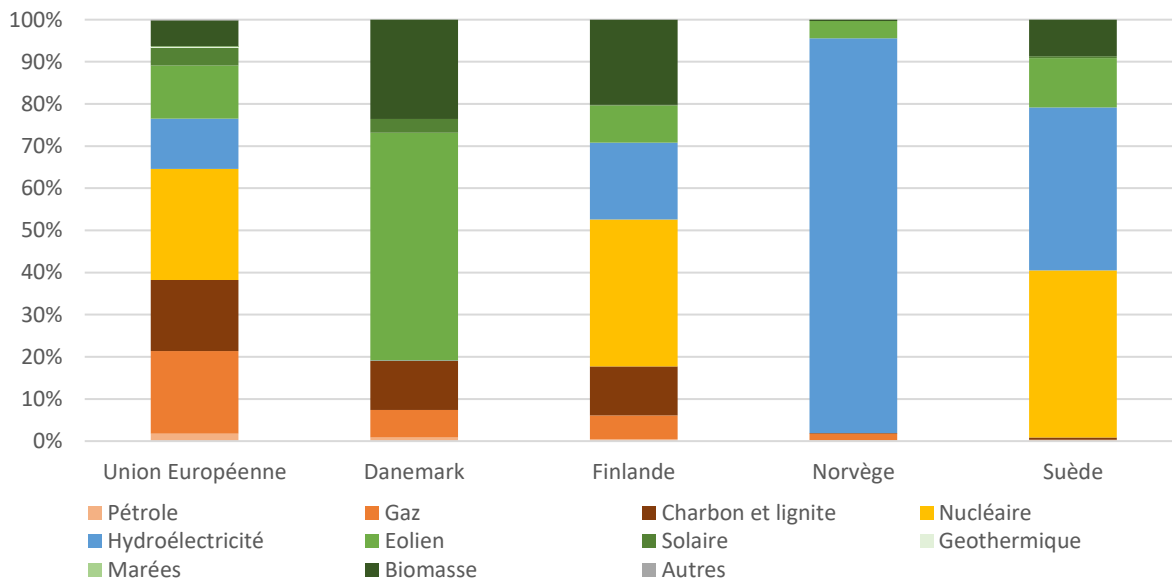


Figure 5 : Mix électrique, pays scandinaves, 2019



## Analyse des mix énergétiques :

Nous pouvons faire quelques commentaires sur les mix primaire et final dans ces pays.

Dans l'ensemble, quelques tendances se détachent. Dans le mix primaire, le charbon est très minoritaire, alors que la biomasse a une grande importance, sauf en Norvège. Ces pays utilisent également peu de gaz dans le mix final. Leurs degrés d'électrification sont différents, mais dans tous les cas, l'électricité est majoritairement produite à partir d'énergie renouvelable ou nucléaire. En dehors de ces points communs, on peut faire des distinctions entre ces pays.

D'abord, la Norvège est à très électrifiée (plus de 45% de l'énergie finale) et son électricité provient entièrement de ses barrages. Ceux-ci produisent tant que l'électricité est exportée. On voit déjà que les ressources gazières de la Norvège n'ont que peu d'incidence directe sur son mix énergétique : l'électricité n'est pas produite à partir de centrales gazières, et dans le mix primaire, le gaz a une part inférieure à la moyenne européenne, bien qu'il soit néanmoins utilisé notamment pour la production de chaleur.

La Finlande et la Suède sont aussi très électrifiées, à hauteur de 30% environ, et cette électricité provient pour moitié environ de centrales nucléaires. Il y a huit réacteurs actifs répartis sur trois centrales en Suède, et cinq réacteurs dans deux centrales en Finlande. Les deux pays ont aussi une part importante de la biomasse dans l'énergie finale.

Des différences existent dans le mix de ces deux pays. La Finlande produit une partie de son électricité à partir du charbon, importé de Russie et de Pologne, mais cette part est en nette diminution. La Suède dépend très peu du pétrole : il compte pour environ 30% de son mix final, alors que la moyenne de l'UE est au-dessus de 40%. Ce pays exploite aussi des barrages, qui lui fournissent l'autre moitié de son électricité. La Finlande a aussi de l'hydroélectricité mais à un niveau moindre.

Le Danemark est différent : ce pays est moins électrifié (20% de son énergie finale). Sur les 30 dernières années, la production d'électricité a changé : le charbon a quasiment disparu et le gaz a diminué, bien qu'il conserve une place dans le mix final. L'éolien a pris le relais. Surtout, la consommation d'électricité a diminué. La biomasse a également une place importante dans le mix final.

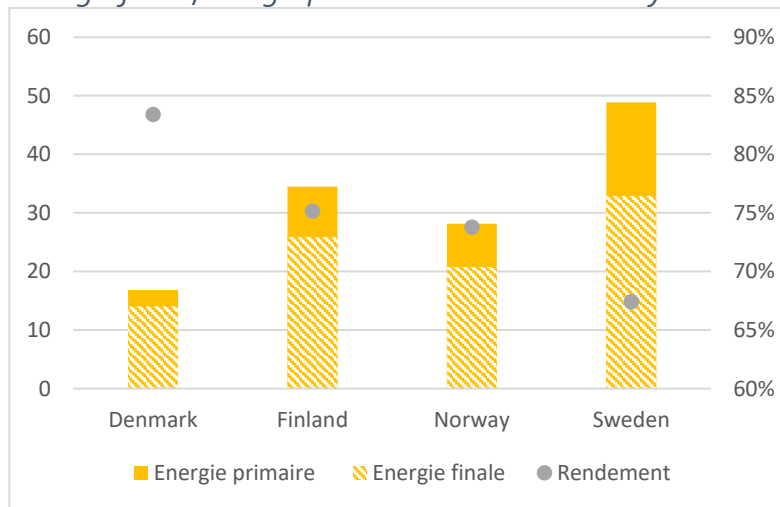
D'autre part, il est important de noter que la Suède, le Danemark et la Finlande font un usage important de la chaleur de réseau par rapport à la moyenne européenne. La chaleur de réseau en tant qu'énergie finale peut venir de diverses sources, visibles dans le mix primaire. Il en va ainsi du gaz, qui apparaît dans le mix primaire pour le Danemark et la Norvège, bien que là aussi il diminue. Le gaz apparaît aussi, avec une moindre importance, dans le mix final du Danemark, probablement pour le chauffage en usage final. Enfin, les pays scandinaves font un usage important et croissant de la biomasse dans le mix primaire, bien que ce soit moins marqué pour la Norvège. La biomasse primaire est en effet considérée comme un moyen neutre en carbone de produire de la chaleur de réseau.

## Rendement du système énergétique :

Le rapport de l'énergie finale divisée par l'énergie primaire pour un pays donne le rendement du système énergétique. Ce rendement est plus proche de 1 pour les énergies les moins transformées (fuels) et plus bas pour les plus transformées, notamment l'électricité. Ce rendement n'est pas à lui seul un indicateur d'efficacité énergétique mais il peut donner certains indices.

Ici, le Danemark a logiquement le meilleur rendement (83%) car il utilise peu d'électricité et beaucoup de sources « directes » (gaz final, biomasse finale). La Norvège est très électrifiée, donc son rendement est plutôt bas. Pourtant la Suède est moins électrifiée et elle a un rendement (67%) moins bon que la Norvège : cela est dû au mauvais rendement de la production d'électricité nucléaire, qui dissipe beaucoup de chaleur lors de la production d'électricité. La Finlande a un rendement un peu meilleur que la Norvège, alors qu'elle est beaucoup moins électrifiée.

Figure 6: Energie finale, énergie primaire et rendement du système énergétique

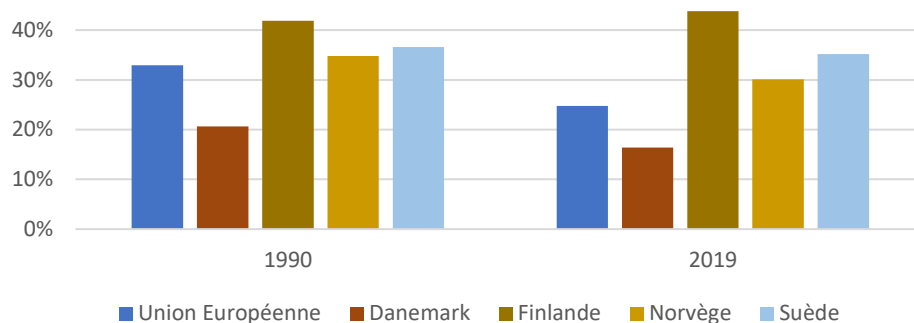


## Intensité énergétique des économies et place de l'industrie :

En 2019, d'après la Banque Mondiale l'industrie représente un peu plus de 20% PIB pour ces pays, sauf la Norvège pour qui ce pourcentage s'élève à 28%.

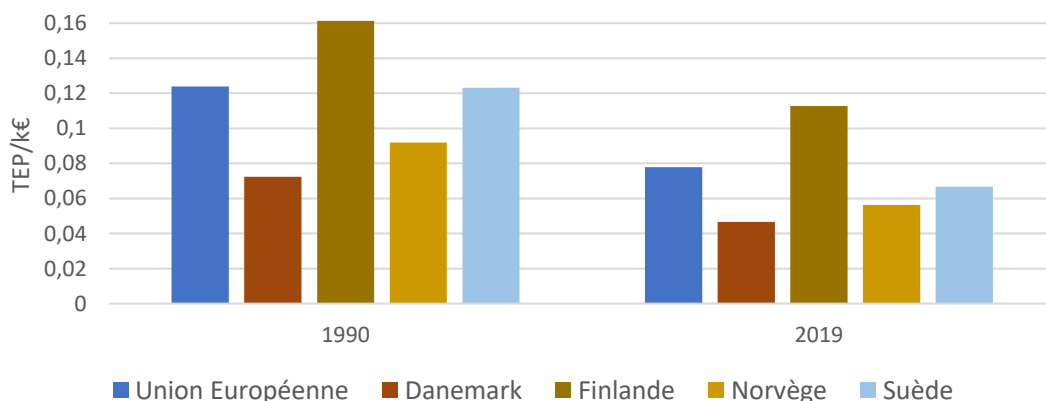
L'industrie au Danemark consomme, en proportion, moins d'énergie que celle des autres pays scandinaves : en 2019, la Finlande, la Norvège et la Suède utilisent respectivement 44 ; 30 et 35% de leur énergie finale pour alimenter leurs industries. Pour le Danemark, cette proportion est de 16%, comme on le voit sur la figure ci-dessous. Cela ne veut pas dire que l'industrie au Danemark a une importance moindre pour son économie, au contraire. Elle est simplement moins consommatrice en énergie, soit parce qu'elle est de nature différente (industrie « de pointe »), soit parce qu'elle est plus efficace énergétiquement. La Finlande, au contraire, utilise une part importante de son énergie pour l'industrie.

Figure 7 : Pourcentage de l'industrie dans l'utilisation de l'énergie finale, pays scandinaves



L'intensité énergétique, qui désigne la quantité d'énergie utilisée pour une quantité de PIB (ici, 1000€ de PIB, équivalent 2015), est un indicateur de l'efficacité énergétique de l'économie d'un pays. La figure ci-dessous montre cet indicateur pour les pays scandinaves : on peut voir que l'intensité baisse entre 1990 et 2019, comme dans toute l'Europe, preuve d'une meilleure efficacité énergétique. L'intensité reste élevée pour la Finlande, et est particulièrement basse pour le Danemark. Ceci est en partie une conséquence de la faible consommation énergétique de l'industrie danoise.

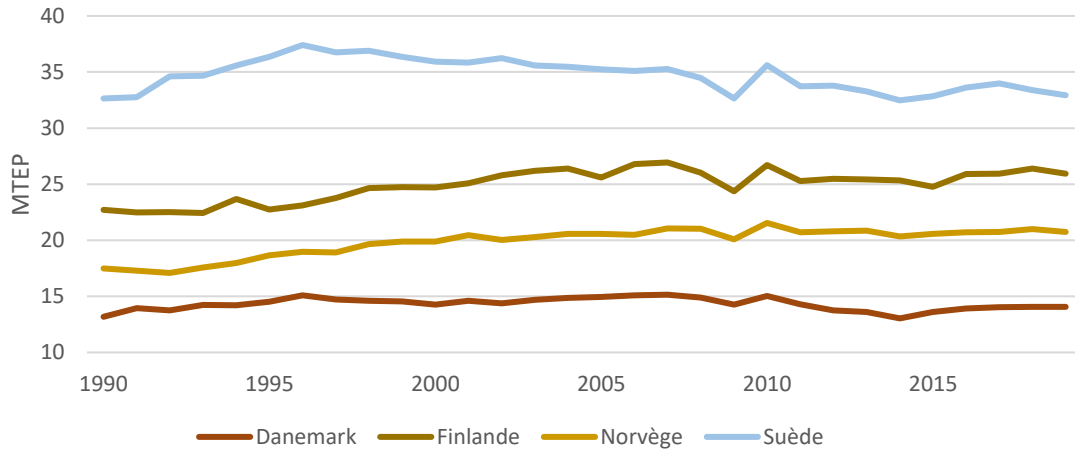
Figure 8 : Intensité énergétique finale, pays scandinaves



Nous allons à présent regarder en détail la consommation finale.

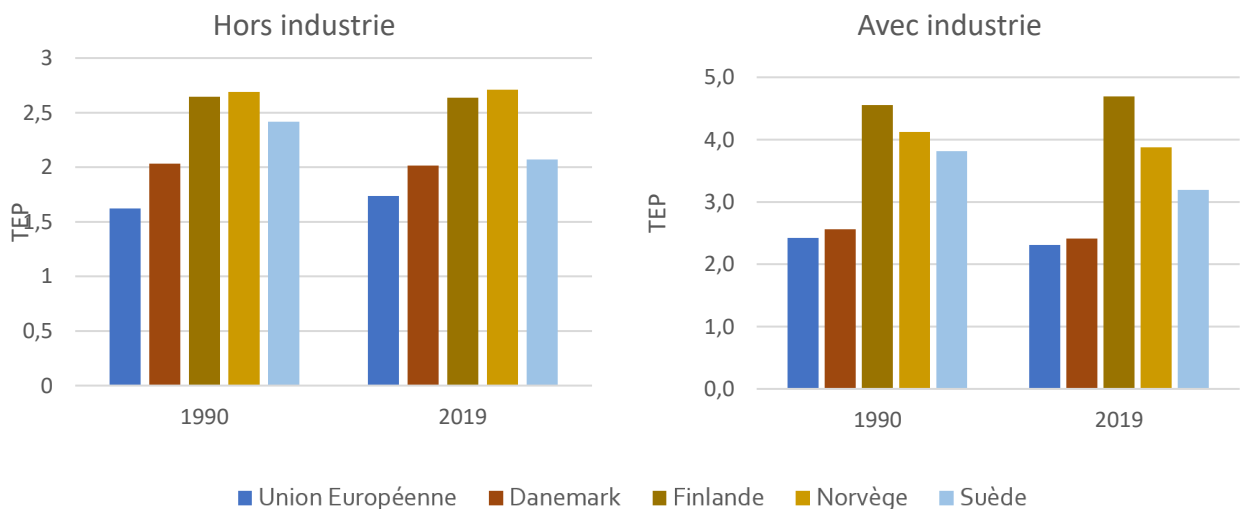
## Analyse de la consommation finale :

Figure 9 : Evolution de la consommation finale des pays scandinaves



Sur la figure ci-dessus, on peut voir la consommation finale des pays scandinaves depuis 1990. La tendance est à la hausse en Finlande (+17% en 30 ans) et en Norvège (+18%). Au Danemark et en Suède, la consommation finale augmente dans la première moitié des années 90, avant de baisser jusqu'en 2019. Il est intéressant de ramener cette consommation au nombre d'habitants de ces pays.

Figure 10 : Consommation finale par habitant, avec et sans industrie, pays scandinaves



La figure ci-dessus, à droite, montre la consommation d'énergie finale rapportée au nombre d'habitants. La consommation est nettement plus faible pour les Danois, et la tendance est à la baisse depuis 2005 pour tous les pays scandinaves sauf la Finlande, qui stagne. Il faut cependant se rappeler que la part de l'énergie consacrée à l'industrie au Danemark est faible comparativement aux autres pays : c'est la première raison qui permet d'expliquer pourquoi sa consommation finale par habitant est si faible.

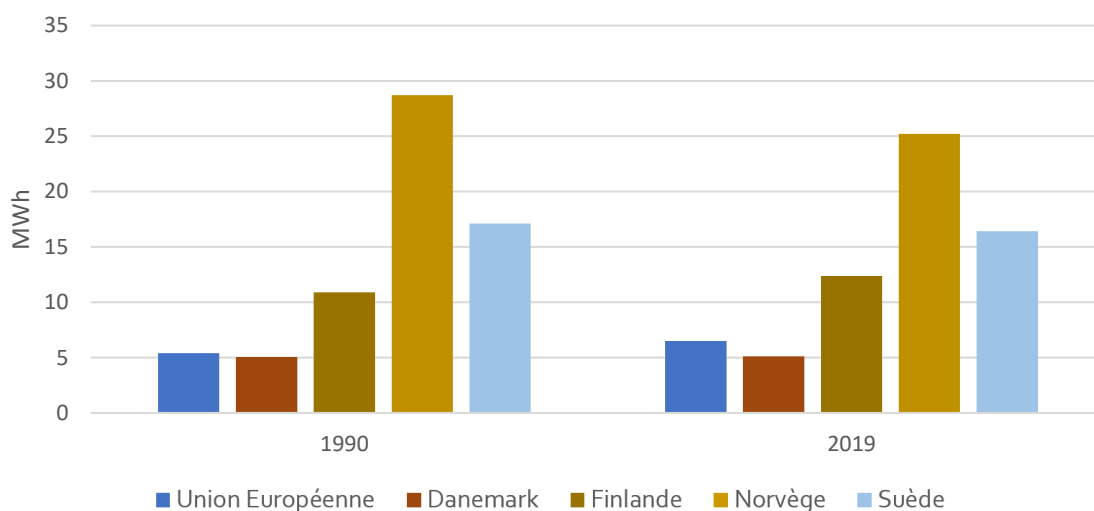
Il est donc important de regarder la consommation par habitant en excluant l'industrie avant de tirer des conclusions relatives à l'efficacité énergétique. La figure ci-dessus, à gauche, montre la consommation finale par habitant en enlevant l'énergie finale consommée par l'industrie.

Dans ce cas, la différence entre le Danemark et les autres pays est moins grande mais elle existe toujours. Il est important ici de noter que les consommations de la Finlande et de la Suède sont stables entre 1990 et 2019, supérieures à 2.5 TEP, et la consommation du Danemark est aussi stable à un niveau plus bas (2 TEP). Seule la Suède a une dynamique décroissante : elle passe de 2.5 à 2 TEP en 30 ans, rejoignant le Danemark.

On peut conclure que la faible consommation du Danemark ne s'explique pas uniquement par sa faible industrie. La Suède est la seule à suivre une trajectoire de diminution de consommation, au contraire des deux autres pays. A présent, regardons plus spécifiquement la consommation d'électricité par habitant, qui présente elle aussi des différences entre les pays.

## La consommation électrique

Figure 11 : Consommation électrique par habitant, pays scandinaves



Il est intéressant de regarder la consommation électrique par habitant ainsi que son évolution sur les 30 dernières années. Cette consommation électrique suit des dynamiques différentes selon les pays.

Commençons par noter que la Norvège a un niveau de consommation électrique par habitant (plus de 25 MWh) bien supérieur à ses homologues, ce qui est cohérent avec l'importance de son électricité dans le mix final remarquée plus haut.

La Suède et la Finlande sont à un niveau de consommation électrique proche en 2019, mais suivent des dynamiques différentes. La consommation par habitant hors industrie en Finlande a augmenté d'un tiers depuis 1990, tandis qu'en Suède elle a légèrement baissé.

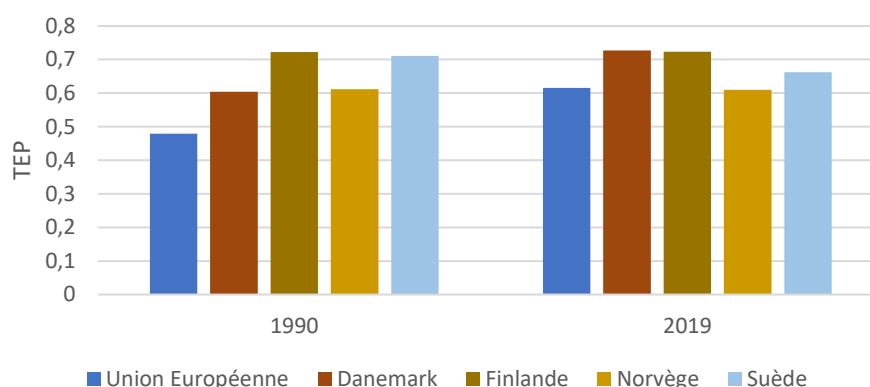
Au Danemark, la consommation électrique par habitant est à un niveau beaucoup plus faible (5 MWh), et elle est en légère baisse depuis 1990. Par ailleurs, on peut déjà constater que la faible consommation électrique du Danemark par rapport aux 3 autres pays ne s'explique pas entièrement par l'électrification des usages : comme on l'a vu plus haut, sa consommation finale par habitant est également plus basse. Pourtant la plus faible efficacité énergétique des combustibles par rapport à l'électricité aurait dû conduire à une consommation finale par habitant plus élevée.

Le Danemark semble donc consommer moins d'énergie sans électrifier ses usages. A l'inverse, la consommation par habitant de la Norvège est la plus élevée, quand bien même son taux d'électrification de la demande est de très loin le plus élevé, ce qui paraît également contradictoire. Nous allons à présent voir si ces différences de consommation s'expliquent par des différences dans les consommations liées au transport ou aux logements, principaux postes de consommation énergétique.



## Le transport :

Figure 12 : Consommation finale par habitant pour le transport routier, pays scandinaves



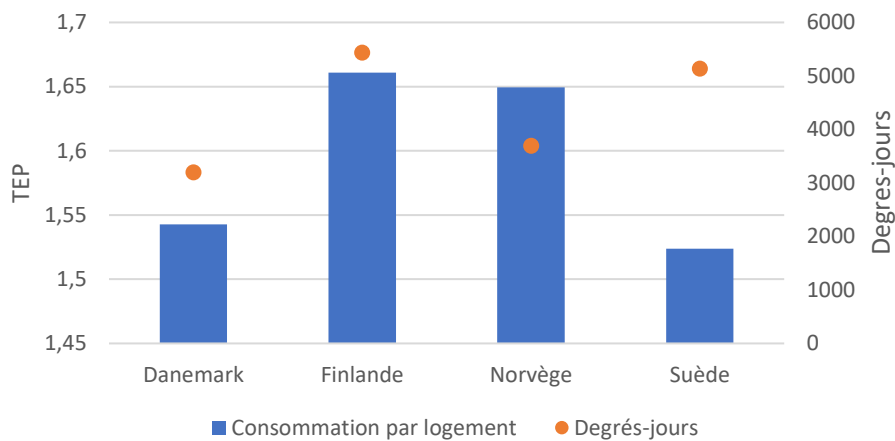
La figure ci-dessus montre la consommation par habitant pour le transport routier, qui constitue l'essentiel de la consommation énergétique due aux transports. Cette consommation est très proche dans les 4 pays scandinaves, malgré la différence de superficie entre le Danemark et les autres. La faible consommation finale par habitant du Danemark constatée plus haut ne peut donc pas s'expliquer par le secteur des transports.

## Le logement :

Pour essayer de comprendre la différence de consommation par habitant entre ces pays (hors industrie et transport), on peut se pencher sur la structure des logements et le climat. La valeur de degrés-jours pour chaque pays permet de donner une idée de l'influence du climat sur la consommation des logements. Ici, le Danemark et la Norvège semblent avoir un climat moins froid (entre 3 et 4000 degrés-jours) que la Suède et la Finlande, qui sont au-dessus de 5000 degrés-jours. La Finlande est le pays ayant le climat le plus défavorable.

Quand on regarde la consommation finale par logement, les 4 pays sont au-dessus de la moyenne de l'UE, ce qui est logique au vu de leur climat. Il existe cependant des différences importantes au sein de ce groupe. La figure ci-dessous montre les consommations finales par logement comparées avec les degrés-jours, qui permettent de se rendre compte des différences de climat.

Figure 13 : Consommation finale par logement et degré-jour, pays scandinaves, 2018



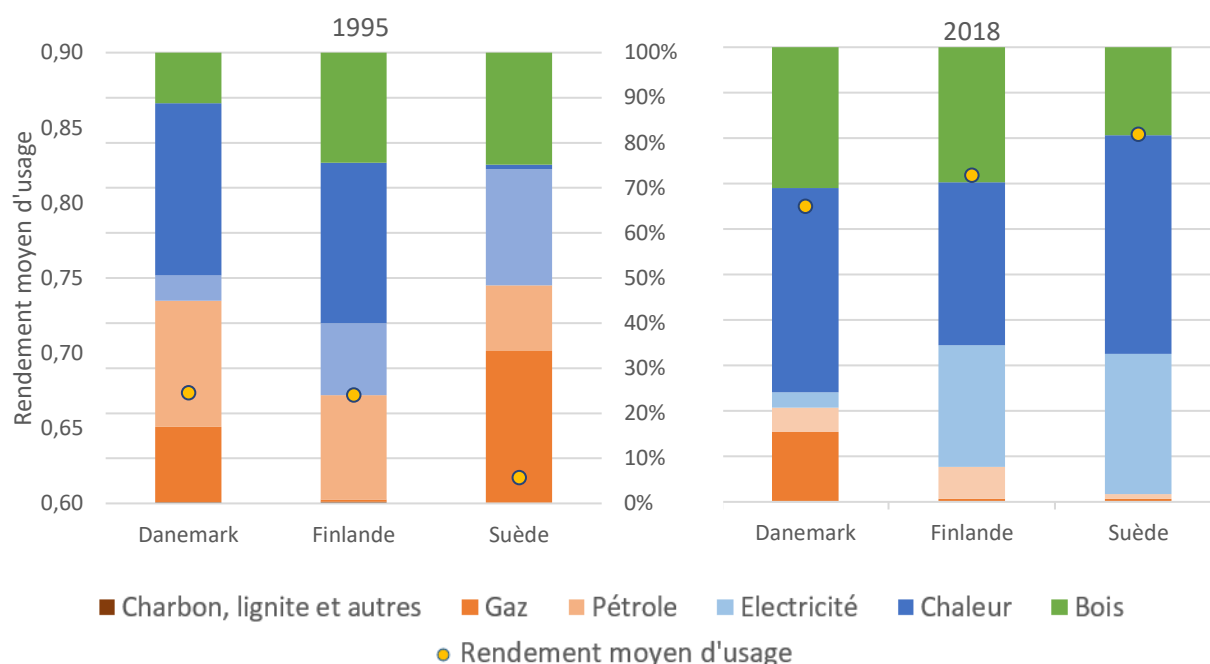
La Finlande et la Norvège sont ceux qui ont le niveau de consommation le plus haut. La Suède, malgré son climat, présente la consommation la plus basse. Le Danemark a un niveau de consommation proche de la Suède.

Généralement, les logements collectifs sont plus efficaces énergétiquement que les logements individuels, grâce à leur surface moyenne plus petite et leurs déperditions thermiques moindres, indépendamment de l'isolation du logement. La Suède et la Finlande sont les pays qui ont le moins de logements collectifs parmi les pays scandinaves, ils sont proches de la moyenne de l'UE à 46%. Le Danemark et la Norvège ont environ 60% de logements collectifs. Cependant, la Suède consomme bien moins pour chaque logement, suggérant une meilleure efficacité.

Nous constatons que le Danemark a une consommation par logement similaire à celle de la Suède autour de 1.55 TEP par logement et par an, le Danemark a néanmoins un climat plus doux, il a donc moins besoin de chauffer. Le logement explique donc, au moins en partie, les différences constatées sur la consommation finale par habitant.

La consommation des logements peut aussi être expliquée par l'énergie utilisée pour le chauffage, qui est montrée ci-dessous. Nous n'avons pas de données pour la Norvège, mais on peut supposer en regardant le mix final que la consommation des logements est fortement électrifiée. Les énergies utilisées pour le chauffage sont montrées pour les années 1995 et 2018, afin de comparer les évolutions des pays. Le rendement moyen d'usage est aussi montré pour distinguer pour permettre d'identifier les énergies les plus efficaces pour chauffer (voir définitions au début).

Figure 14 : Mix des énergies finales pour le chauffage, pays scandinaves



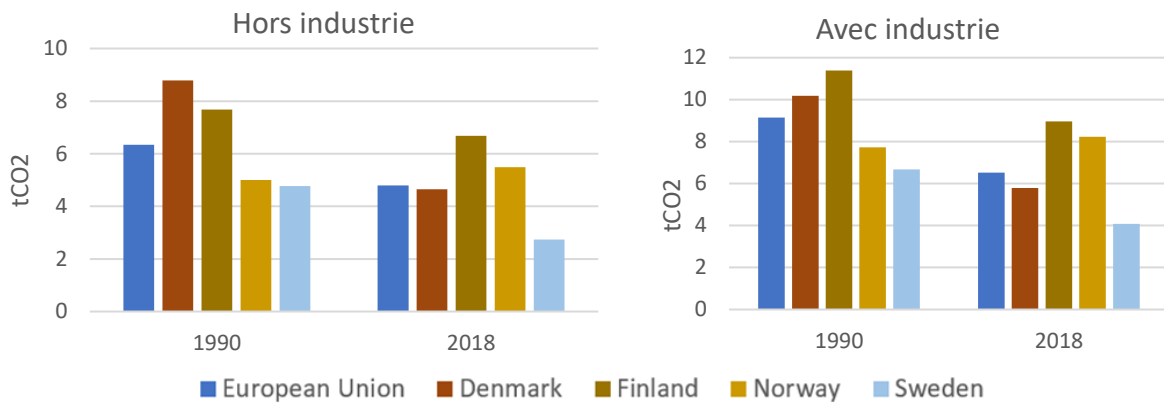
Il est intéressant de constater l'usage important de la chaleur dans les 3 pays scandinaves pour chauffer les logements. La chaleur, déjà importante en 1995, a contribué, avec l'électricité, à remplacer le gaz et le pétrole. Cela s'est traduit par une augmentation du rendement d'usage, car la chaleur et l'électricité sont des énergies très efficaces pour le chauffage. En 2018, l'électricité compte pour environ un quart de la consommation de la Suède et de la Finlande. Avec un rendement d'usage fixé à 1, cette énergie est la plus efficace pour chauffer. Le Danemark n'y a presque pas recours : cela explique que son rendement d'usage soit le plus bas des 3 pays étudiés pourtant il ne consomme pas plus d'énergie pour le chauffage, comme on l'a vu précédemment. Cette constatation nous amène à conclure que le Danemark est plus efficace que les autres pays scandinaves pour ce qui est du chauffage des logements, car il parvient à se passer d'électricité sans provoquer de surconsommation. La Suède, en recourant à l'électricité, arrive aussi à une faible consommation finale pour le logement.

Le Danemark et la Suède semblent donc avoir un parc de logements plus efficace que leurs homologues scandinaves. Cela peut en partie expliquer leur consommation d'énergie finale par habitant moins importante que les autres pays.

Nous allons à présent regarder si cette efficacité s'accompagne de progrès au niveau des émissions de CO<sub>2</sub>.

### Les émissions de CO<sub>2</sub> :

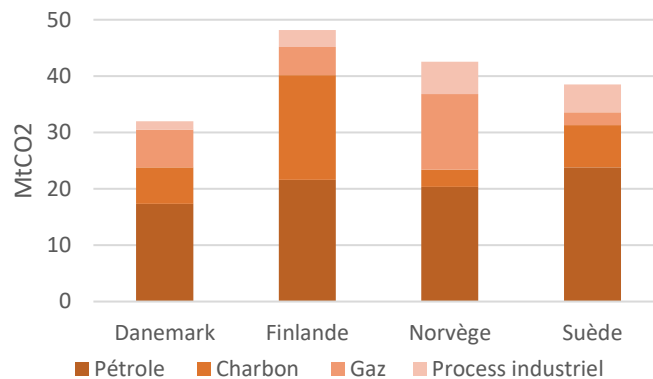
Figure 15 : Emissions de CO<sub>2</sub> par habitant, avec et sans industrie, pays scandinaves



La figure ci-dessus, sur la gauche, montre les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant. La tendance générale est à la baisse, mais on peut noter que les émissions de la Norvège augmentent entre 1990 et 2018, cela est dû à l'augmentation de la consommation de gaz, bien qu'elle reste marginale.

La Finlande est le pays qui émet le plus de CO<sub>2</sub> par habitants en 2018, cela est dû à la part du charbon dans la production d'électricité, comme on le voit sur la figure ci-dessous montrant l'origine des émissions de CO<sub>2</sub>. Cette part est cependant en forte baisse.

Figure 16 : Origine des émissions de CO<sub>2</sub>, pays scandinaves, 2018



La baisse des émissions de CO<sub>2</sub> est encore plus marquée pour le Danemark. Le pays a fait baisser sa consommation d'énergie, au niveau global et par habitant. Cela s'est notamment fait en améliorant l'efficacité énergétique des logements. De plus, le mix final a évolué vers une quasi-disparition des énergies fossiles dans les logements. Enfin, le mix électrique a changé, avec la disparition du charbon et la montée de l'éolien. Tout cela a contribué à l'importante diminution des émissions du Danemark.

Finalement, la Suède est le pays qui émet le moins de CO<sub>2</sub> par habitants de cette liste :

Comme le Danemark, le pays baisse sa consommation d'énergie finale par habitant, en jouant entre autres sur l'efficacité des logements. Cependant, contrairement au Danemark, la Suède est très électrifiée et son mix électrique (hydroélectricité et nucléaire) est très peu émetteur de CO<sub>2</sub>.

On peut là aussi poser la question des émissions de CO<sub>2</sub> hors industrie (fuel et process). Ces émissions, rapportées au nombre d'habitants, sont représentées à droite ci-dessus. Nous pouvons voir que les dynamiques et le classement de ces pays scandinaves ne changent pas si on prend en compte ces émissions.

Pour les émissions de CO<sub>2</sub>, les faits les plus marquants sont donc le faible niveau d'émission et sa baisse significative pour la Suède ainsi que la dynamique positive du Danemark, qui voit ses émissions diminuer de plus de 40% en 30 ans.

## L'EUROPE DU SUD

2019	Italie	Espagne	Portugal	Grèce
Population	60 319 000	46 914 000	10 259 000	10 702 000
PIB/hab (€2015)	28 5700	25 4100	19 3500	17 4200

### Introduction

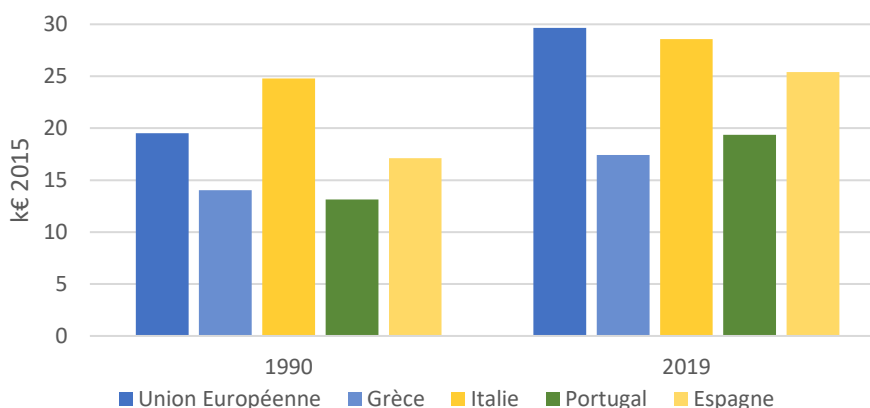
Nous allons à présent analyser 4 pays du Sud de l'Europe : l'Espagne, le Portugal, l'Italie et la Grèce. Ces 4 pays ont de grandes différences au niveau de leurs populations et de leurs niveaux de richesse. Ils ont cependant un climat proche ce qui les rend intéressants à comparer.

L'Espagne et l'Italie sont deux grands pays, parmi les plus peuplées d'Europe, et leur PIB par habitant est proche, comme le montre la figure ci-dessous. De plus, leur climat est voisin, et leurs besoins de chauffage aussi : 1800 degrés/jours pour l'Espagne, 1900 pour l'Italie. Ces deux pays peuvent donc être comparés. Il en va de même pour le Portugal et la Grèce, pays plus petits, plus pauvres, et plus chauds : 1500 degrés/jours pour la Grèce, 1200 pour le Portugal.

Du point de vue de l'évolution démographique, l'Espagne se distingue, ayant vu sa population croître de 17% depuis 1990. A l'opposé, les autres pays ont une croissance démographique plus faible, inférieure à 5%.

Ces pays ont fait partie des plus touchés par la crise de 2008. On peut le voir sur la figure ci-dessous, montrant l'évolution du PIB par habitant. Dans l'absolu ; le PIB par habitant a augmenté, mais de manière moindre que dans le reste de l'UE. L'Italie est ainsi passée en dessous de la moyenne de l'UE. Bien sûr, cette moyenne est une mesure indicative, mais il faudra garder cela à l'esprit pour nos prochaines analyses.

Figure 17 : PIB par habitant, pays du Sud



D'autre part, dans ces 4 pays, l'industrie consomme environ 20% de l'énergie finale. Le Portugal est un peu plus industrialisé et la Grèce un peu moins, mais ils restent proche les uns des autres. Cependant, en valeur absolue d'énergie consommée, l'industrie de l'Italie et de l'Espagne est bien plus importante que celle des plus petits pays.

Figure 18 : Mix primaire, pays du Sud, 2019

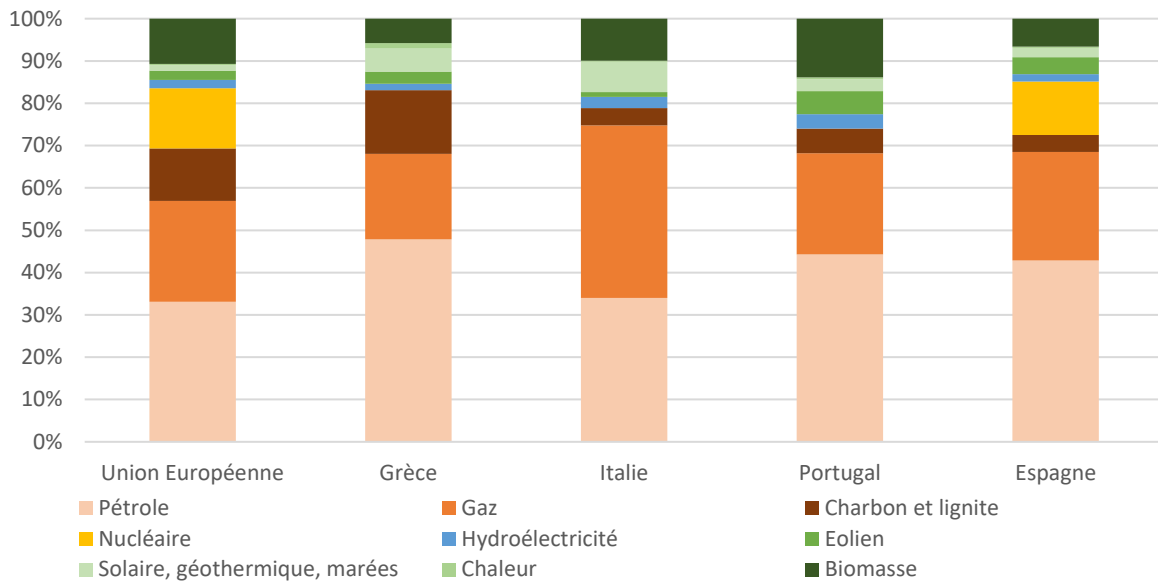


Figure 19 : Répartition de l'énergie finale, pays du Sud, 2019

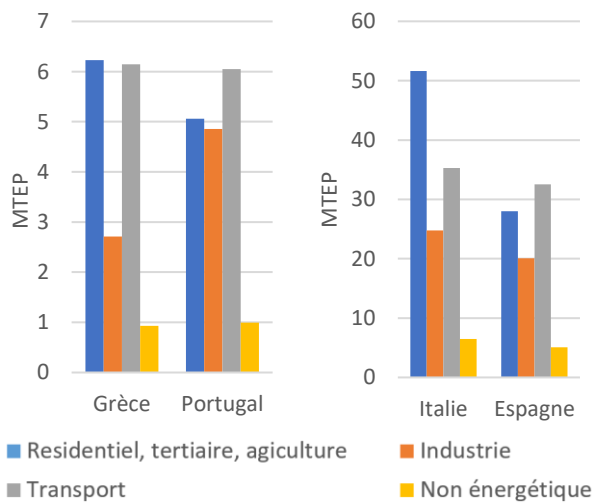


Figure 20 : Mix final, pays du Sud, 2019

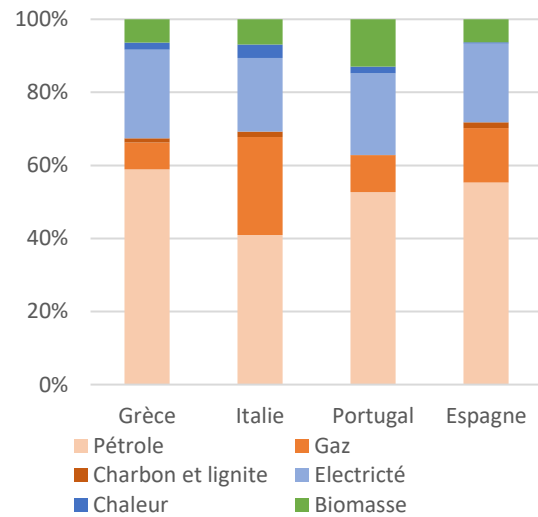
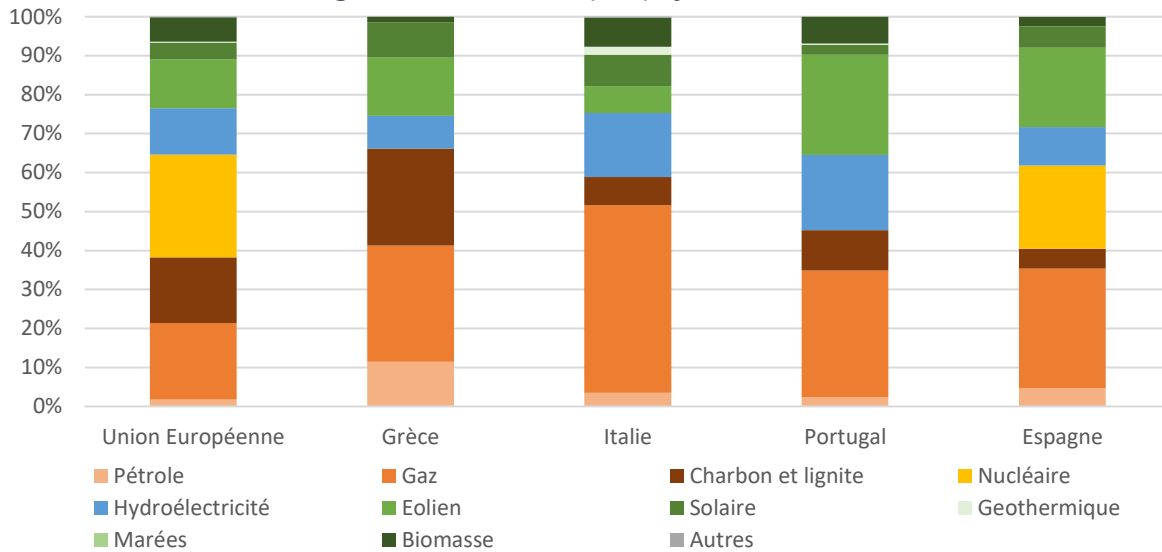


Figure 21 : Mix électrique, pays du Sud, 2019



### Analyse des mix énergétiques :

Le mix final de ces 4 pays est proche, avec autour de 20% d'électricité et une grande importance du pétrole. Seule l'Italie se distingue en ayant plus de 20% de gaz dans son mix final. Il est important de noter que ces pays ont moins besoin de chauffer que les autres pays européens : le logement pèse donc moins dans la consommation finale, au bénéfice notamment des transports qui utilisent principalement du pétrole.

Le gaz est une énergie importante en Italie, à la fois pour produire son électricité et comme énergie finale. Cela ne résulte pas d'une conjoncture favorable : l'Italie n'a quasiment aucune ressource en hydrocarbures. D'autre part, ce pays a banni le nucléaire depuis 1987. Les énergies solaire et hydroélectrique sont assez développées, le pays étant bien doté de ces ressources.

L'Espagne a un mix énergétique plus diversifié. Ce pays est le seul de ce groupe qui a des centrales nucléaires en exploitation. Celles-ci, au nombre de cinq (pour sept réacteurs) sont en service depuis les années 80. La part du nucléaire baisse dans le mix électrique, alors que depuis la fin des années 2000, l'éolien prend une importance croissante : 20% de l'électricité en 2019. Le gaz reste la base du mix électrique, comme pour tous les autres pays de ce groupe, produisant 31% de l'électricité.

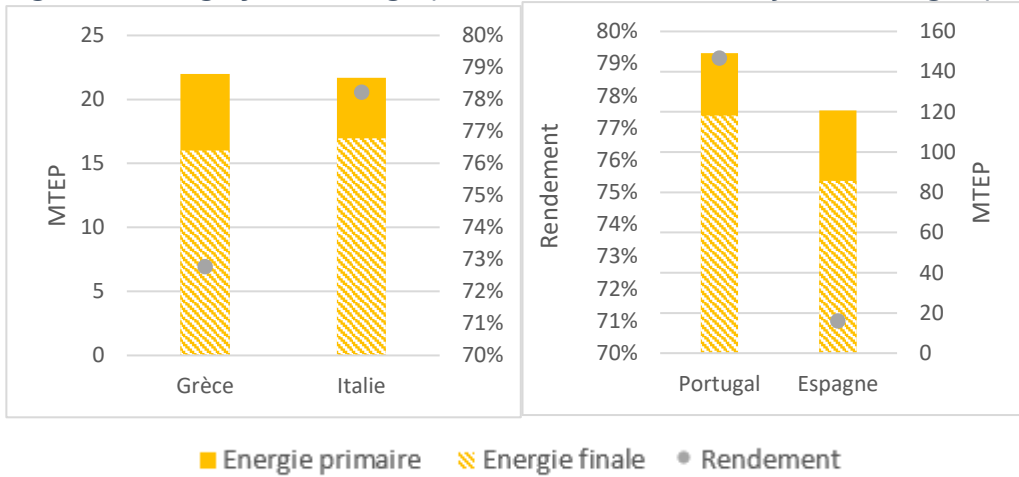
Le Portugal suit une stratégie similaire à celle de l'Espagne, sans avoir cependant recours au nucléaire. Le pays produit plus d'un quart de son électricité à partir de l'éolien, s'appuyant sur un territoire favorable à cette énergie. L'hydroélectricité (19%) et surtout le gaz (32%) complètent ce mix électrique, qui comprend aussi 10% de charbon.

Quant à la Grèce, elle développe aussi ses énergies renouvelables (solaire et éolienne), mais elle garde encore des centrales à charbon, qui produisent près de 20% de son électricité. Le gaz produit un tiers de l'électricité.

### Rendement des systèmes énergétiques :



Figure 22: Energie finale, énergie primaire et rendement du système énergétique



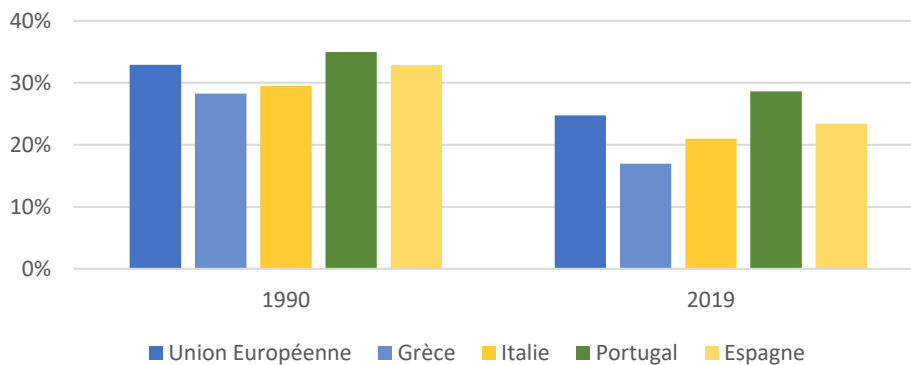
Ici, les rendements énergétiques sont relativement proches, entre 70 et 80%. L'Italie a un plus haut rendement que l'Espagne, en grande partie car cette dernière utilise de l'électricité nucléaire. A l'opposé, le fait que le Portugal ait un meilleur rendement que la Grèce paraît surprenant, car il est plus électrifié. Sur ce point, son système énergétique est plus efficace.

## Intensité énergétique des économies et place de l'industrie :

En 2019, d'après la banque mondiale, l'industrie représente plus 20% du PIB de l'Italie et l'Espagne, contre seulement 13% en Grèce, et 18% au Portugal.

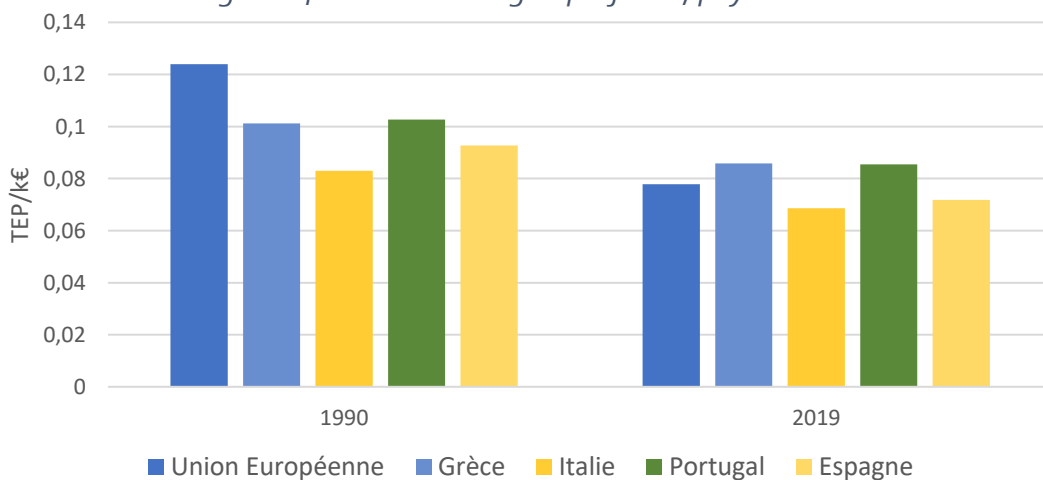
Comme on peut le voir sur la figure ci-dessous, le pourcentage d'industrie de l'Italie et de l'Espagne est relativement proche en 2019 : un peu plus de 20% de leur énergie finale est utilisée dans ce secteur. En revanche, l'industrie est plus consommatrice d'énergie au Portugal qu'en Grèce. De plus, l'industrie au Portugal semble consommer proportionnellement plus que l'industrie de l'Italie ou de l'Espagne, pour une production de richesse similaire. Le poids de l'industrie dans l'économie et son poids dans la consommation énergétique ne sont donc pas corrélés ici.

Figure 23 : Pourcentage de l'industrie dans l'utilisation de l'énergie finale, pays du Sud



L'intensité énergétique de ces pays diminue entre 1990 et 2019, comme dans toute l'Europe. Les pays les plus pauvres (Grèce, Portugal) tendent à être les moins efficaces du point de vue de l'intensité énergétique des économies, comme c'est souvent le cas. En effet, l'énergie utilisée par les ménages pour les logements et les transports ne crée pas directement de richesse, son poids dans l'intensité énergétique est d'autant plus important que le pays produit moins de richesses. Ainsi, en 2019, les différences entre les pays au niveau de l'intensité énergétique sont faibles et imputables surtout au niveau de développement des économies.

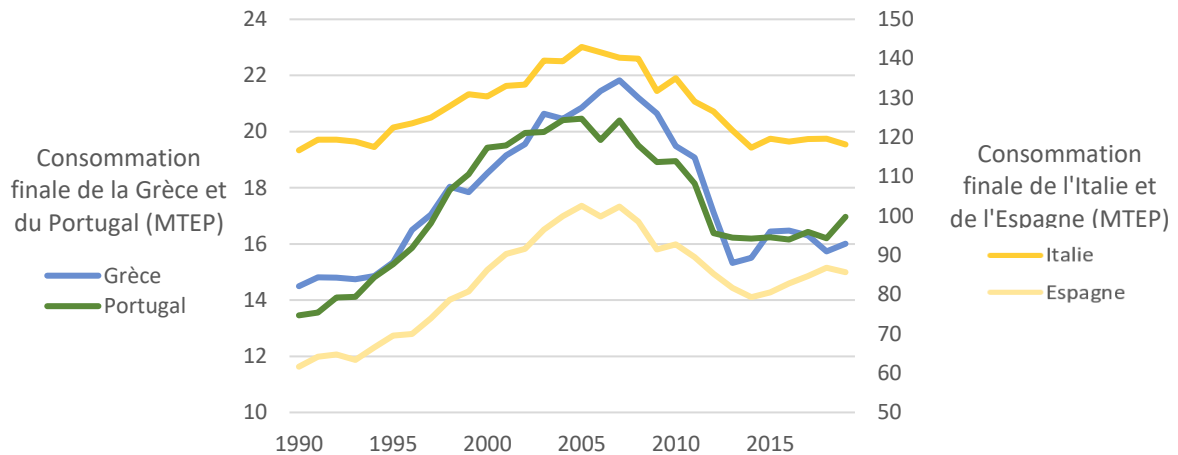
Figure 24 : Intensité énergétique finale, pays du Sud



## Analyse de la consommation finale :

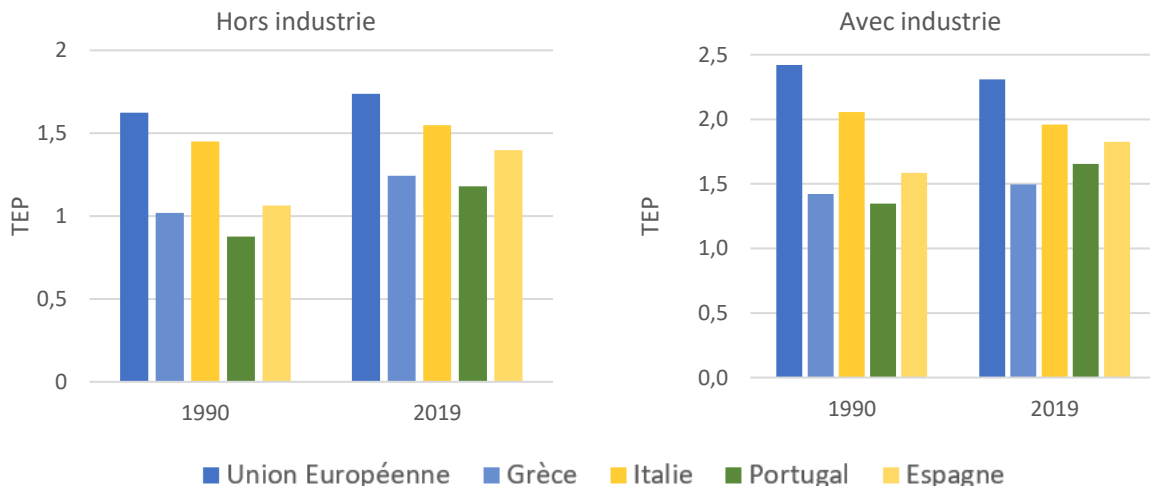
Les consommations finales de ces 4 pays ont suivi des trajectoires similaires, que l'on peut voir dans la figure ci-dessous : après une phase de croissance dans les années 1990, les consommations finales stagnent. Puis la crise de 2008 et ses conséquences, notamment l'appauvrissement relatif des populations vu plus haut, font que la demande baisse.

Figure 25 : Evolution de la consommation finale des pays du Sud



Sur la figure ci-dessous, on constate que la consommation finale par habitant est inférieure à la moyenne européenne, dû au climat clément de ces 4 pays. Le climat est également un facteur explicatif des différences de consommation entre les pays : l'Italie et l'Espagne sont les plus froids et ce sont ceux qui consomment le plus par habitant. Ce sont aussi les pays les plus riches, ce qui exerce une influence sur la consommation. Finalement, en dépit de mix énergétiques différents, l'Italie et l'Espagne ont en 2019 une consommation par habitant très proche. Le Portugal et la Grèce sont dans la même situation

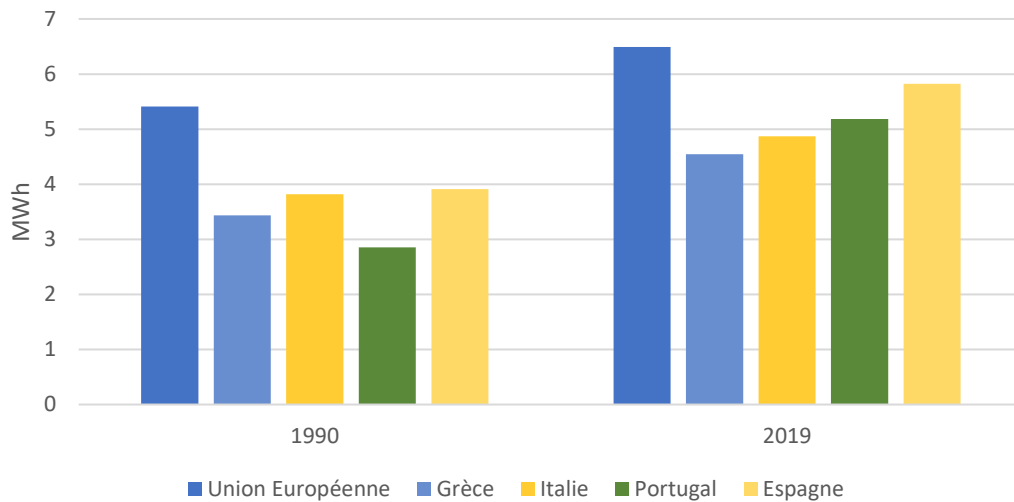
Figure 26 : Energie finale par habitant, pays du Sud



D'autre part, il est intéressant regarder cette même consommation finale par habitant en soustrayant la part de l'industrie. On constate sur la figure ci-dessus que si l'on exclut l'industrie, la consommation par habitant augmente pour tous les pays entre 1990 et 2019, même si elle augmente moins pour l'Italie que pour ses homologues. Dans l'ensemble, la dynamique des consommations est très proche avec et sans l'industrie. Dans les deux cas, les écarts se réduisent entre 1990 et 2019, probablement parce que les niveaux de vie se rapprochent.

## La consommation électrique :

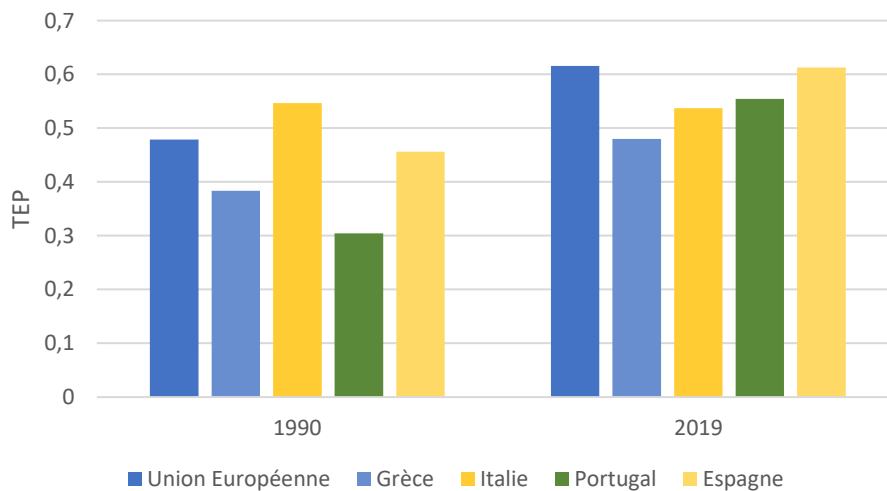
Figure 27 : Consommation électrique par habitant



Dans l'ensemble des pays du Sud, la consommation électrique par habitant progresse sur les trente dernières années. Cela est particulièrement vrai pour l'Espagne et le Portugal (+80% et +50%), qui sont, comme on l'a vu, les pays les plus engagés dans les énergies renouvelables. Cette hausse de la consommation électrique est bien plus importante que la hausse de la consommation énergétique, on peut donc conclure qu'une électrification partielle des usages a eu lieu.

## Le transport :

Figure 28 : Consommation finale par habitant pour le transport routier, pays du Sud



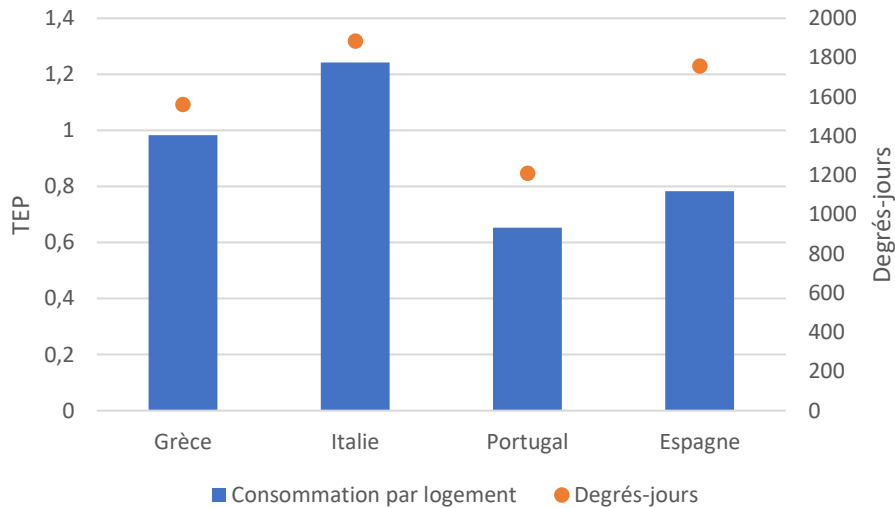
La consommation finale par habitant pour le transport routier est montée ci-dessus. Entre 1990 et 2019, la dynamique est à la hausse, les pays les plus pauvres cette liste (Portugal et Grèce) rattrapent l'Italie et l'Espagne. En 2019, les quatre pays sont à un niveau de consommation proche.

## Le logement :

Ce poste de consommation finale n'a pas la même importance que dans les pays plus au Nord, mais il mérite néanmoins qu'on le mentionne.

La figure ci-dessous donne la consommation par logement pour les quatre pays du Sud. L'Italie consomme plus que ses homologues, tandis que le Portugal est le pays qui consomme le moins ici.

Figure 29 : Consommation finale par logement et degré-jour, pays du Sud, 2018

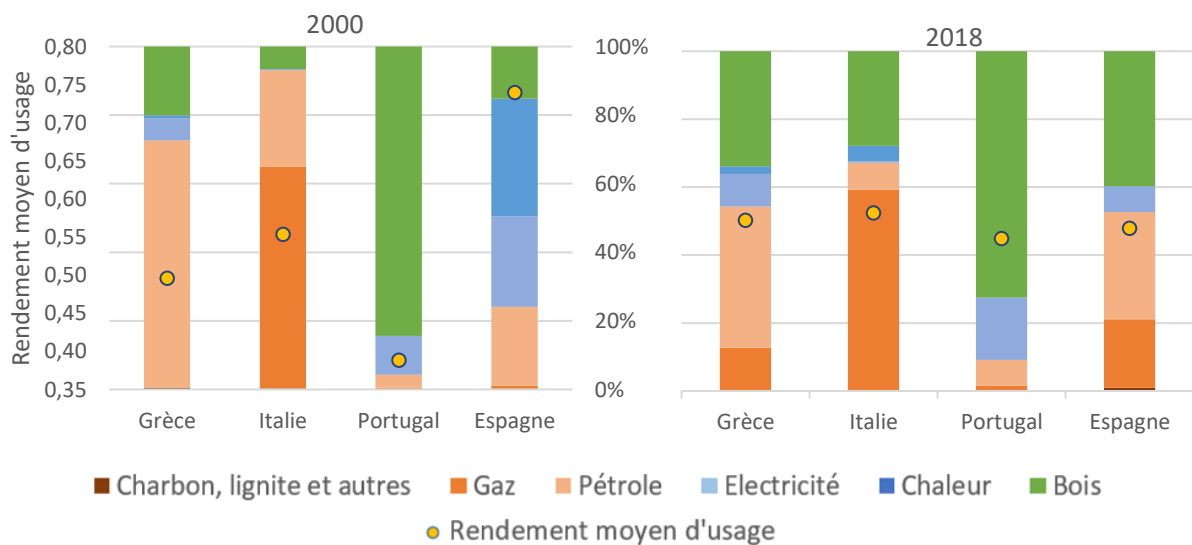


Les degrés-jours sont montrés en points orange : ils permettent de se rendre compte des différences de climat. Pour l'Italie, la Grèce et le Portugal, le climat peut en grande partie expliquer la consommation par logement. En revanche, l'Espagne a une valeur de degrés-jours proche de l'Italie mais consomme environ 40% fois moins par logement.

Cette différence de consommation est importante. Les deux pays ont un niveau de richesse similaire. De plus, ils ont presque la même part de logements collectifs, inférieure à 30%.

La différence de consommation finale peut en partie être expliquée par le mix final pour le chauffage des logements, qui est montré dans la figure ci-dessous.

Figure 30 : Energie finale pour le chauffage, pays du Sud



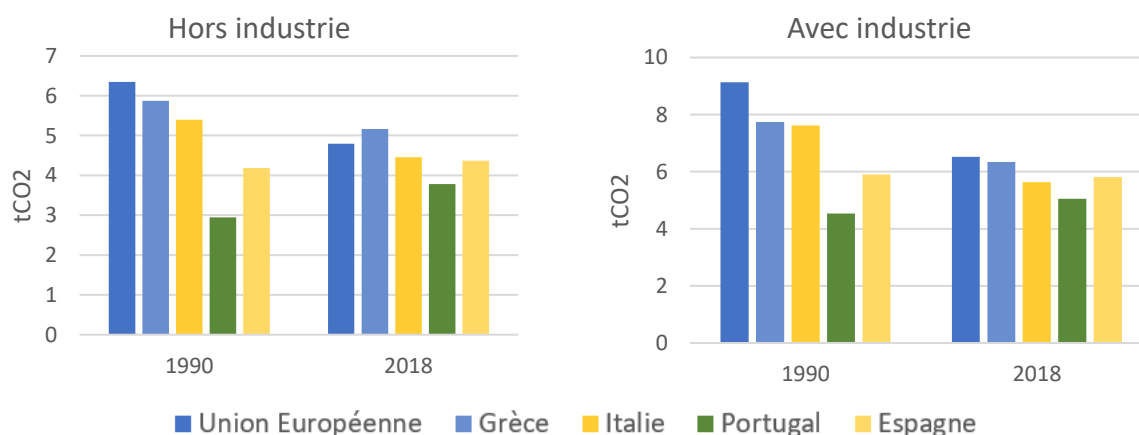
On constate que l'Espagne utilise principalement le bois et le pétrole pour chauffer ses logements. L'Italie, de son côté, a largement recours au gaz. Son rendement moyen d'usage est le plus élevé entre ces pays, qui ont recours à la biomasse ou au pétrole dont les rendements d'usage sont plus bas. Ce mix énergétique n'explique donc pas vraiment la faible consommation de l'Espagne. D'autres facteurs peuvent entrer en compte : isolement des logements, différences de comportements...

En regardant l'évolution de ce mix final pour le chauffage entre 2000 et 2018, on constate que la part des énergies fossiles (gaz et pétrole) se réduit dans tous les pays, sauf au Portugal, principalement remplacés par le bois et l'électricité. L'Italie fait exception en augmentant largement sa part de gaz, tandis que le Portugal se repose très largement sur le bois de chauffage depuis au moins 20 ans. Son rendement moyen d'usage a néanmoins augmenté avec l'introduction de l'électricité. Dans l'ensemble, les rendements moyens d'usage de ces 4 pays en 2018 sont très proches.

## Les émissions de CO<sub>2</sub> :

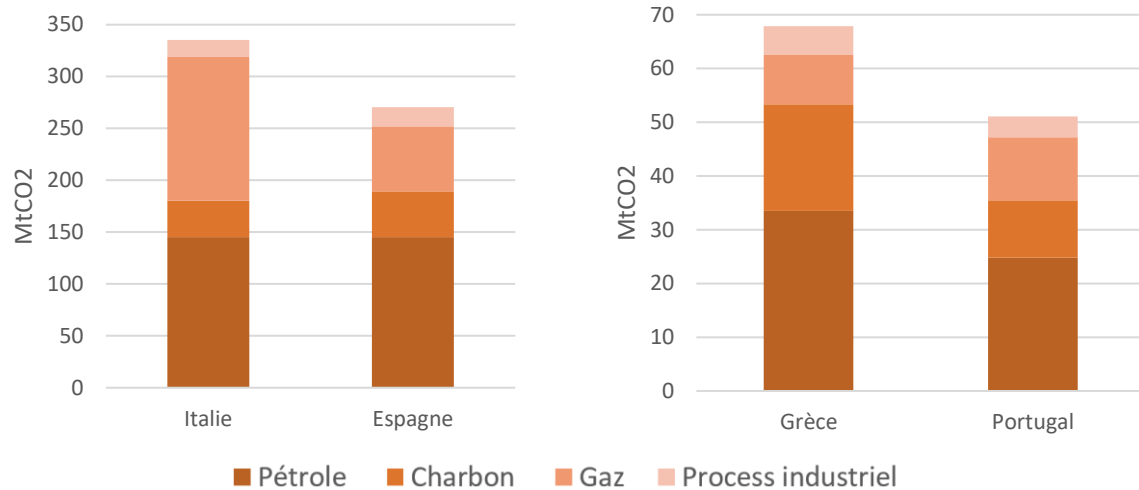
La figure des émissions de CO<sub>2</sub> par habitant, présenté ci-dessous, montre que ces émissions ne sont pas directement corrélées à la consommation énergétique finale par personne. En particulier, le Portugal tire son épingle du jeu, alors que la Grèce est celle qui émet le plus de ces 4 pays. L'Espagne et l'Italie émettent presque autant de CO<sub>2</sub> par habitant. On constate qu'enlever la contribution de l'industrie ne change pas ces tendances. D'autre part, dans les deux graphiques, on constate un resserrement des émissions de CO<sub>2</sub> : les différences entre les pays se résorbent, comme pour la consommation énergétique par habitant.

Figure 31 : Emissions de CO<sub>2</sub> par habitant, pays du Sud



La différence entre la Grèce et le Portugal est dû à une différence de mix énergétique entre les 2, que nous avons déjà détaillées : le Portugal a parié sur les énergies renouvelables, tandis que la Grèce fonctionne encore sur des centrales à charbon, l'effet sur les émissions de CO<sub>2</sub> est visible sur la figure ci-dessous, montrant l'origine des émissions de CO<sub>2</sub>.

Figure 32 : Origine des émissions de CO<sub>2</sub>, 2018, pays du Sud



Le fait que l'Espagne et l'Italie émettent autant de CO<sub>2</sub> par habitant est plus surprenant. En effet, l'Espagne a un mix énergétique moins émetteur *a priori*, incluant notamment plus de renouvelables et du nucléaire. Son haut niveau d'émissions de CO<sub>2</sub> est dû à la plus forte proportion de pétrole dans son mix final, son mix primaire, et son mix final des logements, qui joue beaucoup sur les émissions de CO<sub>2</sub>.

Sur la figure ci-dessus, on voit que le gaz est responsable de plus de 40% des émissions de CO<sub>2</sub> de l'Italie, alors qu'il a une part bien moins importante dans les autres pays. L'Espagne, malgré ses énergies renouvelables et sa population moindre, émet autant de CO<sub>2</sub> provenant des produits pétroliers (en rouge sombre) que l'Italie. Cela explique que les émissions par habitant soient similaires : pour une même consommation d'énergie, le gaz émet moins de CO<sub>2</sub> que le pétrole. L'Italie a largement remplacé le pétrole par le gaz, comme on l'a vu sur les mix primaire et final.

## L'EUROPE CENTRALE

2019	Autriche	Bulgarie	Rép. Tchèque	Hongrie	Roumanie	Slovaquie
Population	8 907 000	6 974 000	10 658 000	9 753 000	19 351 000	5 454 000
PIB/hab (€2015)	42 000	7 460	17 800	13 500	10 070	16 400

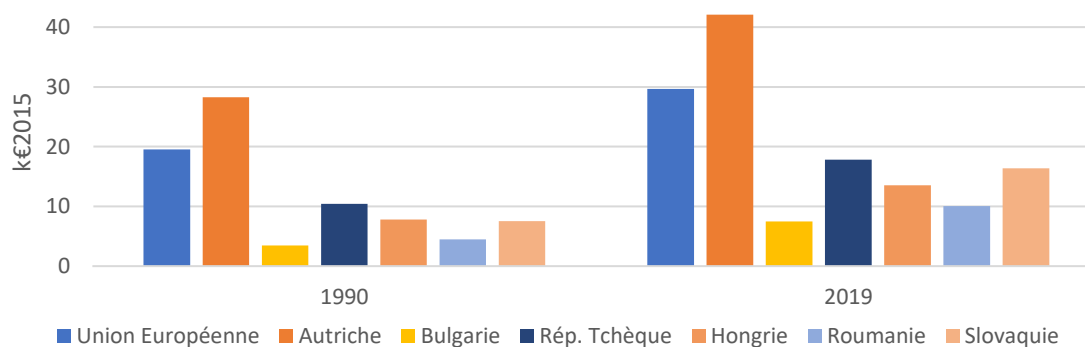
### Introduction

Ces six pays d'Europe centrale et de l'Est ont des populations et des superficies proches, qui les placent dans les pays de taille moyenne en Europe. L'Autriche se différencie par son développement économique supérieur. La République Tchèque, la Slovaquie, la Hongrie, la Roumanie et la Bulgarie sont des anciens pays du bloc soviétique : leur histoire récente est donc conditionnée par cet héritage.

Ces 6 pays ont des valeurs de degré-jours comprises en 2500 et 3500. L'Autriche et la République Tchèque sont les plus froids, et la Bulgarie est le pays le plus chaud.

L'Autriche, qui est historiquement le pays le plus riche, a vu sa population augmenter de 13% depuis 1990. La population de la Slovaquie et la République Tchèque, pays plutôt riches, n'a varié que très peu (+2% et +3%). En revanche, les autres pays font face à une baisse de leur population : celle de la Hongrie a baissé de 6% et celle de la Roumanie de 20%, bien que ce pays reste le plus peuplé de cette liste. Finalement, la Bulgarie, qui est le pays le plus pauvre d'Europe, a perdu près d'un quart de sa population en 30 ans. Les différences de richesse sont montrées sur la figure ci-dessous.

Figure 33 : PIB par habitant, Europe centrale



Politiquement, ces pays (hors Autriche) n'ont pas été libres de leurs choix avant la chute de l'URSS. Le modèle économique imposé par l'URSS a pu influencer sur les choix d'infrastructure. En particulier, de nombreuses centrales nucléaires ont été construites à cette époque.

D'autre part, ces pays ont des ressources en charbon et nombreuses mines sont exploitées. Dans une moindre mesure, certains ont aussi des ressources gazières, mais cet hydrocarbure est majoritairement importé.

On peut comparer ces pays grâce à leurs situations géographiques et à leurs populations similaires, en gardant à l'esprit l'histoire récente, qui place l'Autriche comme un cas à part.



Figure 34 : Mix primaire, Europe centrale, 2019

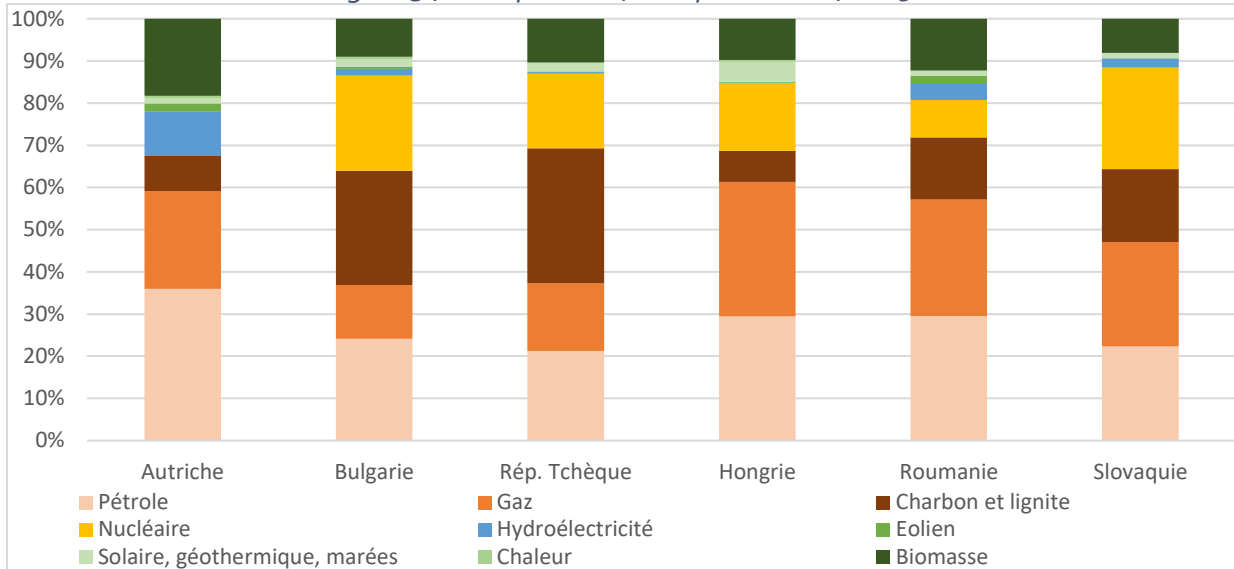


Figure 35 : La répartition de l'énergie finale, Europe centrale, 2019

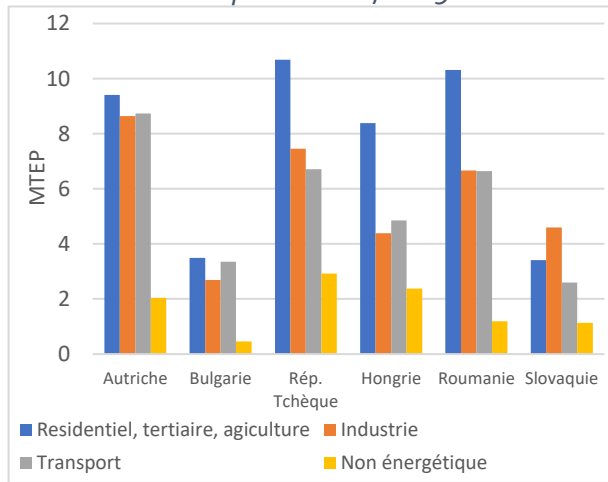


Figure 36 : Mix final, Europe centrale, 2019

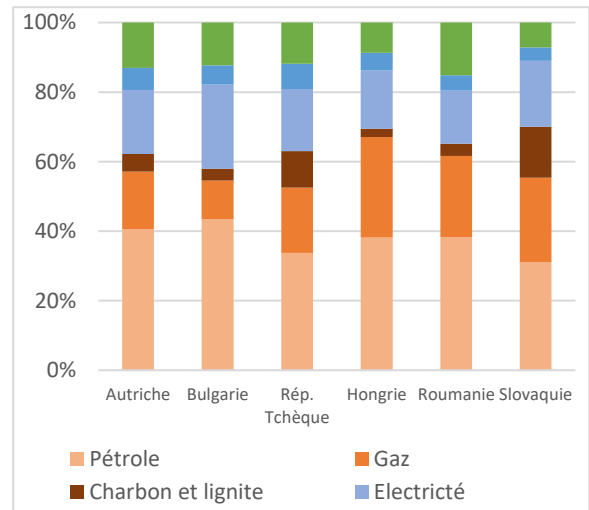
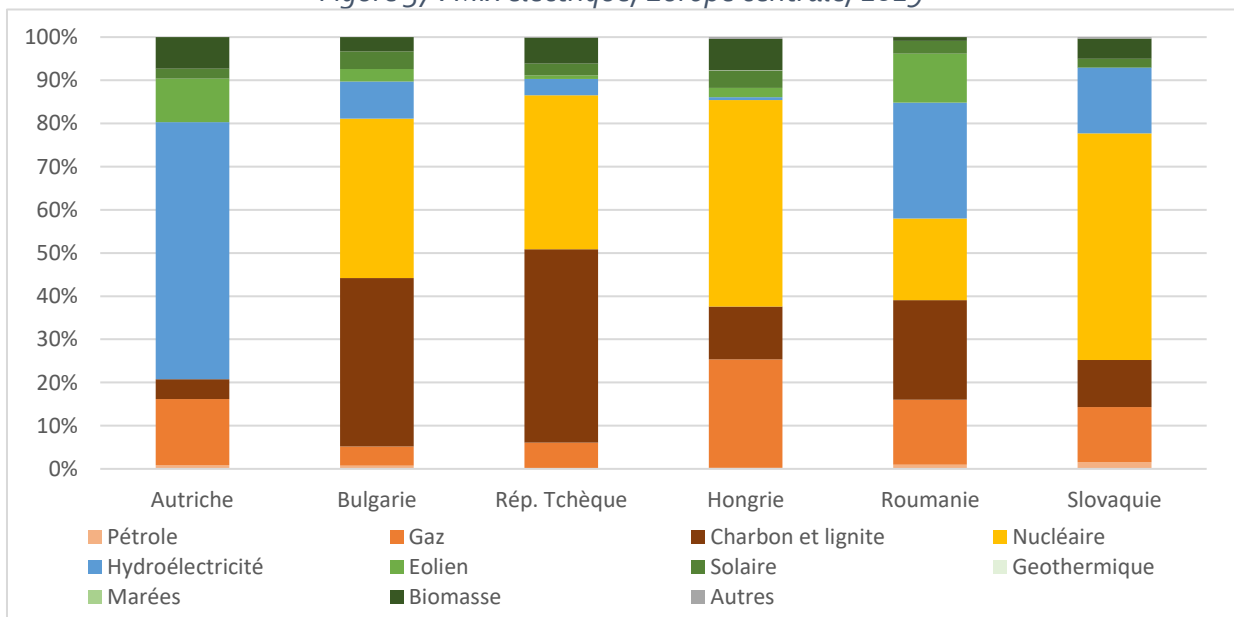


Figure 37 : Mix électrique, Europe centrale, 2019



## Analyse des mix énergétiques :

Dans l'ensemble, on peut dire que les 5 pays de l'ex-bloc soviétique ont suivi des trajectoires similaires. La part de l'électricité dans le mix final est en augmentation faible mais constante, la part du charbon dans le mix primaire est, elle, en diminution. Certaines différences existent entre les pays : leur part de nucléaire, de gaz, et d'hydraulique dans les mix électrique ne sont pas les mêmes. Le gaz est généralement de plus en plus utilisé pour remplacer le charbon, que ce soit dans le mix électrique ou dans le mix final.

En Bulgarie, la part de l'électricité dans le mix final a augmenté depuis 1990, passant de 17% à 26%. L'électricité provient pour moitié du charbon et du nucléaire (Centrale nucléaire de Kozlodouï, deux réacteurs en activité). La part du nucléaire dans le mix électrique est en légère baisse au profit des renouvelables. Le charbon conserve son importance et représente plus d'un tiers du mix électrique.

En République Tchèque, l'électricité compte pour 18% du mix final contre 12% en 1990. L'électricité vient pour deux tiers du charbon et pour un tiers du nucléaire, produit dans six réacteurs répartis sur deux centrales, héritage de l'ère soviétique. La part du charbon dans les mix primaire et électrique est en baisse. Finalement, le gaz compte pour 19% du mix final.

La Hongrie a une consommation finale qui dépend largement (40%) du gaz. L'électricité, qui compte pour moins de 20% du mix final, vient principalement de l'énergie nucléaire (centrale de Paks, quatre réacteurs). Le charbon joue également un rôle, mais il est en nette diminution. Le gaz remplace le charbon dans le mix électrique et surtout comme énergie finale pour le chauffage.

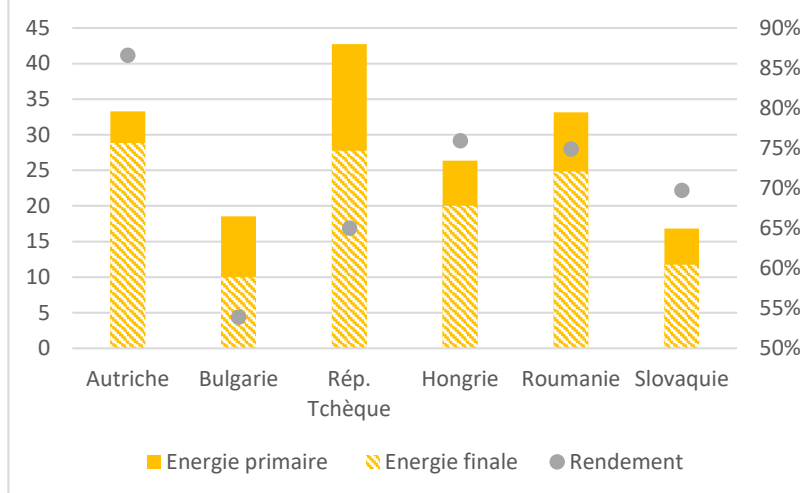
En Roumanie, l'énergie nucléaire exerce une influence moindre : la production électrique vient d'un mix équilibré entre l'hydraulique, le charbon et le nucléaire. 16% de l'énergie finale est électrique. La centrale nucléaire de Cernavodă, la seule du pays, a deux réacteurs en exploitation. Le deuxième réacteur a ouvert en 2007, permettant à la Roumanie d'augmenter la part du nucléaire dans le mix électrique, jusqu'à près de 20%. Dans ce même mix, le charbon est en diminution, et l'éolien en croissance rapide. D'autre part, le gaz a une place importante dans le mix final.

La dynamique est similaire pour la Slovaquie. Son électricité, qui représente 19% de l'énergie finale, vient cependant à 60% du nucléaire (quatre réacteurs dans deux centrales), avec une part d'hydraulique et de charbon. Les centrales sont héritées de l'époque communiste. Le gaz et le charbon comptent pour plus d'un tiers du mix final, probablement pour des usages de chaleur, tout comme l'électricité.

Finalement, l'Autriche est cas à part du fait de son niveau de richesse et son histoire récente. Ce pays est moyennement électrifié (20%) et son électricité vient largement des barrages. La part de charbon diminue, remplacé par l'éolien, dans le mix électrique. Les consommations d'énergie et d'électricité sont plutôt en augmentation sur les 30 dernières années. L'Autriche a renoncé à toute énergie nucléaire en 1978 à la suite d'un referendum.

## Rendement du système énergétique :

Figure 38: Energie finale, énergie primaire et rendement du système énergétique



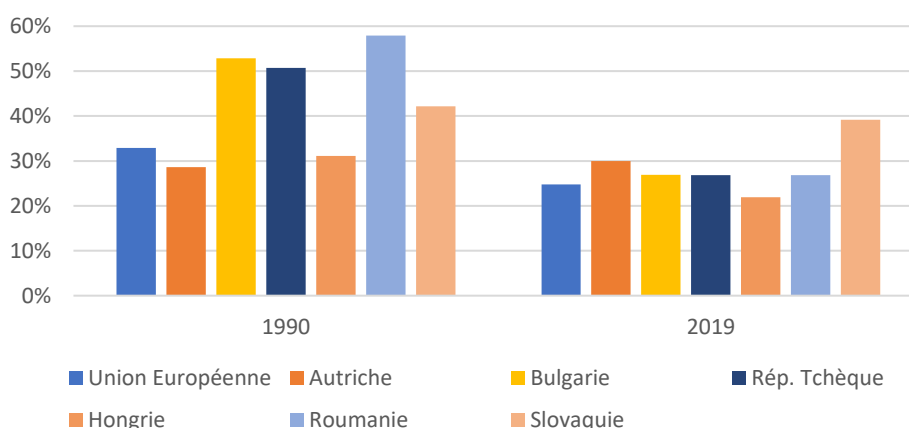
Les rendements énergétiques de ces six pays sont assez éloignés puisqu'ils s'échelonnent entre 54% et 87%. Le rendement le plus bas est celui de la Bulgarie, qui est très électrifiée, a beaucoup recours au nucléaire et est le pays le plus pauvre de cette liste, tandis que l'Autriche, pays le plus riche et sans aucune énergie nucléaire, a le plus haut rendement. Dans l'ensemble, le rendement semble lié à la fois au mix et au niveau de richesse.

## Intensité énergétique des économies et place de l'industrie :

En 2019 d'après la Banque Mondiale, l'Autriche, la Hongrie et la Bulgarie ont entre 20 et 25% de leur PIB qui vient de l'industrie : respectivement 25.1%, 24.8, et 21.7%. Pour la Roumanie ce pourcentage s'élève à 27%, pour la Slovaquie, à 29.6% et pour la République Tchèque il est de 31.5%.

Pour les anciens pays du bloc de l'Est, le poids économique de l'industrie a diminué depuis 1990, ce qui explique en partie la diminution de la part de la consommation énergétique finale utilisée par l'industrie, comme on le voit ci-dessous.

Figure 39 : Pourcentage de l'industrie dans l'utilisation de l'énergie finale, Europe centrale

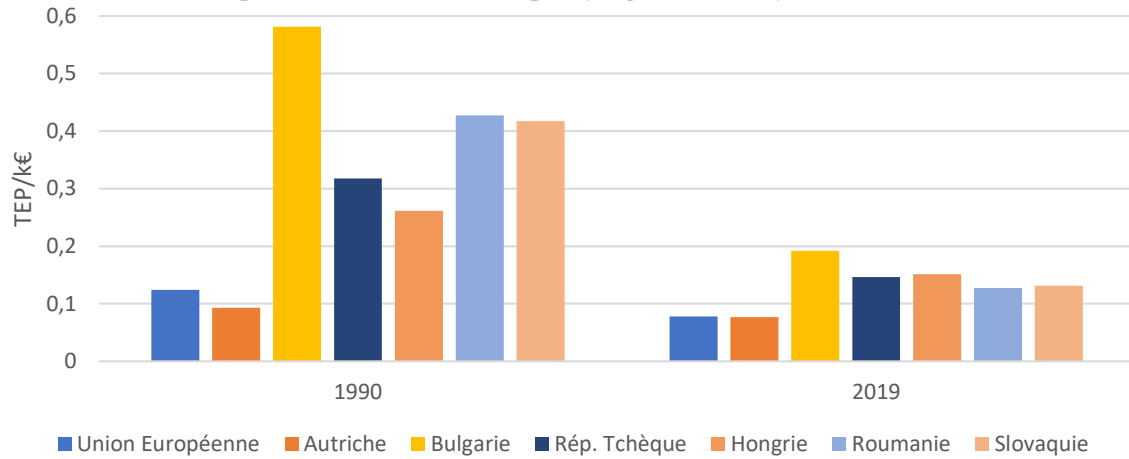


L'intensité énergétique des économies de ces pays s'est améliorée, comme on le voit sur la figure ci-dessous. Cela peut s'expliquer par la diminution de leur industrie, les changements dans leurs mix énergétiques vers des énergies plus efficaces (électricité, gaz), et d'autres gains d'efficacité. Dans l'ensemble, les pays les plus riches ont tendance à avoir un meilleur rapport entre l'énergie dépensée et

la richesse créée. Comme ces anciens pays soviétiques ont vu leur richesse augmenter, l'efficacité énergétique de leurs économies augmentent, c'est ce qui est mesuré par l'intensité énergétique. La Bulgarie, pays le plus pauvre de cette liste, a ainsi la plus faible intensité énergétique en 2019.

Quant à l'Autriche, pays déjà riche et développé, elle a vu son intensité énergétique presque stagner.

*Figure 40 : Intensité énergétique finale, Europe centrale*

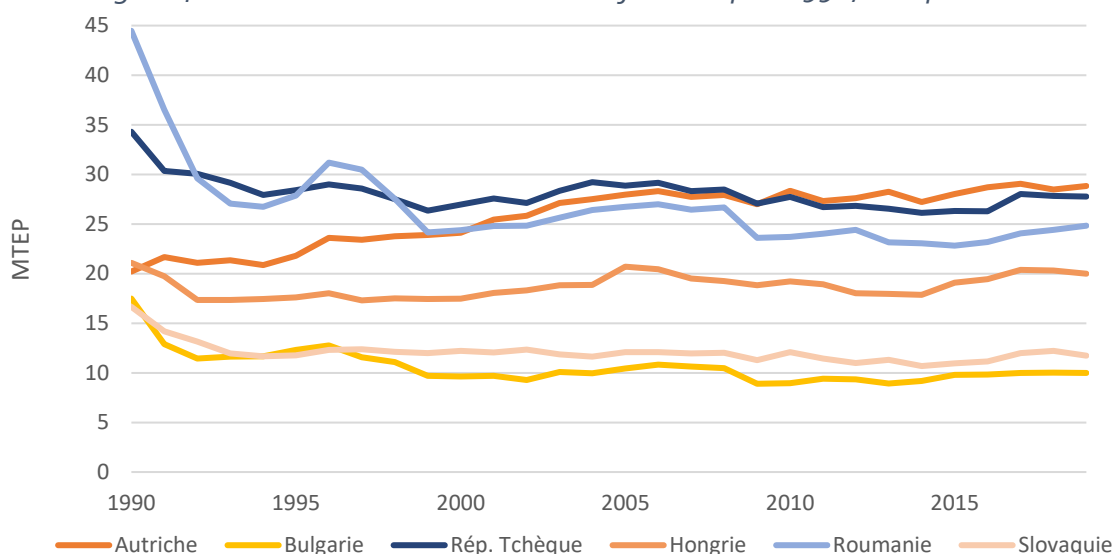


## Analyse de la consommation finale :

Tous ces pays, à l'exception de l'Autriche, ont donc connu une baisse plus ou moins prononcée de leur consommation finale dans les années 90 avec la fin de l'URSS. Cela se voit sur la figure ci-dessous qui montre l'évolution de la consommation finale depuis 1990 jusqu'en 2019.

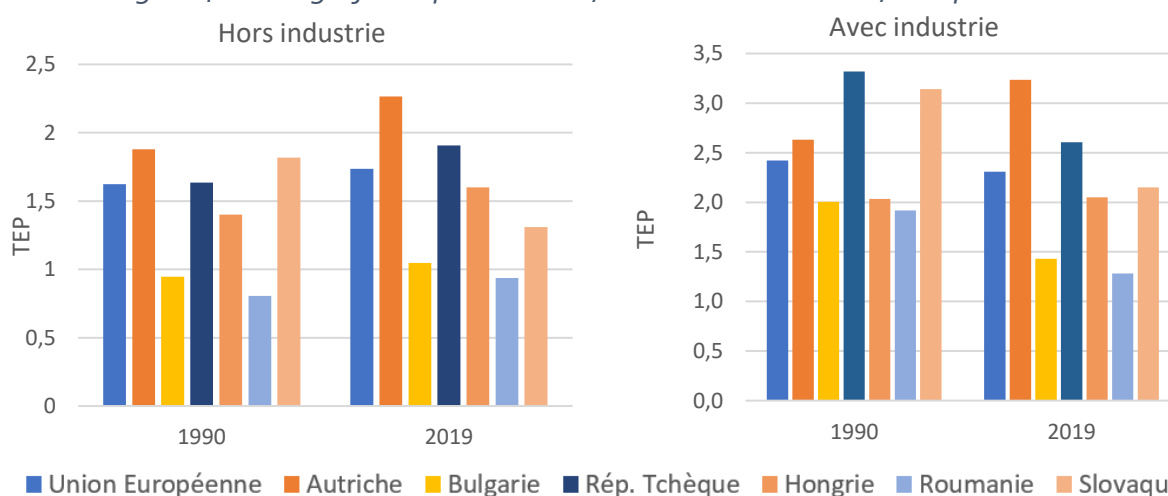
Ainsi, la Bulgarie a vu sa consommation d'énergie finale baisser de près de 40% depuis 1990, la Slovaquie de 25%, la Roumanie de 40%, la République Tchèque de 23% et la Hongrie de 4%. L'Autriche de son côté a vu sa consommation finale augmenter de plus de 35%. Ces évolutions doivent être analysées en prenant en compte les variations de population évoquées plus haut, c'est pourquoi il est intéressant de regarder la consommation par habitant.

Figure 41 : Evolution de la consommation finale depuis 1990, Europe centrale



La figure ci-dessous montre la consommation finale par habitant en 1990 et 2019. Vu les importantes variations qu'a connue l'industrie des pays de l'Est pendant cette période, il est intéressant de montrer cette consommation par habitant en excluant l'industrie.

Figure 42 : Energie finale par habitant, avec et sans industrie, Europe centrale



Lorsqu'on inclut l'industrie, on constate que la consommation finale par habitant a diminué depuis 1990, à l'exception de l'Autriche. Cela ne s'est pas accompagné d'une baisse du niveau de vie, car le PIB par habitant, lui, progresse, comme on l'a vu plus haut. En revanche, pour ces six pays, en 2019, les

différences de PIB suivent les différences de consommation par habitant. Les habitants des pays les plus riches consomment donc plus, mais l'augmentation générale du PIB entre 1990 et 2019 s'est faite en même temps que la diminution de la consommation finale, Autriche exceptée.

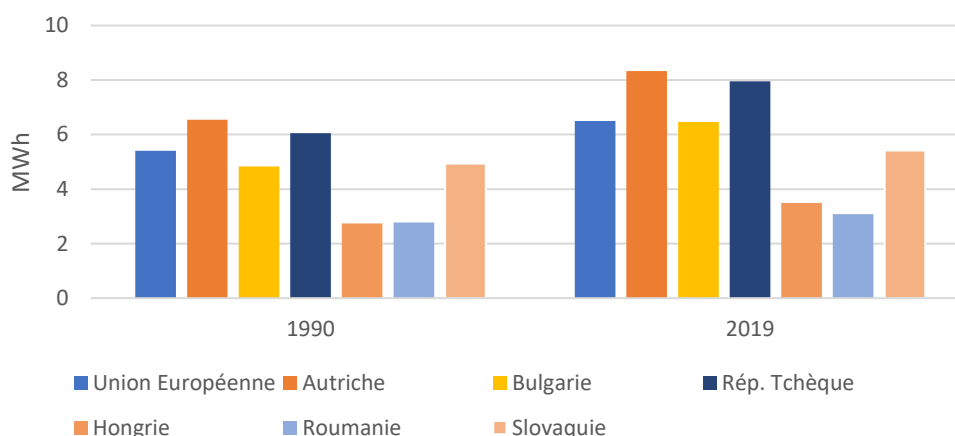
D'autre part, comme on l'a vu plus haut, l'intensité énergétique a globalement diminué depuis 1990 :

Cette baisse de la consommation énergétique et ces gains en efficacité peuvent être en grande partie expliqués par la fin de l'URSS et aux mutations économiques qui l'ont suivie : les industries de ces pays ont généralement perdu de l'importance. C'est essentiellement le secteur tertiaire qui a remplacé l'industrie dans ces pays, et ce secteur a généralement une meilleure intensité énergétique que l'industrie : il produit autant de richesse avec moins d'énergie.

En revanche, si l'en exclut l'industrie, la consommation finale par habitant a augmenté partout sauf en Slovaquie, où elle a diminué de plus de 25%. En Bulgarie, en République Tchèque, en Hongrie et Roumanie, la consommation par habitant hors industrie a augmenté d'entre 10 et 20%, tandis qu'en Autriche elle a augmenté de plus de 20%. Cette diminution de la consommation hors industrie de la Slovaquie est intéressante et on cherchera à l'expliquer dans nos prochaines observations.

## La consommation électrique

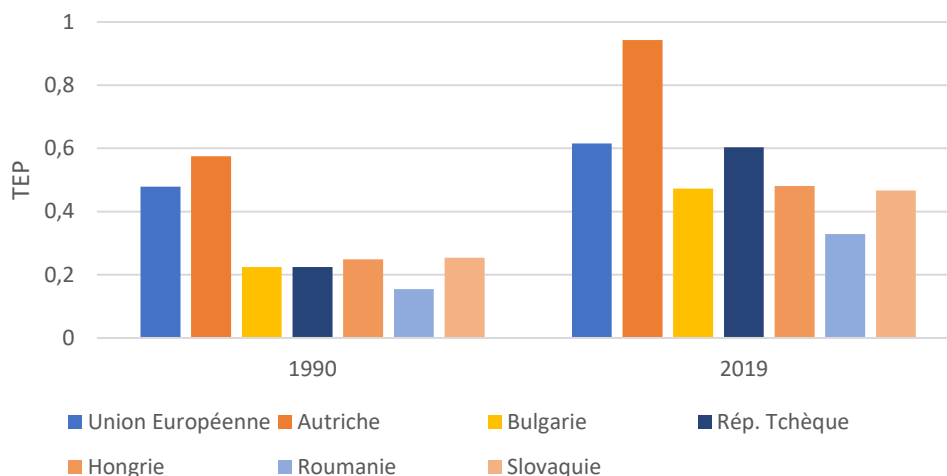
Figure 43 : Consommation électrique par habitant



La consommation d'électricité par habitant a globalement augmenté depuis 1990, suivant la hausse de la consommation électrique globale de tous ces pays. En 2019, elle est particulièrement haute en Autriche et en République Tchèque, pays les plus riches de la liste. La Bulgarie, pourtant le pays le plus pauvre, est en troisième place : on peut supposer que cela est dû à l'utilisation de l'énergie nucléaire qui procure 37% de son électricité. Pourtant, à l'inverse, la Hongrie, elle aussi très nucléarisée (52% du mix électrique) a une consommation d'électricité plus basse, car elle a plus recours au gaz comme énergie finale. La consommation d'électricité n'est donc pas toujours liée à la part de nucléaire. La Roumanie, pays pauvre peu nucléarisé, consomme peu d'électricité, tandis que la Slovaquie, plus riche et plus nucléarisée, en consomme presque deux fois plus par habitant.

## Le transport :

Figure 44 : Consommation finale par habitant pour le transport routier, Europe centrale

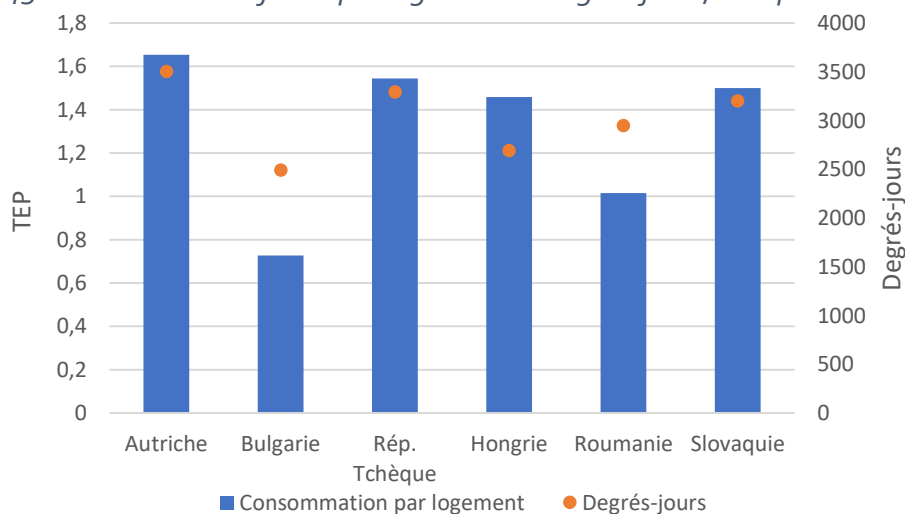


La consommation pour le transport routier est en augmentation dans ces six pays, comme le montre la figure ci-dessus. Tous les pays ont augmenté leur consommation de 50% ou plus. De fortes disparités existent encore : la Bulgarie et la Roumanie, pays plutôt pauvres, consomment moins que la Hongrie, la République Tchèque et la Slovaquie, pays plus riches, et l'Autriche est à un niveau bien supérieur.

## Le logement :

Une partie de la consommation vient du logement. Sur la figure ci-dessous, on peut voir la consommation d'énergie finale par logement et les degrés jours pour chaque pays, qui sont une indication du climat. L'Autriche, la Slovaquie et la République Tchèque, plus froids, consomment plus que les autres pays pour chaque logement. La Bulgarie, plus chaude, consomme moins. La Roumanie semble consommer moins qu'attendu par rapport à son climat, qui est proche de celui de la République Tchèque. La Hongrie, au contraire, consomme plus que la Roumanie, alors que son climat est plus chaud. Le PIB par habitant est plus haut en Hongrie qu'en Roumanie, Slovaquie et Bulgarie, ce qui peut en partie expliquer sa consommation importante.

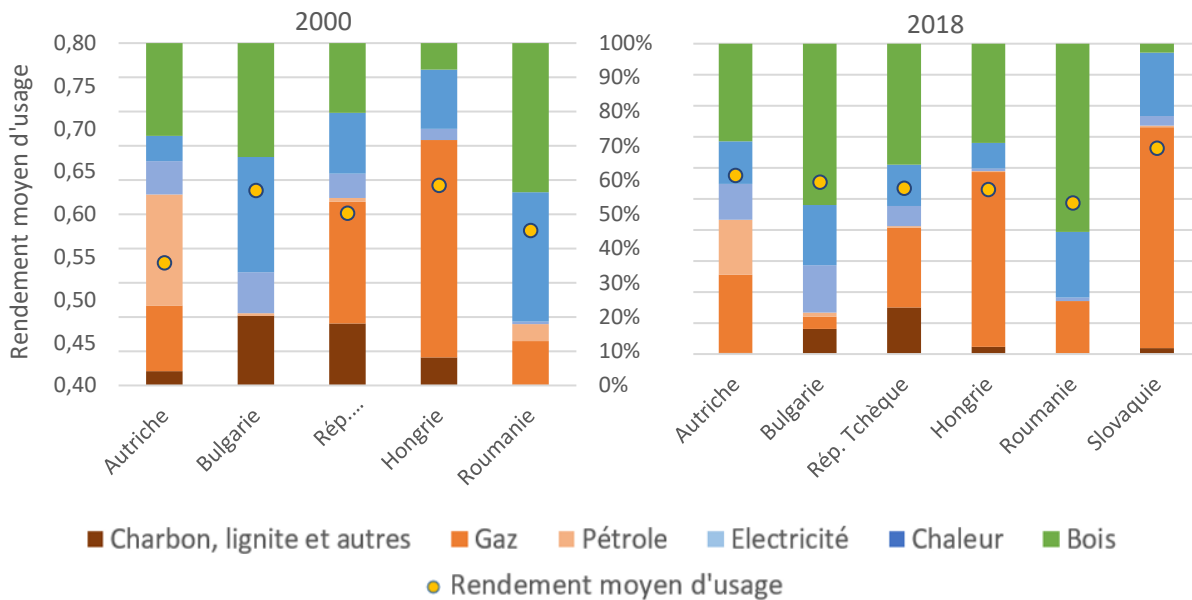
Figure 45 : Consommation finale par logement et degrés-jours, Europe centrale, 2018



Le mix final pour le chauffage a suivi la même évolution que le mix primaire et final : disparition ou recul du charbon au profit du gaz, de l'électricité, ainsi que du bois dans certains pays. La Slovaquie n'utilise pas de bois mais a largement recours au gaz et à la chaleur, qui sont particulièrement efficaces pour chauffer. Cela se reflète dans son rendement moyen d'usage, qui est le plus haut de ce groupe de pays. Dans les autres pays, la part du bois est importante et en augmentation rapide depuis 2000 : le bois est une énergie renouvelable, mais son rendement d'usage pour le chauffage est bas (0,3), et on voit que les pays qui l'utilisent beaucoup ont un rendement moyen d'usage bas. Cependant, ce rendement n'est pas corrélé à une consommation plus haute. Ainsi, en 2018, la Roumanie a le rendement le plus bas mais aussi la consommation la plus basse. De leur côté, la Slovaquie et la République Tchèque ont des consommations proches mais des rendements d'usage différents. Il y a donc d'autres explications que le mix énergétique pour expliquer les différences de consommation des logements, comme l'isolation, et les comportements.

(Pas de données pour la Slovaquie en 2000)

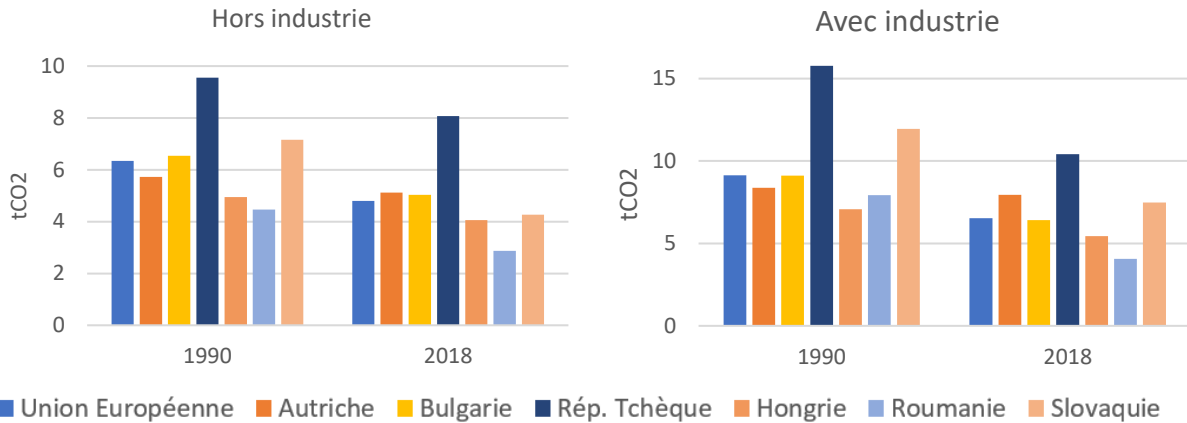
Figure 46 : Energie finale pour le chauffage, Europe centrale





## Les émissions de CO<sub>2</sub> :

Figure 47 : Emissions de CO<sub>2</sub> par habitant, Europe centrale

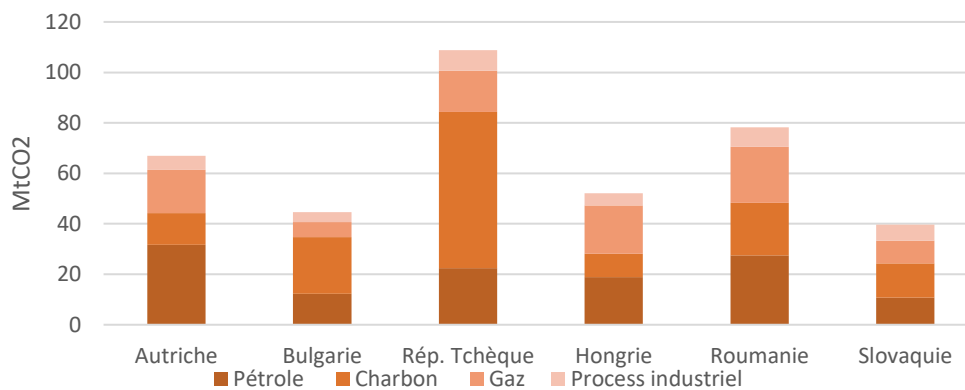


La figure ci-dessus montre les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant. Ces émissions sont montrées en incluant l'industrie et en l'excluant, pour pouvoir comparer les deux. Les deux suivent la même dynamique d'ensemble mais on regardera de préférence les émissions hors industrie, car celle-ci n'a pas le même poids dans tous les pays.

La dynamique d'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> est la conséquence directe de tout ce que nous avons constaté précédemment : la baisse de la consommation par habitant provoque une diminution de ces émissions par rapport à 1990. Cela est vrai pour tous les pays de l'ancien bloc soviétique. L'Autriche diminue aussi ses émissions hors industrie de 10% entre 1990 et 2019.

En 2018, les différences entre les pays au niveau du CO<sub>2</sub> par habitant viennent en partie de la différence de consommation d'énergie, et en partie des différences de mix énergétique, en particulier de mix électrique : le charbon n'occupe pas la même place dans toutes les économies.

Figure 48 : Origine des émissions de CO<sub>2</sub>, Europe centrale, 2018



La figure ci-dessous montre l'origine des émissions de CO<sub>2</sub>, et on peut constater que les émissions de CO<sub>2</sub> de la République Tchèque sont essentiellement dues au charbon. Il en va de même de la Bulgarie. Ces deux pays étaient parmi ceux qui avaient les plus hautes émissions par habitant, avec l'Autriche. Pour ce dernier pays, la cause n'est pas le charbon, mais bien la haute consommation d'énergie par habitant (en particulier si l'on exclut l'industrie), qu'on avait vu précédemment. Malgré son mix électrique tourné vers le renouvelable, sa haute consommation provoque des hautes émissions de CO<sub>2</sub>.

## L'EUROPE DU NORD

2019	Belgique	France	Allemagne	Pays-Bas	Pologne	Royaume-Uni
Population	11 486 000	67 120 000	83 316 000	17 329 000	37 970 000	66 914 000
PIB/hab (€2015)	38 600	34 9600	38 890	43 690	13 480	42 160

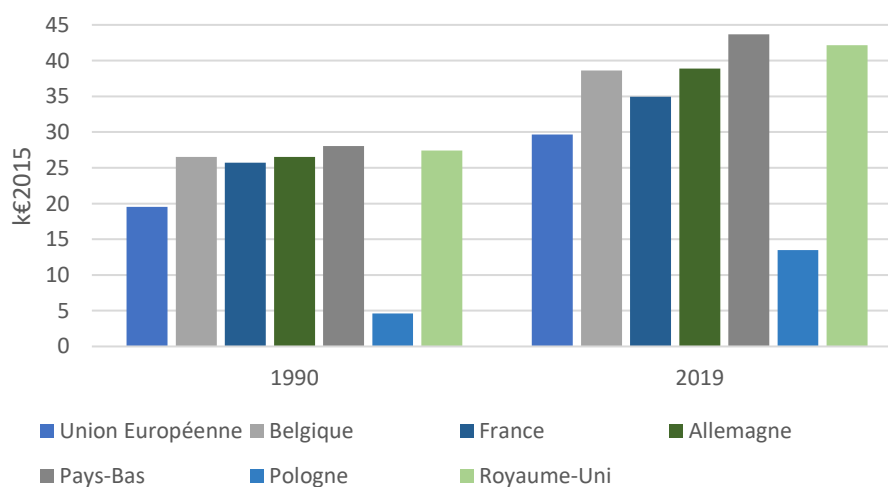
## Introduction

Le groupe des pays de l'Europe du Nord est constitué de la France, l'Allemagne, la Pologne, les Pays-Bas, et la Belgique. Ces pays, à l'exception de la Pologne, sont parmi les plus riches d'Europe. Belgique et Pays-Bas à part, ils sont aussi parmi les plus peuplés.

L'Allemagne, la France et le Royaume Uni sont les trois pays les plus peuplés d'Europe. Les deux derniers ont vu leur population augmenter régulièrement depuis 1990 : +13% pour la France et +15% pour le Royaume-Uni. La population de l'Allemagne n'a augmenté que de 4% sur la même période. En Belgique comme au Pays-Bas, la population a augmenté de près de 14% en 30 ans, tandis que la Pologne a vu sa population stagner.

D'autre part, les pays riches ont vu leur PIB par habitant augmenter d'un quart à un tiers depuis 1990, comme le montre le graphique ci-dessous. La Pologne, seul pays moins riche, a vu son PIB par habitant plus que doubler en 30 ans, mais reste néanmoins derrière ses homologues.

Figure 49 : PIB par habitant, Europe du Nord



Du point de vue des ressources naturelles, il y a des différences notables. Au large de ses côtes, le Royaume-Uni a des ressources en hydrocarbures qui sont assez importantes pour couvrir une grande partie de ses besoins en gaz et en pétrole. L'Allemagne a des mines de charbon, tandis que la France a peu de ressources fossiles sur son territoire. La Belgique a peu de ressources naturelles, mais les Pays-Bas exploitent du gaz (gisement de Groningue), et la Pologne a de grandes réserves de charbon qu'elle exploite intensément.



## Analyse des mix énergétiques :

Nous allons analyser les mix énergétiques de ces 6 pays.

Le mix énergétique a évolué en 30 ans en Allemagne. Le charbon a une importance historique mais sa part diminue à la fois dans le mix primaire et dans le mix électrique. Le gaz est aussi très utilisé, surtout comme énergie finale (25% du mix final). Dans le mix électrique, on assiste à l'essor de l'éolien, du solaire et de la biomasse. Ces trois énergies renouvelables produisent en 2019 37% de l'électricité. Ces changements ont commencé dans les années 2000 mais ce sont nettement accélérés depuis 2015. D'autre part, l'Allemagne a affiché sa volonté de sortir du nucléaire après la catastrophe de Fukushima : en conséquence, sa part dans le mix électrique est passée de 28% à 12% en 30 ans. Le pays est électrifié à hauteur de 19% de son énergie finale.

Le mix énergétique du Royaume-Uni a lui aussi subi de grandes évolutions. Le poids du charbon a, là encore, notablement diminué : il produisait 65% de l'électricité en 1990 contre 2% en 2019, alors que la consommation d'électricité est restée stable. Le gaz l'a en grande partie remplacé, il représente 40% de l'électricité, et 30% de l'énergie finale, une part élevée. L'éolien se développe dans les dernières années pour atteindre 20% du mix électrique en 2019, et ce pourcentage est à 13% pour la biomasse. Le Royaume-Uni recourt également à l'énergie nucléaire, qui produit autour de 20% de l'électricité depuis 1990, dans 5 centrales. Le pays est électrifié à hauteur de 20% de son énergie de finale.

En France, il y a eu moins de changements ces 30 dernières années, car le pays a fait historiquement le choix du nucléaire : 70% de son électricité est produite dans 18 centrales nucléaires réparties sur le territoire. En conséquence, l'électricité a un poids important dans le mix final : 25%, contre 20% au Royaume Uni et 19% en Allemagne. La France complète son mix électrique avec de l'hydroélectricité (11% du mix électrique), grâce à une ressource hydroélectrique abondante et exploitée de longue date. Les autres énergies renouvelables ont une importance moindre : l'éolien produit 7% de l'électricité en 2019, la biomasse et le solaire 2% chacun.

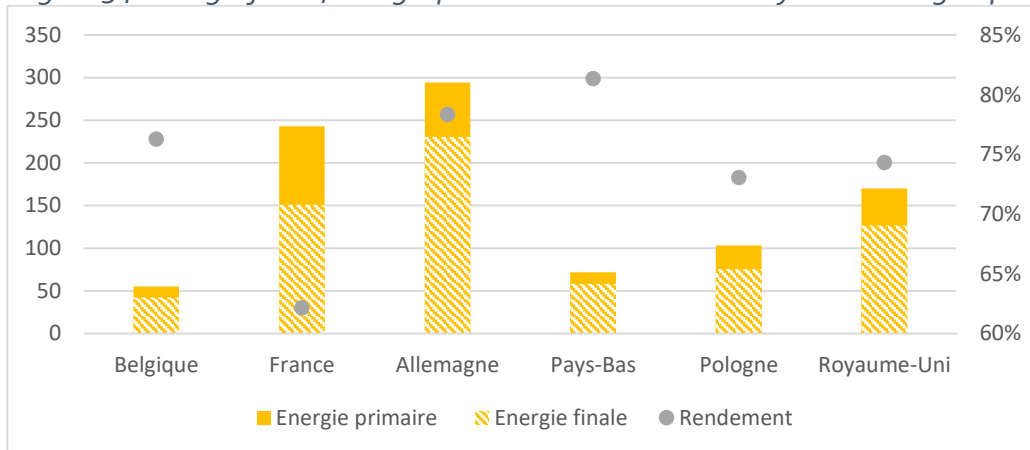
La Belgique a un mix énergétique similaire à celui de la France : le nucléaire produit en 2019 47% de son électricité, grâce à 2 centrales nucléaires. L'électricité ne compte que pour 17% dans le mix final. Le pays a néanmoins affiché sa volonté de sortir du nucléaire, dont la part dans le mix électrique a baissé en 30 ans : elle était 60% en 1990. Pour le remplacer, la Belgique utilise de l'éolien et surtout du gaz. Sur les 10 dernières années, elle a importé 10% de son électricité.

Au Pays-Bas, une source d'énergie importante est le gaz, qui compte pour 33% du mix final et produit 58% de l'électricité. De plus, le charbon garde son importance dans le mix électrique. Le pays est électrifié à 16% de son mix final, et l'électricité vient surtout du gaz (48%), mais les renouvelables font leur apparition et représentent 15% de l'électricité produite en 2019. Les Pays-Bas importent en moyenne 8% de leur électricité. Celle-ci prend de plus en plus de place dans leur mix final.

Pour finir, en Pologne, le charbon domine le mix énergétique. 73% de l'électricité est produite dans les centrales à charbon, et ce combustible compte aussi pour 14% de l'énergie finale. Le gaz a aussi son importance dans le mix final puisqu'il couvre 15% des besoins du pays.

## Rendement du système énergétique :

Figure 54: Energie finale, énergie primaire et rendement du système énergétique



La France se détache par son rendement bas (62%), qui s'explique facilement car le pays est très électrifié et dépend beaucoup de l'énergie nucléaire, comme on l'a vu. La Belgique a un meilleur rendement car elle est moins électrifiée. Les Pays-Bas ont le rendement le plus haut (81%) car ils ont largement recours au gaz, et on peut dire la même chose dans une moindre mesure pour l'Allemagne. Finalement, la Pologne et le Royaume-Uni ont des rendements plutôt élevés (73 et 74%), mais plus faibles que les autres pays de cette liste en dehors de la France.

## Intensité énergétique des économies et place de l'industrie :

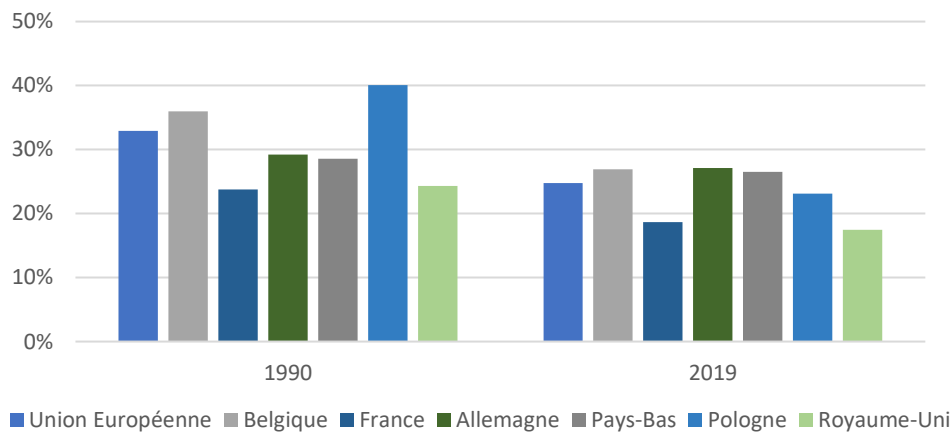
Une différence importante entre ces pays vient de la place de leurs industries respectives. D'après la Banque Mondiale, en 2019, l'industrie représente 27% du PIB en Allemagne, contre 17% en France et au Royaume-Uni.

Elle représente presque 28% du PIB de la Pologne, 19% de celui de la Belgique, et 17% des Pays-Bas.

La figure ci-dessous montre la part de l'industrie dans la consommation énergétique finale des pays. Elle a globalement baissé depuis 1990. L'Allemagne, les Pays-Bas et la Belgique sont ceux qui consacrent la part la plus importante de leur énergie à l'industrie (plus de 27%). La Pologne est un petit peu derrière avec 23%. A part l'Allemagne, il n'y a donc pas de concordance directe entre le poids économique et le poids énergétique de l'industrie.

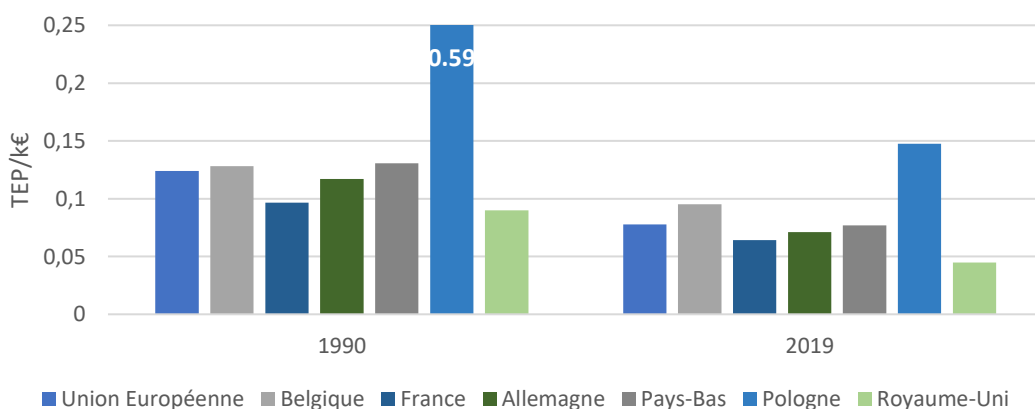
En revanche, la France et l'Angleterre consomment moins de 20% de leur énergie finale pour l'industrie, ce qui correspond à sa faible importance économique, ce qui les différencie de l'Allemagne.

Figure 55 : Pourcentage de l'industrie dans l'utilisation de l'énergie finale, Europe du Nord



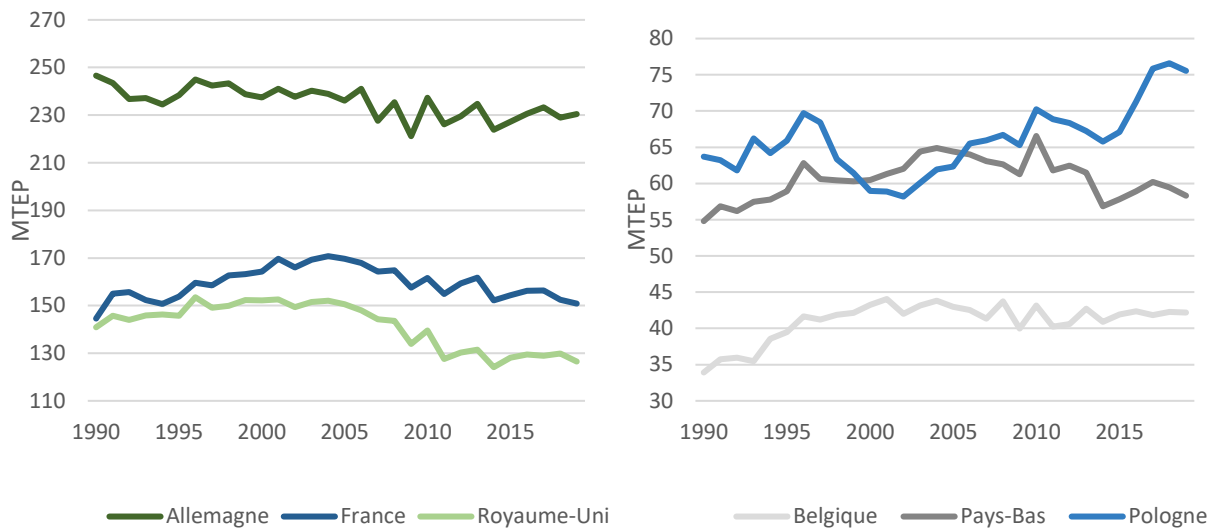
L'intensité énergétique finale, indicatrice de l'efficacité des économies, est présentée ci-dessous. La Pologne a une intensité particulièrement élevée, suivie de la Belgique, et c'est le Royaume qui se distingue en ayant l'intensité la plus basse de cette liste de pays.

Figure 56 : Intensité énergétique, Europe du Nord



## Analyse des consommations finales :

Figure 57 : Evolution de la consommation finale depuis 1990, Europe du Nord

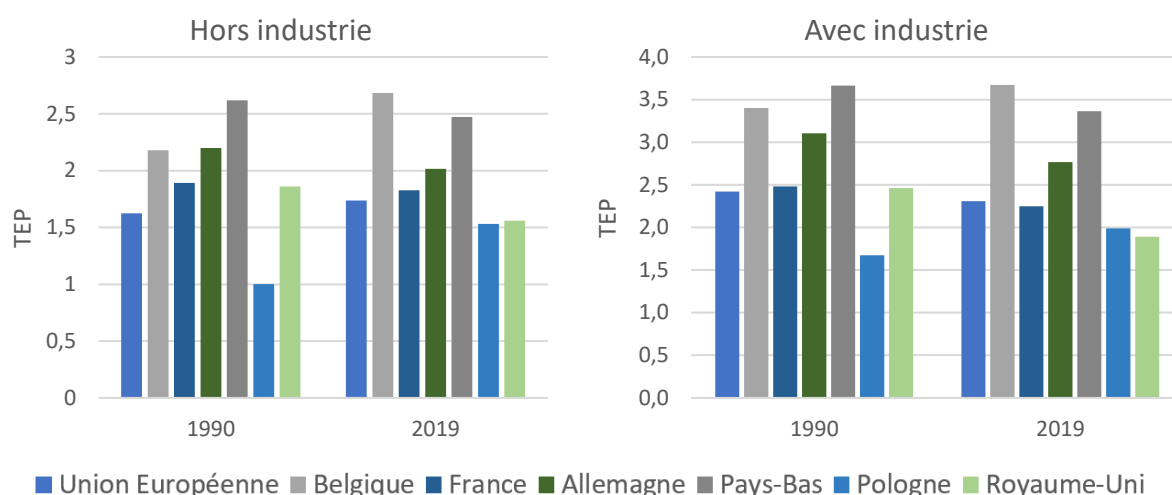


Il est intéressant de comparer les consommations finales et surtout leurs variations pour les 3 grands pays (France, Allemagne, Royaume-Uni). La consommation finale de l'Allemagne est bien au-dessus de celle de la France et du Royaume-Uni. Sur 30 ans, malgré un accroissement de la population et de la richesse, la consommation finale est en diminution : de 246 à 230 MTEP (baisse de 6.5%). Au Royaume-Uni aussi, consommation finale est en baisse (de 140 à 126 MTEP en 10 ans, soit une diminution de 10%). Par opposition, la consommation énergétique finale de la France a augmenté depuis 1990, passant de 145 à 150 MTEP (+3.5%). Cette hausse est portée par l'augmentation de la consommation électrique qui est passée de 420 à 570 TWh, soit une augmentation de 35% en 30 ans. Sur la même période la consommation électrique allemande augmente de 9%, celle du Royaume-Uni de 1%. Cette hausse de la consommation électrique est donc une spécificité de la France parmi ces grands pays.

A présent, analysons les consommations de la Belgique, des Pays-Bas et de la Pologne. En Belgique, la consommation finale est passée de 34 à 42 MTEP entre 1990 et 2019, soit une augmentation de 23%. La consommation électrique a augmenté de 25%. Pour les Pays-Bas, la consommation finale a augmenté de 7% depuis 1990, tandis qu'en Pologne elle a augmenté de presque 20%.

A présent, il est intéressant de regarder la consommation par habitant pour ces 6 pays. Comme on l'a vu plus haut, l'industrie a un poids différent dans ces pays, donc pour y voir plus clair, nous pouvons soustraire la composante due à l'industrie et ainsi comparer les consommations finales, comme cela est fait sur la figure ci-dessous.

Figure 58 : Consommation finale par habitant, avec et sans industrie, Europe du Nord



■ Union Européenne ■ Belgique ■ France ■ Allemagne ■ Pays-Bas ■ Pologne ■ Royaume-Uni

Rapportées au nombre d'habitants, les consommations finales hors industrie de l'Allemagne et du Royaume-Uni sont en baisse sur les 30 dernières années, ce qui les différencie de la France qui voit sa consommation par habitant stagner. L'Allemagne a néanmoins une consommation par habitant plus élevée que la France en 2019, malgré une tendance à la baisse. La consommation par habitant au Royaume-Uni est inférieure à celle de la France, d'environ 0,3 TEP, ce qui représente 15% de la consommation française.

Rapporté au nombre d'habitants, et en enlevant l'industrie, comme montré sur la figure précédente, on constate que la consommation d'énergie finale de la Belgique et de la Pologne a augmenté sur 30 ans, alors que celle des Pays-Bas a légèrement baissé. La Belgique et le Pays-Bas sont les deux pays qui ont la plus haute consommation par habitant en 2019.

Ces différences de consommations d'énergie peuvent être expliquées de plusieurs manières. D'abord, le niveau de développement : les riches consomment généralement plus : en particulier, le Polonais moyen consommait peu en 1990 à cause du faible développement économique de la Pologne. Pour les autres pays, le niveau de richesse est proche.

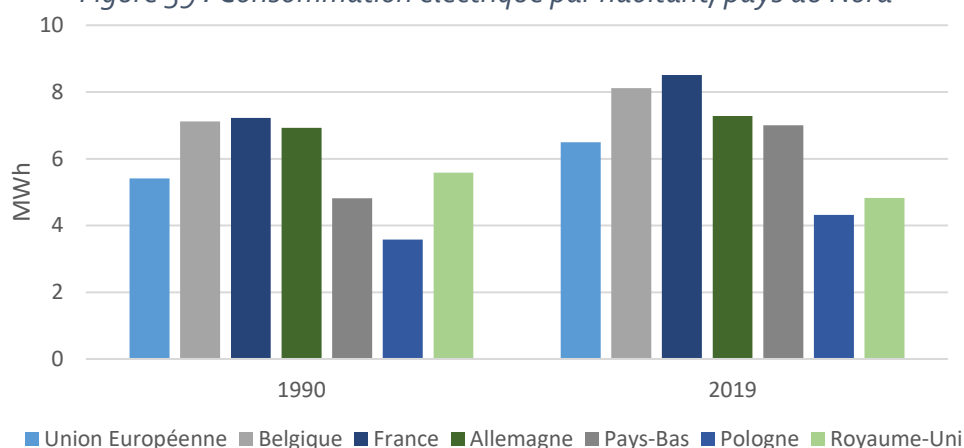
Ensuite, la structure du mix peut jouer : généralement, les pays les plus électrifiés consomment moins du fait du meilleur rendement relatif de l'électricité. Cela peut expliquer la haute consommation de la Belgique et la Pologne, qui sont peu électrifiés. Cependant, le Royaume-Uni, qui a 20% d'électricité dans son mix final, consomme en 2019 moins que la France qui est électrifiée à 25%. De plus la tendance au Royaume-Uni est à la baisse contrairement à la France. Nous devons donc passer en revue les principales composantes des consommations énergétiques (logement, transport) pour essayer de voir d'où vient le fait que la consommation française par habitant soit supérieure à celle du Royaume-Uni en 2019.

La Belgique est aussi dans une situation étonnante : c'est la seule parmi les pays riches (hors Pologne) dont la consommation finale par habitant augmente, de presque un quart, sur trente ans.



## La consommation électrique :

Figure 59 : Consommation électrique par habitant, pays du Nord



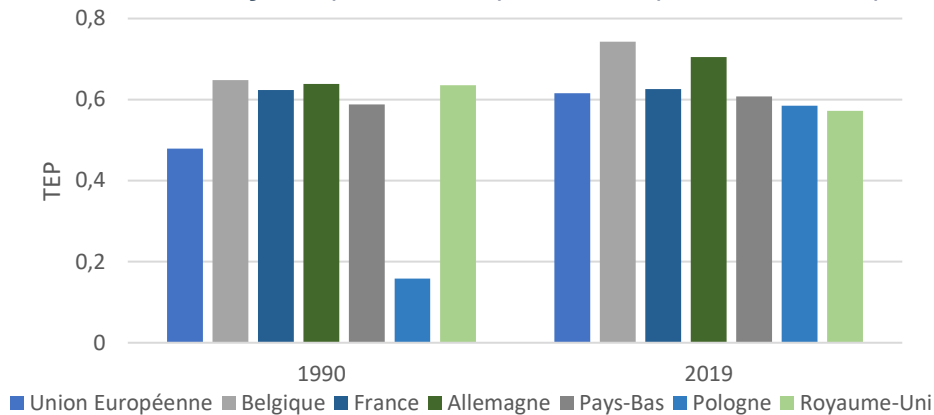
Logiquement, c'est la France qui consomme le plus d'électricité par habitant, et cette consommation a augmenté de plus de 15% depuis 1990. La Belgique suit la même tendance. Pour ces deux pays, cette consommation peut largement être expliquée par la prépondérance du nucléaire qui conduit à l'électrification des usages et pousse la consommation à la hausse.

La consommation électrique augmente aussi fortement aux Pays-Bas, rattrapant celle de l'Allemagne. Les Pays-Bas étaient en 1990 un pays peu électrifié qui utilisait beaucoup son gaz, qui tend aujourd'hui à perdre de l'importance. En Pologne et en Allemagne, la consommation électrique a peu augmenté ces trente dernières années, car ces pays n'électrifient que peu leurs usages.

Le Royaume-Uni, unique dans ce groupe, consomme 14% moins d'électricité par habitant en 2019 qu'en 1990. Il suit presque la tendance inverse de la France, et passe sous la moyenne européenne. Cela peut être dû à un changement d'usage, mais ce n'est probablement pas le cas ici car on a vu précédemment que la consommation énergétique baissait sur le même intervalle de temps. On peut donc dire que le Royaume-Uni fait des économies d'énergie sans avoir recours à l'électricité.

## Le transport :

Figure 60 : Consommation finale par habitant pour le transport routier, Europe du Nord

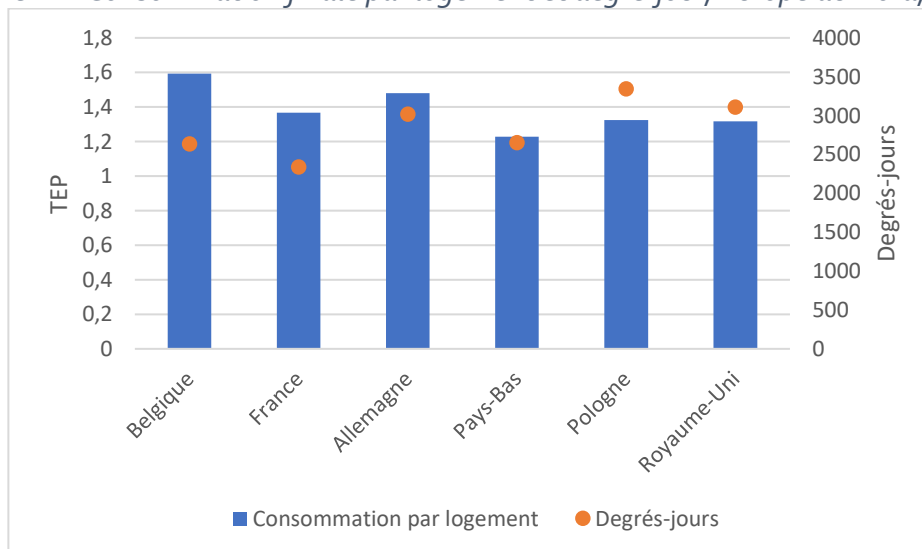


Le transport routier représente l'essentiel de la consommation énergétique des transports. La tendance est plutôt à la hausse, seule la consommation du Royaume-Uni est en légère diminution, tandis que les Pays-Bas et la France ont une consommation presque constante. En conséquence, la France consomme un peu plus (environ 10%) que le Royaume-Uni pour les transports en 2019. On peut noter que l'Allemagne et, à nouveau, la Belgique consomment plus que leurs homologues avec une consommation en hausse depuis 1990. La consommation de la Pologne est en augmentation spectaculaire (+280% sur trente ans), cela est dû à l'augmentation du niveau de vie.

## Le logement :

Une explication possible pour les différences entre consommation par habitant est le logement.

Figure 61 : Consommation finale par logement et degré-jour, Europe du Nord, 2018



Sur la figure ci-dessus, on peut voir la consommation finale par logement et les degrés-jours pour chaque pays, une indication du climat.

On constate que la France et le Royaume-Uni consomment autant par logement, et l'Allemagne un peu plus. Le Royaume-Uni a pourtant un climat plus froid que la France. Si on ramène cette consommation

au nombre d'habitants, un Français consomme en moyenne 0.594 TEP d'énergie finale pour le logement, contre 0.57 TEP pour un habitant du Royaume-Uni. Ces chiffres sont très proches, les deux pays ayant tous deux 2.3 personnes par logement en moyenne.

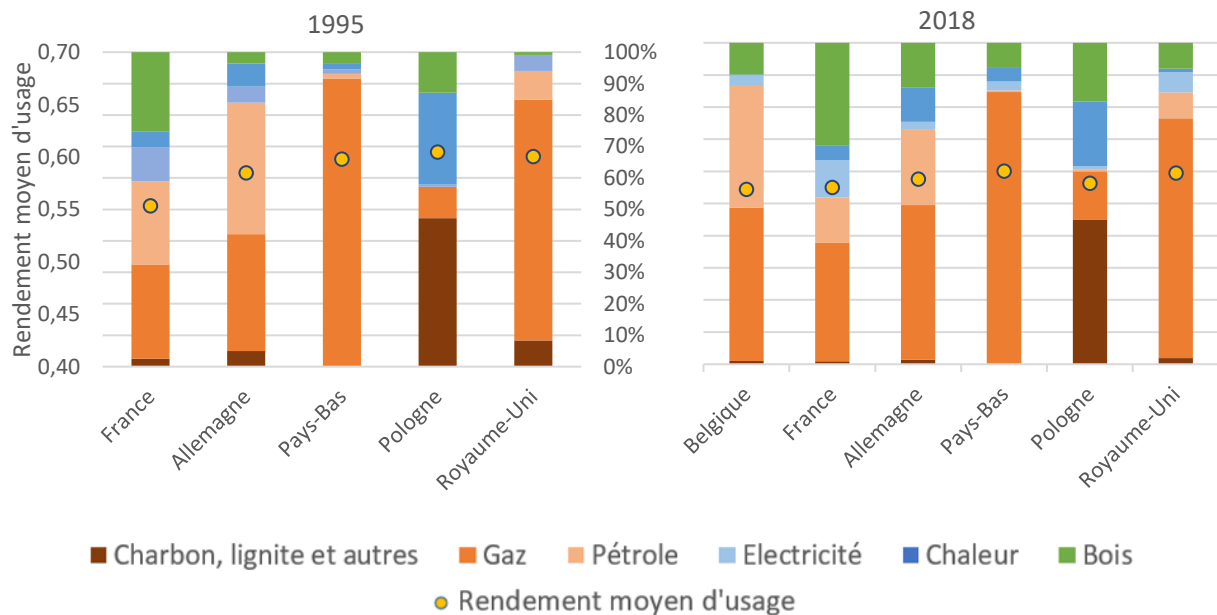
La faible consommation par habitant du Royaume-Uni par rapport à celle de la France n'est donc pas entièrement imputable aux secteurs du transport et des logements. Le Royaume-Uni consomme néanmoins légèrement moins que la France dans ces deux domaines. En revanche, on voit bien que l'Allemagne consomme plus pour ces secteurs, ce qui explique sa plus haute consommation par habitant.

La Belgique consomme 0.23 TEP de plus que la France par logement, pour un climat un peu plus froid : c'est une explication de la haute consommation finale par habitant constatée plus haut. Pourtant, la Belgique a plus de logements collectifs que la France (69% contre 57%). Nous pouvons d'ores et déjà conclure que la Belgique est la plus consommatrice dans les secteurs du logement et du transport, cela explique donc en grande partie qu'elle ait la plus haute consommation finale par habitant.

Si l'on regarde le mix de l'énergie finale, on constate l'importance constante du gaz dans tous les pays sauf la Pologne, où le charbon a une place importante. La Belgique a une part importante de pétrole dans ce mix, ce qui peut expliquer en partie sa forte consommation.

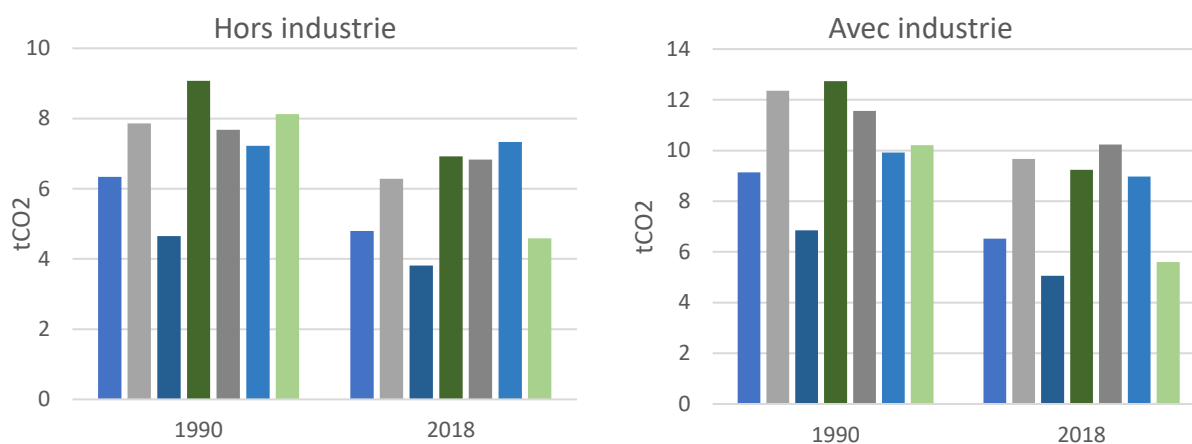
(Pas de données pour la Belgique)

Figure 62 : Energie finale pour le chauffage, Europe du Nord



## Les émissions de CO<sub>2</sub> :

Figure 63 : Emissions de CO<sub>2</sub> par habitant, avec et sans industrie, Europe du Nord



■ Union Européenne ■ Belgique ■ France ■ Allemagne ■ Pays-Bas ■ Pologne ■ Royaume-Uni

Les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant sont une donnée importante, et on peut, là encore, soustraire l'industrie (process et combustion) pour plus de clarté. La figure ci-dessous montre l'évolution de la situation entre 1990 et 2019. Ce graphique permet d'observer deux éléments : le niveau d'émissions de CO<sub>2</sub> d'une part, la dynamique de réduction des émissions d'autre part.

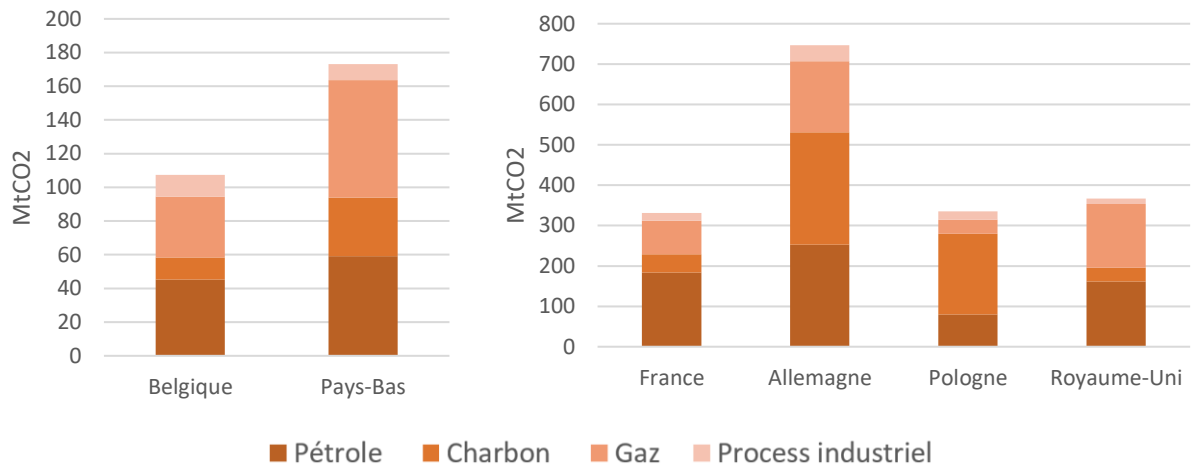
La France est clairement le pays qui a le plus bas niveau d'émissions de CO<sub>2</sub> par habitants : moins de 4 tonnes de CO<sub>2</sub> émises par habitants en 2018. Comme on l'a vu, cela n'est pas dû à une consommation d'énergie basse mais à son électricité décarbonée grâce au nucléaire. L'Allemagne, la Pologne, les Pays-Bas et la Belgique sont tous à un niveau d'émissions proche de 7 tonnes de CO<sub>2</sub> par habitant. Malgré son énergie nucléaire, la Belgique se distingue peu des autres pays. Cela est dû à sa consommation d'énergie par habitant qui est très haute et à son mix énergétique primaire qui inclut beaucoup de gaz.

Lorsqu'on regarde les évolutions de CO<sub>2</sub> en 1990 et 2019, c'est le Royaume-Uni qui se distingue : ses émissions ont baissé de 44%. En comparaison, celles de l'Allemagne ont baissé de 24%, celles de la France de 18%. C'est le résultat à la fois du changement important de son mix énergétique vers les renouvelables, du remplacement du charbon par le gaz, et de la baisse de la consommation finale.

Seule la Pologne n'a pas fait baisser ses émissions : la diminution de consommation de charbon a été compensée par une augmentation de la consommation d'énergie par habitants.

Comme on le voit sur la figure ci-dessous détaillant l'origine des émissions de CO<sub>2</sub>, les émissions de la Pologne viennent essentiellement du charbon. En Allemagne aussi le charbon a une place importante dans les émissions, contrairement aux autres pays montrés ici. Dans les autres pays, les sources principales de CO<sub>2</sub> sont plutôt le gaz et le pétrole. C'est là que la France se distingue en consommant très peu de gaz dans sa production d'électricité, et on voit bien ci-dessous qu'elle émet moins de CO<sub>2</sub> provenant du gaz que les autres pays.

Figure 64 : Origine des émissions de CO<sub>2</sub>, Europe du Nord, 2018



## Tables des figures :

Figure 1 : PIB par habitant, pays scandinaves.....	9
Figure 2 : Mix primaire, pays scandinaves, 2019.....	10
Figure 3 : Répartition de l'énergie finale, pays scandinaves, 2019 .....	11
Figure 4 : Mix final, pays scandinaves, 2019 .....	11
Figure 5 : Mix électrique, pays scandinaves, 2019 .....	11
Figure 6: Energie finale, énergie primaire et rendement du système énergétique .....	13
Figure 7 : Pourcentage de l'industrie dans l'utilisation de l'énergie finale, pays scandinaves .....	14
Figure 8 : Intensité énergétique finale, pays scandinaves .....	14
Figure 9 : Evolution de la consommation finale des pays scandinaves .....	15
Figure 10 : Consommation finale par habitant, avec et sans industrie, pays scandinaves.....	15
Figure 11 : Consommation électrique par habitant, pays scandinaves .....	16
Figure 12 : Consommation finale par habitant pour le transport routier, pays scandinaves .....	17
Figure 13 : Consommation finale par logement et degré-jour, pays scandinaves, 2018.....	18
Figure 14 : Mix des énergies finales pour le chauffage, pays scandinaves.....	19
Figure 15 : Emissions de CO <sub>2</sub> par habitant, avec et sans industrie, pays scandinaves.....	20
Figure 16 : Origine des émissions de CO <sub>2</sub> , pays scandinaves, 2018.....	20
Figure 17 : PIB par habitant, pays du Sud .....	22
Figure 18 : Mix primaire, pays du Sud, 2019 .....	23
Figure 20 : Répartition de l'énergie finale, pays du Sud, 2019 .....	23
Figure 19 : Mix final, pays du Sud, 2019 .....	23
Figure 21 : Mix électrique, pays du Sud, 2019.....	24
Figure 22: Energie finale, énergie primaire et rendement du système énergétique .....	25
Figure 23 : Pourcentage de l'industrie dans l'utilisation de l'énergie finale, pays du Su .....	26
Figure 24 : Intensité énergétique finale, pays du Sud.....	26
Figure 25 : Evolution de la consommation finale des pays du Sud.....	27
Figure 26 : Energie finale par habitant, pays du Sud .....	27
Figure 27 : Consommation électrique par habitant .....	28
Figure 28 : Consommation finale par habitant pour le transport routier, pays du Sud .....	28
Figure 29 : Consommation finale par logement et degré-jour, pays du Sud, 2018 .....	29
Figure 30 : Energie finale pour le chauffage, pays du Sud .....	29
Figure 31 : Emissions de CO <sub>2</sub> par habitant, pays du Sud .....	30
Figure 32 : Origine des émissions de CO <sub>2</sub> , 2018, pays du Sud .....	31
Figure 33 : PIB par habitant, Europe centrale .....	32
Figure 34 : Mix primaire, Europe centrale, 2019 .....	33
Figure 35 : La répartition de l'énergie finale, Europe centrale, 2019.....	33
Figure 36 : Mix final, Europe centrale, 2019 .....	33
Figure 37 : Mix électrique, Europe centrale, 2019 .....	33
Figure 38: Energie finale, énergie primaire et rendement du système énergétique .....	35
Figure 39 : Pourcentage de l'industrie dans l'utilisation de l'énergie finale, Europe centrale .....	35
Figure 40 : Intensité énergétique finale, Europe centrale.....	36
Figure 41 : Evolution de la consommation finale depuis 1990, Europe centrale .....	37
Figure 42 : Energie finale par habitant, avec et sans industrie, Europe centrale .....	37
Figure 43 : Consommation électrique par habitant .....	38
Figure 44 : Consommation finale par habitant pour le transport routier, Europe centrale .....	39
Figure 45 : Consommation finale par logement et degrés-jours, Europe centrale, 2018 .....	39
Figure 46 : Energie finale pour le chauffage, Europe centrale .....	40

Figure 47 : Emissions de CO <sub>2</sub> par habitant, Europe centrale .....	41
Figure 48 : Origine des émissions de CO <sub>2</sub> , Europe centrale, 2018.....	41
Figure 49 : PIB par habitant, Europe du Nord.....	42
Figure 50 : Mix primaire, Europe du Nord, 2019 .....	43
Figure 51 : La répartition de l'énergie finale, Europe du Nord, 2019 .....	43
Figure 52 : Mix final, Europe du Nord, 2019 .....	43
Figure 53 : Mix électrique, Europe du Nord ,2019.....	43
Figure 54: Energie finale, énergie primaire et rendement du système énergétique .....	45
Figure 55 : Pourcentage de l'industrie dans l'utilisation de l'énergie finale, Europe du Nord .....	46
Figure 56 : Intensité énergétique, Europe du Nord .....	46
Figure 57 : Evolution de la consommation finale depuis 1990, Europe du Nord.....	47
Figure 58 : Consommation finale par habitant, avec et sans industrie, Europe du Nord .....	48
Figure 59 : Consommation électrique par habitant, pays du Nord .....	49
Figure 60 : Consommation finale par habitant pour le transport routier, Europe du Nord .....	50
Figure 61 : Consommation finale par logement et degré-jour, Europe du Nord, 2018.....	50
Figure 62 : Energie finale pour le chauffage, Europe du Nord .....	51
Figure 63 : Emissions de CO <sub>2</sub> par habitant, avec et sans industrie, Europe du Nord.....	52
Figure 64 : Origine des émissions de CO <sub>2</sub> , Europe du Nord, 2018.....	53



## PARTIE 2 : Analyse comparée des politiques énergétiques



## INTRODUCTION

*Le présent rapport fait suite à une première partie portant sur les statistiques énergétiques, et couvrant les principaux pays de l'Union Européenne, la Norvège et le Royaume-Uni.*

Aujourd'hui plus que jamais, l'énergie est au premier plan dans le débat public. La politique énergétique de la France et celle de l'Europe font l'objet de débats intenses. La question va bien au-delà de la faisabilité technique : les politiques énergétiques sont aussi et surtout le produit du contexte économique, politique et social d'un pays.

Ce rapport vise à exposer les liens entre les politiques énergétiques mises en place et les mix énergétiques dans les pays européens, ainsi que leur impact sur les émissions de gaz à effet de serre, enjeu crucial s'il en est. En effet, les choix politiques peuvent influencer les mix énergétiques, mais l'inverse peut aussi se produire. Souvent, se posent aussi des questions de gouvernance, c'est pourquoi nous nous attacherons à exposer comment les décisions de politique énergétique sont prises et comment elles sont appliquées.

Restreignant notre étude à l'Union Européenne, nous montrerons l'importance de cette structure politique unique sur les politiques mises en place. La période choisie commence en 1990, au début de la prise de conscience du problème climatique et va jusqu'à 2019, juste avant que l'épidémie de Covid-19, la reprise inflationniste post-Covid puis la guerre en Ukraine ne bouleversent les modes de vie. Il nous a semblé essentiel de comparer plusieurs pays européens entre eux pour montrer comment l'organisation des systèmes politiques influence les orientations en matière d'énergie.

Nous avons choisi de nous intéresser aux trois principales économies européennes : l'Allemagne, la France, le Royaume-Uni, et d'ajouter à cet échantillon deux pays plus petits mais qui mettent en place des politiques originales : le Danemark, riche pays scandinave, en avance dans de nombreux domaines environnementaux et énergétiques, et le Portugal, pays du Sud plutôt moins bien doté mais qui avance à grand pas dans le développement des énergies renouvelables. A travers la comparaison de ces cinq pays nous espérons mettre en lumière les différences d'approche et de résultat, et tenter de les expliquer.

Une première et brève partie passera en revue l'organisation politique et institutionnelle des pays au regard de l'énergie, nécessaire pour comprendre les différentes politiques énergétiques adoptées. Ces politiques seront expliquées dans la deuxième partie, où sera exposée l'histoire des décisions prises dans le domaine énergétique depuis 1974. Une troisième partie comparera différentes approches d'une forme de gouvernance locale à travers quelques exemples en Europe. La quatrième partie explicitera le lien entre ces politiques et le mix énergétique, tandis que la cinquième s'intéressera à leurs liens avec les niveaux de consommation d'énergie. Enfin, nous concluons avec l'impact des mix, des consommations et des politiques sur les émissions de gaz à effet de serre.

## L'ORGANISATION POLITIQUE DES PAYS AU REGARD DE L'ENERGIE

### Le régime politique

Ces cinq pays ont une certaine diversité de systèmes politiques que nous allons passer en revue. Cependant, ils ont aussi beaucoup en commun. Ce sont tous d'anciens Etats-nations européens et des démocraties. Ils sont riches et industrialisés et appartiennent à l'OCDE, même si le Portugal est le plus pauvre de la liste. Enfin, à l'exception du Royaume-Uni qui en est sorti en 2016, ces pays sont membres de l'Union Européenne : la France et l'Allemagne en sont membres fondateurs (1957), le Danemark l'a rejointe en 1973 mais n'est pas dans la zone euro, et le Portugal en est membre depuis 1986.

L'Allemagne (83 millions d'habitants en 2020) est une république fédérale : le pouvoir législatif est partagé entre les gouvernements des seize Länder et le gouvernement fédéral. Chaque Land a son gouvernement et sa constitution, mais certaines prérogatives (armée, diplomatie) sont exercées par le gouvernement fédéral. Le Bundestag est une assemblée parlementaire élue au scrutin mixte, qui vote les lois et élit le chancelier fédéral, lequel nomme le gouvernement. Le Bundesrat, conseil fédéral, réunit les représentants des Länder, a droit de veto sur les lois concernant les Länder. Le domaine qui nous intéresse, l'énergie, est une compétence partagée, sur laquelle les Länder peuvent légiférer individuellement mais qui est cadrée par des lois fédérales écrites par le gouvernement et votées au Bundestag.

Le Danemark (5,8 millions d'habitants en 2020) est divisé en trois pays constitutifs (Groenland, Iles Féroé et Danemark métropolitain), mais ici on ne s'intéresse qu'au Danemark métropolitain. C'est une monarchie constitutionnelle. Le pouvoir législatif est exercé par le Parlement (Folketing), qui est élu à la proportionnelle (avec quelques ajustements). Le parti ou la coalition qui est majoritaire nomme le Premier ministre. Les lois sur l'énergie sont votées au parlement et mises en place par le gouvernement (accord énergétique – Energifakta) ; cependant les communes administratives danoises (Kommunerne) disposent d'une certaine autonomie pour leur planification énergétique, étape intégrée étroitement à la planification nationale.

La France (68 millions d'habitants en 2020) est une République semi-présidentielle dont l'organisation politique est plutôt centralisée. Le Président est élu via un scrutin uninominal à deux tours, nomme le Premier ministre qui choisit le gouvernement. Le Président détient plus de pouvoirs que dans les autres pays étudiés ici, à condition que son parti détienne la majorité à l'Assemblée Nationale. Celle-ci forme, avec le Sénat, le parlement. L'Assemblée est élue via un scrutin à deux tours (généralement favorable à la majorité présidentielle), vote les lois et peut renverser le gouvernement. La politique énergétique française est conduite par le gouvernement, et des lois doivent être votées au parlement.

Le Royaume-Uni (67 millions d'habitants en 2020) est une monarchie constitutionnelle, divisée en quatre pays constitutifs (Angleterre, Ecosse, Pays de Galles, Irlande du Nord). L'Ecosse, le Pays de Galles et l'Irlande du Nord ont chacun leur parlement local, mais le Parlement britannique (qui comprend deux chambres) a la suprématie législative. La Chambre des Communes, la plus importante, est élue au scrutin uninominal à un tour ; le leader du parti ou de la coalition majoritaire est nommé Premier Ministre et forme un gouvernement. En matière de politique énergétique, les lois sont votées au parlement britannique, mais l'Ecosse, le Pays de Galles et l'Irlande du Nord ont leurs propres administrations et peuvent avoir leurs propres lois.

Enfin, le Portugal (10,3 millions d'habitants en 2020) est une république parlementaire à l'organisation centralisée. Le Parlement de la République est élu à la proportionnelle, et il vote les lois et le Premier

ministre est le chef du parti disposant du plus grand nombre de sièges ou le chef d'une coalition. Le parlement vote les lois sur l'énergie et le gouvernement a toutes les compétences pour les appliquer.

Dans l'ensemble, le Portugal et la France sont plutôt centralisés du point de vue du régime politique tandis que le Royaume-Uni, le Danemark et surtout l'Allemagne sont décentralisés. Les systèmes politiques sont basés sur la séparation des pouvoirs judiciaires, législatifs (parlement), et exécutifs (gouvernement), aux fondements-mêmes de l'Union Européenne. En France néanmoins, le pouvoir législatif peut fortement dépendre du gouvernement si l'Assemblée nationale est dominée par le parti présidentiel.

Institutions, réseaux de distribution et rôle des entreprises dans le secteur de l'énergie :

*Production, transport, distribution, fourniture :*

Le secteur de l'énergie est structuré en 4 champs principaux : production, transport, distribution et fourniture (vente). Un des grands enjeux de la libéralisation du secteur de l'énergie est d'obliger les monopoles publics à séparer ces 4 champs, sur lesquels l'Etat est appelé à organiser la concurrence.

On peut ici distinguer assez nettement deux groupes parmi ces cinq pays.

D'abord, au Danemark et en Allemagne, ce sont les régies municipales qui, historiquement, gèrent les réseaux de distribution de chaleur, de gaz, d'électricité, ainsi que les réseaux de transport en commun (trams, métros, bus...) et plus récemment les réseaux numériques. Ces régies municipales sont des sociétés anonymes, généralement majoritairement publiques mais ouvertes aux capitaux privés. Historiquement, ces régies pouvaient produire l'énergie, avant les directives (allemandes puis européennes) de séparation des secteurs. L'Allemagne de l'Est a été intégrée à ce système après la réunification.

Au **Danemark**, de nos jours, la production d'électricité est répartie entre de nombreuses entreprises, dont une part importante de régies municipales et de collectifs citoyens. Le réseau de transport d'électricité et de gaz est géré par Energinet.dk, entreprise publique sous l'autorité du ministère de l'énergie. La distribution est répartie entre 49 entreprises et régies municipales, et régulée par un organisme public.

En **Allemagne**, la production d'électricité s'est concentrée entre les mains de trois entreprises privées et Vatenfall, groupe public suédois. Quatre grands gestionnaires de réseau de transport d'électricité se partagent le pays (Amprion, TransnetBW, TenneT TSO, 50Hertz Transmission). Ce sont des entreprises privées (sauf Tenet qui est publique et appartient aux Pays-Bas), et elles sont regroupées en un organisme de coopération, Netzregelverbund (NRV). L'Allemagne est ainsi le seul pays de l'échantillon qui n'a pas de monopole pour le transport d'électricité. Pour la distribution d'électricité, 970 entreprises privées et régies communales se partagent le marché, et les régies reprennent de l'importance (1). Pour le gaz, la situation est encore plus complexe, avec 16 sociétés de transport, 700 de distribution et 800 fournisseurs (1).

Pour conclure, en général, dans ces deux pays, l'intervention directe de l'Etat dans les entreprises de production de distribution, de fourniture d'énergie est minimale, et ce constat est vrai depuis au moins un demi-siècle.

Le Royaume-Uni, la France et le Portugal se distinguent nettement. A différents moments de leur histoire ces pays ont nationalisé leurs compagnies de distribution et de production de gaz et d'électricité. En France, Electricité de France (EDF) et Gaz de France (GDF) ont été créés en 1946. Au Royaume-Uni, les grands regroupements ont eu lieu sous le gouvernement de Clement Atlee (1945-51).

Finally, in 1980, after the revolution, Portugal aligned its organization with that of France by creating EDP and GDP. All these companies are responsible for production, transport, distribution and supply of their final energy (gas or electricity): it's a sectorial and centralized approach. Often these companies have a monopoly or a quasi-monopoly in their domain.

Since the 80s, these companies have known various fortunes due to privatizations and acquisitions, but their footprint remains strong: local authorities have very little power over the distribution networks. In addition, centralization has led to a concentration of competences (engineers, technicians) in these large companies and their successors, which is still the case today.

More precisely, today, in **France**, the high and very high voltage electricity transport network is managed by RTE, an anonymous company with state capital, owned in majority by EDF (other shareholders: CDC, CNP Assurances), which has long had the monopoly of transport and in the meantime that of production, distribution and sale of electricity. On the gas side, this role which historically belonged to Gaz de France (GDF), now belongs to GRT Gaz, owned by the Engie group, created by the merger of GDF and Suez. Nowadays, these functions have been partly opened to competition since the 2000s, but these groups remain predominant (2). Enedis, an anonymous company and subsidiary of 100% EDF, separated in management and legally from EDF as a result of European directives, still has the monopoly on 95% of the French electricity distribution network on low and medium voltage up to 20 kV. Centralization remains anchored in the law: « the law of 1946 prevents municipalities, concessionaires, from choosing another concessionaire for their distribution networks, even if it is an emanation of the municipality itself » (3).

In the **United Kingdom**, the manager of the gas and electricity transport network is the National Grid, a private company that also sells energy (as a provider) in England and Wales. These two functions are however in the process of being separated (4). Many distributors share the market for the resale of energy, and some companies produce the essential of energy, successors of national groups dismantled in the 80s, among them notably EDF.

Finally in **Portugal**, the manager of the gas and electricity transport networks is a private company, Redes Energéticas Nacionais (REN). The gas sector is dominated by Galp, that of electricity by Energias de Portugal (EDP), two former public companies privatized in the 2000s (5). EDP, fully privatized, still plays a predominant role in production, distribution and supply, but these functions are in the process of being separated as in the United Kingdom.

The organization of the gas and electricity sectors is summarized below in two tables. This allows to highlight the major differences between the countries as well as the influence of historical models.

*Tableau 1 : Organisation du secteur de l'électricité*

Pays	Allemagne	France	Royaume-Uni	Portugal	Danemark
Production	Principalement 4 entreprises. Importance historique des régies communales	95% par EDF (monopole du nucléaire et des grands barrages hydrauliques), Engie et E.On ;	Principalement 6 entreprises privées	Importance de EDP (100% privé)	Importance historique des régies communales
Transport	4 opérateurs :	<b>Monopole</b> RTE (50% publique, 50% EDF)	<b>Monopole</b> National Grid (entreprise privée)	<b>Monopole</b> REN (entreprise privée)	<b>Monopole</b> Energinet.dk (entreprise publique)
Distribution	970 entreprises, et régies	<b>Quasi-monopole</b> Enedis (100% filiale de EDF)	14 entreprises	<b>Monopole</b> E-REDES (100% filiale de EDP)	49 entreprises et régies
Fourniture	Multiplés entreprises	Principalement EDF	Multiplés entreprises	Principalement EDP	Multiplés entreprises

*Tableau 2 : Organisation du secteur du gaz*

Pays	Allemagne	France	Royaume-Uni	Portugal	Danemark
Production	Imports	Imports (entreprise privée Engie)	Champs gaziers et imports de Norvège	Imports (Entreprise privée Galp)	17 champs gaziers exploités en concession
Transport	16 entreprises privées	<b>Monopole</b> GRDF (100% Engie)	<b>Monopole</b> National Grid (privée)	<b>Monopole</b> REN (entreprise privée)	<b>Monopole</b> Energinet.dk (entreprise publique)
Distribution	700 entreprises privées	<b>Monopole</b> GRDF (100% Engie)	4 entreprises privées	11 entreprises, dont 9 contrôlées par Galp (privée)	4 entreprises, dont 3 régies municipales
Fourniture	800 entreprises privées	160 entreprises, marché dominé par Engie, EDF, Total	British Gas et 60 autres entreprises privées	Plusieurs entreprises dont Galp, EDP	15 entreprises, dont des régies

*Ministères et agences publique compétentes en matière d'énergie :*

En général, la décision publique en matière de politique énergétique dépend d'un ou plusieurs ministères, auxquels sont associés des agences publiques, dont on ne cite ici que les plus importantes. Certains pays sont en plus dotés d'un conseil indépendant qui veille à la réalisation des objectifs des politiques environnementales.

Le Danemark a un Ministère de l'Énergie et du Climat qui est responsable de la mise en place de la politique énergétique issue des Accords Parlement-Gouvernement à partir des plans énergie-climat des Communes, assure la tutelle de l'Agence Danoise de l'Énergie (DEA), qui accorde les fonds pour les projets. Il existe un Conseil Danois pour le Climat, indépendant (depuis 2014).

En France, le ministère de la Transition Ecologique, le Ministère de l'Économie et le ministère de la Recherche et de l'enseignement supérieur se partagent la politique énergétique. L'Agence de l'environnement et la maîtrise de l'énergie (ADEME), aussi appelée agence de la transition énergétique,

est sous la tutelle de ce dernier ministère. L'agence distribue des subventions et fournit une expertise dans les domaines de l'énergie. Il existe un Haut Conseil pour le Climat (*depuis 2014*).

En Allemagne, les gouvernements des Länder ont chacun des compétences en matière de politique énergétique. Le Ministère Fédéral des affaires économiques et de l'énergie a cependant la prééminence. Il est responsable de l'agence fédérale pour l'électricité, le gaz, les télécommunications, la poste et le rail (Bundesnetzagentur) qui s'assure de la libéralisation de ces marchés. La banque publique Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW ; en français : Établissement de crédit pour la reconstruction) joue aussi un rôle important pour accompagner les politiques gouvernementales, en prêtant de l'argent ou en distribuant des subventions.

Au Royaume-Uni, le Département des Affaires, de l'Énergie et des Stratégies industrielles a compétence pour appliquer les politiques énergétiques, ainsi que pour attribuer des fonds pour la recherche et le développement dans les transports et l'énergie.

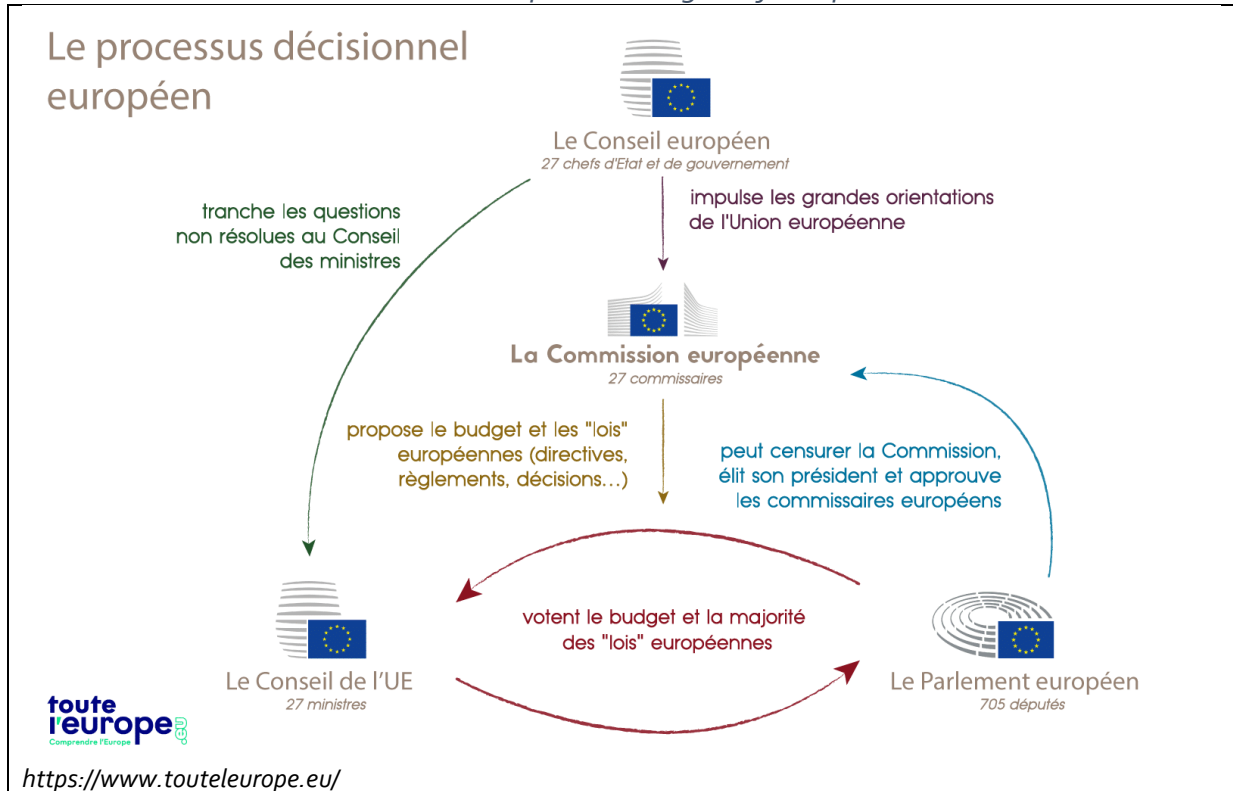
Au Portugal, le ministère de l'Environnement et de l'action climatique contrôle la Direction générale de l'énergie et de la géologie, qui a pour rôle de mettre en œuvre la politique énergétique et d'assurer l'approvisionnement. L'ADENE, l'Agence portugaise pour l'Énergie, est une association privée à but non lucratif, sous la tutelle du ministère de l'énergie, qui est responsable de plusieurs programmes d'efficacité énergétique. L'Autorité de régulation des services énergétiques est un régulateur indépendant du marché de l'énergie.

### L'Union Européenne

Enfin, il faut dire un mot sur la gouvernance de l'Union Européenne. L'Union Européenne est une confédération d'États unique au monde, qui a des compétences en matière économique, diplomatique et judiciaire sans être un Etat fédéral.

Il y a quatre institutions principales. Le Conseil Européen réunit les chefs des Etats et fixe les orientations politiques. La Commission Européenne, qui compte un commissaire par Etat membre et qui doit être approuvée par le Parlement, préparer les directives. Le Parlement est l'assemblée représentative de l'UE, que les citoyens élisent au suffrage universel. Il vote et élabore les lois. Enfin, le Conseil de l'UE regroupe les ministres des Etats et veille aux intérêts des Etats membres. Pour être approuvée, une loi doit être votée au Parlement et au conseil de l'UE. La Commission veille ensuite à l'application des lois dans les Etats membres.

Encadré 1 : Le processus législatif européen



Résumé de la partie I

On peut approximativement désigner deux groupes de pays du point de vue de l'organisation des systèmes énergétique : le Danemark et surtout l'Allemagne sont des pays décentralisés tandis que le Royaume-Uni (dans une moindre mesure), le Portugal et surtout la France sont centralisés. Cela se voit dans l'organisation de leurs institutions et de leurs entreprises du secteur de l'énergie. Cette dichotomie suit plus ou moins celle des systèmes politiques, avec des prises de décision centralisées en France, au Portugal et partiellement au Royaume-Uni, contre plus d'autonomie locale au Danemark et une autonomie régionale forte en Allemagne, pays fédéral.

## CHRONOLOGIE DES FAITS MARQUANTS EN MATIERE DE POLITIQUE ENERGETIQUE

1974 – 1990 : le défi de l'indépendance énergétique

Pour mieux comprendre les politiques énergétiques de la période 1990-2019, il faut regarder ce qu'il s'est passé auparavant et remonter à l'après-deuxième guerre mondiale, qui voit s'installer les grands équipements énergétiques s'installer partout en Europe et dans le monde (et en premier lieu les usines et barrages hydroélectriques), puis à 1974, date où le premier choc pétrolier fait réaliser à tous les pays européens la nécessité de l'indépendance énergétique et va redessiner leurs politiques énergétique, mouvement qui aboutit à la création de l'Agence Internationale de l'Energie, une agence de l'OCDE

### Encadré 2 : Repères chronologiques

Quelques dates sur le nucléaire :	Quelques dates sur les hydrocarbures :
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1945 : première bombe nucléaire (essai Trinity aux Etats-Unis)</li> <li>• 1945 : création du CEA en France</li> <li>• 1955 : premier sous-marin à propulsion nucléaire (le <i>Nautilus</i> américain)</li> <li>• 1960 : premier essai nucléaire français, <i>Gerboise bleue</i></li> <li>• 1961 : la première centrale nucléaire destinée à la production électrique démarre à Calder Hall (Royaume-Uni), technologie Magnox</li> <li>• 1963 : premier réacteur français à Chinon, technologie graphite-gaz</li> <li>• 1966 : première centrale nucléaire commerciale en Allemagne (réacteur eau bouillante)</li> <li>• 1966 : Centrale nucléaire de Chooz, en France, premier réacteur à eau pressurisée</li> <li>• 1974 : Lancement du programme Mesmer</li> <li>• 1977 : démarrage de Fessenheim</li> <li>• 1985 : le Danemark rejette le nucléaire par vote au Parlement après débat national ; le programme nucléaire portugais est abandonné</li> <li>• 1986 : catastrophe de Tchernobyl</li> <li>• 2011 : catastrophe de Fukushima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1963 : Première grande exploitation de gaz en Europe à Gronique aux Pays-bas</li> <li>• 1971 : Début de l'exploitation du gaz en Norvège</li> <li>• 1973-74 : le prix du pétrole est multiplié par 4</li> <li>• 1976-77 : début de l'exploitation du gaz et du pétrole en mer du Nord par le Royaume-Uni</li> <li>• 1979 : Deuxième choc pétrolier</li> <li>• 1984, début de l'exploitation du gaz offshore danois</li> <li>• 1986 : pic du « contre-choc pétrolier » : le prix du baril plonge</li> <li>• 2012 : mise en service de Nord Stream, gazoduc alimentant l'Europe en gaz russe</li> <li>• 2022 : invasion de l'Ukraine par la Russie ; arrêt de Nord-Stream 2 ; limitation puis arrêt des livraisons de gaz russe par Gazprom vers l'UE par Nord-Stream 1</li> </ul>

### Etat des lieux au moment de la crise de 1974

En 1974, les Etats européens veulent d'abord assurer leur production électrique, qui dépend beaucoup du fioul, dérivé du pétrole et importé en grande majorité. A partir de là, les différents pays vont prendre différentes trajectoires.

A cette date, les deux Allemagnes, la France, et le Royaume-Uni ont déjà une industrie nucléaire civile qui se double pour les deux dernières d'une industrie militaire. L'énergie nucléaire est alors très minoritaire dans la production électrique, qui dépend surtout du fioul (importé) et du charbon, encore



largement exploité en France, au Royaume Uni et en Allemagne. Au Danemark et au Portugal, l'énergie dépend largement des combustibles importés. Dans tous ces pays, on met en place une politique d'économie d'énergie.

D'autre part, les différents gouvernements doivent élaborer des politiques permettant d'assurer l'approvisionnement énergétique à long terme. En particulier, l'électricité est au cœur des planifications. Les politiques énergétiques n'englobent alors pas le secteur des transports (automobiles et transports en commun), sauf sous le prisme des économies de carburant. A cette époque, le réchauffement climatique n'entre pas en ligne de compte, mais certains pays s'inquiètent de la pollution atmosphérique (pluies acides - Waldsterben en Allemagne et dans la région Alsace, smog au Royaume-Uni).

*Les stratégies des Etats en 1974 et 1990 :*

Au **Royaume-Uni**, le gouvernement encourage l'exploitation du gaz et du pétrole de la Mer du Nord, devenue rentable après la hausse des prix du pétrole. Le gaz se répand pour le chauffage dans les logements, tandis que le charbon va assurer une grande part de la production électrique jusque dans les années 2000. Le nucléaire va rester présent mais minoritaire dans le mix électrique, aucune nouvelle centrale n'étant décidée dans les années 70 et 80 (6), car la consommation électrique du pays est plus faible que prévu, et l'opinion, plutôt bien informée par le débat public (7), se montre réservée sur le sujet. Les années 80 et 90, sous le gouvernement de Margaret Thatcher (1979-90), verront surtout l'essor de l'exploitation gazière, deux centrales nucléaires sont néanmoins décidées en 1980 (8).

**L'Allemagne de l'Ouest** développe son industrie nucléaire de manière volontariste au début des années 70 (6). L'opinion publique est cependant majoritairement défavorable à cette énergie, et la construction des centrales donne lieu à des manifestations importantes (9), qui conduisent le gouvernement fédéral à repenser sa politique. Le nucléaire restera minoritaire dans sa production d'électricité, qui utilise plutôt le charbon et le lignite abondants en Allemagne.

En **France**, le gouvernement de Georges Pompidou puis celui de Valéry Giscard d'Estaing (1974-81) s'engage dans ce qui est probablement le plus ambitieux programme nucléaire au monde : 6 réacteurs sont construits chaque année entre 1972 et 1977. Le programme est rapide et laisse peu de places aux contestations locales (10). Cependant, dans la fin des années 1970, la contestation s'installe à l'échelle nationale avec le projet de centrale à Plogoff. En 1976, le projet Alter national, association entre des scientifiques et des associations locales, expose des trajectoires énergétiques pour la France qui visent à prouver qu'il existe des alternatives au nucléaire ; il est rapidement suivi par l'élaboration de plusieurs Projets Alter régionaux (Bretagne, Alsace (11), etc.) au début des années 80.

C'est dans ce contexte que François Mitterrand est élu en 1981. Le candidat de la gauche unie avait fait la promesse de ne plus construire de nouvelles centrales sans consultation démocratique, promesse qui ne sera pas tenue (12). Ce développement permet néanmoins à la France d'avoir un mix électrique presque unique au monde, dominé à plus de 70% par le nucléaire.

Le **Danemark**, gouverné par les libéraux, compte aussi lancer une industrie nucléaire pour pallier sa dépendance énergétique des années 60 et 70. Le pays peut s'enorgueillir d'avoir une recherche nucléaire à la pointe, avec le physicien Niels Bohr et un site nucléaire près de Copenhague. En 1976, le premier plan énergétique danois prévoit le recours au nucléaire et au gaz. Le président de l'association des producteurs d'électricité déclare : « Vous pouvez débattre autant qu'il vous plaira, mais c'est l'énergie nucléaire que vous aurez ! » (13).

Une forte opposition voit le jour très rapidement. La même année, en 1976, une éolienne est rattachée illégalement au réseau électrique pour prouver la viabilité de cette énergie. Comme en France,

chercheurs et associations s'allient pour faire entendre leur voix et proclamer « *we do have a choice* » (13). Contrairement à la France, ils sont écoutés et une subvention à l'investissement éolien est mis en place dès 1979 pour encourager l'essor des auto-producteurs. L'énergie nucléaire fait l'objet d'un référendum en 1985 et elle est définitivement rejetée par le Parlement. Le plan énergétique de 1981 est orienté vers l'efficacité et les économies d'énergie, avec un recours au gaz et au charbon.

Quant au **Portugal**, il a aussi quelques projets nucléaires, mais le pays est très pauvre à l'époque d'après les standards européens, et il a des besoins énergétiques bien moindres. Surtout, 1974 est aussi l'année de la Révolution des Œillets, qui enclenche une période de transition démocratique dont le Portugal ne sort qu'en 1980.

Finalement, **l'Allemagne de l'Est** rencontrera dans les années 80 des graves problèmes de pénurie, subissant le choc pétrolier avec du retard. Elle développe aussi, avec du retard, des centrales nucléaires sur le modèle soviétique.

*Situation à la fin des années 90 :*

Ainsi, ces pays arrivent dans des situations très différentes au début de notre période d'étude, en 1990.

Ce qui est frappant sur cette première période, c'est de voir l'importance des contestations contre le nucléaire et les impacts qu'elles ont eus. Ces contestations se sont structurées en associations d'abord locales puis nationales : Projet Alter en France (14), Verts en Allemagne(15), association d'ingénieurs ou d'universitaires au Danemark (13). Elles réunissent des militants écologistes et des chercheurs pour faire émerger d'autres alternatives. Les partis écologistes viennent d'apparaître et sont très minoritaires, donc ce sont surtout ces associations qui portent les combats. Si leur action a du succès en Allemagne et au Danemark, il en est autrement en France, où seul le projet très avancé de centrale nucléaire à Plogoff est annulé après une longue lutte, ainsi que d'autres implantations projetées en Alsace. Au Royaume-Uni en revanche, la construction de deux centrales nucléaires n'amène que peu de contestation, et le Portugal n'a pas d'industrie nucléaire.

La contestation du nucléaire par la société civile dans ces trois pays est montée en puissance dès la fin des années 70, malgré le peu de concertation démocratique autour de ces questions, (16). L'accident de Tchernobyl, le 26 avril 1986, vient encore renforcer ces tendances lourdes (17). De plus, le prix du pétrole est très bas à partir de 1986, et les centrales électriques à cycles combinés permettent de produire de l'électricité à partir des combustibles avec un haut rendement. Tout cela conduit à l'abandon progressif de la plupart des projets de réacteur nucléaires civils en Europe et dans le monde.

En 1989, le mur de Berlin tombe et l'URSS commence à se fissurer. En parallèle, le problème posé par les émissions de gaz à effets de serre devient de plus en plus manifeste. Une nouvelle ère s'ouvre pour les politiques énergétiques, avec des nouveaux objectifs et de nouveaux moyens.

Les années 1990 : la fin du communisme et la construction de l'Union Européenne

Le début des années 90 en Europe est marqué par des bouleversements politiques d'une ampleur quasiment jamais vue. Entre 1989 et 1991, tous les régimes communistes d'Europe de l'Est s'effondrent pour laisser place à des démocraties naissantes. En 1991, l'URSS est dissoute et remplacée par la CEI dominée par la Fédération de Russie. En 1992, le traité de Maastricht est signé par les douze Etats de la CEE. Il donne naissance à l'Union Européenne, avec ses institutions et son marché unique.

*Encadré 3 : Etapes de la construction européenne depuis 1990*

1986 : La Communauté Européenne (CEE) regroupe 12 Etats (Allemagne, Belgique, France, Italie, Luxembourg, Pays-Bas, Danemark, Irlande, Royaume-Uni, Grèce, Espagne et Portugal)
1989-1991 : chute des régimes communistes
1992 : signature du traité de Maastricht
1995 : entrée de l'Autriche, la Suède et la Finlande
2002 : mise en circulation de l'euro, monnaie unique de l'Union économique et monétaire
2004 : grand élargissement (Estonie, Lettonie, Lituanie, Hongrie, Pologne, République tchèque, Slovaquie, Slovénie, Malte et Chypre)
2007 : entrée de la Roumanie et la Bulgarie
2013 : entrée de la Croatie
2016 : referendum sur le Brexit

Le Protocole de Montréal, signé par la plupart des Etats du monde en 1987 et entré en vigueur en 1989, est la première action concertée mondiale entre les nations pour répondre à une menace écologique mondiale issue des activités industrielles, le risque de disparition de la couche d'ozone stratosphérique, dont les études scientifiques avaient compris et montré les mécanismes chimiques initiés par les radicaux chlorés produits par les fuites de gaz halocarbures. Les décennies suivantes ont prouvé sa grande efficacité.

Les années 1990 voient aussi la montée des inquiétudes climatiques : les deux premiers rapports du GIEC paraissent en 1990 et 1995 et pointent l'implication des gaz à effets de serre d'origine anthropique dans le réchauffement climatique. En 1992 a lieu la conférence de Rio, aussi appelée Sommet de la Terre, au cours de laquelle les Etats s'engagent sur des mesures pour protéger l'environnement au XXI<sup>e</sup> siècle.

En 1997 est signé le protocole de Kyoto qui vise à réduire ces émissions, et donc à sortir des énergies fossiles. Ce protocole est ratifié par l'Union Européenne et ses Etats membres. L'UE va progressivement se doter de moyens légaux pour faire respecter le protocole, que nous détaillerons.

C'est dans ce contexte que les Etats vont légiférer et penser leur politique énergétique. Avant d'aller plus loin, il faut cependant comprendre le rôle de l'Union Européenne.

2000 – 2019 : l'Union Européenne a-t-elle une politique énergétique ?

Nous allons maintenant rappeler quelle a été la contribution législative de l'Union Européenne en matière de politique énergétique. Cette politique peut expliquer certaines orientations prises ultérieurement par les pays membres, comme nous le verrons ensuite.

L'énergie est historiquement la chasse gardée des exécutifs nationaux, longtemps réticents à laisser du pouvoir à l'Union Européenne sur ce sujet. Le traité de Maastricht (1997) ne donne pas de compétence sur l'énergie à l'UE. La protection de l'environnement est néanmoins évoquée.

Le traité d'Amsterdam (1997) intègre la protection de l'environnement comme but des politiques des Etats (article 3C) et introduit la notion de développement durable. Par ce biais, il devient possible pour l'UE de légiférer sur l'énergie. Le traité de Lisbonne (2007), grande révision du traité du Maastricht, définit la politique énergétique comme une « compétence partagée » entre les Etats membres et l'Union. La politique énergétique de l'UE se construit donc, comme dans beaucoup d'autres domaines, par compromis successifs. Ainsi, l'Union Européenne est pleinement actrice des politiques énergétiques de ses Etats membres. Elle ne se substitue pas à leurs décisions politiques, mais elle met en place des cadres législatifs et économiques qui conditionnent fortement leurs options. Nous ne pouvons donc pas analyser la politique énergétique de ces cinq pays sans connaître celle de l'UE.

*Encadré 4 : Les paquets énergie-climat*

- 2008 : premier paquet climat-énergie : « 3x20 » : objectifs pour 2020 (directive 2009/28/EC) :
- 20 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990 (juridiquement contraignant)
  - 20 % d'énergies renouvelables dans le mix énergétique
  - Accroître l'efficacité énergétique de 20 %, c'est-à-dire « la réduction de 20 % de la consommation énergétique européenne par rapport à l'augmentation tendancielle » [3]
- 2014 : nouveau paquet climat-énergie : objectifs pour 2030 :
- 40 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990 (juridiquement contraignant)
  - 27 % d'énergies renouvelables dans le mix énergétique
  - Accroître l'efficacité énergétique de 27 %

Tout d'abord, l'UE met en place des programmes communautaires d'action pour l'environnement depuis 1972, qui fixent les priorités pour les prochaines années. Ces programmes sont devenus de plus en plus ambitieux avec l'accroissement des compétences de l'UE. Le huitième programme a été adopté par le Conseil Européen en mars 2002 et fixe les priorités jusqu'à 2030. Ces programmes ne sont pas juridiquement contraignants mais fixent des grandes lignes à respecter, qui permettent au Parlement de promulguer des lois. Les premières lois contenant des mesures juridiquement contraignantes pour la réduction des émissions de GES apparaissent en 2008, dans les paquets climat-énergie (voir ci-contre).

Depuis, le « Green New Deal » a été voté et d'autres législations sont en vigueur à l'heure actuelle, mais elles ne rentrent pas dans le cadre de ce rapport. Sur la période qui nous intéresse (1990-2019), les lois européennes sont arrivées assez tard. Cependant, les pays ont eu leurs propres politiques et lois bien avant l'UE.

En plus des plans visant directement la politique énergétique, deux mécanismes législatifs mis en place progressivement par l'UE ces vingt dernières années ont une grande importance sur l'énergie : le marché de l'énergie et celui des quotas d'émissions. De plus, la charte de l'énergie est un mécanisme international qui exerce aussi une grande influence.

*La Charte de l'énergie :*

L'objectif du traité sur la Charte de l'énergie, signé en 1994, est de créer des marchés de l'énergie ouverts et non discriminatoires dans l'ensemble de ses Etats membres. A l'époque, le but est d'intégrer au mieux les systèmes énergétiques de l'Europe de l'Est et de stimuler les investissements étrangers. Le traité contraint juridiquement les Etats signataires à assurer la libre concurrence dans le domaine de l'énergie. Les signataires sont l'UE et la plupart des pays européens et eurasiatiques. Ce traité permet aux entreprises de réclamer des compensations financières si une modification législative vient à leur faire entrave. La principale critique faite à son encontre est qu'il rend beaucoup plus coûteux pour les

Etats des mesures telles que l'obligation de fermeture des centrales à charbon ou des centrales nucléaires (18) (19).

*Le marché de l'énergie européen :*

Depuis le début des années 2000, différentes législations promulguées par le parlement européen ont obligé les Etats membres à libéraliser leurs marchés de l'énergie, en particulier de gaz et d'électricité. L'objectif est que chaque citoyen européen dispose « d'une énergie sûre, durable, compétitive et à des prix raisonnables »(20). Ces directives ont aussi pour but d'assurer l'approvisionnement en énergie, d'améliorer les interconnexions au niveau européen, et de développer les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique. Pour cela, une Agence européenne de coopération des régulateurs de l'énergie est créée en 2011. Le marché de l'énergie européen a une grande importance pour les politiques énergétiques, en particulier parce qu'il influe énormément sur les prix de l'électricité dans toute l'Union.

*Les quotas d'émission européens :*

Le système des quotas d'émission de gaz à effet de serre (*Emission Trading System, ETS*) a été mis en place en 2005. Chaque installation émettant des GES se voit octroyée des crédits, un crédit correspondant à une tonne équivalente GES. Elle peut échanger ses crédits soit en achetant soit en vendant, selon ses émissions de GES. Le but est de faire diminuer le nombre de crédits carbone en circulation pour faire augmenter leur prix et forcer les entreprises à se convertir progressivement à la neutralité. Ce système, unique au monde à son lancement (il avait déjà été mis en place aux USA pour le SO<sub>2</sub> néanmoins), a connu des dysfonctionnements : de nombreux secteurs en sont exclus (aviation civile, automobile) et les crédits carbone ont longtemps été trop nombreux pour que leur prix soit dissuasif, ce qui a conduit à l'effondrement des valeurs ETS en 2012-2013 à 3 €/tCO<sub>2</sub> et à la révision des modes d'allocation des ETS. Néanmoins, la mise en place de ce marché du carbone, malgré ses problèmes initiaux, a un grand impact sur les prix de l'énergie et les décisions des Etats et des entreprises.

Nous pouvons à présent étudier les politiques nationales de ces cinq pays, en gardant à l'esprit cette réglementation européenne.

*1990 - 2008 : la prise de conscience*

Parmi les cinq pays concernés, c'est le **Danemark** qui prend le premier des mesures pour contenir ses émissions de GES liés à l'énergie. L'arrivée au pouvoir des conservateurs en 1990 aboutit à l'annulation des dispositifs régulateurs, notamment ceux à destination des éoliennes. Cependant, dès 1992, le pays met en place une taxe carbone pour les particuliers, étendue l'année suivante aux industries. Les sociaux-démocrates (centre gauche) reviennent au pouvoir en 1993 et mettent en place un plan énergétique pour 2000. Ce plan vise à la diminution des émissions de GES, en passant surtout par les économies d'énergie et les gains d'efficacité. Ce plan encourage aussi la cogénération et la création de réseaux de chaleur locaux autour des centrales électriques. Ces centrales restent néanmoins principalement alimentées au charbon, ou au gaz qui est extrait des eaux territoriales de la mer du Nord. En parallèle, alors que la faisabilité d'un approvisionnement 100% renouvelable fait débat, l'île de Samsø (4000 habitants), entièrement dépendante du pétrole, est choisie en 1997 pour expérimenter l'autosuffisance renouvelable, avec le concours des habitants et d'équipes universitaires.

*Le protocole de Kyoto*

Pour les autres Etats, il faut attendre la conférence de Kyoto (1997) pour voir apparaître des mesures visant à réduire les émissions de GES. A l'issue de cette conférence, les pays signataires s'engageaient

à réduire leurs émissions de GES de 5% en 2008-2012 par rapport à 1990. Les pays européens ont ratifié le protocole de Kyoto en 2002 (21).

Certains pays ont adopté des objectifs plus ambitieux. Parmi ceux qui nous intéressent, seul le Portugal n'a pas annoncé relever ses objectifs. Les autres pays ont annoncé vouloir réduire leurs émissions de GES par rapport à 1990 au début de la décennie 2000 :

- Le Royaume-Uni : réduction de 12,5 % d'ici à 2012, et de 60 % d'ici à 2050 (22) (2004)
- L'Allemagne : réduction de 36 % d'ici à 2020 : (23) (2007)
- La France : réduction de 60 % d'ici à 2050 (24) (2005)

Cependant, ces annonces sont loin d'être toutes suivies d'effets. L'arsenal législatif mis en place n'est pas à la hauteur des enjeux. Dans l'ensemble, tous les pays annoncent leur intention d'augmenter leur part d'énergie renouvelables, d'augmenter l'efficacité énergétique, de participer au marché du carbone que l'UE est en train de mettre en place. Des restrictions de vitesse sur les autoroutes sont envisagées, mais ne sont pas mises en place. Nous allons détailler ce premier volet de programmes énergétiques.

#### *Les stratégies des Etats au début des années 2000 :*

Le **Portugal** adopte dès 2001 un programme énergétique ambitieux : le programme E4 (25). Ce programme concerne le mix électrique, qui doit provenir en 2010 à 39% des énergies renouvelables, surtout l'éolien. Les investisseurs sont encouragés à investir dans les ENR, des tarifs préférentiels sont mis en place, leur raccordement au réseau est simplifié.

En **France**, en 2000, est adopté le Programme national de lutte contre le changement climatique (PNLCC), renforcé ensuite par le plan Climat 2003. Il permet l'installation d'éoliennes et comporte un volet sur l'efficacité énergétique des logements et des transports. En 2007 également, le chantier de l'EPR de Flamanville (réacteur nucléaire de 3<sup>e</sup> génération) commence. Il est approuvé par le Parlement malgré l'opposition des Verts, et soutenu par le gouvernement de Jacques Chirac. La même année, EDF annonce la prolongation jusqu'à 40 ans de ses centrales (26). Tous ces éléments montrent que la France n'entend pas sortir du nucléaire, malgré une opposition locale encore forte, qui conteste le manque de concertation et la précipitation de la décision (27).

**L'Allemagne**, depuis le début des années 2000, met l'accent sur les énergies renouvelables, en particulier les éoliennes. Le Plan National de Protection du Climat de 2000, mis à jour en 2005, établit les objectifs et prévoit toute une série de mesures d'incitations pour promouvoir les ENR, la cogénération, les transports en commun. D'autre part, le gouvernement, après près d'une décennie de débats et sous la pression des Verts et d'une grande partie de l'opinion(28), acte en 2002 la sortie du nucléaire, destinée néanmoins à être étalée dans le temps(29). Aucune nouvelle centrale ne sera construite, et les centrales existantes seront progressivement éteintes. La sortie du nucléaire est initialement prévue pour 2021, et va exercer une grande influence sur les choix politiques ultérieurs et sur le mix électrique. En 2007, un premier plan pour réduire les émissions de GES est adopté, prévoyant des subventions pour les économies d'énergie et les énergies renouvelables.

Le **Royaume-Uni**, comme l'Allemagne, se concentre sur l'installation d'éoliennes, avec l'objectif d'en installer 7000 entre 2004 et 2010. Il met également en place en 2001 une taxe sur l'énergie qui se rapproche d'une taxe carbone, et qui doit encourager les économies d'énergie. Il adopte une législation favorable à la cogénération et aux réseaux de chaleur locaux en 2004, qui sont exemptés de certaines taxes.

Ces plans ont plus ou moins de succès, comme on va le voir dans la partie statistique, mais le changement climatique devient de plus en plus rapide et des plans plus ambitieux sont adoptés entre 2008 et 2012, visant généralement des objectifs pour 2020.

Entre-temps au **Danemark**, le début des années 2000 a vu la dé-régularisation du secteur électrique (réforme électrique en 1999), due au programme du centre droit libéral. Les investissements dans le secteur éolien chutent. Les protestations montent, et l'association danoise des ingénieurs (IDA) lance avec des universitaires des recherches pour prouver la stabilité d'un réseau électrique basé sur l'éolien, et la faisabilité à long terme d'un système énergétique 100% renouvelable.

En 2006, après un an de séminaires à travers tout le Danemark, l'IDA publie un « Energy Plan 2030 », basé sur les économies d'énergies et la transition aux renouvelables. Le Premier Ministre A.F. Rasmussen admet la nécessité et la faisabilité d'une sortie complète des fossiles dans un discours célèbre la même année et conclut un accord énergie-climat avec le Parlement (*Energiaftale* 2008). L'île de Samsø atteint l'autosuffisance en énergie renouvelable en 2007, ouvrant la voie à d'autres essais à plus grande échelle : la même année, des expériences commencent sur l'île de Bornholm (40 000 habitants) et dans la ville portuaire de Frederikshavn (23 000 habitants).

#### 2008-2012 : l'heure des plans

La crise financière touche l'Europe à partir de 2008. En 2009, presque tous les pays de l'UE entrent en récession. Parmi les pays qui nous intéressent, le plus touché est le Portugal, qui est en récession jusqu'en 2012, et met plus de temps à rattraper son retard de croissance que le reste de la zone euro, les effets de la crise se faisant durement ressentir jusqu'à 2015 (30). Les investissements dans les renouvelables ralentissent. Ils ne reprennent vraiment qu'en 2017 avec le gouvernement Costa.

La crise n'empêche pas la législation énergétique d'évoluer, en particulier au niveau européen.

En 2008, le Parlement danois vote l'« *Energiaftale* » (31) qui fixe des objectifs ambitieux pour la période 2008-2011 : dépasser les objectifs assignés au Danemark par l'UE pour 2020 (réduction de 20% des émissions de GES, 30% de l'énergie primaire doit venir des renouvelables). Cet accord est en avance sur les législations européennes.

#### Les effets des paquets énergie-climat européens

En 2009, la directive sur les paquets climats énergie est promulguée par l'Union Européenne. Chaque pays se voit fixer des objectifs de part de renouvelables dans le mix primaire pour 2020, en fonction de la part en 2009. L'objectif est d'arriver à 20% d'énergie renouvelable dans le mix primaire de l'UE. Cela oblige les pays à élaborer un plan national d'action pour les énergies renouvelables (National Renewable Energy Action Plan, NREAP), qui détaille la répartition de ces énergies renouvelables et fixe des moyens pour y arriver. Ces plans sont publiés en 2010. Ils sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

Au-delà des objectifs chiffrés, le déploiement de ces énergies renouvelables utilise globalement les mêmes outils : assouplissement de la réglementation, subventions et exemptions de taxes. Le succès ou non de ces plans dépendra donc en grande partie des mesures prises précédemment et surtout des institutions en place.

Tableau 3 : Part d'énergies renouvelables visée pour 2020

Pays	Objectif total	Electricité	Chaleur	Transport
Allemagne	18 %	37 %	15.5 %	13 %
France	23 %	27 %	33 %	10.5 %

Royaume-Uni	15 %	31 %	12 %	10 %
Danemark	30%	*	*	*
Portugal	31%	55 %	31 %	10 %

Source : AIE

Le Danemark ne publie pas de nouveau plan, conservant ses objectifs pour 2012.

#### 2012-2019 : Mettre en place la transition : taxes, subventions et nouvelles ambitions

Alors que la crise financière s'éloigne, les stratégies nationales se mettent en place et un nouveau paquet énergie-climat est en négociation au Parlement européen. Les législations sont à nouveau appelées à évoluer.

En 2012, le **Danemark** adopte un nouveau plan énergétique (Energiaftale 2012 (32)) avec de objectifs pour 2020, et qui vise une énergie totalement indépendante des énergies fossiles pour 2050. Il fixe aussi l'objectif d'une électricité 100% renouvelable pour 2035. Ce plan prévoit à la fois des économies d'énergie dans tous les secteurs, de nouvelles subventions pour les renouvelables, des fonds importants pour la recherche dans ce domaine, et il intègre les transports individuels dans cette transformation, alors que le secteur de l'automobile est absent de la quasi-totalité des plans européens.

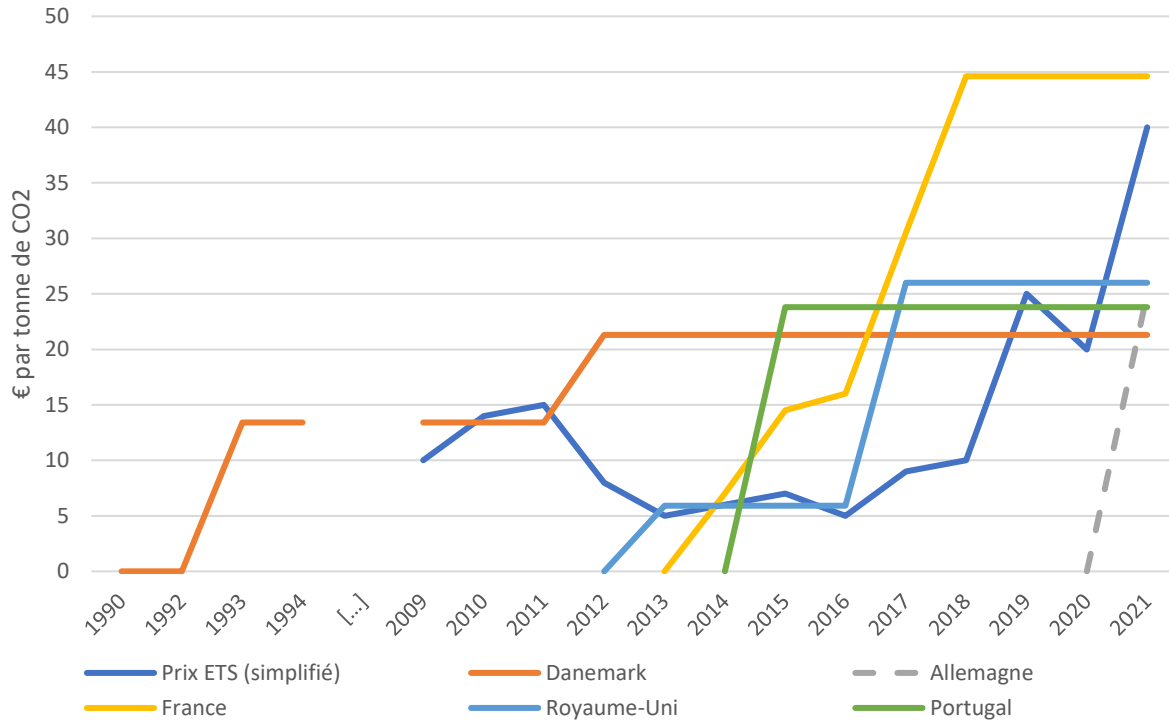
2012 voit aussi le renouveau du nucléaire au **Royaume-Uni** : un partenariat est conclu avec EDF pour construire deux EPR à Hinkley Point, éventuel prélude à d'autres déploiements. Le chantier ne démarrera cependant effectivement qu'en 2018, à l'issue de nombreuses négociations.

#### Les taxes carbone :

A partir de 2010, les « taxes carbone » sont à l'ordre du jour dans la plupart des pays européens. Cela consiste à taxer particuliers et industriels sur les tonnes équivalentes de CO<sub>2</sub> émis. Généralement, ces taxes portent sur les secteurs non couverts par le marché du carbone européen (ETS) : les transports, le chauffage, les petites industries (33). Les pays de notre liste les adoptent progressivement, à l'exception du Danemark qui a déjà une telle taxe depuis 1992 pour les particuliers et 1993 pour l'industrie. Le graphique ci-dessous montre la valeur des taxes carbone adoptées et leurs réévaluations successives.



Figure 65 : Montant des taxes carbone par pays



Sources : ETS : (34) ; France : (35) ; Royaume-Uni : (36) ; Portugal : (37) ; Danemark : (13) ; Allemagne : (38)

Au **Royaume-Uni**, le Carbon Price Floor (CPF) est adopté en 2013, c'est un équivalent de la taxe carbone. Cependant, il s'agit en plus d'un prix plancher : une loi force les industries couvertes par l'ETS (marché du carbone européen) à racheter le carbone au prix du CPF si le prix de l'ETS est trop bas. Le CPF fait partie du Energy Act de 2013, qui donne une multitude d'outils pour encourager les énergies renouvelables réglementées, notamment une régulation des prix de l'énergie éolienne (39).

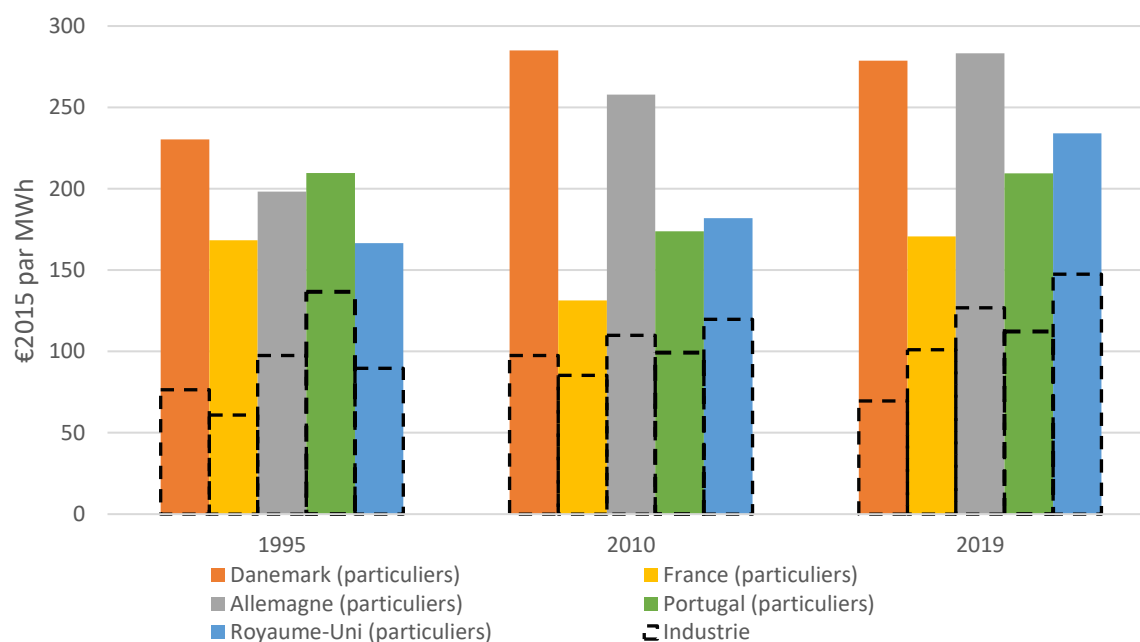
En 2014, la **France** met en place à son tour la taxe carbone, relevée progressivement. La taxe carbone est en discussion en France depuis 2007 sous le mandat de Nicolas Sarkozy, mais il faut attendre un changement de législature à l'occasion des élections de 2012 pour que le gouvernement de François Hollande la fasse voter.

Au **Portugal**, la taxe carbone arrive en 2015 et va de pair avec de nombreuses mesures ciblant la consommation des particuliers et visant aux économies d'énergie, formant une véritable « fiscalité verte » (40).

Finalement, en **Allemagne**, le gouvernement, malgré la pression des écologistes, ne met pas en place de taxe carbone (32) avant 2021. Cela est dû aux préoccupations économiques et à l'importance des lobbys, notamment celui du charbon.

Pour encourager l'essor des renouvelables entre 2010 et 2020, l'Allemagne compte sur un tarif régulé de l'électricité renouvelable. Ce tarif se répercute sur le prix de l'électricité, comme on le voit sur le graphique ci-dessous. L'Allemagne et le Danemark ont l'électricité la plus chère d'Europe. D'autres pays, notamment la France, cherchent plutôt à encourager la consommation électrique en maintenant des prix bas. Nous verrons les implications de ces différences de prix dans la partie suivante.

Figure 66 : Prix de l'électricité (taxes incluses) pour les particuliers et l'industrie



*De nouveaux plans pour atteindre la neutralité carbone :*

L'objectif de neutralité carbone en 2050 devient de plus en plus répandu parmi les pays européens après la COP21 de 2015. Cela est dû à la prise de conscience des effets du changement climatique dans l'opinion et à l'évolution de la législation européenne : le Green Deal, annoncé en 2019, voit ses objectifs rehaussés lorsqu'il est adopté par le Parlement, et fixe comme objectif la neutralité en 2050. Les législations nationales s'adaptent ou anticipent :

Une fois de plus, le **Danemark** est en avance grâce à son deuxième plan énergétique de 2012, renforcé en 2018 par un nouvel accord énergie-climat entre le Gouvernement et le Parlement (*Energiaftale 2018*) visant 55% de la consommation finale d'énergie, 100% de la consommation électrique et une réduction de 70% des émissions de GES d'ici 2030.

En **Allemagne**, les accords se succèdent pour rester dans les limites de l'Energiwende décidée en 2010 : un plan climat est voté en 2014 avec des objectifs pour 2020, un autre en 2016 visant la neutralité carbone en 2050.

Au **Royaume-Uni**, la Clean Growth Strategy est adoptée en 2017, et vise une neutralité carbone en 2050, s'alignant sur les objectifs de l'UE malgré le Brexit. Le plan prévoit des gains d'efficacité, des économies d'énergie, et des investissements massifs dans l'électricité renouvelable et les transports bas carbone (41).

La **France** adopte la stratégie nationale bas carbone (SNBC) en 2015 et rehausse en 2019 ses objectifs (42) pour viser elle aussi la neutralité, prévoyant des leviers similaires à ceux déployés par le Royaume-Uni.

Enfin, le Portugal développe lui aussi des plans pour les secteurs du bâtiment et des transports, en comptant sur son électricité renouvelables (43).

Résumé

Ainsi, sur la période de 1990 à 2019, une véritable mutation est intervenue dans les stratégies des Etats. Les objectifs des plans énergétiques ne sont plus une énergie abondante et peu chère, mais une énergie

renouvelable et utilisée efficacement. Ce changement s'est fait à plusieurs vitesses et n'est pas totalement abouti, suivant le pays concerné. Ainsi, le Danemark est le pays de notre liste qui a le plus tôt affiché des ambitions nouvelles. Si tous les pays européens ont aujourd'hui pour objectif la neutralité carbone en 2050, ils se sont longtemps fixés des objectifs moins ambitieux. Nous pouvons regarder si ces objectifs ont été atteints sur la période 1990-2019, et quelle est la dynamique pour les prochaines années.

Avant de passer à cette analyse des dynamiques nationales en matière de déploiement des ENR et d'efficacité énergétique, analysons quelques exemples locaux pour voir comment les pouvoirs municipaux peuvent mettre en place des initiatives locales en matière d'énergie.

## GOUVERNANCES LOCALES DE L'ÉNERGIE

En parallèle des politiques nationales, la transition énergétique se déploie aussi à l'échelle locale, qui est de plus en plus considérée comme essentielle pour toutes les facettes de la transition, que ce soit le développement d'ENR, l'efficacité énergétique ou le développement des transports en commun. Comme on l'a vu, les compétences des municipalités en matière d'énergie sont très différentes selon les pays. Il existe de grandes disparités dans l'organisation des systèmes énergétiques, en particulier au niveau de la distribution d'énergie. Dans les pays où les communes ont historiquement des compétences dans ce domaine, un courant de pensée s'est développé, visant à « remunicipaliser » l'énergie (3) (44). Des associations comme Energy Cities ou Mpower (pour *municipal power*) visent à aider les municipalités à gagner ces compétences.

D'après ce courant de pensée, la transition énergétique passe par une gouvernance participative et une distribution et production d'énergie locale et décentralisée ; la prise de décision doit être elle aussi, autant que possible, décentralisée. Logiquement, cette manière de pensée a pris racine dans les pays « décentralisés ». Ainsi, en Allemagne, les régies municipales (*Stadtwerke*) ont été privatisées depuis les années 50, et certains appellent les communes à en reprendre le contrôle.

Pour mieux comprendre les arguments d'une décentralisation de la distribution et la production énergétique, il est intéressant d'examiner certains exemples de villes pensant la transition énergétique à un niveau local. Nous avons choisi des villes qui sont considérées comme étant plutôt en avance dans leurs pays respectifs dans ce domaine : Frederikshavn au Danemark, Francfort en Allemagne, Grenoble en France, Plymouth au Royaume-Uni et Porto au Portugal.

### Frederikshavn : montrer le chemin vers le 100% renouvelable

Au Danemark, les expérimentations locales existent depuis longtemps, destinées à prouver la faisabilité d'un développement à grande échelle des ENR. A partir de 1985, l'île de Bornholm (40 000 habitants) devient le premier territoire à produire 25% de son électricité avec des éoliennes, en maintenant un réseau stable. L'île de Samsø (4 000 habitants) a été choisie en 1997 pour approvisionnement énergétique 100% renouvelable.

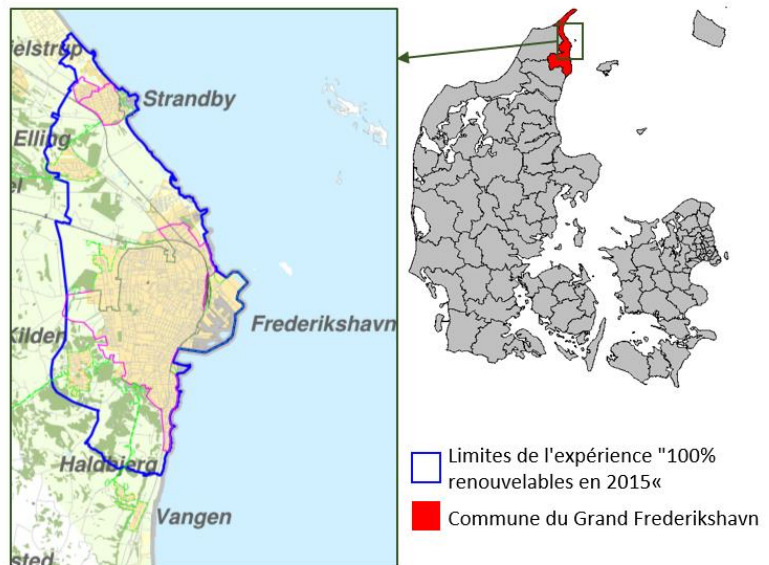
En 2006, la ville de Frederikshavn, port industriel de 25 000 habitants à l'extrême nord du Danemark, est choisie par les experts de l'université d'Aalborg pour passer au 100% renouvelable d'ici 2015. L'économie de la ville est structurée autour du port de commerce et de la base militaire navale, la première du pays, activités industrielles lourdes.

Le conseil municipal de la ville approuve la proposition à l'unanimité et l'expérience commence l'année suivante en 2007. Conduite avec les chercheurs de l'université d'Aalborg, l'expérience de Frederikshavn a été très étudiée et a donné lieu à beaucoup de publications et de commentaires (13) (45) (46) (47).

*Délimitation de l'expérience :*

En 2007, avec la réforme des communes (*Kommunalreformen*) la commune du Grand Frederikshavn est créée, regroupant les anciennes communes de Skagen, Sæby et Frederikshavn, pour un total de 60 000 habitants et une superficie de 642 km<sup>2</sup>. Son territoire est montré en rouge à droite ci-contre. Le projet « 100% renouvelable en 2015 » ne concerne qu'un territoire autour de l'ancienne municipalité, qui comporte 25 000 habitants. Les limites de la zone du projet sont en bleu sur la carte à droite ci-contre. Le but de l'expérience n'est cependant pas de faire de la zone un îlot énergétique, Frederikshavn continue

Figure 67 : Limites de l'expérience de Frederikshavn au sein du territoire du Grand Frederikshavn



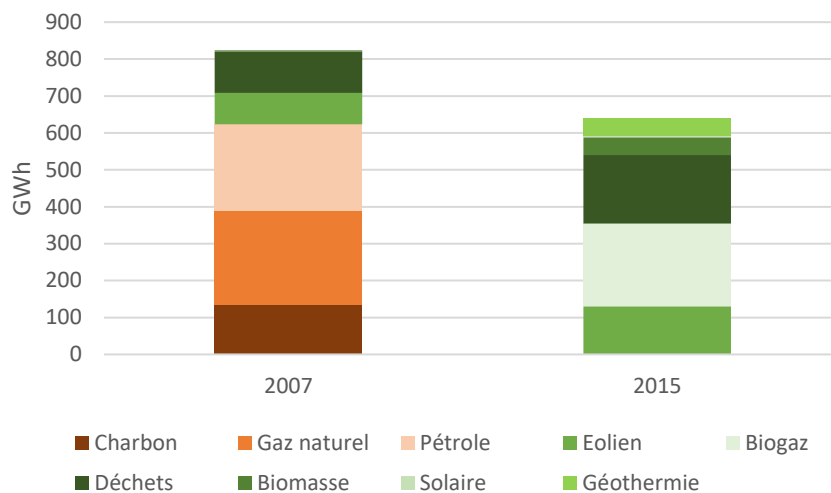
à échanger de l'électricité et des combustibles (biogaz, biocarburants) avec le reste du pays. De plus, les véhicules particuliers continuent à se déplacer hors de la ville et certains continueront donc à utiliser des combustibles fossiles. L'objectif « 100% renouvelable » atteint en 2015 est calculé comme moyenne annuelle. L'objectif est surtout de prouver la faisabilité d'un système énergétique renouvelable à grande échelle, exportable à l'ensemble du pays.

Après avoir atteint l'objectif de 100% renouvelable en 2015 pour la zone autour de la ville, la municipalité travaille désormais à élargir le modèle à tout le territoire du Grand Frederikshavn. Le but est d'atteindre le 100% renouvelable pour 2030.

*Résultats :*

Sur le périmètre de la ville de Frederikshavn, des chiffres sont disponibles dans l'étude conduite par Henrik Lund (48). Le mix primaire de la ville est présenté ci-dessous pour les années 2015 et 2007. On a distingué le biogaz (gaz formé à partir de la fermentation de matières organiques) des autres biomasses (paille, bois). Le mix présenté ci-dessous montre deux évolutions : le remplacement des sources fossiles par des renouvelables, qui passent de 23% du mix à 100%, et la diminution importante de la consommation énergétique (-28%).

Figure 68 : Mix primaire de la ville de Frederikshavn



Atteindre le 100% renouvelable à une telle échelle et dans un pays développé est quasiment une première mondiale. L'étude analyse en détail les efforts consentis pour en arriver là : **200 millions de couronnes danoises (27 millions d'euros)** ont été investies entre 2007 et 2009. Le projet est supervisé par l'université d'Aalborg qui utilise le logiciel libre EnergyPlan élaboré par son Department of Planning pour simuler et évaluer les scénarios de planification énergétique. La construction de nouvelles éoliennes à terre et en mer et le développement de la cogénération et de la géothermie ne sont que les premières étapes. Le système de transport de la ville a aussi été largement bouleversé, avec bien sûr le développement poussé des transports en commun et de l'usage du vélo. De plus, les voitures individuelles et les véhicules de transport fonctionnent tous au biogaz, au bioéthanol ou à l'électricité, et des bornes de recharge pour ces énergies ont été largement installées sur tout le territoire de la commune.

La ville importe autant d'électricité en pointe qu'elle en exporte aux heures creuses, et prévoit d'augmenter encore ses capacités de production. De l'essence est aussi importée pour certains véhicules, compensée par l'export de biocarburants en quantités équivalentes. En revanche, en 2015, Frederikshavn est importatrice net de biomasse (paille, effluents d'élevage). Ces besoins en biomasse pourront être couverts en intégrant au plan le territoire du Grand Frederikshavn, plus rural, et en faisant d'autres économies d'énergie.

### Gouvernance et institutions

L'agence locale de l'énergie dans la commune du Grand Frederikshavn (Energy city Frederikshavn) est chargée d'atteindre l'objectif du 100% renouvelable en supervisant le développement des réseaux de distribution (chaleur et électricité) et le développement des moyens de production (éoliennes et centrales de cogénération).

Au Danemark, la démocratie locale est solidement implantée. Comme dit plus haut, l'expérience de Frederikshavn a été approuvée par le conseil de la municipalité et est développée de concert avec les habitants.

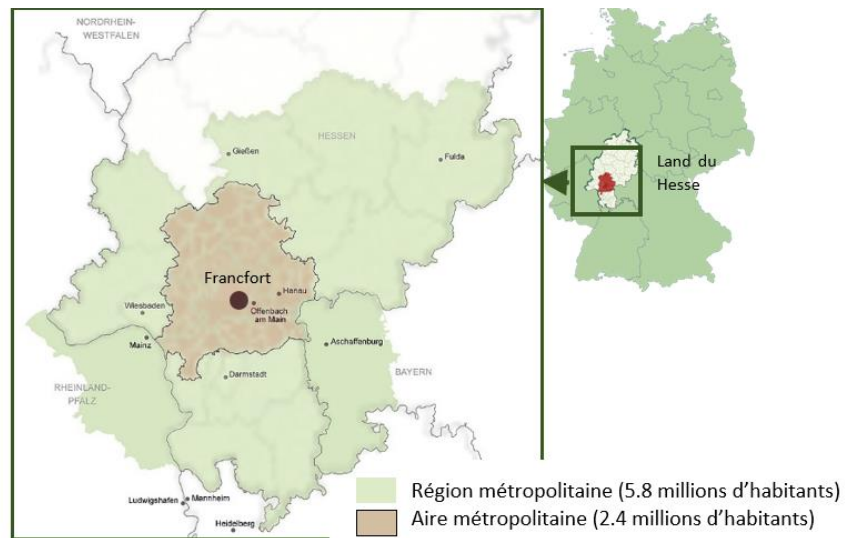
Frederikshavn a ainsi lancé le comité My Energy City, avec pour objectif de sensibiliser la population sur la transition climatique et la participation citoyenne. Le comité est dirigé par 28 citoyens. Il y a aussi un conseil du climat de la jeunesse, et bientôt un comité de pilotage du développement durable, dirigé par le maire et intégrant des représentants de la population, des entreprises, et d'autres institutions.

Francfort : planifier la neutralité carbone à l'échelle d'une région métropolitaine de près de 6 millions d'habitants

Francfort est la cinquième ville d'Allemagne, avec ses 800 000 habitants en 2019, et la plus grande ville du Land du Hesse. C'est une ville attractive, la troisième place financière d'Europe, et elle a un des plus hauts PIB par habitant d'Allemagne.

Dans son « Masterplan 100% Klimaschutz », la ville de Francfort prévoit de passer au 100% renouvelables d'ici 2050 (49) (50). Le but de la municipalité est de diminuer de 95% les émissions de CO<sub>2</sub> de la ville en 2050 par rapport à 2010.

Figure 69 : Les différentes entités administratives autour de la ville de Francfort, au sein du Land du Hesse



### Réalisations et objectifs

La ville de Francfort prévoit de réduire sa consommation énergétique de 50 %. Actuellement, 50% de l'énergie de Francfort est utilisée pour le chauffage. Pour économiser l'énergie, sont notamment prévues la rénovation énergétique, l'utilisation de technologies récentes, des efforts en matière d'économie circulaire. Des incitations sont mises en place pour les foyers faisant des économies d'énergie.

Les besoins restants seront couverts par des énergies renouvelables produites au sein de la ville et dans sa région métropolitaine, dont les limites sont montrées ci-dessus. De grands investissements sont engagés pour développer les énergies renouvelables. La ville développe son réseau de chauffage urbain et a investi **65 millions d'euros** pour mettre en service trois centrales de cogénération (CHP). Le développement des panneaux solaires est mis en place dans toute la région métropolitaine. Entre 2015 et 2018 leur nombre est passé de 2500 à 17700.

### Gouvernance et institutions

La régie de Francfort est une entreprise semi-publique, appelée *Stadtwerke Frankfurt am Main Holding* (SWFH). Elle compte six filiales, gérant l'eau, la distribution, la fourniture et la production d'énergie, et les transports en commun à Francfort. La filiale Mainova, qui fournit électricité, eau et gaz, est présente partout en Allemagne et a près d'un million de clients.

L'efficacité des bâtiments est un des grands objectifs de la municipalité. L'Agence de la protection du climat et de l'énergie est consultée avant chaque nouvelle construction publique. Les bâtiments doivent être conformes aux standards du « bâtiment passif ».

La ville a développé la démocratie participative via diverses mesures, mettant en place des mécanismes d'échange direct entre la mairie et les citoyens. En 2013 et 2014, pendant l'élaboration de son plan, la ville a organisé des ateliers avec des acteurs économiques ainsi que des consultations avec plus de 800 habitants. Un comité de pilotage comportant 30 personnalités variées a aussi été mis en place. Finalement, la région métropolitaine *Regionalverband FrankfurtRheinMain*, qui est à cheval sur plusieurs Landers (voir carte ci-dessus), coordonne le projet avec les villes et campagnes alentour.

### Grenoble : impliquer les citoyens dans la transition énergétique

Grenoble est la préfecture et la plus grande ville de l'Isère. Avec ses 160 000 habitants, c'est une ville dynamique, avec un important pôle de recherche et d'enseignement.

Grenoble développe depuis 2014 une expérience de démocratie participative qui va de pair avec des politiques écologistes qui se traduisent en partie dans le domaine de la transition énergétique. La ville et la métropole sont engagés dans une démarche vers un approvisionnement énergétique 100% renouvelable (50) .

#### Objectifs et réalisations :

Grenoble est un cas à part en France car la ville (commune de Grenoble) est actionnaire majoritaire d'une société qui produit, distribue et fournit l'énergie sous forme d'électricité, de gaz ou de chaleur. Il s'agit de Gaz Electricité Grenoble (GEG), qui existe depuis 1903. Elle fournit l'électricité et le gaz de la commune de Grenoble et produit, dans ses différents sites en France, l'équivalent de la consommation électrique de la métropole de Grenoble-Alpes en énergie renouvelable.

En 2016, la société Énerg'Y Citoyennes est créée par des habitants de Grenoble avec la participation de la Métropole de Grenoble-Alpes. L'entreprise veut développer la production décentralisée d'énergie renouvelable et faire participer les habitants du territoire à la transition énergétique via l'investissement, voire l'installation de panneaux solaire sur leurs toits.

Avec ces deux entreprises, la métropole et la ville disposent de moyens et d'expertises pour développer des projets d'ENR sur le territoire. Le prochain projet de la métropole est le développement d'ombrières photovoltaïques sur les parkings relais, en partenariat avec GEG et une plateforme d'épargne citoyenne.

D'autres initiatives de la ville portent sur l'efficacité énergétique. Le Plan Local d'Urbanisme de la ville impose une performance des bâtiments neufs 20% supérieure à la réglementation thermique française. Au niveau de la métropole, un accompagnement à la rénovation énergétique est mis en place pour les particuliers, le projet *City-zen*. La ville étudie les moyens de convertir les bâtiments publics, en particulier les écoles, à la basse consommation.

#### Gouvernance :

Ces projets sont développés avec un souci constant de l'engagement des citoyens.

Figure 70 : La ville et la métropole de Grenoble en Isère





Depuis 2014 et l'élection d'un maire écologiste à la tête de la municipalité de Grenoble, plusieurs initiatives de démocratie participative ont été mises en place (51). La transition énergétique est un des sujets concernés mais pas le seul. Trois principaux moyens sont mis en place. Le budget participatif (800 000 € par an) permet aux citoyens de proposer des projets et de leur voter une affectation d'une partie des fonds de la ville. Des conseils citoyens indépendants, composés de représentants désignés par tirage au sort, participent au débat municipal. Enfin, il existe un système de votation citoyenne qui permet aux citoyens de proposer une pétition qui doit être votée par tous les citoyens si elle dépasse un seuil de signatures. Cette dernière mesure est cependant contestée par le tribunal administratif de Grenoble, ce qui montre les limites des initiatives locales si elles ne sont pas soutenues dans un cadre national.

Les projets développés avec les citoyens portent souvent sur la transition énergétique, que ce soient les économies d'énergie ou le développement d'ENR, car il s'agit d'une des priorités des citoyens. D'autres thématiques sont abordées, telles que la sécurité ou la justice sociale. Cependant, la question de la représentativité des conseils citoyens commence à se poser car seuls les citoyens *a priori* intéressés par ces questions demandent à en faire partie. La ville réfléchit à des moyens d'associer une plus large partie des citoyens au processus décisionnel.

#### Plymouth : lutter contre la précarité énergétique tout en développant les énergies renouvelables

Plymouth est une ville portuaire du comté du Devon en Angleterre, qui a une population de 260 000 habitants en 2011.

En 2012, le conseil municipal de Plymouth, avec quelques citoyens engagés, a créé la Plymouth Energy Community (PEC), une société à bénéfice communautaire. Le but de cette société est d'associer la lutte contre la précarité énergétique avec le développement d'énergies renouvelables appartenant aux habitants(52).

#### Réalisations et objectifs

La ville de Plymouth a souffert de la désindustrialisation et de la baisse des activités portuaires. Dans certains quartiers, la pauvreté est très haute, et on constate par exemple un taux de 40% de pauvreté infantile dans le quartier de Devonport (53). La précarité énergétique concerne plus de 14% de la population, et jusqu'à 35% dans certains quartiers (chiffres de 2019). C'est pour faire évoluer la situation que s'est créé la PEC.

La société accompagne les habitants pour réaliser des travaux de rénovation énergétique judicieux. Entre 2013 et 2019, elle estime avoir ainsi fait économiser un million de livres sterling à 20 000 foyers. Elle règle également les dettes contractées par les foyers les plus pauvres pour ces travaux.

En 2014, la coopérative PEC Renewables est créée, financée par un prêt de 500 000 £ de la mairie, dans le but de construire et gérer des sites de production d'énergie renouvelable appartenant aux habitants. La coopérative commence par installer des panneaux solaires sur le toit de 22 écoles. Les années suivantes, elle continue ce genre d'actions en levant de l'argent auprès de la mairie, mais aussi auprès d'habitants qui possèdent ainsi leurs infrastructures. L'investissement est ouvert aux plus modestes, puisque des parts peuvent être prises à partir de 50 £.

Ainsi lancée, la Plymouth Energy Community continue sur cette voie depuis 2015, mettant en chantier des parcs solaires dans les banlieues et couvrant les toits des bâtiments publics de panneaux, tout en

Figure 71 : La ville de Plymouth dans le Devon



continuant à accompagner la rénovation énergétique. Dans l'avenir, la société prévoit de changer le système de chauffage de la ville, qui est essentiellement au gaz naturel, en exploitant la géothermie et en mettant en place un réseau de chaleur urbain. La neutralité carbone de la ville est visée pour 2030.

*Gouvernance :*

La PEC a été créée par le conseil municipal qui a aussi mis à disposition ses experts énergétiques, la commune est donc pleinement actrice de sa transition énergétique.

Les membres (investisseurs et contributeurs, environ un millier) de la PEC élisent 8 directeurs qui forment le bureau de la société avec un membre du conseil municipal. Dans ses actions, la PEC implique au maximum les habitants (54).

*Porto : la communauté énergétique*

Porto est une ville du Nord du Portugal qui compte 240 000 habitants en 2011. Elle est la capitale du district de Porto, son économie repose principalement sur le tourisme et l'industrie textile. Les 11 municipalités du Grand Porto forment une métropole de 1.2 millions d'habitants.

Depuis 2020, la municipalité de Porto vise la neutralité carbone en 2030 (55).

*Réalisations et objectifs :*

La municipalité de Porto a mis en place depuis 2020 plusieurs plans pour favoriser la transition énergétique.

D'abord, la mairie a mis en place un programme massif de rénovation de 3000 bâtiments résidentiels. Au niveau de la production d'énergie, 12 MW de systèmes photovoltaïques ont été installés sur le territoire de la commune.

D'autre part, la société municipale des eaux a vu ses compétences étendues à la production et à la gestion de l'énergie, suivant le modèle des régies municipales allemandes. On assiste donc ici à une véritable « remunicipalisation » de l'énergie.

*Gouvernance*

La municipalité de Porto peut s'appuyer sur une agence locale de l'énergie, AdEPorto. Energaia est une autre agence énergétique qui représente 7 municipalités de la métropole de Porto. Ces deux agences coordonnent les efforts pour réaliser la transition énergétique à Porto.

La municipalité a créé la première communauté énergétique de la ville dans un quartier de logements sociaux (56). Une communauté énergétique est une entité juridique définie par le Green Deal Européen de 2019, ouverte à tous les acteurs locaux, dont « l'objectif est de proposer des avantages environnementaux, économiques ou sociaux à ses membres et aux territoires locaux » [69]. Les objectifs de la nouvelle communauté énergétique de Porto sont de diminuer la précarité énergétique tout en développant le recours aux renouvelables.

*Figure 72 : Porto au Portugal*



Comparaison des gouvernances locales :

Entre ces différentes municipalités européennes, plusieurs similitudes sont notables, du point de vue des réalisations comme de la méthode.

#### *La transition énergétique : efficacité et ENR*

D'abord, toutes les municipalités mettent en place des plans d'accompagnement pour aider les particuliers dans la rénovation énergétique, et revoient aussi leurs bâtiments publics. Ensuite, les villes développent les ENR, via des entreprises qui sont peuvent être soit des régies municipales (Grenoble, Frederikshavn, Francfort), soit des coopératives citoyennes (Grenoble et Plymouth), qui ont pour tâche d'installer panneaux solaires et éoliennes. Les villes cherchent aussi à développer leurs liens avec leur région alentour. Cet arrière-pays est nécessaire à la transition énergétique soit car il exporte de la biomasse venant de ses activités agricoles (comme à Frederikshavn), soit pour l'espace qui est nécessaire à la construction des infrastructures d'ENR, (notamment à Francfort).

#### *Remunicipaliser les entreprises de l'énergie*

Certaines municipalités choisissent d'investir dans les entreprises de l'énergie, à Grenoble et à Francfort notamment, dans le but de contrôler le développement des ENR. Le but est aussi de prendre la main sur la distribution pour développer les réseaux adéquats. La municipalité de Porto suit le même chemin en recréant une régie municipale.

#### *Entreprises citoyennes et associations*

Ces changements importants à l'échelle locale s'accompagnent toujours de l'essor de la démocratie locale. Les projets sont élaborés de pair avec les habitants, qui sont encouragés à investir dans les énergies locales. Le fait d'avoir des entreprises énergétiques locales et citoyennes, comme Énerg'Y Citoyennes à Grenoble ou la Plymouth Energy Community, permet de donner plus de pouvoir à la démocratie locale. Le but est de faire mieux accepter les projets liés à la transition énergétique, et que la transition profite à tous, via la réduction de la précarité énergétique et le partage des moyens de production énergétique (investissement des habitants et coopératives citoyennes). Les communautés énergétiques, entités juridiques créées par l'UE, suivent ce modèle et se déploient notamment au Portugal, avec l'exemple de Porto.

#### *Moyens alloués et objectifs affichés :*

La différence entre ces municipalités est à chercher dans leur niveau de réalisation, dans les moyens mis en œuvre et dans leurs ambitions. La commune de Frederikshavn a ainsi investi d'énormes fonds (27 millions d'euros pour une commune de 25 000 habitants) dans un temps très court, sous la supervision des experts de l'université d'Aalborg qui sont à la pointe de la recherche mondiale en transition énergétique. A Grenoble ou Porto et surtout à Plymouth, les moyens et les expertises sont bien moindres. Cela est en partie lié au niveau de centralisation des pays, qui distribue plus ou moins à ses municipalités du budget et des compétences. De nombreuses municipalités en ont d'ailleurs pris conscience, par exemple via le manifeste « Local Staff 4 Climate » (57), qui appelle à doter les municipalités de plus de budgets et d'experts pour la transition.

Dans les grandes villes comme Francfort, les défis sont à une échelle différente. La démocratie locale est d'autant plus nécessaire pour obtenir l'adhésion des habitants à des projets ambitieux.

## Résumé

Dans l'ensemble, les municipalités cherchent à favoriser la production et la distribution locale d'énergie. Souvent les habitants sont accompagnés dans leurs démarches de rénovation. Certaines municipalités choisissent d'investir dans des entreprises locales ou favorisent les associations et coopératives citoyennes pour la production, la distribution et la fourniture de l'énergie.

Ces initiatives s'accompagnent toujours de l'essor de la démocratie locale. Les projets sont élaborés de pair avec les habitants, qui sont encouragés à investir dans les énergies locales.

On voit finalement que toutes les villes n'ont pas autant de moyens, ni d'autonomie. Cela dépend de l'organisation des pays au niveau national, mais aussi de la répartition des compétences techniques et légales entre les différentes institutions en entreprises : en Allemagne ou au Danemark les villes peuvent s'appuyer sur les régies communales, dans la plupart des communes françaises ou britanniques des nouvelles structures doivent être créées pour produire ou distribuer l'énergie localement.

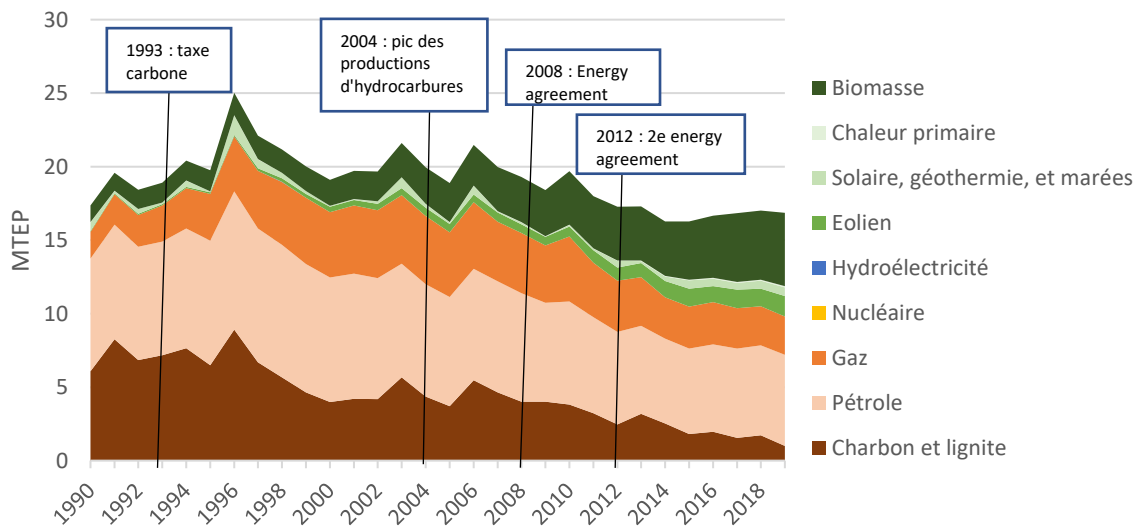
## POLITIQUES ENERGETIQUES ET MIX ENERGETIQUES

### Le mix primaire

Nous allons commencer par analyser les mix primaires de chacun de ces pays en les mettant en relation avec les principales politiques mises en place.

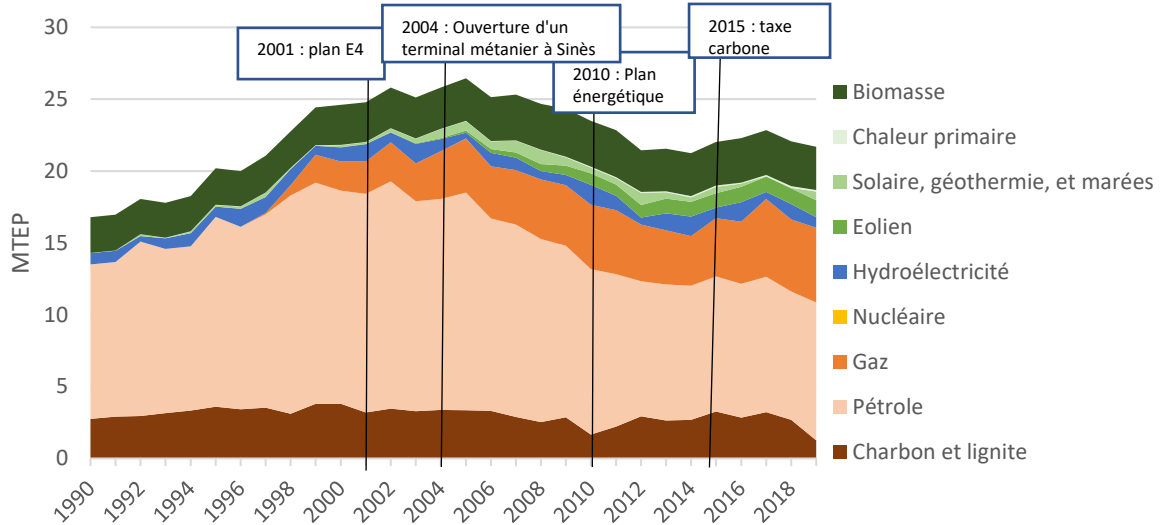
Au Danemark, comme on voit ci-dessous, la consommation d'énergie primaire est plutôt en baisse par rapport aux années 90. La mise en place précoce de la taxe carbone et sa montée en gamme arrive au même moment que la baisse du charbon à la fin des années 90. Depuis 2000, le développement massif de l'éolien (56,8% de la production électrique en 2020) permet une réduction rapide et massive des productions électriques charbon (10,6%) et fioul (0,9%) ; en outre, la biomasse prend de plus en plus d'importance : elle compte pour 30% du mix final en 2019, on verra qu'elle est utilisée pour l'électricité, la chaleur, et comme usage final. Il en va de même pour le gaz, qui est en diminution mais conserve une grande importance. Le pétrole, essentiellement utilisé dans les transports, compte pour 37% du mix primaire en 2019, en légère diminution par rapport à 1990 (44%). L'éolien se développe depuis 1995, et le total des ENR monte à 42% en 2019 (82,3% du mix électrique).

Figure 73 : Evolution du mix primaire du Danemark



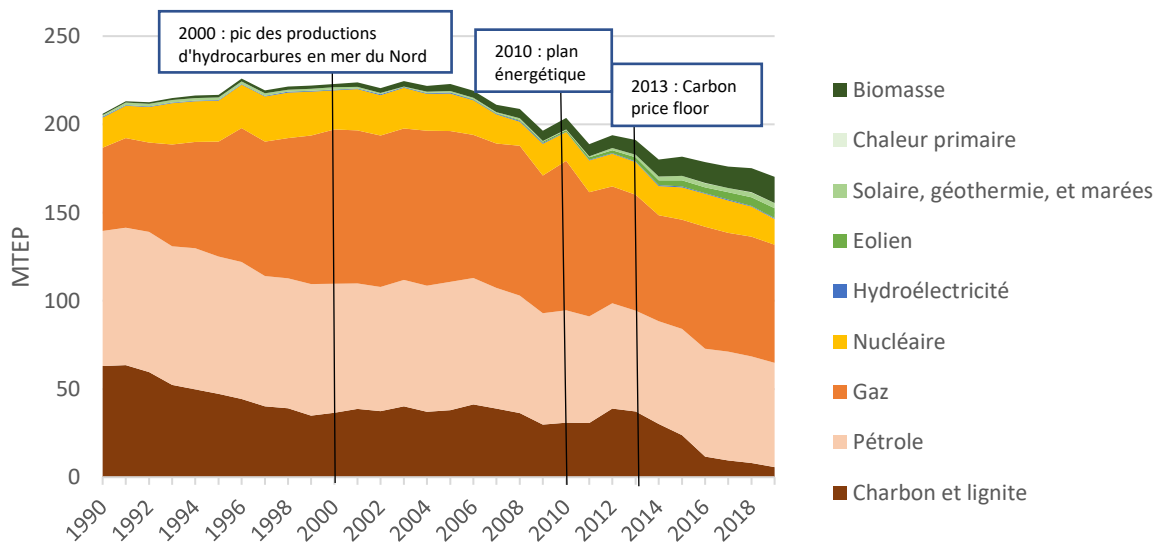
La consommation primaire du **Portugal** est en hausse de 1990 jusqu'à 2005, probablement car le niveau de vie augmente, comme on le verra par la suite. La consommation baisse avec les crises financières à partir de 2008 qui impactent beaucoup le Portugal. On peut noter, sur le graphique ci-dessous, la place prépondérante du pétrole (44% en 2019), la montée du gaz à partir de 1995 jusqu'à compter pour un quart de la consommation primaire, et l'importance constante de la biomasse, qui augmente dans le temps. Les effets du plan E4 sont à chercher dans le développement constant du solaire et de l'éolien depuis 2001. Au total, les renouvelables occupent 26% du mix primaire en 2019. Enfin, on peut aussi noter la très nette diminution du charbon, tombé à 6% en 2019, qui commence peu après la mise en place de la taxe carbone en 2015.

Figure 74 : Evolution du mix primaire au Portugal



Au **Royaume-Uni**, le mix primaire est marqué par deux phénomènes : une diminution de la consommation primaire de presque un quart depuis 1990, et un net retrait du charbon. Celui-ci est passée de 31% à 3% dans le mix primaire, une diminution qui commence dès les années 90 probablement en lien avec le déclin de la production nationale. En 2013, la mise en place du Carbon Price Floor semble corrélée à la baisse finale du charbon jusqu'à 3%. Du point de vue des hydrocarbures, après 2000 la production de pétrole et de gaz de la mer du Nord baisse, et cela est probablement lié à la baisse de la consommation énergétique générale, comme on le verra plus tard. Le gaz diminue en valeur absolue dans le mix primaire mais garde la même part, autour de 30%. De même, la consommation de pétrole est en baisse. Le nucléaire conserve environ 8% du mix. Les renouvelables (éolien, biomasse, solaire) sont en fort développement depuis 2012 et atteignent 15% en 2019.

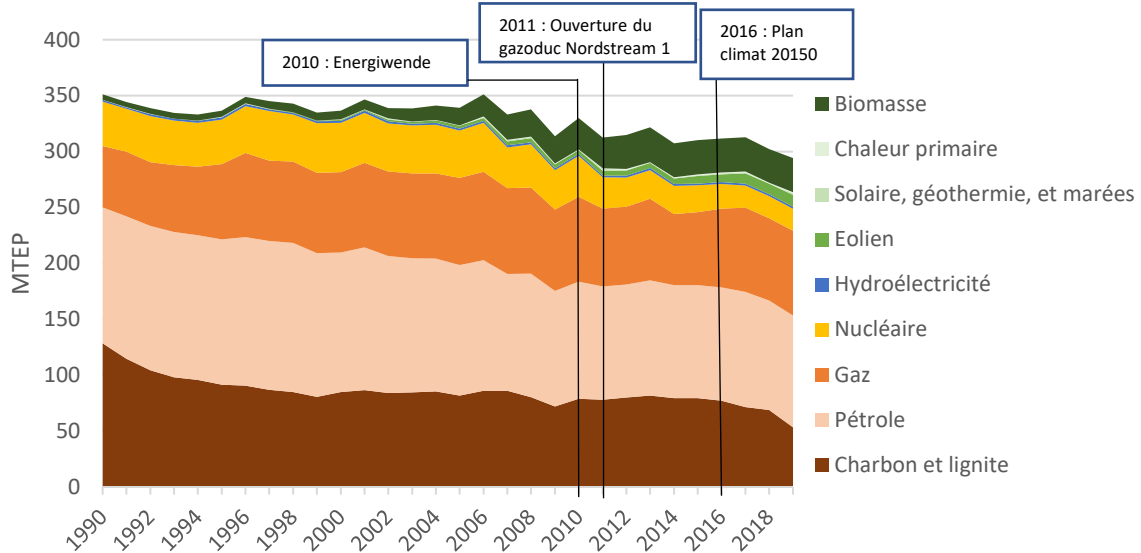
Figure 75 : Evolution du mix primaire du Royaume-Uni



La consommation énergétique primaire de l'Allemagne est aussi en baisse, d'environ 14% entre 1990 et 2019. Le charbon et le nucléaire ont perdu en importance depuis 1990 : le charbon est passé de 37%

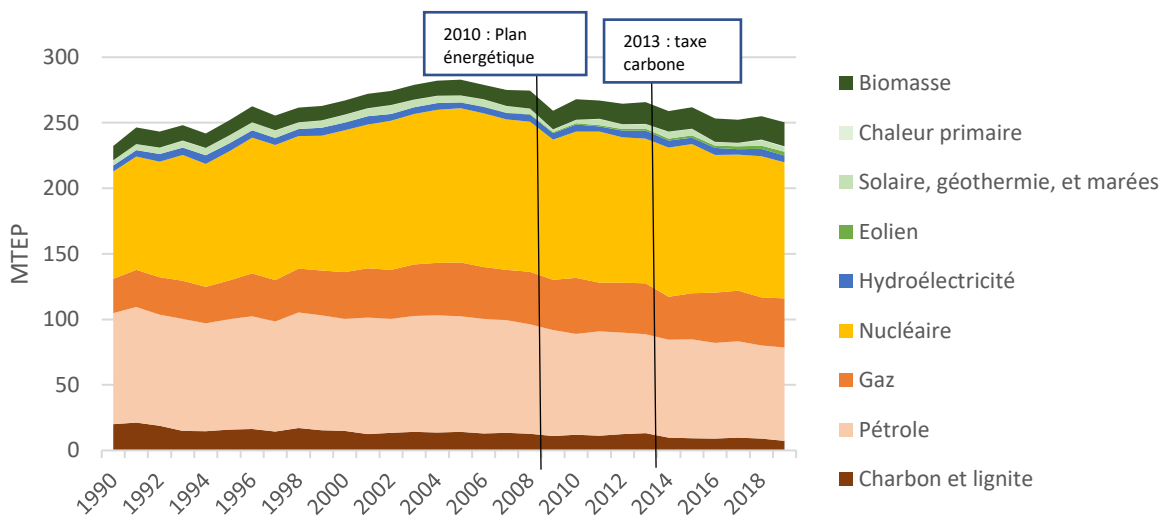
à 18%, le nucléaire est passé de 11% à 7%. Pour remplacer ces deux sources d'énergie, le gaz et la biomasse ont gagné en importance : le gaz est passé de 16% à 26%, la biomasse de 1% à 10%. Le gaz est importé, essentiellement de Russie depuis l'instauration du gazoduc Nordstream en 2011. Les autres énergies renouvelables progressent aussi, surtout l'éolien, depuis 2010, et les renouvelables représentent 15% du mix primaire en 2019. Le pétrole conserve la même importance dans le mix depuis 1990 (autour de 35%).

Figure 76 : Evolution du mix primaire de l'Allemagne



La France est sans doute le pays de cette liste pour lequel le mix primaire a le moins évolué. La consommation totale en 2019 est proche de celle de 1990. Le charbon est en baisse, mais il est très minoritaire dans ce mix. Le gaz et le pétrole gardent une place proche, environ 15% et 30% respectivement. Le nucléaire (plus de 35% du mix) garde sa place prépondérante, cela est en partie dû à la méthode de comptage qui compte la chaleur produite par les centrales nucléaires dans l'énergie primaire produite, alors que cette chaleur est très souvent inutilisée et dissipée. Pour finir, en 2019, la France est le pays avec la plus petite part d'éolien de cette liste, et la plus petite part de renouvelables : 12% du mix primaire en 2019.

Figure 77 : Evolution du mix primaire de la France



Le tableau ci-dessous récapitule la part énergies renouvelables dans le mix énergétique primaire mis en regard avec les objectifs donnés par le « paquet énergie-climat » européen de 2008. Seuls le Danemark a atteint en 2019 son objectif pour 2020, le Royaume-Uni en est très proche. La France est le pays qui en est le plus éloigné.

*Tableau 4 : Objectifs et réalisations sur la part d'énergies renouvelables dans le mix énergétique primaire*

Pays	Objectif pour 2020	Valeur en 2019
Allemagne	18 %	15%
France	23 %	12%
Royaume-Uni	15 %	14%
Danemark	30%	42%
Portugal	31%	26%

Ainsi, dans ces mix primaires, le premier élément en commun est le recul du charbon et l'émergence des renouvelables. Nous allons analyser plus en détail la sortie du charbon, avant de regarder le mix électrique de ces pays pour comprendre l'essor des renouvelables.

#### La sortie du charbon

Comme on l'a vu, depuis les années 90, la réduction des gaz à effets de serre est devenue un objectif prioritaire des politiques énergétiques depuis la fin des années 90. Parmi celles-ci, la plus émettrice de gaz à effets de serre est le charbon. Parmi les pays étudiés ici, trois utilisaient largement le charbon en 1990 : l'Allemagne, le Royaume-Uni et le Danemark obtenaient plus de 30% de leur énergie primaire à partir du charbon. Le Danemark n'a pas de production importante locale, et importe son charbon, de Russie et d'Allemagne. Le Royaume-Uni et l'Allemagne ont une industrie historique du charbon. Cependant, les réserves de charbon sont particulièrement importantes en Allemagne, particulièrement de lignite, alors que celles du Royaume-Uni, particulièrement de l'Angleterre, sont déjà largement consommées en 1990.

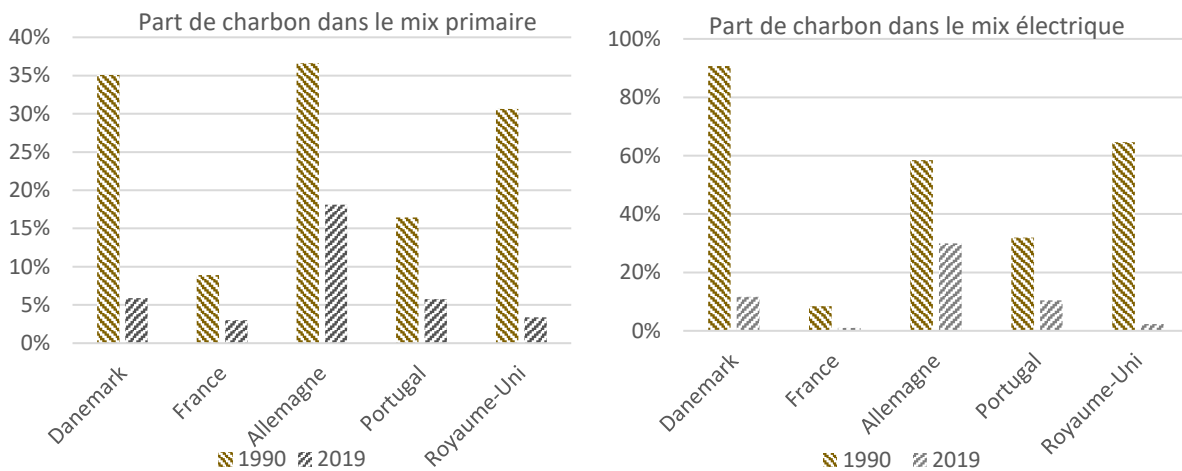
#### **Charbon, houille et lignite :**

Le charbon est une roche sédimentaire riche en carbone. Le charbon le plus ancien, appelé la houille, est le plus riche en carbone (80%) et donc le combustible le plus intéressant. Un charbon moins riche en carbone (70%) est appelé le lignite.

En 1990, le Portugal dépend moins du charbon (16%), et la France encore moins (9%). En France, l'extraction du charbon s'achève avec la fermeture de la mine de Cruéjols en 2004. Au Portugal, le charbon est totalement importé. On peut voir l'évolution de la consommation de charbon sur la figure ci-dessous, qui montre l'évolution de la part du charbon dans le mix primaire et le mix électrique des pays depuis 1990



Figure 78 : Evolution de la part du charbon



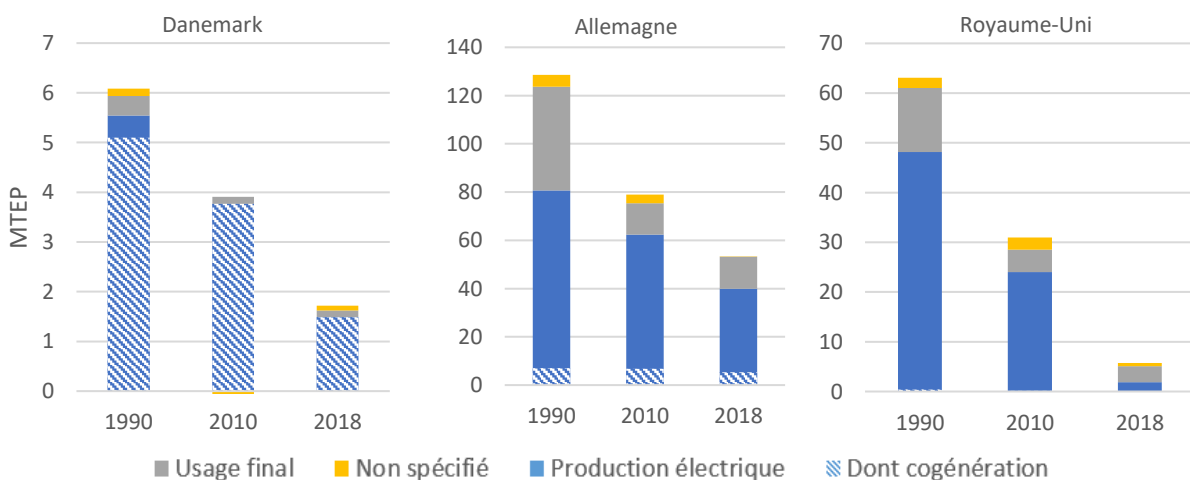
. Le Danemark et le Royaume-Uni organisent leur sortie du charbon en mettant en place une taxe carbone : le Danemark dès 1993 et le Royaume-Uni en 2013. Le Royaume-Uni a pour objectif de sortir du charbon en 2024 : cet objectif est en bonne voie pour être atteint. On peut constater l'important recul du charbon au Royaume-Uni, qui représente en 1990 3% du mix primaire contre 31% en 1990. Au Danemark, cette part n'est plus que de 6%.

La France et le Portugal ont aussi éliminé le charbon, qui est tombé à respectivement 3% et 6% de l'énergie primaire. Le Portugal en a programmé la sortie définitive pour 2022, et la dernière centrale à charbon portugaise a finalement été fermée en 2021.

En revanche, l'Allemagne conserve un niveau élevé de part du charbon entre 1990 et 2019. En 2019, 18% de l'énergie primaire de l'Allemagne venait toujours du charbon, et 30% de son mix électrique.

Le charbon est essentiellement utilisé pour la production électrique. L'Allemagne est le seul pays européen à utiliser massivement du lignite pour la production électrique, les autres pays utilisent essentiellement de la houille. La figure ci-dessous montre l'usage du charbon dans les principaux pays. Cette figure montre bien l'importance de la production électrique dans les usages énergétiques du charbon, ainsi que la situation particulière du Danemark, qui a largement développé la cogénération.

Figure 79 : Usages énergétiques du charbon dans les principaux pays consommateurs de charbon

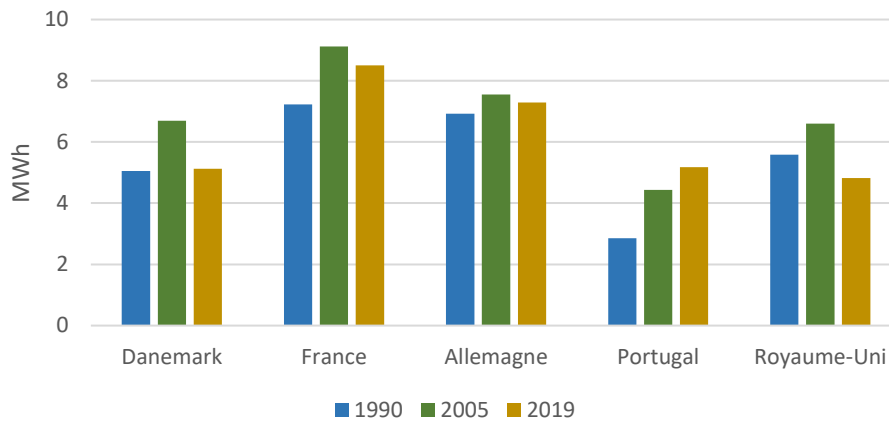


Ainsi, comprendre le déclin du charbon nécessite l'analyse des mix électriques de ces pays.

### Les mutations du mix électrique

Tout d’abord, considérons la consommation électrique de ces pays. La consommation électrique par habitant est montrée ci-dessous. On peut constater plusieurs choses ; La France est le pays qui consomme le plus d’électricité par habitant en 2019 (8,5 MWh), mais cette consommation est en légère baisse. Le Portugal voit une forte progression dans sa consommation. L’Allemagne voit sa consommation stagner depuis 1990 a un niveau haut, au-dessus de 7 MWh. Au Danemark et au Royaume, cette consommation est en forte baisse. Le Royaume-Uni a la consommation la plus basse de cette liste en 2019, elle s’élève à 4,8 MWh par habitant.

Figure 80 : Consommation électrique par habitant



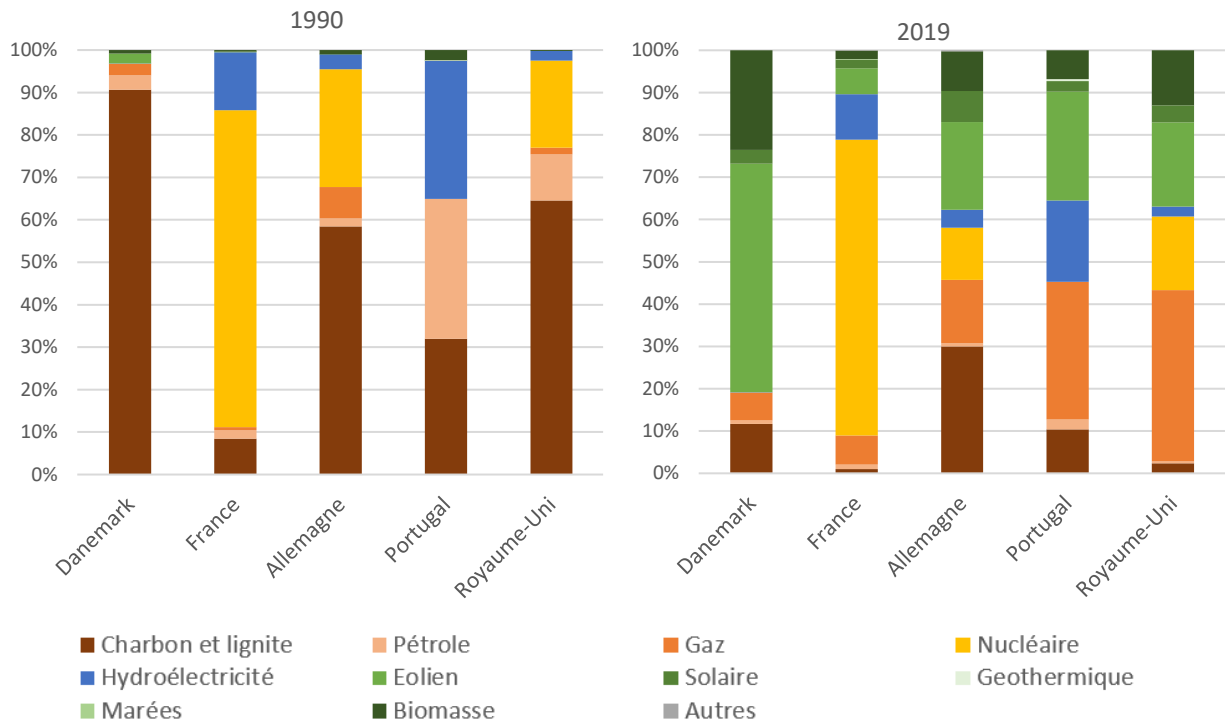
En termes de part du mix final, la France et le Portugal sont les pays les plus électrifiés de notre liste, et ce sont aussi ceux dont la consommation électrique progresse le plus vite, comme le montre le tableau ci-dessous. Ce constat doit être gardé à l’esprit dans le reste de l’analyse du mix électrique. Pour les trois autres pays, l’électricité occupe une part plus faible du mix final et elle augmente moins.

Tableau 5 : Evolution de la consommation électrique entre 1990 et 2019

Union Européenne	+32%
Danemark	+8%
France	+44%
Allemagne	+10%
Portugal	+101%
Royaume-Uni	+7%

Dans l’ensemble, deux phénomènes caractérisent l’évolution des mix électriques de ces pays entre 1990 et 2019 : le recul du charbon et l’essor des renouvelables et du gaz. En plus, une troisième variable importante est à considérer : la place du nucléaire. La figure ci-dessous permet de visualiser ces évolutions.

Figure 81 : Evolution du mix électrique



Commençons par dire un mot sur la place du nucléaire.

En France, le nucléaire a une place prépondérante : il produit 75% de l'électricité en 1990 et 70% en 2019. Cela reflète le consensus de la classe politique du pays depuis 30 ans pour développer et maintenir cette source d'énergie. En Allemagne au contraire, la volonté de sortie du nucléaire est bien visible sur le mix électrique : celui-ci est passé de 28% à 12%. Enfin, en Angleterre, le nucléaire est en léger recul, passant de 21% à 17%, mais des projets (Hinkley Point) sont en développement.

Le Royaume-Uni, où l'opposition au nucléaire est pourtant faible, a axé ses efforts sur le développement des renouvelables (éolien et biomasse), et du gaz, en grande partie de la production nationale de la mer du Nord. Ces deux sources d'énergie ont remplacé le charbon presque totalement en 2019. La taxe carbone mise en place en 2013 semble avoir été efficace pour faire diminuer le charbon, et le développement des ENR a été poussé par les investissements publics. L'Allemagne a joué sur la même stratégie, mais comme on l'a vu, elle n'a pas mis en place de taxe carbone et n'a pas de production de gaz nationale. La sortie du charbon est donc incomplète : 30% de l'électricité allemande est produite par les centrales à charbon en 2019, une part très haute pour l'Europe. Néanmoins, la part des ENR au Royaume-Uni et en Allemagne est proche de 40% dans les deux cas : les deux pays ont donc connu un succès similaire dans le développement des nouvelles énergies.

La France est le pays de la liste qui a le moins développé les renouvelables : seulement 21% du mix électrique vient des ENR en 2019, en comptant les installations hydrauliques anciennes. En particulier, l'éolien est beaucoup moins développé que dans les autres pays européens : il produit 6% de l'énergie française contre 13% de l'énergie de l'UE, et cela alors que la France a un fort potentiel éolien, le deuxième d'Europe d'après l'ADEME.

Le Portugal a suivi un chemin proche de celui du Royaume-Uni, il a développé ses renouvelables, notamment l'éolien et le solaire. Le gaz est importé via le terminal GNL de Sinès et des échanges avec l'Espagne, et il prend une place croissante dans le mix électrique. Avec ces sources d'énergie, le charbon et

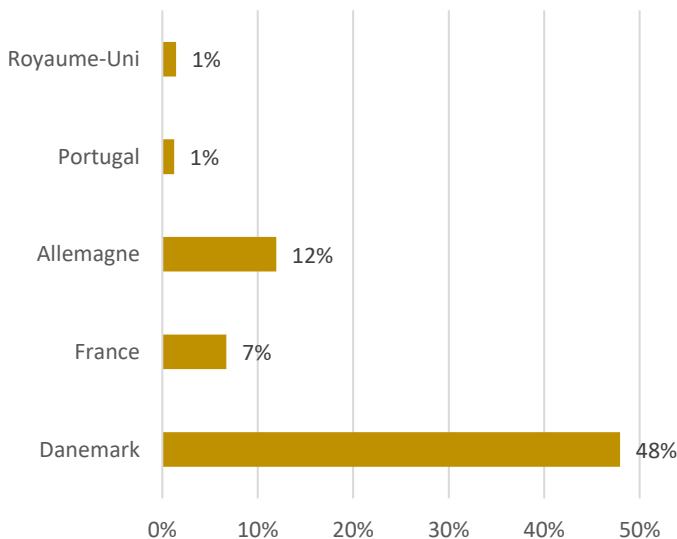
le pétrole ont été peu à peu évacués du mix électrique, malgré une consommation électrique nationale multipliée par deux entre 1990 et 2019.

Finalement, au Danemark, le charbon dominant dans les années 90 a été remplacé quasi-totalement par les renouvelables, notamment l'éolien, qui produisent 81% de l'électricité en 2019. Le pays a aussi une part importante de biomasse, qui a notamment remplacé le charbon dans les centrales de cogénération, avec le gaz, essentiellement en provenance des champs de la mer du Nord. La cogénération n'est cependant pas exclusive au Danemark, même si le petit royaume a pris de l'avance dans ce domaine.

### La chaleur de réseau

Seuls deux pays de l'échantillon utilisent la chaleur de réseau à grande échelle : le Danemark et l'Allemagne. Au vu de leur organisation territoriale, les régies communales sont plus autonomes que dans les autres pays et cela a favorisé le développement de réseaux de chaleur. La chaleur ne représente néanmoins que 4% de la consommation d'énergie finale en Allemagne en 2019, à comparer avec 2% pour la France et le Royaume-Uni, et le Portugal n'en a pas besoin grâce à son climat. Au Danemark, cette part s'élève à 18%.

*Figure 82 : Part de la chaleur de réseau dans l'énergie finale utilisée pour le chauffage des bâtiments, 2019*



La chaleur de réseau est une énergie intéressante car elle permet d'utiliser des combustibles peu onéreux à grande échelle. Il est possible d'utiliser des combustibles à faible impact carbone, comme les déchets ménagers ou la biomasse. Un réseau de chaleur est cependant une infrastructure importante, coûteuse et qui nécessite d'être soutenue par les pouvoirs publics. Le Danemark a clairement fait ce choix depuis la fin des années 70, à une époque où l'essentiel de son chauffage était au fioul.

Les réseaux de chauffage sont ainsi beaucoup plus développés au Danemark que dans les autres pays de l'échantillon, comme le montre la figure ci-dessous qui expose la part de la chaleur de réseau dans le total de l'énergie

utilisée pour le chauffage des bâtiments de logement et de service. Au Danemark, en 2019, 48% de l'énergie utilisée pour le chauffage vient des réseaux de chaleur, contre 12% en Allemagne et 7% en France, tandis qu'au Royaume-Uni et au Portugal cette part est presque négligeable.

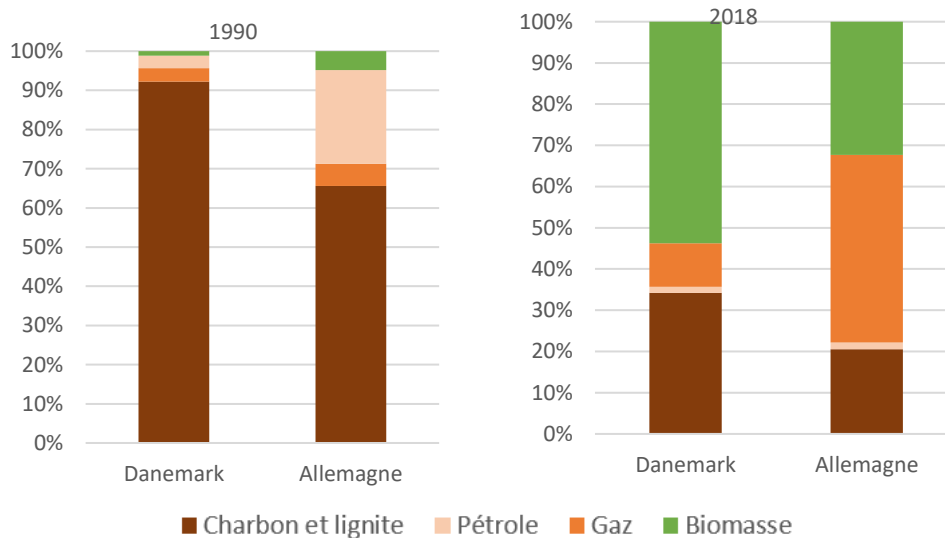
Nous verrons juste après plus en détail le développement des réseaux de chaleur. Avant cela, regardons comment la chaleur est produite dans les pays qui l'utilisent beaucoup (Danemark et Allemagne).

### La production de la chaleur de réseau : la cogénération

Pour produire cette chaleur, le Danemark a parié sur la cogénération, et l'Allemagne suit son voisin nordique sur cette tendance. Une centrale de cogénération est une centrale mixte créant à la fois de la chaleur de réseau et de l'électricité. L'intérêt de cette technique est d'atteindre de plus haut rendement qu'une centrale électrique simple, en récupérant la chaleur produite qui est normalement dissipée dans l'air ou dans l'eau. Produire de la chaleur sans cogénération est également possible, mais moins rentable économiquement et moins efficace énergétiquement.

La figure ci-dessous montre le mix des combustibles qui sont consommés dans les centrales de cogénération. La cogénération est plus développée au Danemark qu'en Allemagne depuis les années 90, même si la quantité de combustible brûlée en Allemagne a été multipliée par plus que deux depuis 1990 (de 10 MTEP à 25 MTEP de combustibles, contre 5 MTEP au Danemark en 1990 comme en 2019). Au Danemark, la production de chaleur est largement encouragée et réglementée de longue date (58). Néanmoins, la cogénération s'est énormément développée en Allemagne entre 1990 et 2019. Le gouvernement fédéral a mis en place des politiques pour développer la cogénération, notamment le Cogénération Act de 2009 (59). Dans les deux pays, on observe l'importance de la biomasse, qui compte pour plus de la moitié du mix primaire de la cogénération au Danemark. Le gaz a aussi une grande part en Allemagne.

Figure 83 : Mix des combustibles de la cogénération



Pour ce développement de la cogénération, le Danemark a pu compter sur son réseau de production et de distribution d'énergie bien particulier. Nous allons à présent nous pencher sur l'organisation des réseaux d'énergie et leurs liens avec la structure du système énergétique.

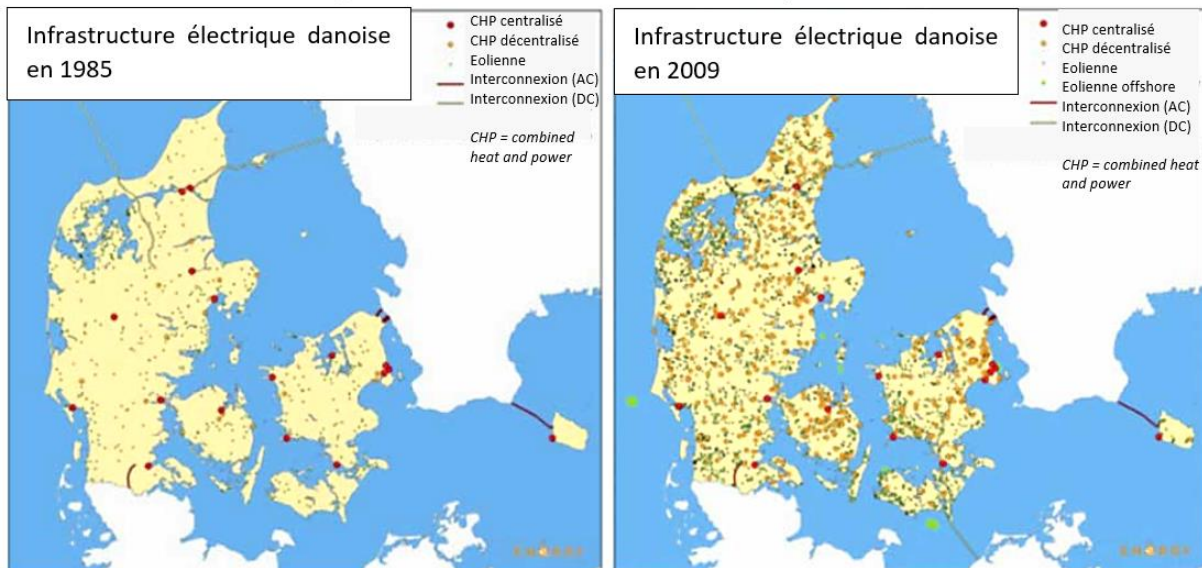
L'organisation des réseaux électrique et de chaleur :

*Le réseau danois*

La cogénération nécessite un maillage local de la production énergétique : les centrales électriques en cogénération doivent être proches des zones de peuplement pour leur fournir de la chaleur. Cela nécessite une production décentralisée, et des centrales de petite taille. Il faut aussi un réseau de chaleur accolé à la centrale pour distribuer la chaleur. Ces raisons expliquent que la cogénération n'est généralement pas très développée. Mais au Danemark, l'organisation politique et énergétique du pays ainsi que différentes décisions prises par les gouvernements ont favorisé un réseau décentralisé de petites centrales encouragées à produire en cogénération. L'image ci-dessous montre ce développement.

Outre sa décentralisation, il y a une autre information importante à propos du réseau danois : son réseau électrique est très connecté aux pays environnants. On traitera ces interconnexions dans la partie suivante.

*Figure 84 : Evolution de l'infrastructure électrique du Danemark*



Source : Danish Energy Agency (13)

D'autre part, la décentralisation du réseau de production et de distribution est une des conditions du développement des *Smart Grid* et *Smart Energy System*.

*Encadré 5 : Smart Grid et Smart Energy System*

Le *Smart Grid* est un système de distribution d'énergie intelligent qui permet d'articuler la consommation et la production grâce notamment aux technologies numériques (compteurs intelligents, prédiction des comportements). Le *Smart Energy System* vise à coupler complètement les différents réseaux décentralisés (électricité, chaleur, froid, gaz, mobilité électrique) aux échelles locales (communes, cantons, régions), en couplant les différents secteurs (industriel, tertiaire, résidentiel). Cet objectif ambitieux fait désormais partie des plans danois et fait l'objet d'études scientifiques nombreuses (60) (61).

*Le réseau français*

A l'autre extrémité du spectre, on trouve le système énergétique de la France, et en particulier le réseau électrique. Comme on l'a vu, la France est un pays très électrifié, l'électricité est produite à plus de 70% par les réacteurs nucléaires et le développement du réseau électrique a été un des grands chantiers de l'Etat dans la deuxième partie du XXe siècle. En 2021, après la fermeture de la centrale de Fessenheim, cette électricité était produite par 56 réacteurs répartis sur 18 sites. Tout concourt donc à un réseau centralisé.

Les deux cartes ci-dessous montrent la centralisation du réseau de transport d'électricité qui s'organise autour des centrales nucléaires. D'autre part, comme ces centrales sont éloignées des villes, la cogénération n'est généralement pas pratiquée, et la chaleur est dissipée dans les cours d'eau (seule exception : la centrale de Gravelines). D'une manière générale, la France a peu de réseaux de chaleur, et ils datent généralement d'avant 1945 (comme le réseau parisien). Le développement des réseaux n'a en effet pas été favorisé par la centralisation historique des institutions depuis 1945 : quasi-monopole historique d'EDF en matière de production, monopole d'Enedis (ex-filiale d'EDF) pour la distribution. Cette centralisation a toujours cours en grande partie (voir Tableau 1), et elle est reflétée dans le réseau de distribution (page suivante).

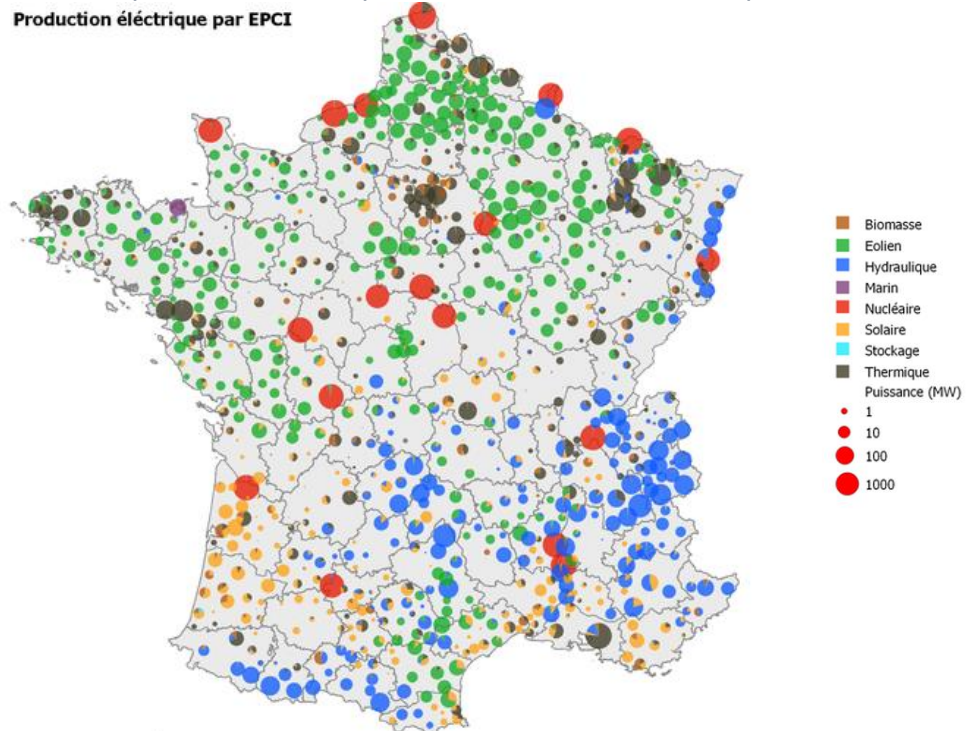
Néanmoins, la carte de la production électrique ci-dessous montre le développement des énergies renouvelables et leur éparpillement sur le territoire. Le réseau de transport électrique reste néanmoins pensé à l'échelle nationale comme allant des centres de production aux villes. Les villes et les territoires n'ont pas de compétence sur la production et la distribution.

*Figure 85 : Réseau de transport électrique français (2020)*



Source : EDF (62)

Figure 86 : Réseau de production électrique, montrant les centrales de plus de 1MW



Source : data.gouv, 2019 (63). La carte inclut la centrale de Fessenheim, fermée depuis.



Figure 87 : Principales installations électriques du Royaume-Uni



Source : AIE

Au Royaume-Uni, l'organisation des institutions de l'énergie a longtemps été centralisée et nationalisée, mais ce pays a progressivement privatisé ces secteurs. Son organisation reste néanmoins centralisée, comme on l'a vu plus haut, avec des prises de décision généralement au niveau étatique et de quelques grandes entreprises qui se partagent les marchés de production et de fourniture.

Le réseau de distribution d'électricité au Royaume-Uni elle est divisé en 14 compagnies régionalisées, comme montré ci-contre. La situation est similaire pour la distribution de gaz (voir Tableau 2).

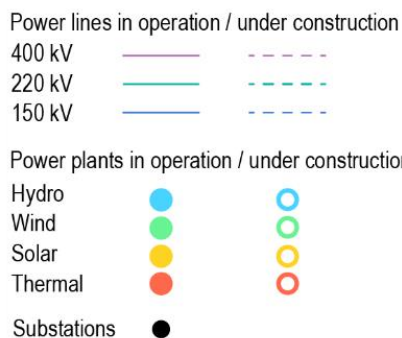
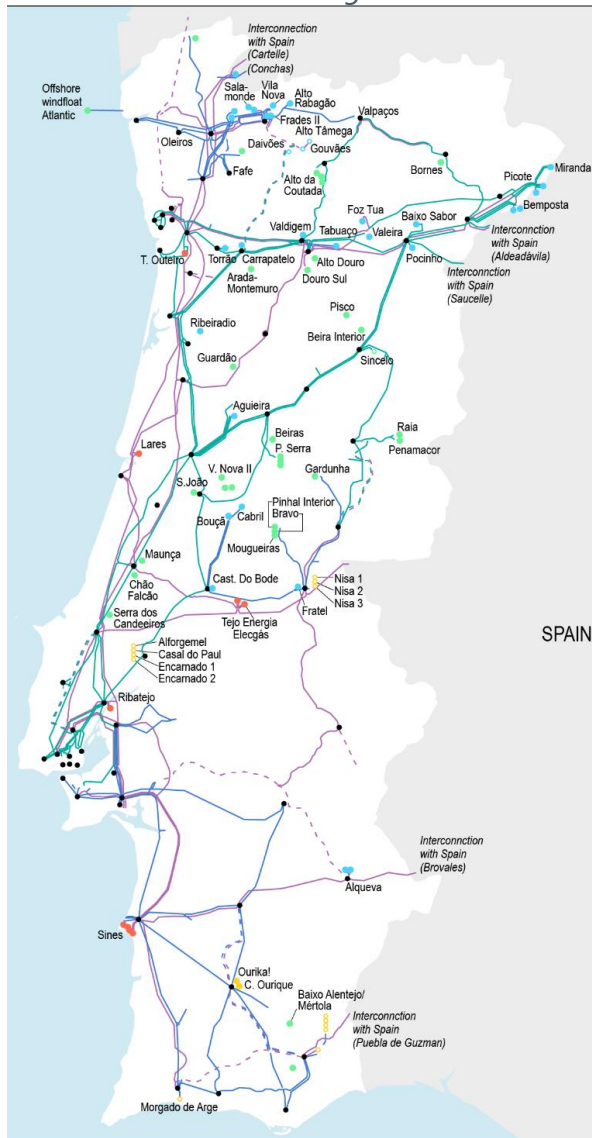
La production électrique est relativement centralisée, aux mains de quelques entreprises privées, et la prise de décision politique est centralisée, les politiques énergétiques se décidant au niveau national, même si les pays constitutifs du Royaume-Uni ont une autonomie en la matière, surtout l'Ecosse. La centralisation n'a pas empêché le développement des énergies renouvelables, comme on l'a vu plus tôt. Seules les principales infrastructures de production électrique sont visibles sur les cartes montrées ci-contre, et cela occulte une partie de la situation. Ainsi, l'Angleterre et le pays de Galles ont de nombreuses petites centrales solaires du fait de leur bonne exposition (44), qui ne sont pas visibles sur la carte.

Les îles britanniques ont un climat et une densité qui se prêtent à l'utilisation de la chaleur de réseau, et son développement est d'ailleurs dans les objectifs du gouvernement depuis 2015. Cependant cette énergie est encore peu utilisée, les réseaux de chaleur étant très peu développés. En effet, ils nécessitent un gros investissement et une planification locale, dans un pays centralisé et qui a longtemps eu du charbon puis du gaz pour se chauffer à bas prix.

Actuellement, l'adaptation du réseau aux énergies renouvelables fait l'objet de débats, portant sur la possibilité de produire la quasi-totalité de son électricité à partir de sources intermittentes, ce que le Danemark a réussi. Le Royaume-Uni cherche à aller plus loin dans la décentralisation, en accordant plus d'autonomie aux communes. Le pays envisage aussi de s'équiper de plus d'énergie nucléaire dans l'idée de conserver un matelas d'énergie pilotable dans le système électrique.

Le réseau portugais

Figure 88 : Principales installations électriques du Portugal



Source : AIE

La situation institutionnelle au Portugal est comparable à celle du Royaume-Uni, avec des grandes compagnies nationales privatisées dans les années 90.

Il y a une néanmoins une différence importante au niveau des réseaux électriques, montrés ci-contre : la distribution d'électricité fait l'objet d'un monopole au Portugal, sur le modèle de la France. Contrairement à la France, l'approvisionnement en gaz est plus ouvert à la concurrence (voir Tableau 2). D'autre part, le climat chaud rend les réseaux de chaleur inutiles.

Comme en Grande-Bretagne, la production électrique est partagée entre quelques entreprises privées. La situation climatique et géographique du Portugal lui donne des opportunités pour développer à la fois l'éolien et le solaire, qui gagnent rapidement en importance comme on l'a vu plus haut.

Néanmoins, le Portugal a besoin de développer son réseau électrique pour répondre à la consommation électrique toujours croissante dans ce pays très électrifié. Les ENR sont ainsi souvent déployées à proximité d'installations existantes comme les barrages (64), ou de centrales à charbon fermées, pour profiter de leur raccord au réseau haute tension. Le Portugal cherche néanmoins à déployer son réseau de manière plus uniforme pour exploiter davantage son potentiel d'ENR (65).

Les interconnexions électriques portugaises sont presque toutes avec l'Espagne, le pays est très peu connecté au réseau européen.

### *Le réseau allemand*

L'Allemagne est un cas à part. La taille et la complexité de ses réseaux énergétiques ne le rapprochent d'aucun autre pays européen. Comme au Danemark, les régies municipales (Stadtwerke) ont une importance historique. Cependant, le pays a depuis longtemps privatisé et mis en concurrence tous les secteurs de l'énergie, que ce soit la fourniture, la production, la distribution et le transport, y compris le transport d'électricité. La carte de la page suivante montre notamment la division du pays entre quatre compagnies de transport d'électricité.

La concurrence au niveau de la production d'électricité a abouti à l'émergence de quatre grandes entreprises, dont trois qui sont des multinationales. Ces entreprises, appelées *Big Four*, se partagent la majorité du marché, et elles basent historiquement l'essentiel de leur production sur les fossiles (gaz et charbon) et le nucléaire. La distribution est partagée entre 970 entreprises.

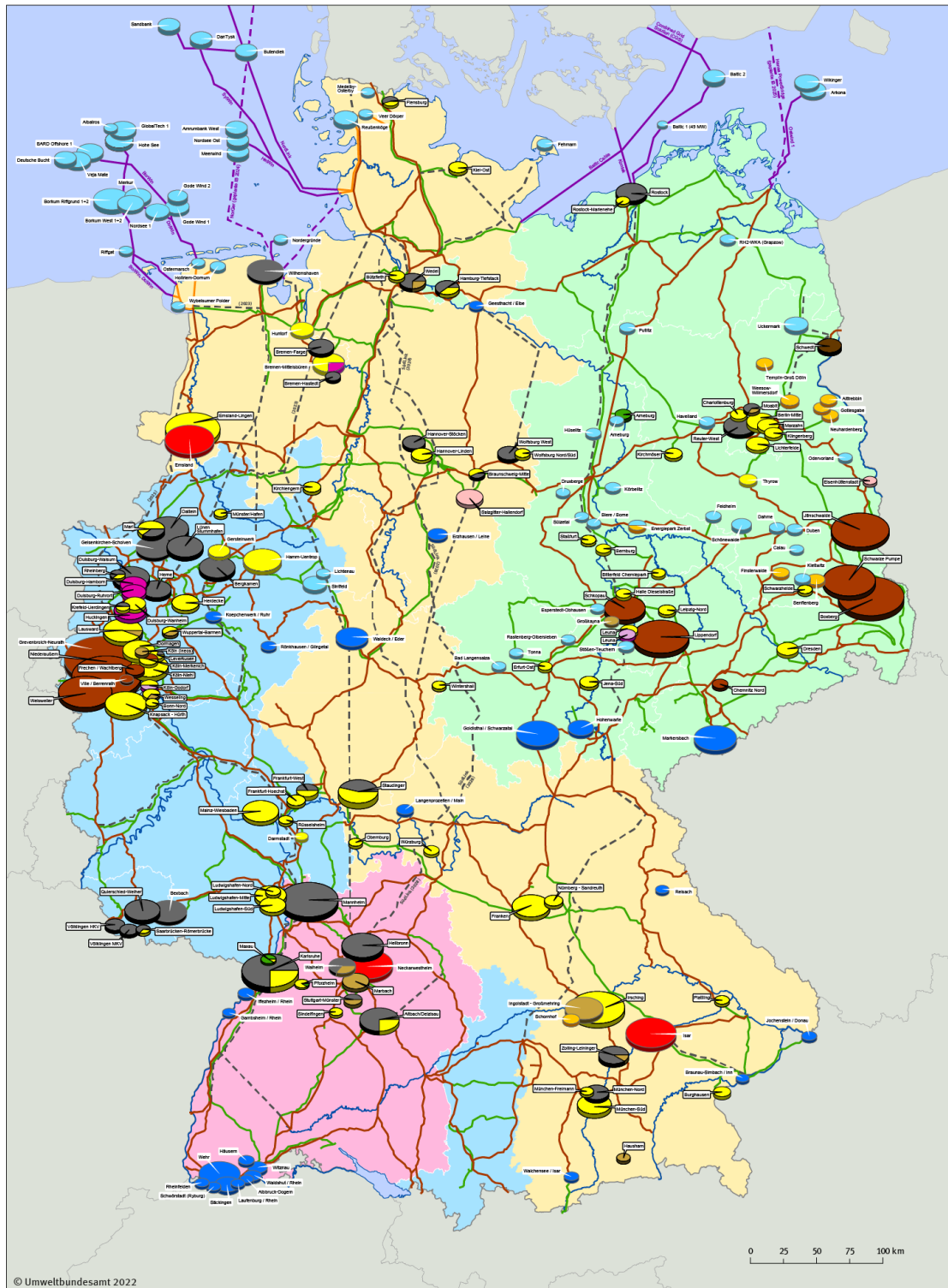
Cet état de fait est aujourd'hui contesté, et les régies municipales tendent à reprendre de l'importance, poussées par les associations écologistes qui estiment qu'elles devraient reprendre leur rôle de distribution et s'occuper aussi en partie de la production (3). La situation évolue de manière très différenciée sur le territoire, en fonction des élections et référendums locaux. Contrairement à la France, les villes, via les régies, ont toute latitude pour racheter leurs réseaux de distribution et des moyens de productions.

Le réseau de transport d'électricité allemand est face à un défi : avec le passage aux renouvelables, la production d'électricité est délocalisée dans le Nord du pays (66), alors que le bassin industriel est plutôt dans le Sud du pays. Ces industries étaient jusqu'ici alimentées par les centrales à charbon et à gaz qui étaient proches. Certains experts estiment, en 2012 que 12 200 km de ligne haute tension sont à construire d'ici 2025.

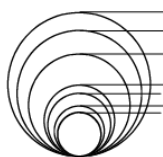
Au niveau du gaz, le pays est dépendant des gazoducs connectés à l'Europe de l'Est et à la Russie, en particulier le célèbre gazoduc Nordstream, négocié par Gerard Schroder en 1997. Ces gazoducs sont au cœur d'enjeux politiques importants. Les compagnies de distribution et de fourniture de gaz sont très nombreuses, comme on l'a vu.

Finalement, au niveau des réseaux de chaleur, ceux-ci sont plus nombreux en Allemagne qu'en France ou au Royaume-Uni, en raison de l'importance ancienne des instances locales que sont les régies municipales. De plus, avec un grand développement des centrales thermiques traditionnelles, la cogénération s'est naturellement développée, dans des proportions bien moindres qu'au Danemark néanmoins. La carte ci-dessous, qui n'indique que les centrales électriques les plus puissantes (plus de 100 MW), montre de nombreuses centrales en cogénération sur tout le territoire (leur nom est encadré en noir).

Figure 89 : Principales installations électriques allemandes, centrales de plus de 100 MW



**Centrales électriques de plus de 100 MW**



- Lignite
- Charbon noir
- Gaz naturel
- Nucléaire
- Essence
- Gaz de convertisseur
- Déchets
- Gaz de raffinerie
- Gaz de haut-fourneau
- Résidus d'huile
- Eolien
- Hydraulique
- Biomasse
- Photovoltaïque

Les centrales électriques à production combinée de chaleur et d'électricité sont représentées par un cadre noir

- Câbles sous-marins
- Lignes haute tension :**
- 380-kV
- - - 380-kV (prévu)
- 220-kV
- 155-kV

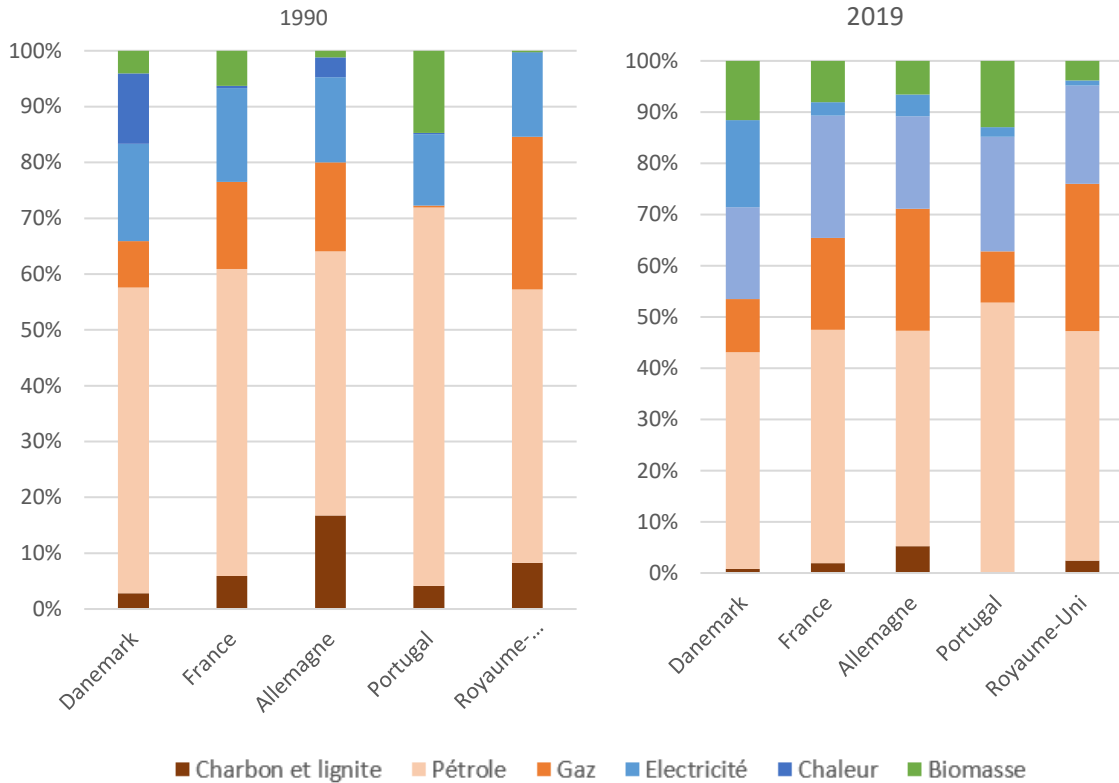
- Gestionnaire de réseau de transport**
- Amprion
- TenneT
- 50Hertz
- TransnetBW

Source : Agence fédérale de l'environnement (umweltbundesamt) (67)

### Le mix d'énergie finale

Entre 1990 et 2019, la progression de l'électricité est visible dans tous les pays, et les deux pays les plus électrifiés en 2019 sont le Portugal (24%) et la France (25%). Le charbon comme énergie finale recule au point de presque disparaître. Le Danemark utilise la chaleur de réseau bien plus largement que les autres pays (18% de son énergie finale). Le pétrole continue d'occuper une part supérieure à 40% du mix final dans tous les pays en 2019. Le gaz final gagne en importance depuis 1990.

Figure 90 : Evolution des mix d'énergie finale



## Résumé

L'évolution des mix énergétiques reflètent en partie les volontés politiques et les conditions socioéconomiques régnant dans ces pays.

Le Danemark a affiché très tôt sa volonté de développer les énergies renouvelables, et on voit que c'est le pays de cette liste qui a aujourd'hui la plus haute part d'énergie renouvelable dans son mix primaire, en particulier l'énergie éolienne et la biomasse. Cette dynamique semble facilitée par une organisation des réseaux électrique et de chaleur au niveau local, permettant la cogénération et la mise en place progressive de *Smart Grids* et *Smart Energy Systems*.

L'Allemagne suit les traces du Danemark, développant ses énergies renouvelables et sa production de chaleur de réseau en s'appuyant sur un système énergétique organisé de manière similaire. Cependant, le charbon garde une grande importance en Allemagne, du fait de sa disponibilité sur le territoire et de l'absence de taxe carbone. De plus, l'Allemagne suit une trajectoire de sortie du nucléaire. Le pays a largement recours au gaz importé dans sa production d'électricité et sa consommation finale.

Au Royaume-Uni, le gaz a la même importance qu'en Allemagne, mais il est majoritairement produit dans le territoire national. D'autre part, les Britanniques semblent avoir mieux réussi leur sortie du charbon. La mise en place de la taxe carbone et la disponibilité d'autres énergies, en particulier l'éolien et le gaz, y ont largement contribué. Royaume-Uni semble vouloir garder sa production d'énergie nucléaire à un niveau faible mais constant.

Comme au Royaume-Uni, le Portugal a réussi sa sortie du charbon dans les années 2010, mettant en place une taxe carbone et développant le solaire et l'éolien. Le pays est très électrifié, et repose aussi sur le gaz et l'hydraulique pour la production électrique. Le réseau électrique est en plein développement. La biomasse finale garde une importance comme énergie finale.

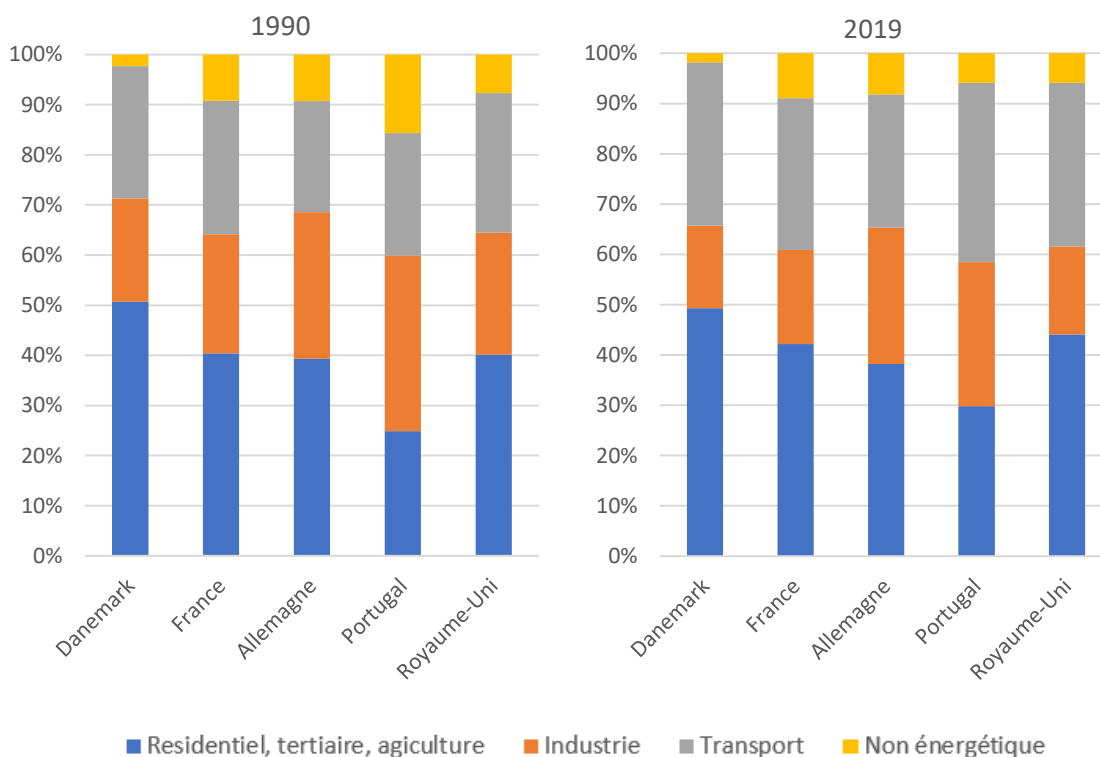
Le pays où les ENR sont les moins développées dans cette liste est la France. La disponibilité du nucléaire, soutenu largement par le gouvernement, en est la cause principale. Le réseau électrique français est très centralisé, autour de ces centrales. Néanmoins les ENR sont en développement, et l'hydraulique conserve son importance historique. La France est très électrifiée, dépend peu du gaz pour son électricité et le charbon a une importance minimale et qui est en grande diminution.

## POLITIQUES ENERGETIQUES ET EFFICACITE ENERGETIQUE

Nous allons maintenant chercher à comprendre la dynamique de la consommation énergétique, et ses liens avec les politiques énergétiques, les comportements, et le mix énergétique.

Tout d’abord, analysons la structure de la consommation d’énergie finale. L’énergie finale est partagée entre l’industrie, le transport, et l’item « résidentiel, tertiaire, agriculture » qui mesure principalement la consommation des bâtiments. La figure ci-dessous permet de se rendre compte de l’importance de ce poste de consommation, qui occupe généralement autour de 40% de l’énergie finale, sauf au Portugal où le climat est plus doux. C’est pourquoi on détaillera la consommation des bâtiments et les mesures prises pour la réguler.

Figure 91 : Structure de la consommation énergétique finale

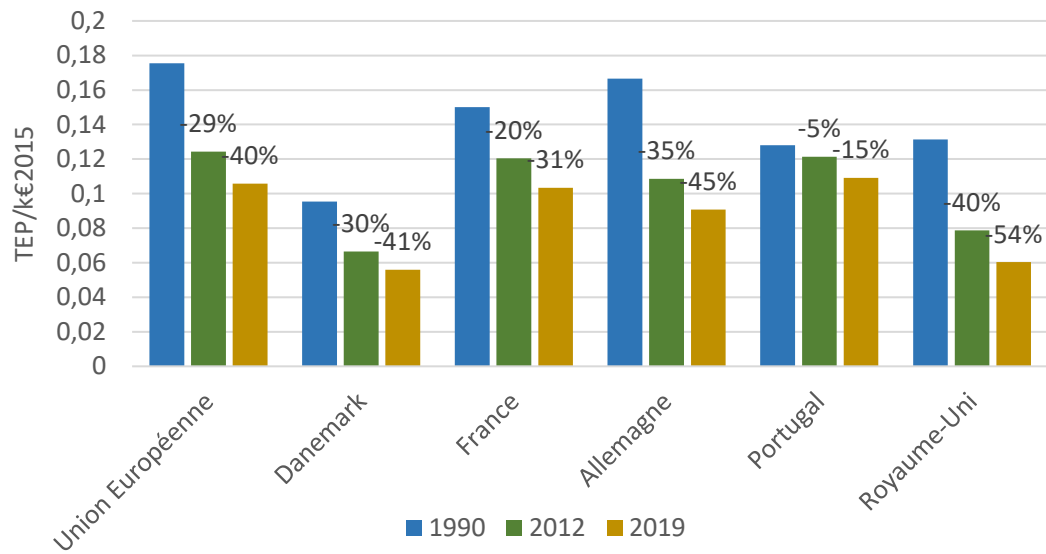


Entre 1990 et 2019, la place de l’industrie dans la consommation énergétique finale s’est globalement réduite tandis que celle des transports a augmenté. On cherchera à comprendre ces deux tendances. Une fois qu’on aura détaillé les différents secteurs de consommation énergétique finale, on regardera la consommation d’énergie par habitant et son évolution.

### Les économies d’énergie au niveau national

L’efficacité énergétique est un des principaux objectifs des politiques énergétiques, en particulier la hausse de l’efficacité fait partie des objectifs des « paquets énergie climat » de 2008 et 2014. La notion d’efficacité énergétique désigne en tout cas le fait de consommer moins d’énergie pour des services égaux. Une première manière de la mesurer est l’intensité énergétique de l’économie, montrée sur la figure ci-dessous. L’intensité énergétique est la quantité d’énergie consommée pour une quantité de richesse produite, ici pour 1000€ (2015) de PIB. On constate qu’elle est en baisse pour tous les pays, prouvant un gain d’efficacité générale qui est constaté à l’échelle européenne.

Figure 92 : Intensité énergétique des économies



Le Danemark et le Royaume-Uni sont les plus efficaces d'après cette mesure. Mais cette mesure de l'intensité énergétique n'est qu'une première approche de la notion d'efficacité énergétique. Nous allons passer en revue les différents secteurs consommateurs d'énergie pour mieux comprendre quelles mesures d'économies et d'efficacité ces pays ont mises en place.

### L'industrie

L'industrie en Europe sur la période étudiée est d'abord marquée par les délocalisations, qui peuvent fausser l'interprétation de son bilan énergétique. Il est donc essentiel, pour analyser la consommation d'énergie de l'industrie, de la mettre en regard avec l'évolution de son poids économique. D'après les chiffres de la Banque mondiale, le poids de l'industrie dans le PIB de nos cinq pays européens s'est réduit en 30 ans, comme le montre le tableau ci-dessous. Notons que la Banque Mondiale a une définition de l'industrie plus large que celle retenue dans la comptabilité énergétique.

#### Définition de l'industrie d'après la Banque Mondiale

« Les activités industrielles correspondent aux divisions 10 à 45 de la *classification internationale type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique* (CITI). Les activités industrielles comprennent la valeur ajoutée dans les mines, la fabrication, la construction, l'électricité, l'eau et le gaz. »

Tableau 6 : Part de l'industrie dans le PIB (Banque Mondiale)

	1990	2019
Danemark	22.6%	21.2%
France	24.5%	17.4%
Allemagne	33.5%	27%
Portugal	24.8%*	18.8%
Royaume-Uni	27.7%	18%

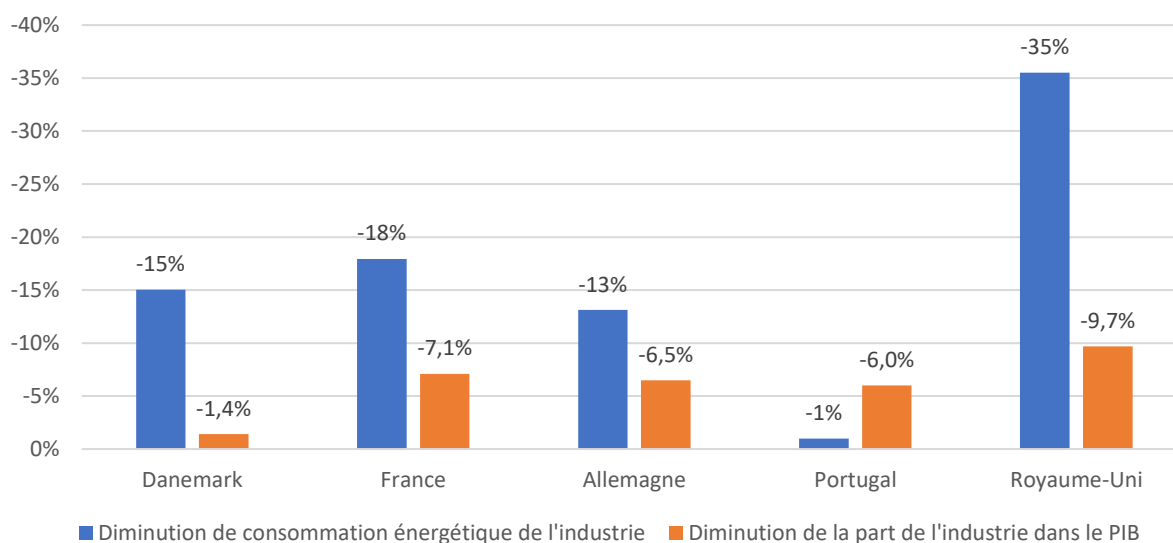
\*Portugal : valeur pour 1995 et non 1990 (absence de données)

Cependant, le PIB ayant lui-même augmenté, la richesse produite par l'industrie a en fait augmenté en valeur absolue. Cette augmentation n'est pas la même dans tous les pays. En parallèle, la consommation d'énergie a plutôt diminué. La figure ci-dessous permet de visualiser ces deux



tendances, pour montrer quels pays sont les plus efficaces, tout en gardant à l'esprit le tableau précédent.

Figure 93 : Evolution de la situation de l'industrie en 1990 et 2019



A la lumière de ces données, il semble que l'industrie danoise soit devenue particulièrement efficace pendant la période étudiée, diminuant sa consommation énergétique de 15% tout en conservant une part du PIB quasiment stable autour de 22%. Au Royaume-Uni, la consommation de l'industrie a largement diminué, mais cela a coïncidé avec un recul de l'industrie, qui a perdu presque 10 points dans le PIB national. Le même mouvement peut être constaté en France et au Portugal, où le recul est néanmoins moins important. En Allemagne, l'industrie a aussi perdu de l'importance dans le PIB, mais elle conserve néanmoins une industrie forte, la quatrième mondiale en valeur ajoutée (68), en tout en réduisant sa consommation d'énergie de 13%.

L'industrie est très dépendante des conditions économiques extérieures, mais certains pays régulent plus ou moins. Le tableau ci-dessous (page suivante) récapitule les mesures prises par les pays depuis les années 80. On voit que l'essentiel de ces mesures cherchent une plus grande efficacité énergétique via les taxes ou l'incitation fiscale. La chronologie de mise en place de ces mesures varie, ainsi le Danemark met en place une taxe carbone pour les industriels dès 1993, presque 20 ans l'entrée en vigueur du marché du carbone européen, qui est censé jouer un rôle proche d'une taxe carbone.

Ces différences dans l'historique des législations permettent en partie d'expliquer la bonne efficacité énergétique de l'industrie danoise, mais elles seront aussi à garder à l'esprit quand on s'intéressera aux émissions de CO<sub>2</sub> de l'industrie dans la prochaine partie.

Tableau 7 : Mesures prises pour l'efficacité énergétique de l'industrie

UE	Danemark	France	Allemagne	Portugal	Royaume-Uni
<b>1999</b> : (Directive 2003/96/EC) Cadre communautaire de taxation des produits énergétiques et de l'électricité	<b>1993</b> : taxe carbone pour les industriels	<b>2002</b> : Accord volontaire pour la réduction des émissions de CO <sub>2</sub>	<b>1984</b> : Programme d'efficacité énergétique et environnemental de la banque publique KfW		<b>2001</b> : <i>Climate Change Levy</i> , taxe sur l'énergie de l'industrie  <b>2001</b> : <i>Climate Change Agreements</i> , exemptions de taxes pour les industries « efficaces »
<b>2011</b> : (Directive 2003/87/EC) Mise en service de l'ETS	<b>1995</b> : plan Energy 2000, objectifs d'efficacité énergétique des industries	<b>2007</b> : Certificats d'Economies d'Energie, CEE	<b>2000</b> : Accord volontaire pour la réduction des émissions de CO <sub>2</sub>	<b>2008</b> : Système de gestion de la consommation d'énergie intensive (SGCIE)	
<b>2012</b> : (Directive 2002/91/CE) Directive sur l'efficacité énergétique		<b>2018</b> : Réduction des tarifs de transports d'électricité pour les industries électro-intensives	<b>2010</b> : Programme énergie renouvelable de la banque KfW	<b>2013-2014</b> : plan pour la promotion de l'efficacité électrique	<b>2013</b> : Energy Company Obligation

### Le transport routier

Le transport routier (individuel et marchandises) représente 92% de la consommation énergétique pour les transports en 2019 dans l'Union Européenne, et cela varie peu en fonction des pays. On n'étudiera donc ici que le transport routier. Ce transport est largement basé sur le pétrole, aussi le pétrole compte pour 92% de la consommation des transports dans l'UE en 2019. Sur la période 1990-2019, la consommation des transports a tendance à augmenter, en particulier – mais pas seulement - dans les pays du Sud et de l'Est qui rattrapent le niveau de vie européen.

### La politique européenne

Les normes et les réglementations sur le transport routier sont toujours pensées à l'échelle de l'Union Européenne. Les pays peuvent néanmoins développer leurs alternatives à la route en favorisant d'autres réseaux de transport, notamment le fret ferroviaire, ou faciliter l'achat de véhicules électriques.

En matière de transports, la politique européenne a d'abord tendu vers la libéralisation des transports après la création de la CEE en 1986 (Acte Unique européen). Cette libéralisation a favorisé le secteur du transport routier, plus compétitif et plus flexible, au détriment du rail (69).

Néanmoins à partir des années 2000, les instances européennes souhaitent étendre leur politique environnementale au trafic routier, qui est la première cause d'émissions de GES au niveau européen. Les lois portent d'abord sur les véhicules neufs. Le Parlement établit des normes de performance en matière d'émissions pour les voitures individuelles puis les véhicules utilitaires en 2009 et en 2011, (règlement UE n°443/2009, règlement UE n°510/2011).

Les objectifs de l'Union sont plus clairement affirmés. En 2011, la Commission Européenne change ses objectifs en publiant la feuille de route "Transports 2050, vers un espace européen unique des

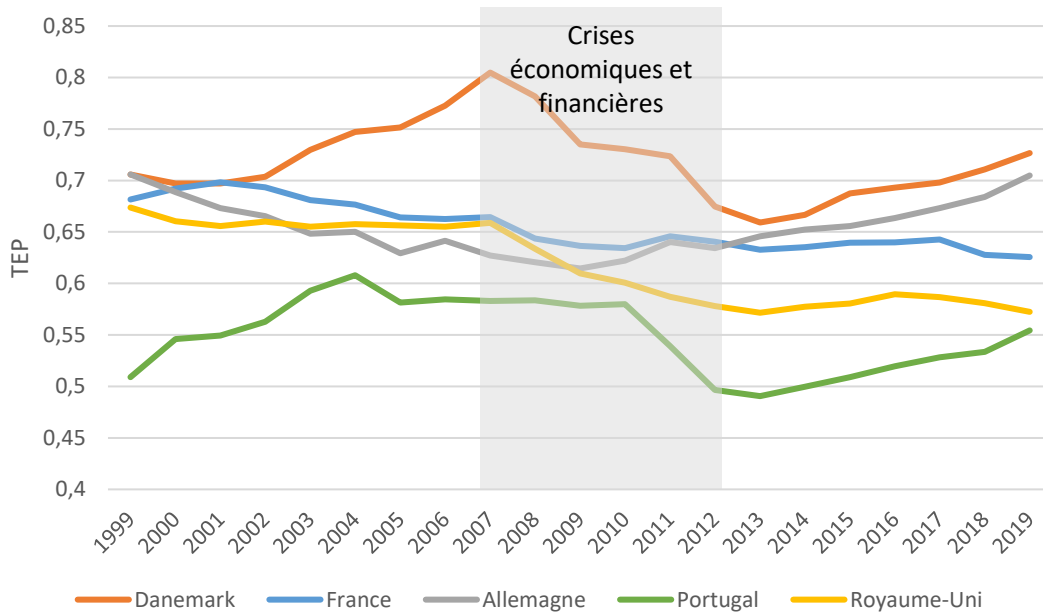
transports”, qui inclut la transition écologique dans ses objectifs. En 2019, les règlements précédents sont mis à jour pour suivre ces objectifs (UE n°631/2019).

En 2020 la Commission publie une “stratégie pour une mobilité durable et intelligente”. En 2021, le Parlement adopte un plan visant l'objectif d'une mobilité routière zéro-émission d'ici 2035, en imposant des normes de plus en plus contraignantes pour les véhicules neufs. Le règlement de 2019 devrait être mis à jour dès 2022 (proposition UE n°0197/2021)

Sur la période étudiée, l'effet de ces plans n'est cependant pas visible sur le niveau de consommation énergétique global pour le transport routier. Les législateurs s'intéressent surtout aux émissions de GES, que l'on regardera dans la dernière partie.

*La consommation énergétique pour le transport routier :*

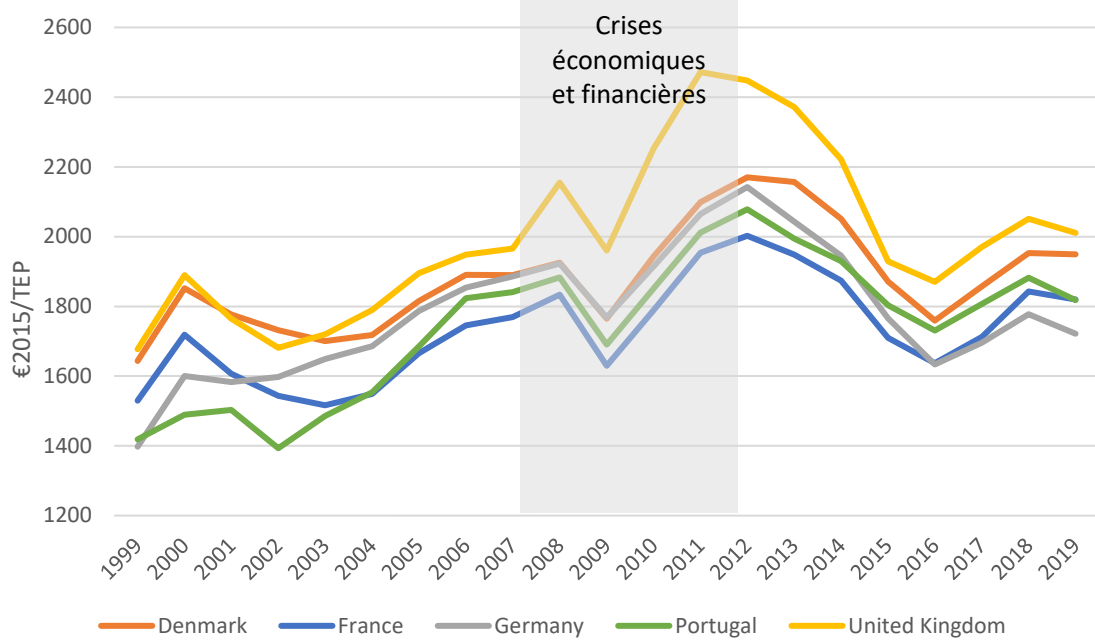
*Figure 94 : Evolution de la consommation d'énergie par habitant pour le transport routier*



La figure ci-dessus montre l'évolution de la consommation transport routier par habitant entre 1999 et 2019. Cette figure prend aussi en compte le fret routier, qui est comptabilisé avec les voitures individuelles dans la consommation du transport routier.

Sur cette période, l'impact des crises économiques successives à partir de 2007 et jusqu'en 2012 est visible. Le transport, en particulier le transport routier national, est directement lié à la conjoncture économique, du fait des coûts du carburants qui dépendent directement du pétrole. La figure ci-dessus montre que la consommation a tendance à baisser avec la hausse des prix, avec toutefois des nuances en fonction des pays. Néanmoins, il n'y a pas nécessairement un rapport de cause à effet. Durant la crise, il est difficile de savoir qui de la hausse des prix ou de la récession économiques joue le rôle le plus important dans la réduction de la consommation de carburants.

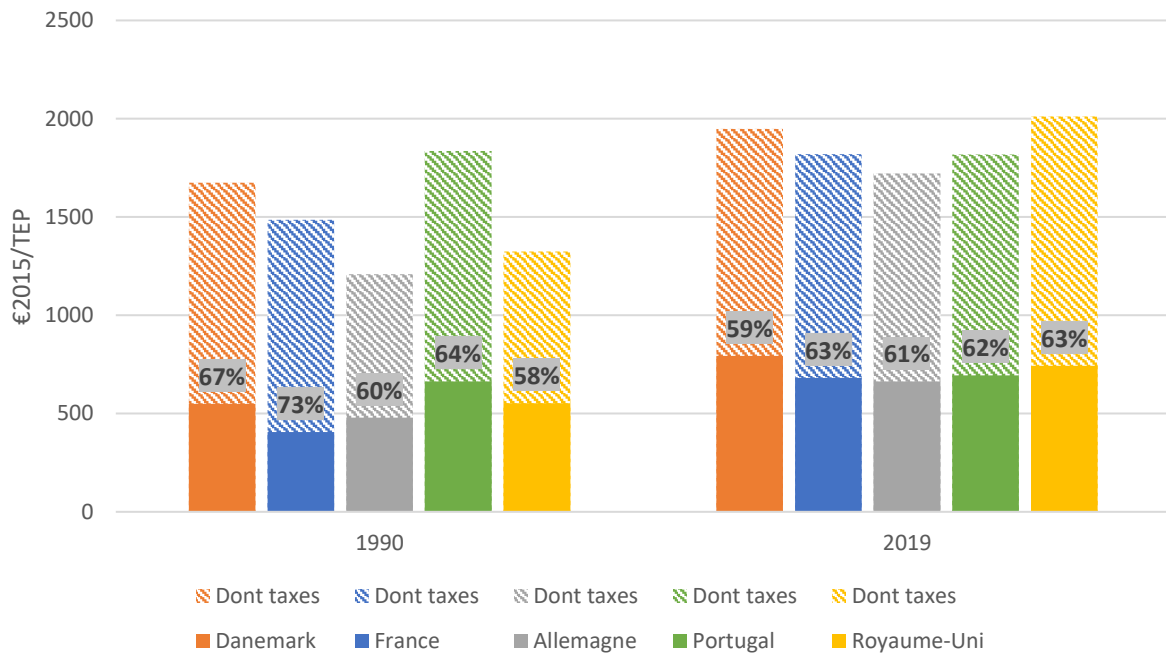
Figure 95 : Prix de l'essence (taxes incluses)



Après 2012, les prix repartent à la baisse. Néanmoins, les consommations ne suivent pas toutes la même tendance entre 2014 et 2019 : comme on le voit sur la Figure 28 : elles augmentent en Allemagne, au Portugal et au Danemark, tandis que la consommation suit plutôt une tendance à la baisse en France et surtout au Royaume-Uni. Dans ce pays, la consommation finale pour les transports par habitant a ainsi diminué de 7% entre 2000 et 2019. C'est le seul pays de l'échantillon qui ait vu baisser sa consommation par habitant entre 1990 et 2019, de 10%.

Cela est plutôt à attribuer aux comportements qu'à des décisions politiques. La figure ci-dessous montre la part de taxes dans le prix de l'essence. Cette part varie autour de 60% pour tous les pays, et a plutôt tendance à rester stable voire diminuer au cours du temps, ce qui semble montrer que ce n'est pas le taux de taxe qui influe directement sur le niveau de consommation.

Figure g6 : Taxes et taux de taxation sur l'essence



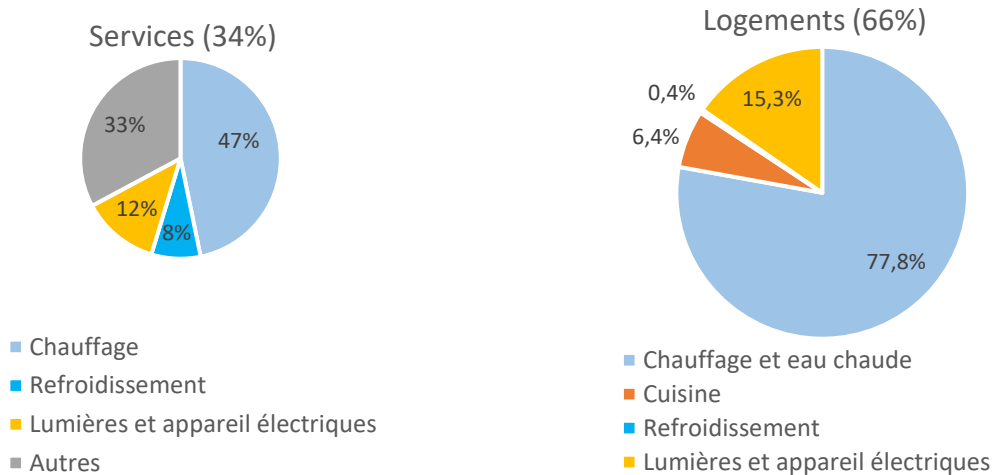
Les comportements, la flotte de véhicules de chaque pays, l'offre de transport en commun influent aussi beaucoup sur la consommation.

Les bâtiments

*Les usages de l'énergie dans les bâtiments :*

Les bâtiments recouvrent les bâtiments de service (bureaux, commerce, enseignement, hôtellerie-restauration, santé et autres), et les bâtiments de logement, eux-mêmes divisés entre logements individuels (maisons) et logements collectifs (appartements).

Figure 97 : Energie finale dans les bâtiments de l'UE, 2019

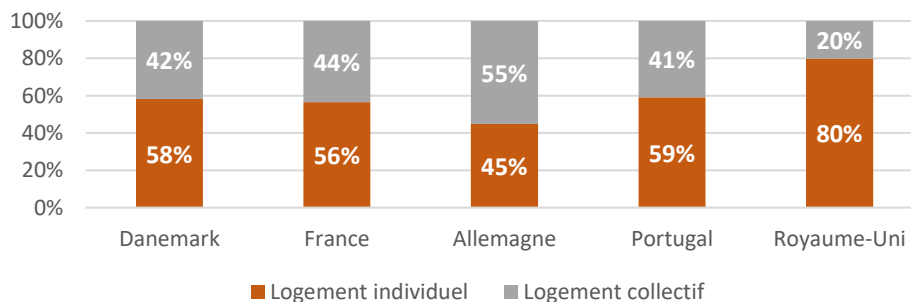


La figure ci-dessus montre les usages de l'énergie finale dans les bâtiments de services et logements pour toute l'UE en 2019. Les services représentent 34% de la consommation énergétique des bâtiments, le logement, 66%. Le principal poste de consommation d'énergie en Europe pour les bâtiments est de loin le chauffage. Dans notre analyse, on inclura l'eau chaude dans le chauffage, car elle est parfois confondue avec le chauffage dans certaines statistiques, et c'est un autre poste de consommation important.

Comme le montre la figure ci-dessus, ces deux usages consomment presque 78% de l'énergie finale des logements dans l'Union Européenne. C'est pourquoi nous allons nous concentrer sur cet usage dans la suite de nos analyses. C'est aussi sur le chauffage des logements que se sont majoritairement concentrées les politiques publiques des Etats européens.

Dans les bâtiments de service, la situation est différente du fait de leur diversité d'usages. Néanmoins, le chauffage reste leur premier poste de consommation énergétique.

Figure 98 : Part de logement collectifs, 2019



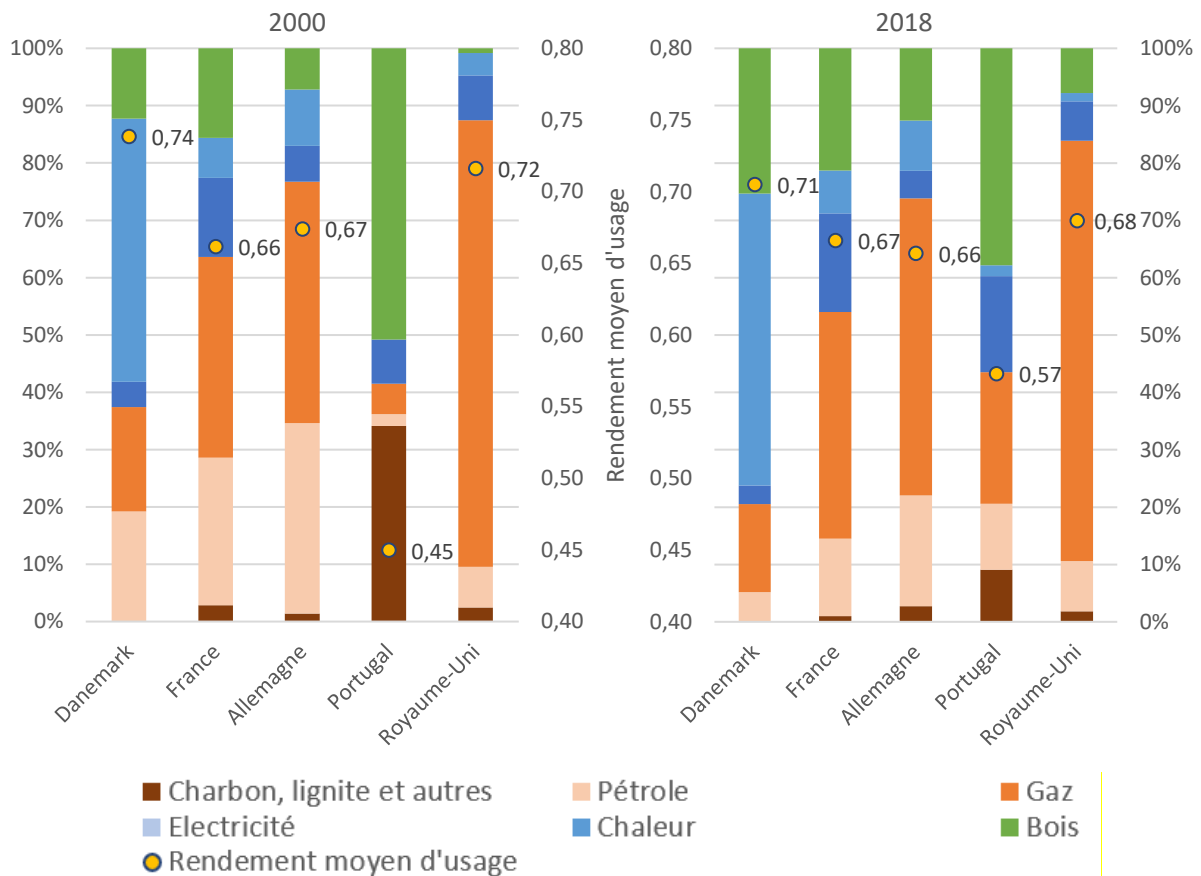
Finalement, il est important de discerner les logements collectifs et individuels, qui correspondent approximativement aux appartements et aux maisons. Toutes choses égales par ailleurs, une maison nécessite généralement plus d'énergie pour être chauffée qu'un appartement, en raison de la plus

grande surface d'échange avec l'extérieur. Ces chiffres changent peu avec les années. Ici, le plus important est de noter que le Royaume-Uni a une part très élevée de logements individuels.

*Analyse de l'énergie utilisée pour le chauffage*

L'énergie utilisée pour le chauffage est importante pour comprendre les consommations énergétiques des logements. En effet la consommation peut changer en fonction de l'efficacité d'une énergie pour le chauffage.

*Figure 99 : Mix de la consommation énergétique finale pour le chauffage des bâtiments : chauffage des logements, eau chaude et chauffage dans les services*



La figure ci-dessous montre les différentes énergies finales utilisées pour le chauffage dans les différents pays, c'est-à-dire le chauffage des logements, celui des services et l'eau chaude domestique. Ce mix énergétique reflète le mix final de chaque pays. Ainsi, en 2018, l'électricité a une place plus importante qu'ailleurs au Portugal et en France, le gaz est particulièrement important en Allemagne et au Royaume-Uni, et le Danemark utilise beaucoup la chaleur de réseau. Dans l'ensemble, l'évolution de ce mix entre 2000 est caractérisée par l'augmentation de la proportion de gaz et de bois.

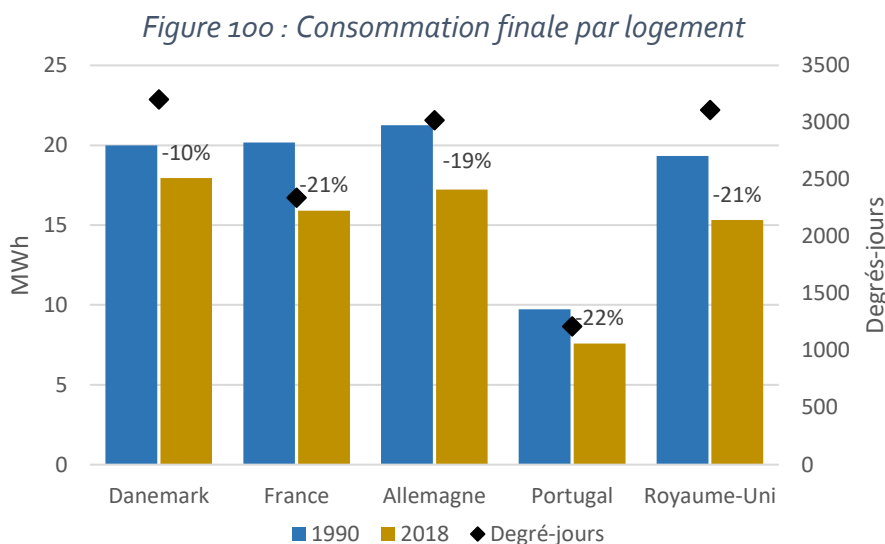
Rendement moyen d'usage	
Electricité	1
Chaleur	0.9
Gaz	0.7
Charbon	0.5
Pétrole	0.6
Bois	0.3

Ces observations sont surtout intéressantes parce qu'elles exercent une influence directe sur le rendement moyen d'usage. Ce rendement caractérise l'efficacité d'une énergie à chauffer : il est détaillé ci-contre. Si le rendement augmente, il faut moins d'énergie pour chauffer un même logement.

Dans le cas de nos cinq pays, le rendement d'usage diminue légèrement pour le Danemark, l'Allemagne et le Royaume, du fait du poids accru de la biomasse, peu efficace. En France, le rendement stagne, tandis qu'au Portugal, il passe 0.45 à 0.57 grâce à la disparition du charbon, auparavant utilisé comme énergie finale pour le chauffage.

### La consommation finale par logement

Avec toutes ces données en tête, nous pouvons regarder la consommation finale par logement. Dans l'ensemble, elle décroît entre 1990 et 2019.



Au Danemark, la consommation a baissé de 10%, il s'agit de la diminution la moins importante pour les pays de l'échantillon. Plusieurs explications peuvent expliquer cet état de fait. D'abord, le rendement moyen d'usage de l'énergie a plutôt diminué en raison de l'usage de la biomasse finale, et de l'absence d'électrification. De plus, le pays, qui a le climat le plus froid de la liste, consommait moins d'énergie par logement que l'Allemagne et légèrement moins que la France, alors que ces pays ont un climat plus chaud. Les logements danois étaient donc plus efficaces que la moyenne en 1990, ce qui explique qu'ils aient moins gagné en efficacité depuis cette période.

La France, l'Allemagne et le Royaume-Uni ont tout trois vu leur consommation énergétique finale par logement baisser de manière significative. On se souvient cependant que le rendement moyen d'usage de l'énergie utilisée pour le chauffage diminuait au Royaume-Uni et en Allemagne entre 2000 et 2018 alors qu'il était resté constant en France. La France, avec des logements plus électrifiés, a un 2018 un rendement d'usage supérieur à ces deux pays. Elle a donc besoin de moins d'énergie pour chauffer autant.

En plus du rendement d'usage, le climat joue évidemment un rôle fondamental, et on voit aussi que malgré un climat plus froid le Royaume-Uni utilise moins d'énergie pour un logement que la France, plus de 10% de moins. Le Royaume-Uni fait donc légèrement mieux que la France en matière d'efficacité énergétique. La France et l'Allemagne sont à des niveaux de consommation similaires, mais le climat est plus froid en Allemagne, qui a donc une meilleure performance énergétique. Ainsi, malgré un rendement d'usage supérieur et un climat plus doux, la France ne fait pas d'économies d'énergies sur le logement par rapport à ses deux grands voisins.



Il est intéressant d'e proposer quelques explications. Les normes de logement sont proches entre les différents pays, car dictées par les directives européennes. Néanmoins, il est possible que les politiques d'incitation aux travaux d'isolation des logements soient moins efficaces en France. On comparera ces politiques dans la suite de notre analyse. Une autre raison possible est un prix de l'énergie, en particulier de l'électricité, plus bas qui n'incite pas aux économies.

La performance du Portugal est intéressante : malgré l'augmentation du niveau de vie qui généralement pousse la consommation vers le haut, la consommation par logement a baissé de 22% en 30 ans. Cela est largement dû à l'électrification du chauffage, qui a permis un gain d'efficacité majeur au niveau du rendement d'usage, comme on l'a vu précédemment.

*Tableau 8 : Nombre de personnes par logement*

	1990	2019	Augmentation du nombre de logements entre 1990 et 2019
Danemark	2.2	2.1	+29%
France	2.7	2.3	+20%
Allemagne	2.6	2.1	+36%
Portugal	3.4	2.5	+26%
Royaume-Uni	2.5	2.3	+40%

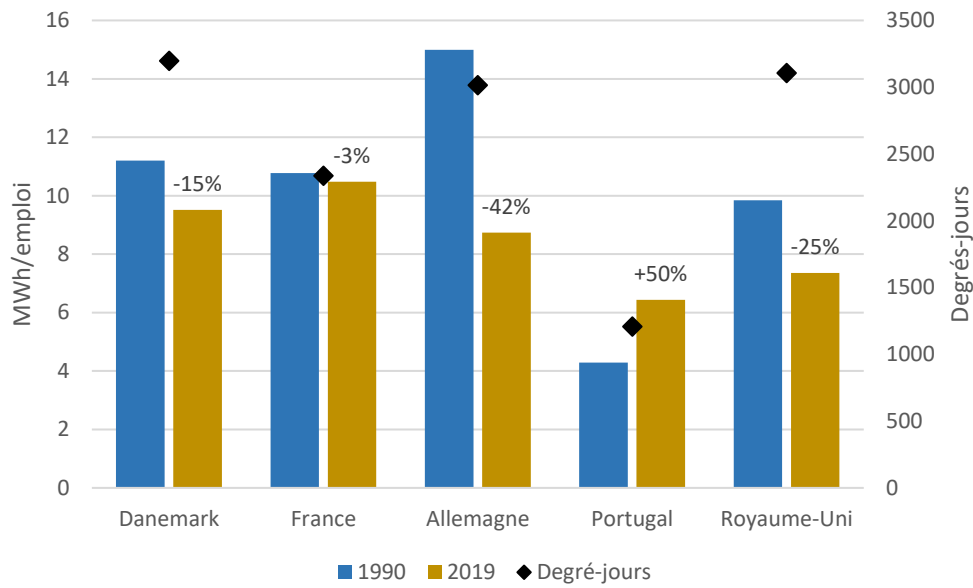
#### *Consommation des bâtiments du secteur tertiaire*

Les régulations sur le secteur tertiaire suivent généralement celles sur le logement. Cela est particulièrement vrai pour les bâtiments de bureaux. Des mécanismes similaires de prêts garantis et de subventions existent. D'une manière générale, les données sur les bâtiments de service manquent pour mieux comprendre ces dynamiques et ne permettent pas de bien comprendre l'hétérogénéité des situations entre les différents secteurs des services (70).

La figure ci-dessous montre la consommation énergétique finale des bâtiments du secteur tertiaire rapportée au nombre d'emplois, ce qui permet d'estimer la consommation énergétique pour un emploi du secteur tertiaire, en ne comptant que l'énergie consommée par les bâtiments. Cette moyenne masque probablement des différences en fonction des secteurs des services.

La consommation est nettement plus basse au Portugal qu'ailleurs mais c'est aussi là où elle augmente le plus fortement : +50% en 30 ans. Cela est probablement lié au développement économique portugais, ainsi qu'à l'absence de règles d'isolation concernant les bâtiments jusqu'aux années 2010. A l'inverse, l'Allemagne, qui avait la plus haute consommation en 1990, est parvenue à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments du tertiaire de 42%. Au Danemark, l'amélioration est de 15%, au Royaume-Uni, de 25%, et en France de 3%. En 2019, la France est le pays de la liste qui dépense le plus d'énergie pour un emploi du tertiaire (10.4 MWh), alors que son climat est plus doux que celui des autres pays, à l'exception du Portugal.

Figure 101 : Consommation finale par emploi des bâtiments du secteur tertiaire



Le constat du retard de la France est donc le même que pour les logements, mais il apparaît plus important pour les bâtiments de service. Comme pour les logements, il est possible que les subventions et incitations mises en place pour les travaux d'isolation soient insuffisantes, et que le prix de l'électricité bas freine les investissements privés en faveur de l'efficacité énergétique.

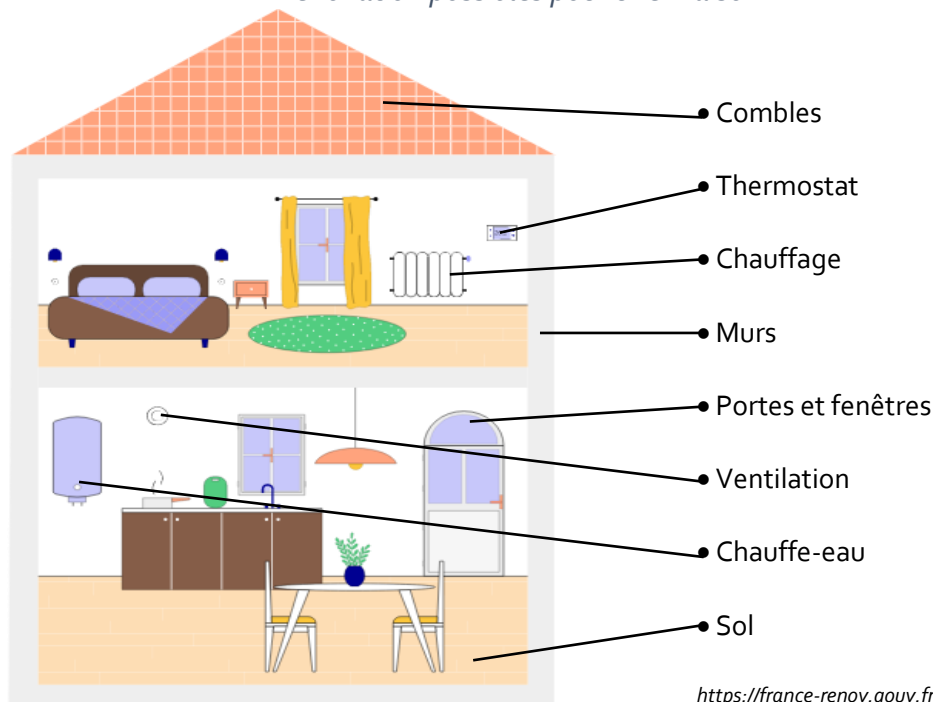
D'autre part, les bâtiments du secteur tertiaire consomment beaucoup d'électricité, en plus du chauffage. Le chauffage compte généralement pour moins de 50% de la consommation énergétique des services, comme on l'a vu au début de cette partie. Une grande partie de la consommation énergétique restante est électrique. Cette électricité sert à des usages spécifiques à leurs activité (machines, ordinateurs, enseignes...).

*Régulations :*

A présent que nous avons vu les consommations d'énergie des bâtiments, nous allons passer en revue les différentes mesures et régulations prises par les Etats en faveur de l'efficacité énergétique.

La prise de conscience de la nécessité des économies d'énergie pousse progressivement les Etats et l'Union Européenne à légiférer dans le secteur du bâtiment. Deux actions sont possibles : imposer des normes aux nouveaux bâtiments, et rénover les bâtiments existants, pour les isoler et optimiser leurs systèmes de chauffage. Comme le montre la figure ci-dessous, les travaux de rénovation possibles sont nombreux.

*Figure 102 : Illustration de France Renov montrant les principaux travaux d'isolation et de rénovation possibles pour une maison*



Des régulations ont été mises en œuvre progressivement et pas toujours avec les mêmes objectifs. Les premières normes d'isolation des bâtiments sont apparues dans les années suivant la crise de 1974 dans la plupart des pays. Les politiques mises en place depuis 1974 sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9: Récapitulatif des politiques adoptées par les pays et l'UE à propos de l'énergie des bâtiments

UE	Danemark	France	Allemagne	Portugal	Royaume-Uni
<b>1976</b> : Directive 76/492/CEE : promotion de l'isolation thermique des bâtiments	A partir de <b>1975</b> : campagne massive d'isolation thermique des bâtiments	<b>1976</b> : première réglementation thermique sur les bâtiments neufs	<b>1978</b> : Premiers standards d'isolations		<b>1976</b> : Premiers standards d'isolations
<b>1995</b> : Directive 2010/30/UE Etiquette énergie	<b>1995</b> : Nouveaux standards pour les bâtiments neufs  <b>1995</b> : Plan Energy 2000 : nouveau plan d'isolation des bâtiments	<b>1990</b> : Certification Haute qualité environnementale, HQE	<b>1996</b> : Programme d'incitation pour les énergies renouvelables sur le marché de la chaleur		<b>1996</b> : Les autorités locales doivent aider à la rénovation (Home Energy Act 1995)
<b>2002</b> : Directive 2002/91/EC : Performance énergétique des bâtiments  <b>2002</b> : Directive 2002/91/EC Diagnostic de performance énergétique, DPE		<b>1999</b> : réductions de la TVA pour les travaux d'isolation, subventions aux audits énergétiques			<b>2000</b> : réductions de la TVA pour les travaux d'isolation
<b>2008</b> : Directive 2002/91/EC – Régulations thermiques pour la rénovation			<b>2009</b> : programme de subventions de la KfW pour la rénovation énergétique		<b>2001</b> : Nouveaux standards d'isolation
	<b>2010</b> : Classification des bâtiments basse énergie	<b>2006</b> : Certificats d'Economies d'Energie, CEE	<b>2011</b> : Subventions de rénovation urbaine	<b>2010</b> : Tarif social pour l'électricité et le gaz	<b>2007</b> : Certificats de performance énergétique
<b>2014</b> : Directive 2010/31/UE Performance énergétique des bâtiments	<b>2014</b> : Plan « Better Homes »	<b>2009</b> : Eco-prêt à taux zéro, éco-PTZ + Eco-prêt logement social, éco-PLS	<b>2015</b> : Mise à niveau du programme de rénovation	<b>2013</b> : Certification énergétique des bâtiments et règles de construction des neufs	<b>2009</b> : Programme de subventions d'Irlande du Nord
<b>2018</b> : Mise à jour des performances énergétiques		<b>2016</b> : Isolation thermique obligatoire en cas de gros travaux	<b>2016</b> : Fond de recherche pour mieux mesurer les économies d'énergie	<b>2015</b> : Nouvelles normes adoptées,	<b>2014</b> : Régulations du secteur en Ecosse

Avant 2019, l'**Union Européenne** n'avait pas de législation précise contraignante concernant l'efficacité énergétique des bâtiments. Cependant les directives sur l'efficacité visaient notamment le secteur du bâtiment.

Au **Danemark**, la Byfornyelseslov, loi pour le renouvellement urbain, date de 1982, bien avant les lois équivalentes dans la plupart des pays européens. Le plan Energy 2000 de 1990 prévoit la rénovation des bâtiments et donne des enveloppes budgétaires. Le Danemark est ainsi largement en avance en matière de rénovation énergétique sur les pays de cette liste, du fait de sa prise de conscience précoce de l'urgence climatique et de son climat froid qui l'a conduit à investir une part importante de sa richesse dans les logements depuis plus de cinquante ans (39), à l'instar notamment de la Suède.

Le **Royaume-Uni**, entre 2013 et 2015, met en place le Green Deal, un ambitieux plan de rénovation basé sur des prêts au particulier, le prêt étant attaché au logement et non au propriétaire. Le système est arrêté car il est considéré comme trop cher et trop compliqué. Jusqu'en 2020, l'instrument principal en place dans le domaine de la rénovation est l'obligation pour les fournisseurs d'énergie d'installer des mesures d'efficacité énergétique auprès des particuliers, appelée Energy Company Obligation (ECO). En Ecosse et au Pays de Galles, la situation est différente car il existe en plus de l'ECO des financements versés aux autorités locales, qui ont abouti à de meilleurs résultats. En 2020, une subvention de 2 milliards d'euros est décidée pour subventionner directement les rénovations.

En **Allemagne**, le gouvernement a décidé en 2009 de la rénovation de 2% du parc de logement chaque année. L'action a été confiée à la banque KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau, « Institut de crédit pour la reconstruction »), une banque publique de développement créée en 1948 dans le cadre du plan Marshall. Depuis 2006, elle distribue des programmes de subventions ou de prêts pour aider les propriétaires à faire des rénovations (71). Le conseil en énergie est également subventionné. Entre 2008 et 2012, les fonds gouvernementaux alloués à ce programme étaient de plus d'un milliard d'euros par an. En 2020, les prêts à taux zéro accordés par la KfW pour la rénovation peuvent monter à 120 000 euros (70). En 2018, 270 000 logements ont été rénovés grâce à son intervention, c'est à dire environ 1.5% du parc.

En **France**, en 2007 le Grenelle de l'environnement instaure la rénovation des bâtiments comme un objectif. En 2010 la loi « Grenelle 2 » donne les premières mesures, notamment une définition de la précarité énergétique et un nouveau système de labellisation. En 2015, la loi sur la transition énergétique fixe entre autres l'objectifs de rénover 500 000 bâtiments par an à partir de 2017. La loi pour l'évolution du logement, de l'aménagement et du numérique de 2018 (Elan) établit pour certains propriétaires l'obligation de rénover son bâtiment. Cela entre dans le cadre de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC). Des prêts à taux zéro sont accordées par certaines banques publiques, dont le montant maximal est de 30 000 euros(70). Entre 2012 et 2016, seulement 0.2% du parc total de bâtiment a été rénové.

Au **Portugal**, les logements consomment largement moins en raison du climat chaud. Les législations ont donc été mises en place bien plus tardivement que dans les autres pays de l'échantillon. Néanmoins, depuis 2015, le programme "IFRRU 2020" offre des aides pour rénover un logement dans certaines zones au Portugal. Les biens doivent avoir plus de 30 ans et être situés dans les zones de réhabilitation urbaines(72).

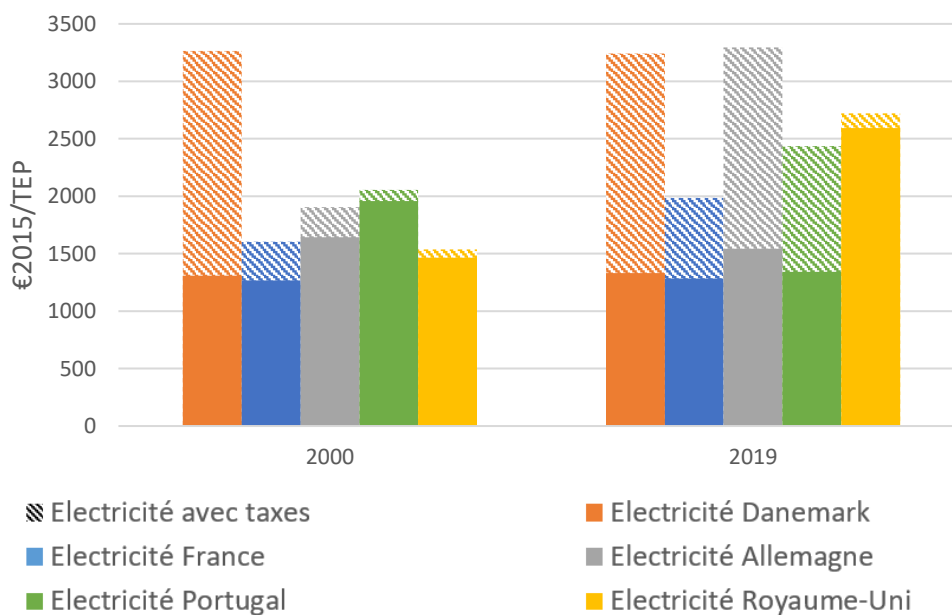
*Le prix, les taxes*

L'indicateur prix est également très important pour comprendre la politique énergétique en matière de bâtiments. D'après le Haut Conseil pour le Climat, « D'une part, [les] prix plus élevés renforcent l'incitation à la performance énergétique dans ces pays. D'autre part, c'est parce que les logements y sont plus performants énergétiquement qu'une fiscalité énergétique plus forte est supportable par les ménages. » (70). A l'inverse, certains pays peuvent maintenir des prix bas pour encourager la consommation. Les deux figures ci-dessous montrent le prix de l'électricité du gaz pour les particuliers, et permettent de visualiser, en rayures, la part qui est due aux taxes. Les taxes contiennent entre autres la TVA, éventuellement la taxe carbone, les taxes de développement des ENR.

Le Royaume-Uni semble avoir l'électricité la moins taxée, mais une partie des taxes est prélevée non pas directement sur le consommateur mais sur l'entreprise fournissant l'énergie (73), sur la figure seule la TVA apparaît. La TVA est 5% car elle est minorée pour la consommation domestique des ménages. Néanmoins, le gouvernement anglais taxe peu l'électricité, seulement à hauteur de 13%. Le prix de l'électricité est néanmoins haut, en partie en raison des hauts investissements consentis dans la transition énergétique

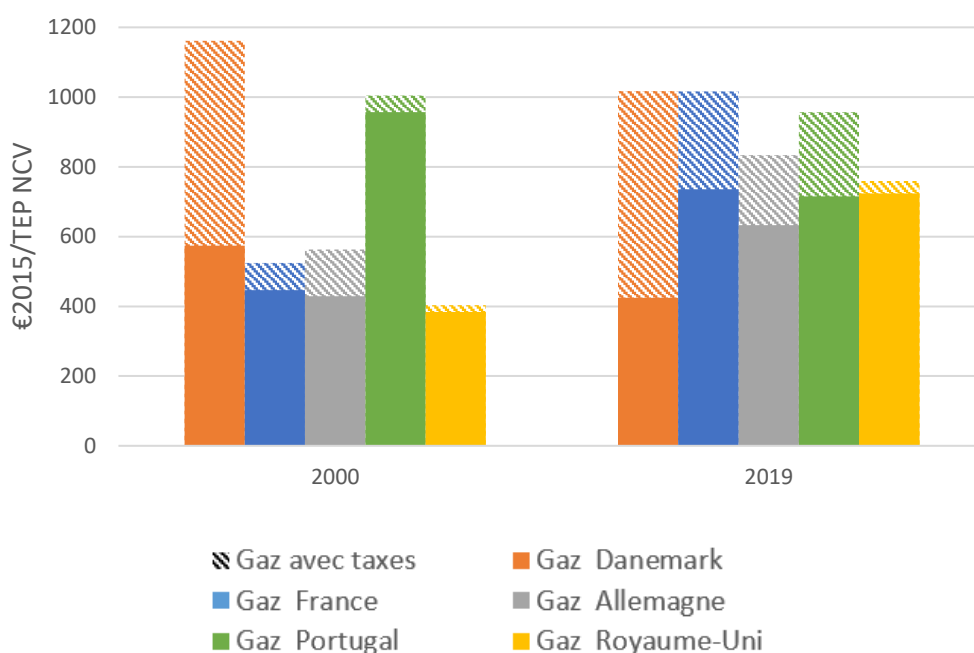
On peut noter d'autre part que c'est la France qui a l'électricité la moins chère de nos cinq pays, à la fois par son faible coût de production (en bleu foncé), dû à la production nucléaire nationale, mais aussi à ses taxes qui sont plutôt moins importantes que ses homologues. Le bas prix de l'électricité pour les particuliers est voulu par le gouvernement, qui a historiquement souhaité inciter à l'électrification des usages, pour soutenir la production nucléaire nationale. Le Portugal suit une stratégie similaire. Logiquement, ces deux pays sont ceux qui utilisent le plus l'électricité pour leur chauffage. A l'inverse, le Danemark et l'Allemagne taxent largement leur électricité, qui est la plus chère d'Europe. Les taxes comptent pour plus de la moitié de la valeur de l'électricité dans ces deux pays. On voit que le Danemark suit cette stratégie de longue date tandis que l'Allemagne l'a adoptée depuis 2000. Le but est de pousser aux économies en augmentant les prix, et de financer la transition grâce aux taxes.

*Figure 103 : Prix de l'électricité avec et sans taxes pour les particuliers*



On peut réaliser la même analyse pour le prix du gaz : les pays poussent plus ou moins à sa consommation. Le Danemark, encore une fois, taxe le gaz à plus de 50% de son prix final. Le prix du gaz dépend aussi de sa disponibilité : au Royaume-Uni et au Danemark, il est en partie produit sur le territoire national, et on voit qu'au Royaume-Uni en 2000, au moment du pic de la production de la mer du Nord, le gaz est à un prix exceptionnellement bas. En 2019, c'est l'Allemagne et le Royaume-Uni qui ont les prix les plus bas pour les particuliers, et c'est donc logiquement que ces deux pays consomment, en proportion, le plus de gaz pour leur chauffage.

Figure 104 : Prix du gaz avec et sans taxes pour les particuliers



Ainsi, en France, la combinaison d'un prix de l'électricité bas et des politiques publiques peu ambitieuses a fait prendre du retard au pays par rapport à ses voisins en matière d'efficacité énergétique des bâtiments. Que ce soit dans les bâtiments de services ou les bâtiments de logements, la France consomme plus que ce qu'elle ne devrait au vu de son climat plutôt doux et de son mix énergétique très électrifié. Le Portugal est dans une situation similaire, mais son climat chaud et son niveau de vie plus bas font que ce problème est moins important. De plus, des politiques publiques ambitieuses ont été mises en place depuis les années 2010 et commencent à porter leurs fruits.

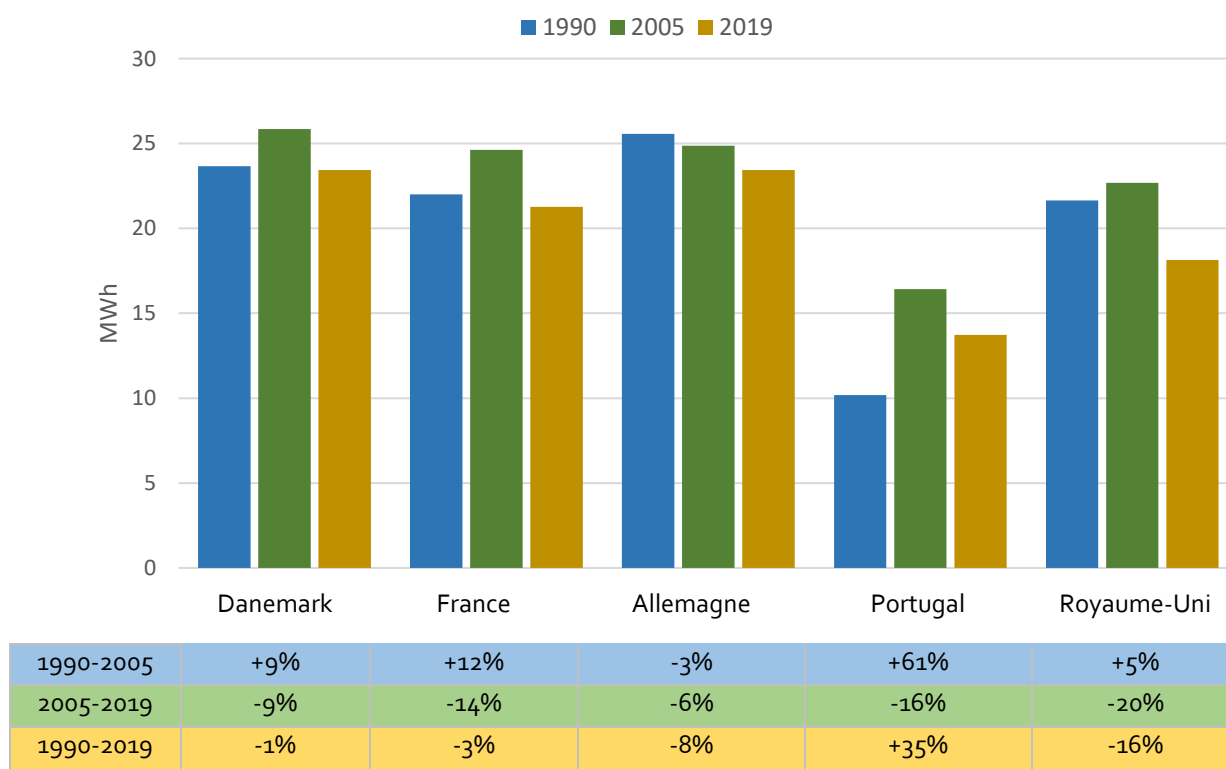
En revanche, l'Allemagne, le Danemark et le Royaume sont efficaces du point de vue de l'énergie des logements, malgré leur climat froid. Leur point commun est d'avoir des prix de l'électricité hauts et des politiques de subventions à la rénovation ambitieuses.

Les consommations finales par habitant :

A présent que nous avons passé en revue le détail de la consommation énergétique, regardons la consommation finale par habitant. Nous avons enlevé la consommation énergétique de l'industrie, car celle-ci suit ses propres dynamiques, comme on l'a vu plus haut.

La figure ci-dessous présente la consommation finale par habitant pour les différents pays en 1990, 2005, et 2019, et leurs évolutions relatives en pourcentage.

Figure 105 : Consommation d'énergie finale par habitant hors industrie



En premier lieu, on peut remarquer que le Portugal est le seul pays de la liste qui a augmenté sa consommation d'énergie entre 1990 et 2019 de 35%, ce qui est logique car sa consommation pour les transports et le logement a augmenté sur cette période. Pour le Portugal, il sera donc intéressant de voir si cette augmentation de consommation est corrélée à une augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>.

Ensuite, la France, le Royaume-Uni et le Danemark ont suivi une trajectoire proche : leur consommation finale par habitant augmente entre 1990 et 2005, puis diminue entre 2005 et 2019. La diminution est néanmoins plus forte au Royaume-Uni où la consommation diminue de 20% entre 2005 et 2019, ce qui conduit à une diminution de 16% pour toute la période, de loin la plus importante. Cette diminution est reliée aux bonnes performances qu'on a vues plus tôt sur les secteurs du logement et du transport au Royaume-Uni.

Finalement, l'Allemagne voit sa consommation diminuer régulièrement mais faiblement, effet de la conjonction entre la hausse de la consommation pour le transport et les gains d'efficacité dans le logement et les services.



En 2019, c'est néanmoins l'Allemagne qui consomme le plus d'énergie finale par habitant (2.01 TEP), ex aequo avec le Danemark, suivis de la France (1.82 TEP), du Royaume-Uni (1.56 TEP), et finalement du Portugal (1.18 TEP).

### Résumé

Au Danemark, l'efficacité énergétique est visible dans l'industrie, les logements et les services. Cela permet à la consommation du pays d'être plutôt malgré de son climat froid, son haut niveau de vie et son industrie très développée. L'Allemagne est le pays qui consomme le plus, avec une importante industrie, et une consommation des transports en hausse. Néanmoins la consommation globale, comme la consommation par habitant, est en baisse constante depuis 1990, dû en partie à des politiques de rénovation énergétique efficaces.

Le Royaume-Uni se détache au niveau de sa consommation d'énergie : entre 1990 et 2019, c'est le seul pays de l'échantillon qui a fait baisser sa consommation d'énergie par habitant de manière importante dans les domaines du logement, des services et transports à la fois. Logiquement, c'est donc le pays qui baisse le plus sa consommation d'énergie par habitant. Ces économies sont surtout visibles depuis 2005, date des premières politiques d'efficacité énergétique mises en place.

Le Portugal a largement augmenté sa consommation dans les années 90, mais la tendance s'est inversée depuis 2005, et il reste le pays qui consomme le moins d'énergie par habitant, du fait de son climat et d'un niveau de vie légèrement moins avancé.

Finalement, la France est plutôt peu efficace dans le chauffage des logements, mais voit sa consommation par habitant dans les transports baisser, et sa consommation d'énergie par habitant baisse depuis 2005.

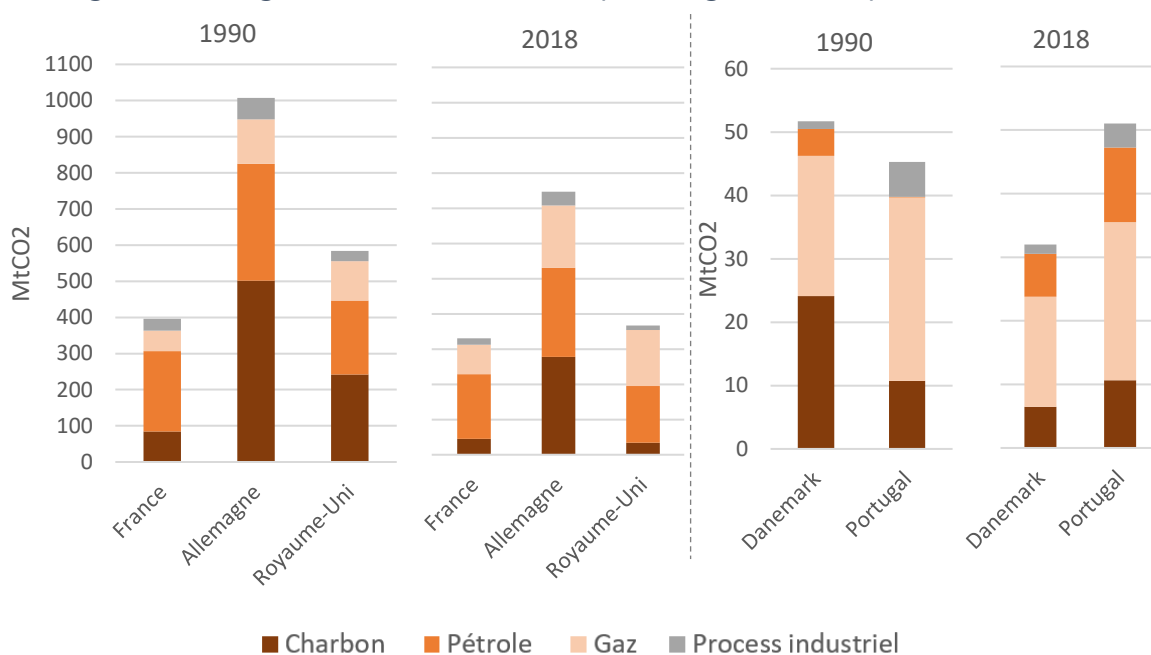
## POLITIQUES ENERGETIQUES ET EMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

### Emissions de CO<sub>2</sub> et mix énergétiques

Les émissions de CO<sub>2</sub> sont liées à la fois à la consommation d'énergie et à la manière dont cette énergie est produite. La figure ci-dessous présente l'origine des émissions de CO<sub>2</sub> par énergie consommée. L'exemple de l'Allemagne est particulièrement parlant : comme on l'a vu précédemment ce pays a un haut niveau de consommation énergétique par habitant, et il conserve une grande part de charbon dans son mix primaire, ce qui explique ses hautes émissions. Le Royaume-Uni a un mix énergétique plus carboné que la France, notamment à cause du gaz, mais sa consommation par habitant est basse, aussi émet-il presque autant de CO<sub>2</sub> que la France pour une population équivalente.

Au Portugal et au Danemark, les émissions de CO<sub>2</sub> dues au charbon ont largement diminué avec le recul de cette énergie. Cependant, le développement du gaz et l'augmentation de la consommation énergétique au Portugal ont plus que compensé cet effet. Au Danemark au contraire, la baisse de la consommation d'énergie s'est combinée à la sortie du charbon pour aboutir à la plus grosse baisse des émissions de CO<sub>2</sub> des pays de cette liste.

Figure 106 : Origine des émissions de CO<sub>2</sub> par énergie, incluant process industriel

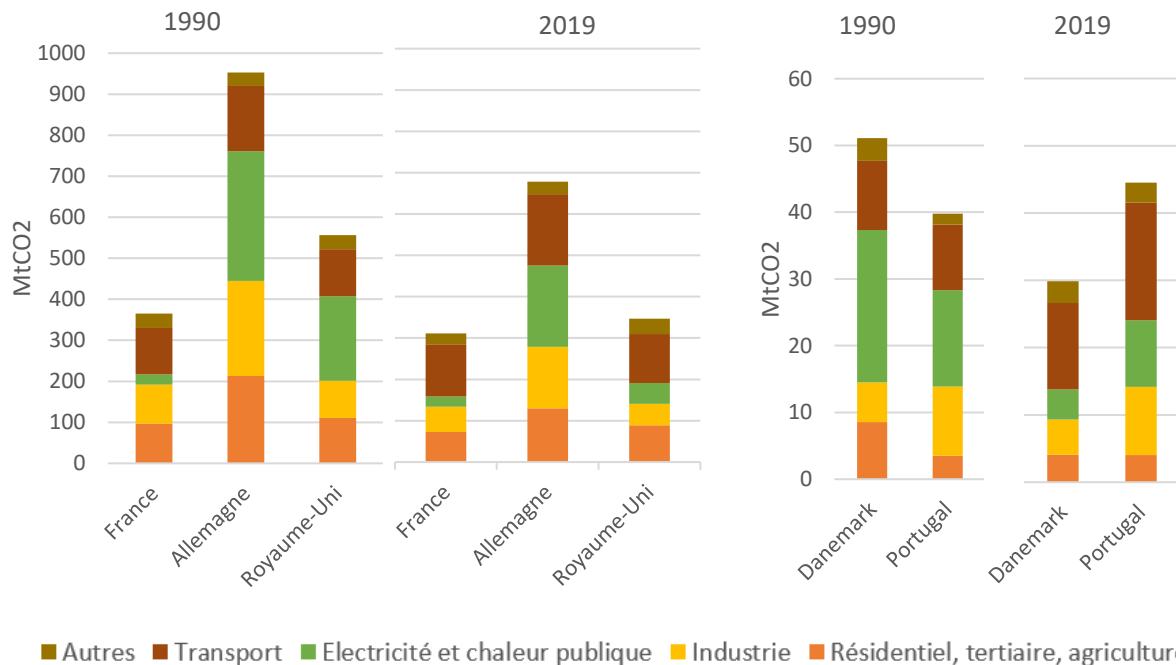


Ces comparaisons permettent de comprendre d'où viennent les émissions de CO<sub>2</sub>, mais pour vraiment conclure sur l'efficacité des politiques de baisse des émissions de CO<sub>2</sub>, il faut ramener les émissions au nombre d'habitants de chaque pays.

Emission de CO<sub>2</sub> par secteur économique

Il est aussi intéressant de savoir de quels secteurs viennent les émissions de CO<sub>2</sub>. La figure ci-dessous les montre, en séparant les principaux secteurs de l'économie. Les émissions sont présentées hors process industriel, donc on ne prend en compte que le carburant brûlé.

Figure 107 : Emission de CO<sub>2</sub> par secteur économique, hors process industriel



La répartition rejoint celle de la consommation d'énergie par secteur vue dans la partie précédente. En 2019, c'est cependant le secteur des transports qui est le plus émetteur de CO<sub>2</sub> dans presque tous les pays de l'échantillon mais aussi à l'échelle de l'Union Européenne : il représente entre 30 et 40% des émissions. Il y a une exception de taille : en Allemagne, la production électrique représente 29% des émissions de CO<sub>2</sub>, contre 25% pour les transports. En 2019, c'est le seul pays pour qui la production électrique représente autant, mais ce n'était pas le cas en 1990 : à cette époque, la production électrique était la première cause d'émissions dans tous les pays, sauf en France, où elle ne représentait que 7% des émissions, dû à l'énergie nucléaire. Avec le recul du charbon et l'essor des ENR, cette proportion a globalement régressé. Finalement, la part de l'industrie a aussi baissé partout, ce qui coïncide avec son recul économique mais aussi avec la mise en place du marché européen (ETS).

Tableau 10 : Evolution relative des émissions de CO<sub>2</sub> depuis 1990 dans les différents secteurs

	Résidentiel, tertiaire, agriculture	Electricité et chaleur publique	Industrie (énergie uniquement)	Transport	Autres	Total des émissions (hors process industriel)
Union Européenne	-29%	-33%	-35%	+28%	-30%	-22%
Danemark	-52%	-80%	-12%	+24%	-5%	-42%
France	-25%	+0%	-35%	+11%	-25%	-15%
Allemagne	-39%	-38%	-36%	+8%	-7%	-29%
Portugal	+15%	-32%	-2%	+78%	+80%	+12%
Royaume-Uni	-19%	-75%	-43%	+3%	+9%	-38%

Le tableau ci-dessus permet de rendre compte des évolutions des émissions de CO<sub>2</sub> depuis 1990 dans le détail, et il est intéressant de comparer les pays entre eux.

Le secteur **résidentiel, tertiaire et agriculture** a ainsi vu ses émissions de CO<sub>2</sub> baisser pour tous les pays à l'exception notable du Portugal. On se souvient que le Portugal a pris des mesures pour encourager l'isolation des bâtiments bien après les autres pays, et a vu sa consommation pour les logements et les services grimper du fait du rattrapage du niveau de vie européen. A l'inverse, c'est le Danemark qui a le plus diminué ses émissions de CO<sub>2</sub> dans ce secteur, grâce à la baisse de l'usage du gaz et à l'augmentation du recours à la chaleur qu'on a vu précédemment.

Pour la production **d'électricité et de chaleur**, c'est aussi le Danemark qui a le plus diminué ses émissions (de 80%), grâce aussi à la sortie du charbon. A l'inverse, en France les émissions de CO<sub>2</sub> n'ont pas changé, bien qu'elles soient très basses grâce au nucléaire. Cette dynamique française est unique dans notre échantillon, où tous les autres pays sont sur des dynamiques de diminution forte (Portugal et Allemagne), voire très forte (Danemark et Royaume-Uni). Logiquement, cela est corrélé au développement des renouvelables vu plus tôt.

Dans **l'industrie**, le Danemark et le Portugal sont ceux qui font le moins diminuer leurs émissions de CO<sub>2</sub>. Comme on l'a vu précédemment, l'importance économique de l'industrie n'a pas suivi la même dynamique dans tous les pays. Ces dynamiques sont en partie reliées aux évolutions des émissions de CO<sub>2</sub>.

Les **transports** se distinguent des autres secteurs car ici, tous les pays voient leurs émissions augmenter, ce qui est corrélé à l'augmentation de la consommation énergétique du transport routier vue plus haut. On retrouve ce qu'on avait dit sur le Royaume-Uni qui se distingue des autres pays en ayant l'évolution la plus favorable (+3% seulement), et à l'inverse le Portugal voit ses émissions augmenter de 80%. La France et l'Allemagne sont plutôt dans une dynamique de faible augmentation, alors que le Danemark voit ses émissions d'augmenter de presque un quart.

On pourrait aussi discuter du total des émissions, mais il est plus intéressant de le ramener au nombre d'habitants pour prendre en compte les variations de population.

### Emissions de CO<sub>2</sub> par habitant

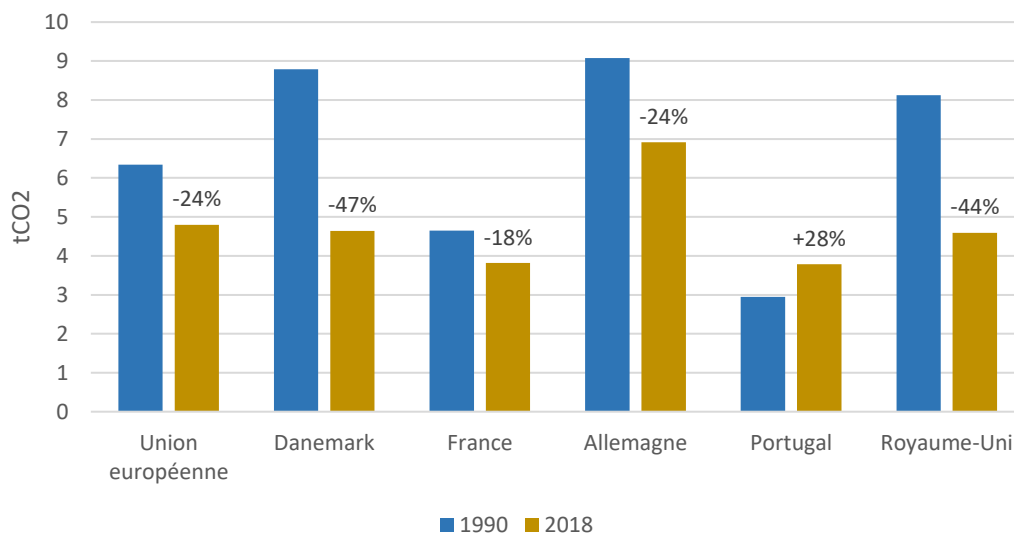
Pour mieux comprendre les dynamiques à l'œuvre, il est important de considérer les émissions par habitant, et de les lier à la consommation d'énergie par habitant, vue dans la partie précédente. Celles-ci sont montrées ci-dessous pour les années 1990 et 2019, avec leur évolution relative notée sur le graphique.

Seul le Portugal augmente ses émissions de CO<sub>2</sub> sur cette période, de 28%, mais elles restent les émissions les plus basses en valeur absolue, légèrement inférieures à celles de la France, qui s'élève à 3,8 tonnes de CO<sub>2</sub> par habitant. Sur la même période, la consommation d'énergie du Portugal a augmenté de 35%.

A l'inverse, les deux pays qui ont le plus baissé leurs émissions de CO<sub>2</sub> sur la période considérée sont le Danemark et le Royaume-Uni. Alors qu'ils émettaient largement plus que la moyenne européenne en 1990, ils sont passés en dessous en 2019, alors même que cette moyenne a diminué de 24%. Comme on l'a vu auparavant, ces deux pays ont à la fois diminué leur consommation énergétique, surtout le Royaume-Uni, et largement développé leurs énergies renouvelables, sur ce point c'est le Danemark qui est en avance.

La France et l'Allemagne ont baissé leurs émissions de CO<sub>2</sub>, mais moitié moins que le Royaume-Uni. Pour la France, malgré une diminution faible, le niveau d'émission reste très bas : cela est dû à l'électricité d'origine nucléaire, à certaines économies d'énergie et au climat relativement doux. Pour l'Allemagne en revanche, même si les émissions diminuent plus vite qu'en France, elle a le niveau le plus élevé d'émission de CO<sub>2</sub> par habitant de cette liste. Comme on l'a vu, la persistance du charbon et la haute consommation énergétique notamment dans le domaine des transports sont en cause.

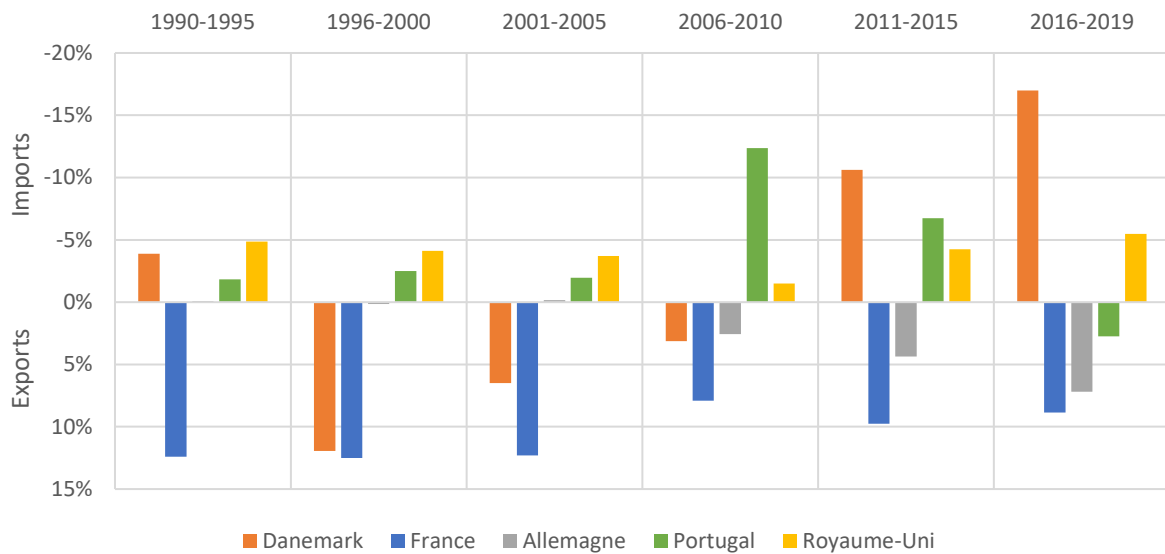
Figure 108 : Emissions de CO<sub>2</sub> par habitant, hors industrie



### Imports et exports d'électricité

Pour mieux comparer les émissions de CO<sub>2</sub>, il faut regarder les imports/exports d'électricité : en effet, un pays pourrait importer de l'électricité émettrice de CO<sub>2</sub> sans que cela apparaisse dans le bilan de ses émissions de CO<sub>2</sub>. La figure ci-dessous montre le pourcentage d'électricité importée par les pays de l'échantillon. Il s'agit de moyennes calculées sur des intervalles de 5 ans.

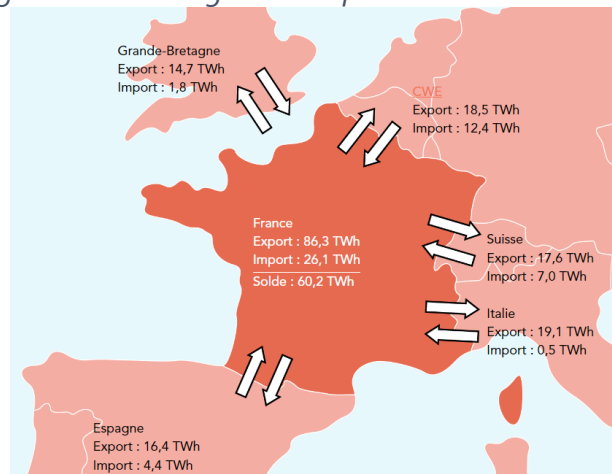
Figure 109 : Pourcentage d'électricité importée et exportée



Deux conclusions générales peuvent être tirées de cette figure : la France exporte de l'électricité à un niveau important (autour de 10%) et stable depuis 1990, et le Danemark est passé d'exportateur à importateur en 30 ans. Nous allons brièvement détailler ces deux cas.

La **France** est connectée avec l'Angleterre, la Belgique, l'Allemagne, la Suisse, l'Italie et l'Espagne. Elle exporte principalement vers l'Italie et l'Angleterre (74), et a des échanges équilibrés (autant d'exports que d'imports) avec les autres pays. L'électricité, essentiellement produite par les centrales nucléaires, est neutre au regard des émissions de CO<sub>2</sub> de la France et des pays importateurs. Elle est surtout exportée hors heures de pointe.

Figure 110 : Echanges électriques de la France en 2018

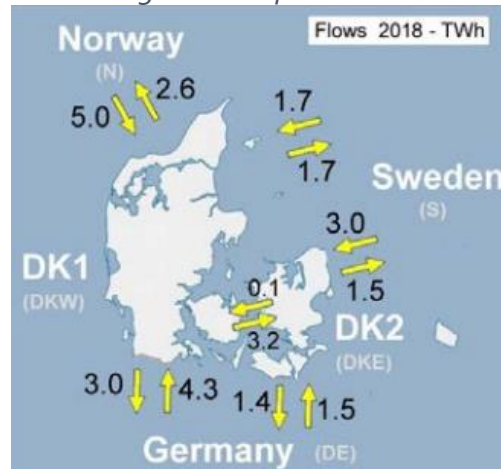


Source : (74) ; CWE = Allemagne et Belgique

Au **Danemark**, la progression des énergies renouvelables avait soulevé des inquiétudes quant à la stabilité du réseau en cas d'intermittence. La stratégie des Danois pour pallier les intermittences passe par l'interconnexion, c'est pour cela que leurs imports ont largement augmenté depuis le milieu des années 90, époque à laquelle le Danemark avait un mix électrique basé sur le charbon. Le royaume compte sur des imports électriques en provenance de Suède et surtout de Norvège : ces deux pays ont des avantages que le Danemark n'a pas, notamment un relief montagneux permettant la construction de barrages : la Norvège produit ainsi la quasi-totalité de son électricité à partir de l'hydraulique, la

Suède près de la moitié. La Suède s’appuie aussi sur des centrales nucléaires. Le principal partenaire au fil des années reste la Norvège, qui achète aussi de l’électricité au Danemark dans les périodes où les éoliennes produisent beaucoup.

Figure 111 : Echanges électriques du Danemark en 2018



Source : (75)

Néanmoins, si le Danemark profite de sa situation géographique particulière, on ne peut pas dire qu’il délocalise ses émissions de CO<sub>2</sub>, car la Norvège produit son électricité à partir de l’hydraulique.

#### Atteinte des objectifs européens

Pour conclure, il est essentiel de regarder quels pays ont suivi les accords européens évoqués en première partie de ce rapport.

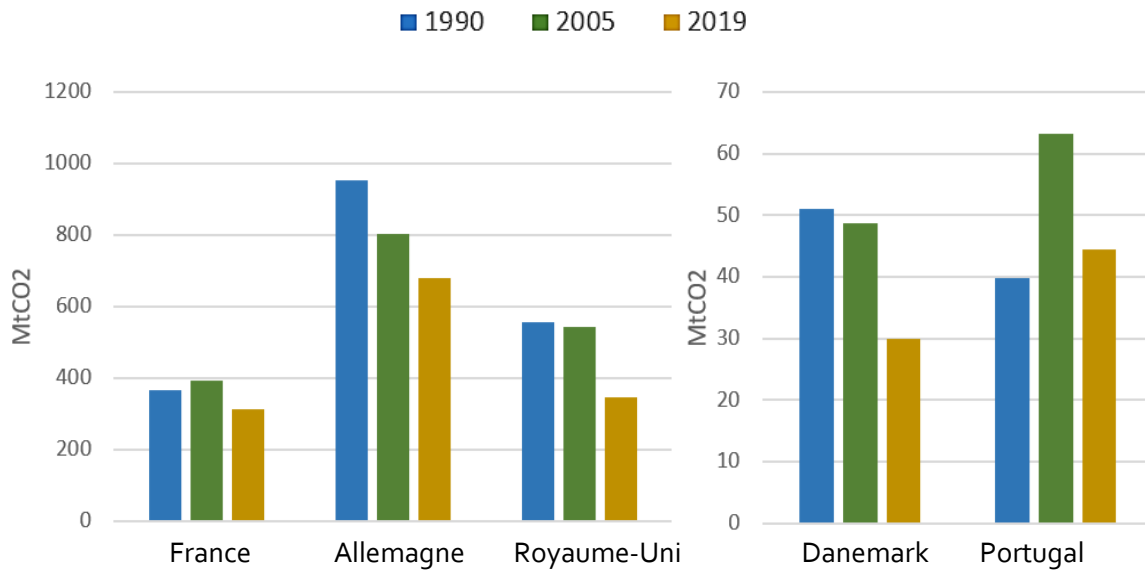
En 2009, le paquet énergie-climat de l’UE, via la directive no 406/2009/CE, fixe des objectifs de réduction de gaz à effets de serre pour tous les pays européens pour 2020, en prenant en compte les besoins de développement de certains pays. Pour les pays de notre liste, les objectifs sont les suivant :

Figure 112 : Objectifs européens pour 2020

Pays	Objectif pour 2020
Allemagne	-14%
France	-14%
Royaume-Uni	-16%
Danemark	-20%
Portugal	+1%

L’année de référence est 2005. Nous allons regarder quels pays ont tenu ces engagements. Depuis, ces ambitions ont été largement réhaussées, et la plupart des pays européens ont un objectif de réduction de 40% d’ici 2030 et de neutralité carbone 2050.

Figure 113 : Emissions de CO<sub>2</sub> (hors process industriel)



<b>1990-2005</b>	7%	-16%	-2%	-5%	+59%
<b>2005-2019</b>	-20%	-16%	-36%	-39%	-30%
<b>1990-2019</b>	-15%	-29%	-38%	-42%	+12%

Les pays atteignent et dépassent tous leurs objectifs de 2008 pour 2020 dès 2019. Tous ne sont pas nécessairement sur la même route pour 2030 au niveau de la tendance à la baisse. Ainsi, la baisse est particulièrement prononcée entre 2005 et 2019 pour le Royaume-Uni, le Danemark et le Portugal : les émissions nationales ont diminué de plus de 30% sur cette période. Pour la France elle n'est que de 20% et pour l'Allemagne seulement de 16% au même moment. La France reste à un niveau bas par rapport à l'Allemagne (elle émet plus de deux fois moins de CO<sub>2</sub> en 2019).

Pour finir, il est intéressant de regarder l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> sur une période plus large que celle des objectifs européens : la dernière ligne du tableau ci-dessus montre ainsi l'évolution des émissions entre 1990 et 2019. Pour le Portugal, elles sont en augmentation car elles partent d'un niveau plutôt bas, et le pays ne commence sa transition énergétique qu'au début des années 2000, comme on l'a vu dans la première partie. Les autres pays commencent à s'y intéresser dès les années 90, en particulier le Danemark, qui a la plus grande diminution des émissions de CO<sub>2</sub> sur la période (-42%), suivi de près par le Royaume-Uni (-36%). En comparaison avec les îles britanniques, l'Allemagne apparaît en retard (-29%), et la France est sur une dynamique encore plus faible (-15%), mais à un niveau très bas d'émissions.



## Résumé

Les mesures précoces prises par le Danemark en matière d'efficacité comme de transition énergétique, couplé avec une mise en œuvre au niveau local, ont été un succès. Le Danemark est le pays de cette liste chez qui les émissions de CO<sub>2</sub> ont le plus baissé depuis les années 90, que ce soit au niveau global ou par habitant.

En suivant un chemin proche du Danemark, avec des économies d'énergie importantes et le développement de l'éolien, le Royaume-Uni a vu ses émissions de CO<sub>2</sub> diminuer de manière spectaculaire.

L'Allemagne réalise de gros efforts qui se traduisent par une baisse des émissions de CO<sub>2</sub> qui est importante mais n'est pas suffisante, cela pour plusieurs raisons, qui tiennent en partie à la taille du pays et à la structure de l'économie, ainsi qu'à la place importante du charbon dans le mix électrique, qui diminue trop lentement

Le Portugal, petit pays plus pauvre, est lui aussi engagé sur le chemin de la transition. Ce pays est avantagé par son climat, et le déploiement d'énergies renouvelables y est très rapide. Les émissions de CO<sub>2</sub> baissent fortement, mais seulement depuis 2005.

La France apparaît dans une situation unique : par rapport à des pays de taille comparable, que sont l'Allemagne et surtout le Royaume-Uni, elle semble être sur une dynamique plus faible dans la diminution des émissions de CO<sub>2</sub> et le déploiement des énergies renouvelables. Néanmoins, la France garde des émissions de CO<sub>2</sub> basses en valeur absolue grâce au nucléaire, qui lui permet d'avoir une électricité beaucoup moins émettrice de CO<sub>2</sub> que ses homologues.

## CONCLUSION

Quels pays sont les mieux positionnés pour la transition énergétique ?

Le **Danemark** est le pays qui a le plus tôt mis en place des mesures pour encourager le développement des ENR et les économies d'énergie, avec notamment une taxe carbone effective dès 1993. Sa stratégie passe par une consommation électrique restreinte se basant sur l'éolien et des centrales de cogénération alimentées à la biomasse connectées à des réseaux de chaleur locaux, qui sont très développés. Le pays continue d'expérimenter pour prolonger la transition aux secteurs les plus polluants, en particulier les transports. La méthode danoise passe par des initiatives locales, avec une forte autonomie et de gros moyens donnés aux communes, et par la concertation avec les citoyens au niveau local comme au niveau national.

Le **Royaume-Uni** a pris un chemin proche de celui du Danemark, grâce à un grand plan de développement des renouvelables et des économies d'énergie efficaces, dans tous les secteurs. Le pays reste une grande économie et son fonctionnement est plutôt centralisé, prouvant que la transition énergétique peut être adaptée à différents pays. Le pays reste dépendant du gaz et les réseaux de chaleur y sont peu développés. La suite de la transition énergétique passe par une appropriation de ces enjeux par les autorités locales.

L'**Allemagne** est encore dépendante du charbon et du gaz pour son électricité. Les émissions de CO<sub>2</sub> sont en baisse et la transition est en cours, mais lentement par rapport au Danemark ou au Royaume-Uni. La mise en place tardive de la taxe carbone en est une des causes ainsi qu'un symbole de la difficulté du gouvernement central à imposer des mesures contraignantes mais efficaces. En revanche, le pays parvient à augmenter son efficacité énergétique dans de nombreux secteurs, notamment le bâtiment et l'industrie. La structure politique allemande permet une grande autonomie locale et les communes peuvent d'appuyer sur leurs régies municipales.

Le **Portugal** est un pays au niveau de vie moins élevé que ceux cités plus haut, mais parvient néanmoins à être en avance dans le développement des énergies renouvelables, notamment l'éolien, grâce entre autres à un cadre législatif avantageux et à une industrie locale. Sur le plan des économies d'énergie, le pays est un peu en retard, à cause d'une prise de conscience plus tardive, mais il a beaucoup légiféré ces dix dernières années. Les résultats montrent une rapide diminution de la consommation d'énergie comme des émissions de CO<sub>2</sub>.

La **France** est le pays où les ENR progressent le plus lentement. Cela a été illustré récemment quand l'Hexagone a été le seul pays de l'UE à ne pas atteindre ses objectifs de progression des ENR pour 2020 (76). Le nucléaire permet néanmoins une électricité largement décarbonée et la France a ainsi les émissions de CO<sub>2</sub> les plus basses parmi les pays européens. Cet état de fait, qui a prévalu pendant vingt ans et a été au cœur des argumentaires des pronucléaires dans le débat public français, est appelé à changer : les dynamiques du Royaume-Uni et du Danemark, pour ne citer qu'eux, montrent que ces pays seront bientôt moins émetteurs de CO<sub>2</sub> que la France, sans avoir recours massivement au nucléaire. Des plans d'économies d'énergie sont engagés en France, mais ils sont moins efficaces qu'ailleurs (notamment en Allemagne ou au Royaume-Uni), en particulier dans le domaine du logement. Cela peut être expliqué en partie par des subventions trop basses ou mal conçues, mais aussi par le faible coût de l'électricité qui a longtemps prévalu et qui n'encourage pas aux économies. D'autre part, ces plans gagnent à être mis en place ou accompagnés au niveau local. Si certaines communes s'emparent du sujet, la centralisation des compétences techniques et légales en matière d'énergie n'est pas favorable aux gouvernances locales.

Quelle transition pour la France ?

*Quelle place pour l'énergie nucléaire ?*

L'énergie nucléaire, comme on l'a vu, s'est développée depuis les années 70 dans les grands pays d'Europe. Grâce à un processus politique centralisé, qui a créé un système énergétique lui aussi centralisé et favorable au nucléaire et l'électrification, la France s'est nucléarisée plus qu'aucun autre pays. Ce système reste aujourd'hui concentré entre les mains de quelques acteurs historiques, même après la libéralisation voulue par l'UE. La France fait figure d'exception par rapport aux autres pays qui ont soit fini par dire non au nucléaire (Allemagne, Danemark), soit le gardent à un part faible de leur production électrique (Royaume-Uni).

Le nucléaire en France a produit une électricité abondante et bon marché, qui a provoqué l'électrification des usages, sans que cela se traduise par des économies d'énergie, comme nous l'avons montré en analysant le secteur des bâtiments : les Français consomment plus que les Allemands ou les Anglais, malgré un climat plus doux. Pourtant, l'électricité et une énergie efficace pour le chauffage, et la France a mis en œuvre des normes d'isolation similaires aux autres pays, même si son système de subventions est sans doute moins efficace que celui de l'Allemagne. Comme l'ont compris l'Allemagne et le Danemark, le signal prix, associé à des aides substantielles, est très important pour inciter aux économies d'énergie sur le long terme. La France a ainsi pris du retard en matière d'isolation et d'efficacité énergétique des bâtiments.

D'autre part, le nucléaire, fruit de la centralisation française, a lui-même créé un système de production et de distribution d'électricité centralisé, qui fait figure d'exception quand il est comparé aux autres pays européens. Le reste du système énergétique est calqué sur ce modèle à quelques exceptions près. Si ce système est nécessaire pour produire l'électricité nucléaire à une telle échelle, il empêche les alternatives locales d'exister, en particulier le développement de réseaux de chaleur et de la cogénération, qui sont des produits de la production et la distribution énergétique décentralisées, et que l'on observe davantage en Allemagne et au Danemark. Ces alternatives sont pourtant absolument nécessaires à une transition énergétique rapide, qui ne peut pas être seulement l'électrification des usages. De plus, le nucléaire, par son hégémonie et par ses puissants lobbys, freine le développement de l'électricité renouvelable, qui nécessite un réseau moins centralisé et se passe mieux quand il est fait avec des acteurs locaux, comme l'ont montré les exemples de villes engagées dans la transition.

*La nécessaire décentralisation du système énergétique :*

Le chemin de la transition énergétique tracé par le Danemark et, dans une version moins aboutie, par le Royaume-Uni, passe par le développement des énergies renouvelables pour produire l'électricité, la chaleur, les combustibles et les matériaux, et par une recherche constante de l'efficacité énergétique dans tous les domaines. Ces deux piliers, couplés à des initiatives locales, ont permis des progrès spectaculaires.

La variabilité de certaines énergies renouvelables (solaire, éolien) oblige à repenser le système énergétique en général, et pas seulement le réseau électrique. Le réseau énergétique doit devenir un SERI (Système Énergétique Renouvelable Intelligent ou Smart Energy System), couplant les réseaux d'électricité, de chaleur, de froid, de gaz entre eux et à la mobilité ainsi qu'aux stockages d'énergie pour accroître l'efficacité globale du système énergétique, assurer la stabilité, la résilience et le caractère soutenable des réseaux en palliant les variabilités des consommations et des productions. Ce réseau est très différent de l'actuel réseau français, qui est très centralisé autour des grandes centrales de production d'électricité. Les réseaux de chaleur, les centrales de cogénération, apparaissent comme incontournables et rendent nécessaires une réappropriation des questions énergétiques par les municipalités.

Au-delà de l'organisation système énergétique, nous avons vu dans la troisième partie l'importance des instances de décision locale pour emporter l'adhésion des populations. Ce point est particulièrement important et est encore trop souvent absent des débats. Le déploiement des énergies renouvelables est nécessaire à la transition, mais il n'est pas suffisant : les comportements de chacun doivent s'adapter, et cela ne peut se faire que par la concertation et l'engagement citoyen. Pour cela, la transition énergétique doit être portée par les échelons locaux en prenant en compte les spécificités des territoires et des populations.

## BIBLIOGRAPHIE :

1. Germany 2020 – Analysis [Internet]. IEA. [cité 9 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.iea.org/reports/germany-2020>
2. France 2021 – Analysis [Internet]. IEA. [cité 9 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.iea.org/reports/france-2021>
3. Meyer T. Remunicipaliser l'électricité : le modèle allemand. Rev Proj. 2015;344(1):64-70.
4. Energy Policies of IEA Countries: United Kingdom 2019 Review – Analysis [Internet]. IEA. [cité 9 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.iea.org/reports/energy-policies-of-iea-countries-united-kingdom-2019-review>
5. Portugal 2021 – Analysis [Internet]. IEA. [cité 9 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.iea.org/reports/portugal-2021>
6. III. - Les Britanniques trottaient mais les Allemands galopent. Le Monde.fr [Internet]. 13 mai 1977 [cité 29 juin 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/archives/article/1977/05/13/iii-les-britanniques-trottaient-mais-les-allemands-galopent\\_2873653\\_1819218.html](https://www.lemonde.fr/archives/article/1977/05/13/iii-les-britanniques-trottaient-mais-les-allemands-galopent_2873653_1819218.html)
7. II. - Du flegme devant les aléas nucléaires. Le Monde.fr [Internet]. 18 mai 1976 [cité 29 juin 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/archives/article/1976/05/18/ii-du-flegme-devant-les-aleas-nucleaires\\_2943079\\_1819218.html](https://www.lemonde.fr/archives/article/1976/05/18/ii-du-flegme-devant-les-aleas-nucleaires_2943079_1819218.html)
8. LA GRANDE-BRETAGNE VA CONSTRUIRE QUATRE NOUVEAUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES. Le Monde.fr [Internet]. 16 avr 1980 [cité 1 juill 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/archives/article/1980/04/16/la-grande-bretagne-va-construire-quatre-nouveaux-reacteurs-nucleaires\\_2802299\\_1819218.html](https://www.lemonde.fr/archives/article/1980/04/16/la-grande-bretagne-va-construire-quatre-nouveaux-reacteurs-nucleaires_2802299_1819218.html)
9. La vigoureuse montée de l'opposition populaire. Le Monde.fr [Internet]. 5 avr 1977 [cité 1 juill 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/archives/article/1977/04/05/la-vigoureuse-montee-de-l-opposition-populaire\\_2858374\\_1819218.html](https://www.lemonde.fr/archives/article/1977/04/05/la-vigoureuse-montee-de-l-opposition-populaire_2858374_1819218.html)
10. À quoi servent les enquêtes d'utilité publique ? Le Monde.fr [Internet]. 31 déc 1974 [cité 29 juin 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/archives/article/1974/12/31/a-quoi-servent-les-enquetes-d-utilite-publique\\_2536110\\_1819218.html](https://www.lemonde.fr/archives/article/1974/12/31/a-quoi-servent-les-enquetes-d-utilite-publique_2536110_1819218.html)
11. Thierry de Larochelambert, Michel Pierre, François Walgenwitz, Bernard Munsch, Pierre Kammerer. Les énergies de l'Alsace, Projet Alter. 1983. (Syros).
12. Golfech ou le temps des désillusions [Internet]. [cité 1 juill 2022]. Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/archives/article/1981/12/11/golfech-ou-le-temps-des-desillusions\\_2725962\\_1819218.html](https://www.lemonde.fr/archives/article/1981/12/11/golfech-ou-le-temps-des-desillusions_2725962_1819218.html)
13. de LAROCHELAMBERT T. La transition énergétique du Danemark: un modèle de planification démocratique européen. Cah Glob Chance. 13 janv 2016;38:17-55.
14. Borvon G. De Plogoff à Landivisiau. Bien vivre en Bretagne sans pétrole, sans nucléaire et... sans gaz de schiste. Il y a 40 ans : le projet alter breton. [Internet]. Plogoff. Chronique d'une lutte contre le nucléaire. [cité 4 juill 2022]. Disponible sur: <http://plogoff-chronique-de-la-lutte.over-blog.com/2017/11/de-plogoff-a-landivisiau.bien-vivre-en-bretagne-sans-petrole-sans-nucleaire-et.sans-gaz-de-schiste.html>

15. Le mouvement anti-nucléaire, une histoire allemande. Le Monde.fr [Internet]. 9 nov 2010 [cité 4 juill 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/europe/article/2010/11/09/le-mouvement-anti-nucleaire-une-histoire-allemande\\_1437846\\_3214.html](https://www.lemonde.fr/europe/article/2010/11/09/le-mouvement-anti-nucleaire-une-histoire-allemande_1437846_3214.html)
16. II. - Obtenir l'adhésion de la population. Le Monde.fr [Internet]. 1 oct 1981 [cité 1 juill 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/archives/article/1981/10/01/ii-obtenir-l-adhesion-de-la-population\\_2711481\\_1819218.html](https://www.lemonde.fr/archives/article/1981/10/01/ii-obtenir-l-adhesion-de-la-population_2711481_1819218.html)
17. Huit mois après l'accident nucléaire Oublier Tchernobyl... Le Monde.fr [Internet]. 7 janv 1987 [cité 1 juill 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/archives/article/1987/01/07/huit-mois-apres-l-accident-nucleaire-oublier-tchernobyl\\_4021496\\_1819218.html](https://www.lemonde.fr/archives/article/1987/01/07/huit-mois-apres-l-accident-nucleaire-oublier-tchernobyl_4021496_1819218.html)
18. L'Europe reste dans le Traité sur la charte de l'énergie [Internet]. Les Echos. 2022 [cité 4 août 2022]. Disponible sur: <https://www.lesechos.fr/monde/europe/europe-le-traite-sur-la-charte-de-lenergie-sur-la-sellette-1415538>
19. « Vestige d'un ancien monde, le traité sur la charte de l'énergie met en péril la transition énergétique ». Le Monde.fr [Internet]. 30 juin 2022 [cité 25 juill 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/idees/article/2022/06/30/vestige-d-un-ancien-monde-le-traite-sur-la-charte-de-l-energie-met-en-peril-la-transition-energetique\\_6132665\\_3232.html](https://www.lemonde.fr/idees/article/2022/06/30/vestige-d-un-ancien-monde-le-traite-sur-la-charte-de-l-energie-met-en-peril-la-transition-energetique_6132665_3232.html)
20. Marché intérieur de l'énergie | Fiches thématiques sur l'Union européenne | Parlement européen [Internet]. [cité 28 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fr/sheet/45/marche-interieur-de-l-energie>
21. Les 15 pays de l'Union européenne ratifient le protocole de Kyoto. Le Monde.fr [Internet]. 31 mai 2002 [cité 7 juill 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/archives/article/2002/05/31/les-15-pays-de-l-union-europeenne-ratifient-le-protocole-de-kyoto\\_278232\\_1819218.html](https://www.lemonde.fr/archives/article/2002/05/31/les-15-pays-de-l-union-europeenne-ratifient-le-protocole-de-kyoto_278232_1819218.html)
22. Au Royaume-Uni, Tony Blair mène une stratégie cohérente et résolue. Le Monde.fr [Internet]. 7 déc 2004 [cité 7 juill 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/archives/article/2004/12/07/p-au-royaume-uni-tony-blair-mene-une-strategie-coherente-et-resolue-p\\_4304231\\_1819218.html](https://www.lemonde.fr/archives/article/2004/12/07/p-au-royaume-uni-tony-blair-mene-une-strategie-coherente-et-resolue-p_4304231_1819218.html)
23. L'Allemagne part en croisade contre le CO2. Le Monde.fr [Internet]. 6 déc 2007 [cité 17 juin 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/planete/article/2007/12/06/l-allemande-part-en-croisade-contre-le-co2\\_986527\\_3244.html](https://www.lemonde.fr/planete/article/2007/12/06/l-allemande-part-en-croisade-contre-le-co2_986527_3244.html)
24. La France veut aller au-delà des objectifs fixés par Kyoto. Le Monde.fr [Internet]. 15 févr 2005 [cité 7 juill 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/international/article/2005/02/15/la-france-veut-aller-au-dela-des-objectifs-fixes-par-kyoto\\_398138\\_3210.html](https://www.lemonde.fr/international/article/2005/02/15/la-france-veut-aller-au-dela-des-objectifs-fixes-par-kyoto_398138_3210.html)
25. Energy Efficiency and Endogenous Energies (E4) Programme – Politiques [Internet]. IEA. [cité 7 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.iea.org/policies/824-energy-efficiency-and-endogenous-energies-e4-programme>
26. La France tentée par une relance du programme nucléaire. Le Monde.fr [Internet]. 9 oct 2003 [cité 11 juill 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/archives/article/2003/10/09/la-france-tentee-par-une-relance-du-programme-nucleaire\\_337341\\_1819218.html](https://www.lemonde.fr/archives/article/2003/10/09/la-france-tentee-par-une-relance-du-programme-nucleaire_337341_1819218.html)
27. Les anti-EPR contestent l'enquête publique. Le Monde.fr [Internet]. 31 juill 2006 [cité 11 juill 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/economie/article/2006/07/31/les-anti-epr-contestent-l-enquete-publique\\_799826\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2006/07/31/les-anti-epr-contestent-l-enquete-publique_799826_3234.html)

28. Le consensus allemand contre l'énergie atomique. Le Monde.fr [Internet]. 24 oct 1998 [cité 6 juill 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/archives/article/1998/10/24/le-consensus-allemand-contre-l-energie-atomique\\_3689727\\_1819218.html](https://www.lemonde.fr/archives/article/1998/10/24/le-consensus-allemand-contre-l-energie-atomique_3689727_1819218.html)
29. Les industriels allemands estiment avoir le temps de s'adapter. Le Monde.fr [Internet]. 16 juin 2000 [cité 6 juill 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/archives/article/2000/06/16/les-industriels-allemands-estiment-avoir-le-temps-de-s-adapter\\_3610481\\_1819218.html](https://www.lemonde.fr/archives/article/2000/06/16/les-industriels-allemands-estiment-avoir-le-temps-de-s-adapter_3610481_1819218.html)
30. Situation économique du Portugal - PORTUGAL | Direction générale du Trésor [Internet]. [cité 8 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.tresor.economie.gouv.fr/Pays/PT/situation-economique-du-portugal>
31. Juhl S. Temaer i energiaftale. :11.
32. Energiaftalen 22. marts 2012 [Internet]. Energistyrelsen. 2016 [cité 27 sept 2022]. Disponible sur: <https://ens.dk/ansvarsomraader/energi-klimapolitik/politiske-aftaler-paa-energiomraadet/energiaftalen-22-marts-2012>
33. Document d'analyse 01/2022: Taxation de l'énergie, tarification du carbone et subventions à l'énergie [Internet]. [cité 12 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.eca.europa.eu/fr/Pages/DocItem.aspx?did=60760>
34. Prix du carbone : quel impact sur les émissions du secteur électrique européen ? [Internet]. [cité 12 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.connaissancedesenergies.org/quel-prix-fixer-la-tonne-de-co2-pour-reduire-les-emissions-du-secteur-electrique-220218>
35. En quoi consiste la « taxe carbone » en France et quel est son montant ? [Internet]. [cité 12 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.connaissancedesenergies.org/questions-et-reponses-energies/quel-est-le-montant-de-la-taxe-carbone-en-france>
36. Au Royaume-Uni, la taxe carbone sur la production électrique a boosté la transition du secteur [Internet]. [cité 12 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.usinenouvelle.com/editorial/au-royaume-uni-la-taxe-carbone-sur-la-production-electrique-a-booste-la-transition-du-secteur.N1168297>
37. Le Portugal a la 7e taxe carbone la plus élevée [Internet]. [cité 12 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.theportugalnews.com/fr/nouvelles/2022-02-01/le-portugal-a-la-7e-taxe-carbone-la-plus-elevee/64970>
38. Lauer H. L'Allemagne instaure la « taxe carbone » à partir de 2021 dans les secteurs non couverts par le système européen d'échange de quotas d'émission [Internet]. Allemagne Energies. 2020 [cité 12 juill 2022]. Disponible sur: <https://allemagne-energies.com/2020/10/10/lallemagne-instaure-la-taxe-carbone-a-partir-de-2021-dans-les-secteurs-non-couverts-par-le-systeme-europeen-dechange-de-quotas-demission/>
39. Energy Act 2013 [Internet]. Queen's Printer of Acts of Parliament; [cité 12 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2013/32/contents/enacted/data.htm>
40. ihannequart. La fiscalité verte au Portugal. Récentes novations | Eurosul [Internet]. [cité 12 juill 2022]. Disponible sur: <https://eurosul.msh-vdl.fr/la-fiscalite-verte-au-portugal-recentes-novations/>
41. Clean Growth Strategy [Internet]. GOV.UK. [cité 12 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.gov.uk/government/publications/clean-growth-strategy>

42. Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) [Internet]. Ministères Écologie Énergie Territoires. [cité 12 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>
43. « Le Portugal vise la neutralité carbone en 2050 ». Le Monde.fr [Internet]. 30 août 2018 [cité 12 juill 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/planete/article/2018/08/30/le-portugal-vise-la-neutralite-carbone-en-2050\\_5347922\\_3244.html](https://www.lemonde.fr/planete/article/2018/08/30/le-portugal-vise-la-neutralite-carbone-en-2050_5347922_3244.html)
44. mPOWER. Market failures and public ownership options in the European municipal energy transition [Internet]. mPOWER. 2020 [cité 23 août 2022]. Disponible sur: <https://municipalpower.org/articles/market-failures-and-public-ownership-options-in-the-european-municipal-energy-transition/>
45. Lund H, Østergaard PA. Chapter 7 - Sustainable Towns: The Case of Frederikshavn Aiming at 100% Renewable Energy. In: W. Clark W, éditeur. Sustainable Cities and Communities Design Handbook (Second Edition). Butterworth-Heinemann; 2018. p. 129-46.
46. mPOWER. How a Danish city and its citizens are building a green energy transition [Internet]. mPOWER. 2020 [cité 23 août 2022]. Disponible sur: <https://municipalpower.org/articles/how-a-danish-city-and-its-citizens-are-building-a-green-energy-transition/>
47. Un territoire visant un nouveau système énergétique [Internet]. Energy Cities. [cité 22 août 2022]. Disponible sur: <https://energy-cities.eu/fr/bonne-pratique/frederikshavn/>
48. Lund H, Østergaard PA. Sustainable Towns: The Case of Frederikshavn - 100% Renewable Energy. In: Clark WW, éditeur. Sustainable Communities. New York: Springer Science+Business Media; 2010. p. 155-68.
49. mPOWER. Frankfurt's energy transition: Passive houses, a CO2 budget, and an app to collect residents' ideas [Internet]. mPOWER. 2020 [cité 23 août 2022]. Disponible sur: <https://municipalpower.org/articles/frankfurts-energy-transition-passive-houses-a-co2-budget-and-an-app-to-collect-residents-ideas/>
50. Vers des villes 100% énergies renouvelables et maîtrisant leur consommation [Internet]. Energy Cities. [cité 24 août 2022]. Disponible sur: <https://energy-cities.eu/fr/publication/vers-des-villes-100-energies-renouvelables-et-maitrisant-leur-consommation/>
51. Fabrique de transition démocratique [Internet]. Energy Cities. [cité 25 août 2022]. Disponible sur: <https://energy-cities.eu/fr/publication/fabrique-de-transition-democratique-2/>
52. Plymouth: une approche citoyenne de la rénovation des logements - Energy Cities [Internet]. [cité 25 août 2022]. Disponible sur: <https://energy-cities.eu/fr/plymouth-citizen-led-approaches-to-municipal-retrofit/>
53. mPOWER. Plymouth Energy Community: A story about energy transition and social justice [Internet]. mPOWER. 2019 [cité 23 août 2022]. Disponible sur: <https://municipalpower.org/articles/plymouth-energy-community-a-story-about-energy-transition-and-social-justice/>
54. mPOWER. Learning about citizen-led approaches to municipal retrofit – mPower goes to Plymouth [Internet]. mPOWER. 2019 [cité 23 août 2022]. Disponible sur: <https://municipalpower.org/articles/learning-about-citizen-led-approaches-to-municipal-retrofit-mpower-goes-to-plymouth/>



55. Porto, more committed than ever to a fair energy transition ! [Internet]. Energy Cities. 2021 [cité 26 août 2022]. Disponible sur: <https://energy-cities.eu/porto-more-committed-than-ever-to-a-fair-energy-transition/>
56. mPOWER. Co-creation of energy communities in Portugal – the role of municipalities [Internet]. mPOWER. 2022 [cité 23 août 2022]. Disponible sur: <https://municipalpower.org/articles/portugal-regional-event/>
57. Pourquoi avons-nous, élu.e.s locaux, signé le manifeste #LocalStaff4Climate ? [Internet]. Energy Cities. 2022 [cité 22 août 2022]. Disponible sur: <https://energy-cities.eu/fr/pourquoi-avons-nous-elu-es-locaux-signe-le-manifeste-localstaff4climate/>
58. Dû SL. Les réseaux de chaleur au Danemark [Internet]. Réseaux de Chaleur et Territoires - Le blog. 2010 [cité 7 juill 2022]. Disponible sur: <https://reseauxchaleur.wordpress.com/2010/09/10/les-reseaux-de-chaleur-au-danemark/>
59. German Cogeneration Act – Energy Transition – The Wiki [Internet]. [cité 31 août 2022]. Disponible sur: <https://wiki.energytransition.org/the-book/policies-for-clean-energy/german-cogeneration-act/>
60. Mathiesen BV, Lund H, Connolly D, Wenzel H, Østergaard PA, Möller B, et al. Smart Energy Systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions. Appl Energy. 1 mai 2015;145:139-54.
61. Jeune FL. Quand renouvelables et stabilité des réseaux font bon ménage [Internet]. Les Smartgrids. 2019 [cité 25 juill 2022]. Disponible sur: <https://les-smartgrids.fr/enouvelables-intermittents-stabilite-reseaux/>
62. Le réseau de transport | EDF FR [Internet]. [cité 3 août 2022]. Disponible sur: <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/l-acheminement-de-l-electricite/le-reseau-de-transport>
63. Carte de la production électrique par EPCI - data.gouv.fr [Internet]. [cité 3 août 2022]. Disponible sur: <https://www.data.gouv.fr/fr/reuses/carte-de-la-production-electrique-par-epci/>
64. LARA H. Comment l'éolien et le solaire s'associent à l'hydroélectricité au Portugal [Internet]. Révolution Énergétique. 2022 [cité 4 août 2022]. Disponible sur: <https://www.revolution-energetique.com/comment-leolien-et-le-solaire-sassocient-a-lhydroelectricite-au-portugal/>
65. Le Portugal, le pays où l'électricité est plus verte. Le Monde.fr [Internet]. 30 août 2018 [cité 10 juin 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/energies/article/2018/08/30/au-portugal-l-electricite-est-plus-verte\\_5348072\\_1653054.html](https://www.lemonde.fr/energies/article/2018/08/30/au-portugal-l-electricite-est-plus-verte_5348072_1653054.html)
66. Nouvelle L. L'ALLEMAGNE DOIT MUSCLER SON RÉSEAU. 2 févr 2012 [cité 4 août 2022]; Disponible sur: <https://www.usinenouvelle.com/article/l-allemande-doit-muscler-son-reseau.N167868>
67. Lehmphul K. Kraftwerke und Verbundnetze in Deutschland [Internet]. Umweltbundesamt. Umweltbundesamt; 2013 [cité 4 août 2022]. Disponible sur: <https://www.umweltbundesamt.de/bild/kraftwerke-verbundnetze-in-deutschland>
68. Infographie : La Chine, superpuissance industrielle mondiale [Internet]. Statista Infographies. [cité 1 août 2022]. Disponible sur: <https://fr.statista.com/infographie/20863/top-10-des-pays-selon-la-part-de-la-production-industrielle-mondiale/>

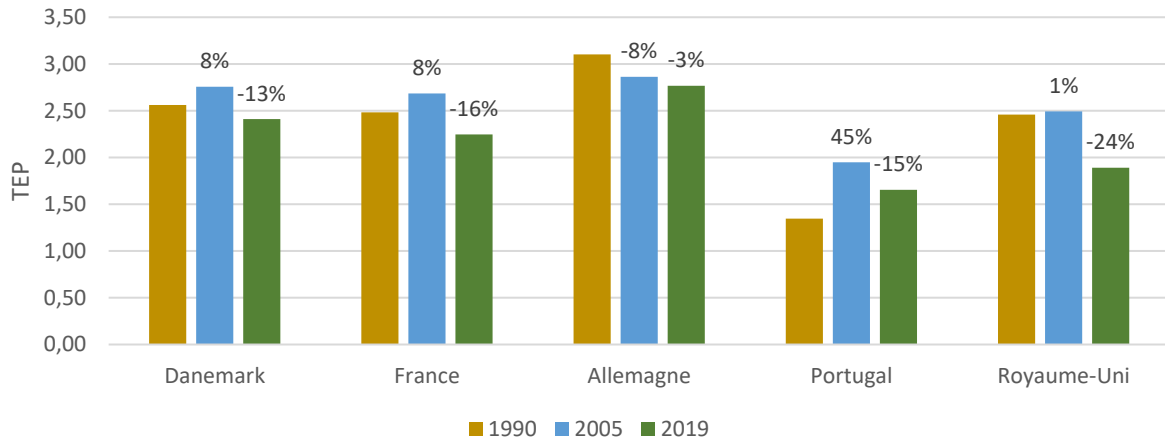
69. Alexis. La politique européenne des transports [Internet]. Touteleurope.eu. 2021 [cité 20 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.touteleurope.eu/economie-et-social/la-politique-europeenne-des-transport/>
70. Sgambati É. Le HCC présente son rapport « Rénover mieux : leçons d’Europe » [Internet]. Haut Conseil pour le Climat. 2020 [cité 28 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.hautconseilclimat.fr/actualites/le-hcc-presente-son-rapport-renover-mieux-lecons-deurope/>
71. Lindon A. Rénovation énergétique et aides en Allemagne [Internet]. [cité 27 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.cec-zev.eu/thematiques/environnement/renovation-energetique/la-renovation-energetique-en-allemande-travaux-et-aides-financieres/>
72. LA RÉNOVATION D’UN BIEN IMMOBILIER AU PORTUGAL [Internet]. [cité 27 juill 2022]. Disponible sur: <https://www.ejan-property.com/detaildesnouvelles/la-renovation-dun-bien-immobilier-au-portugal/3860>
73. Energy costs explained – gas and electricity bill breakdown – SSE [Internet]. [cité 28 juill 2022]. Disponible sur: <https://sse.co.uk/help/energy/gas-electricity-bill-payment/bill-price-breakdown>
74. Prix et échanges – Solde France des échanges : RTE Bilan électrique 2020 [Internet]. [cité 22 juill 2022]. Disponible sur: <https://bilan-electrique-2020.rte-france.com/prix-echanges-solde-france-echanges/>
75. Paul-Frederik Bach [Internet]. [cité 22 juill 2022]. Disponible sur: <http://pfbach.dk/>
76. Energies renouvelables : la France, seul pays de l’Union européenne à avoir manqué ses objectifs. Le Monde.fr [Internet]. 31 janv 2022 [cité 2 sept 2022]; Disponible sur: [https://www.lemonde.fr/economie/article/2022/01/31/energies-renouvelables-la-france-seul-pays-de-l-union-europeenne-a-avoir-manque-ses-objectifs\\_6111689\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2022/01/31/energies-renouvelables-la-france-seul-pays-de-l-union-europeenne-a-avoir-manque-ses-objectifs_6111689_3234.html)

## ANNEXES

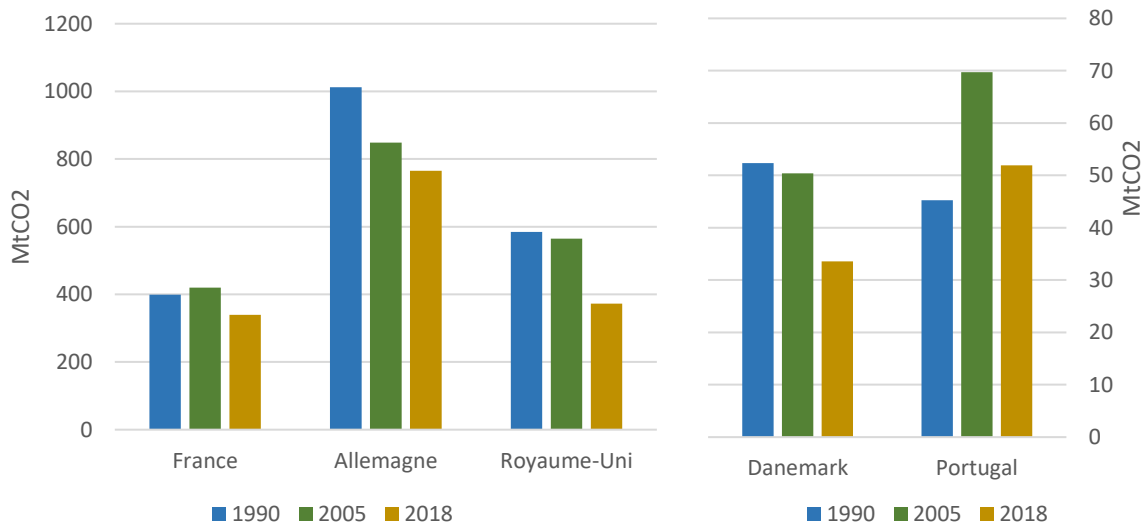
### Logos des différentes institutions



### Consommation finale par habitant, tout compris



### Evolution des émissions de CO<sub>2</sub>, avec process industriel



1990-2005	+5%	-16%	-3%
2005-2018	-19%	-10%	-34%
1990-2018	-15%	-24%	-36%

1990-2005	-4%	+54%
2005-2018	-33%	-25%
1990-2018	-36%	15%

*Répartition des émissions de CO<sub>2</sub> en 2019 par secteur, en pourcentage*

	Résidentiel, tertiaire, agriculture	Industrie	Electricité et chaleur publique	Transport	Autres
Union Européenne	17.7%	20.4%	25.1%	29.7%	7.1%
	(-29%)	(-35%)	(-33%)	(+28%)	(-30%)
Danemark	13.7%	17.5%	14.9%	43.0%	10.8%
	(-52%)	(-12%)	(-80%)	(+24%)	(-5%)
France	23.3%	19.7%	8.0%	40.5%	8.5%
	(-25%)	(-35%)	(+0%)	(+11%)	(-25%)
Allemagne	19.2%	21.9%	29.0%	25.4%	4.5%
	(-39%)	(-36%)	(-38%)	(+8%)	(-7%)
Portugal	9.0%	22.8%	22.2%	39.3%	6.7%
	(15%)	(-2%)	(-32%)	(+78%)	(+80%)
Royaume- Uni	25.7%	14.9%	14.6%	34.2%	10.6%
	(-19%)	(-43%)	(-75%)	(+3%)	(+9%)