

Louvain School of Management

Quel est l'impact de la transition énergétique sur l'économie européenne ?

Auteur : Louis Adriaensen
Promoteur(s) : Sophie Béreau
Année académique 2018-2019

Table des matières

Liste des tableaux	4
Listes des Figures	5
Introduction	7
1. LA CONTRAINTE ENVIRONNEMENTALE, A L'ORIGINE DE LA MUTATION DU MODELE ECONOMIQUE EUROPEEN	9
1.1. La transition énergétique et écologique, une initiative européenne... ..	9
1.2. La transition énergétique et écologique transposée au contexte national et local	10
2. QUELLES SOURCES ENERGETIQUES POUR MENER A BIEN CETTE TRANSITION ?	15
2.1. L'énergie nucléaire	16
2.1.1. L'utilisation de l'énergie nucléaire au sein de l'Union européenne	16
2.1.2. La production de l'énergie nucléaire européenne en quelques chiffres.....	16
2.1.3. L'emploi dans le secteur nucléaire en Europe : 780.000 emplois	17
2.1.4. Une hétérogénéité entre les pays européens en matière de mix énergétique	18
2.2. Les énergies renouvelables	19
2.2.1. Les énergies renouvelables, de quoi s'agit-il ?	19
2.2.2. L'utilisation des énergies renouvelables au sein de l'Union européenne et perspective d'avenir	21
3. ANALYSE DES IMPACTS DE LA TRANSITION ENERGETIQUE SUR L'ECONOMIE	24
3.1. Le modèle macroéconomique comme outil d'évaluation des effets de la transition énergétique.....	24
3.2. Qu'est-ce qu'un modèle macroéconomique et quelle est son utilité ?	25
3.3. Quels sont les caractéristiques des différents modèles macroéconomiques ?	26
3.3.1. Le modèle Mésange	27
3.3.2. Le modèle NEMESIS	27
3.3.3. Les modèles Three-ME.....	28
3.3.4. Le modèle Imacim-R France	29
3.3.5. Le modèle PRIMES	30
3.3.6. Le modèle GEMMES	31
3.3.6.1. Les Paramètres des différents modules :	33

3.3.6.2. Quatre scénarii principaux	35
i. Scénario de base	36
ii. Scénario de dégats faibles	37
iii. Scénario de dégats élevés	39
iv. Scénario 2°C.....	41
3.4. Quels sont les limites des modèles macroéconomiques dans le cadre de l'évaluation du réchauffement climatique ?	42
3.4.1. Les problèmes relatifs au taux d'actualisation.....	43
3.4.2. Les fonctions de dommage liées au changement climatique	45
3.5. Les impacts macroéconomiques de la transition énergétique au niveau européen	47
4. FOCUS SUR LA SITUATION DE LA BELGIQUE.....	52
4.1. La consommation d'énergie en Belgique	52
4.2. La réduction des dépenses énergétiques, une nécessité.....	56
4.3. Les prix de l'énergie, un facteur crucial de compétitivité pour les entreprises	58
5. LES OPPORTUNITES DE CROISSANCE OFFERTES PAR LA TRANSITION ENERGETIQUE	62
5.1. Émergence de nouvelles demandes	62
5.2. Concentration accrue dans le domaine de la recherche et développement.....	66
5.3. La transition énergétique et écologique, une démarche génératrice d'emplois.....	70
6. QUEL FINANCEMENT POUR LA TRANSITION ENERGETIQUE ET ECOLOGIQUE ?	72
6.1. Les banques toujours favorables aux énergies fossiles	72
6.1.1. Constats.....	72
6.1.2. Des financements bancaires à rebours de la transition énergétique.....	76
6.1.3. Quels engagements pris par les banques depuis la fixation des objectifs de lutte contre le réchauffement climatique ?	77
6.2. Les risques financiers des contraintes environnementales	81
6.3. Quel plan d'investissement et de financement pour soutenir cette transition ?.....	82
6.3.1. Le plan d'investissement pour soutenir la transition énergétique au cours du siècle présent.....	82
6.3.2. Le financement du plan d'investissement.....	85
6.3.3. Application concrète du plan de financement.....	86
6.4. Le 100% renouvelable, un objectif réalisable... ..	88
Conclusion.....	92
Bibliographie.....	95

Sitographie 97

Liste des tableaux

Tableau 1 : Objectifs fixés aux horizons 2020 et 2030 par l'Union européenne dans le cadre la lutte contre le réchauffement climatique et la mise en œuvre de la transition énergétique

Tableau 2 : Impact d'un renforcement de l'objectif d'amélioration de l'efficacité énergétique à l'horizon 2030 au sein de l'Union européenne

Tableau 3 : Intensité énergétique des branches manufacturières (nace rév. 2) en Belgique, en Allemagne, en France et aux Pays-Bas, en 2000 et en 2015

Tableau 4 : Les parts des industries (1) dont les dépenses énergétiques dépassent 5% des dépenses en matière de coûts salariaux et en biens et services, dans la valeur ajoutée et dans l'emploi (moyenne 2008-2015)

Tableau 5 : Évolution des dépenses de recherche et développement dans la filière énergétique des secteurs privé et public (période 2007-2010-2013)

Tableau 6 : Nombre d'emplois directs et indirects généré par filières œuvrant dans les énergies renouvelables et chiffre d'affaires produit par ceux-ci en 2016, en Belgique

Listes des Figures

Figure 1 : Évolution de la consommation d'énergie brute de l'Union européenne et de la Belgique et les objectifs fixés dans le cadre de l'amélioration de l'efficacité énergétique

Figure 2 : L'énergie nucléaire dans le mix énergétique des pays de l'Union européenne

Figure 3 : Les emplois directs, indirects et induits dans le secteur nucléaire au sein de l'Union européenne

Figure 4 : La part des énergies renouvelables dans la consommation finale de l'Union européenne en 2016

Figure 5 : Objectif des pays européens à l'horizon 2020

Figure 6 : Comparatif de la répartition par branche d'activité industrielle de la consommation intérieure brute d'énergie de 1990 et 2016 de l'Union européenne et de la Belgique

Figure 7 : Évolution de l'intensité énergétique entre 1990 et 2016 en Belgique, aux Pays-Bas, en Allemagne et en France au niveau de l'industrie manufacturière et pour l'ensemble de l'économie

Figure 8 : Les dépenses énergétiques des différentes branches d'activité de l'industrie manufacturière belge

Figure 9 : Prix de l'électricité facturés aux petites entreprises et aux industriels en 2016 et en 2017, suivant leur niveau de consommation

Figure 10 : Prix du gaz facturés aux petites entreprises et les industriels en 2016 et en 2017, suivant leur niveau de consommation

Figure 11 : Répartition par domaine d'activité des biens et services environnementaux en rapport avec le management des ressources énergétiques en termes de production, de valeur ajoutée et d'exportations (période 2014-2015)

- Figure 12 :** Évolution du solde extérieur net de la Belgique, l'Allemagne, la France et les Pays-Bas sur les échanges de produits dotés de technologies bas carbone (période 2000-2015)
- Figure 13 :** Exportations nettes de la Belgique en matière de produits dotés de technologies « bas carbone » (période 2000-2015)
- Figure 14 :** Nombre de brevets déposés dans les domaines relatives à l'énergie
- Figure 15 :** Nombre d'emplois générés par la production de 1 térawattheure à partir de nouvelles installations (période 2016)
- Figure 16 :** Total des financements consacrés aux énergies fossiles, renouvelables et autres énergies par les banques françaises sur la période 2016-2017
- Figure 17 :** Financement attribués par type d'énergie par les banques françaises entre 2016 et 2017
- Figure 18 :** Financements par emprunts et émissions d'actions et d'obligations par les quatre principales banques belges
- Figure 19 :** Évolution des financements du secteur de l'énergie par les banques françaises durant la période 2016-2017
- Figure 20 :** Parts respectives des financements des énergies fossiles et des énergies renouvelables par les banques entre 2016 et 2017

Introduction

A l'heure actuelle, toutes les économies du monde, qu'elles soient développées ou émergentes, doivent intégrer dans le cadre de leurs politiques de développement un défi dont le succès ou l'échec déterminera l'avenir de la planète, à savoir : la lutte contre le réchauffement climatique. Celle-ci se traduit notamment par une nécessaire transition énergétique qui consiste à modifier les modes de production et de consommation d'énergie. Cette transition a pour finalité de réduire les émissions de gaz à effet de serre, en diminuant ou en limitant l'utilisation des énergies fossiles. L'Union européenne a initié cette transition par la mise en œuvre de nombreuses directives et mesures, renforcées et complétées par chaque pays membre à l'échelle nationale, qui appellent le mix énergétique européen à évoluer de façon considérable durant les prochaines années.

Cependant, cette transition énergétique doit prendre en compte quelques contraintes économiques, telles que la sécurité d'approvisionnement en énergie et la sauvegarde de la compétitivité des opérateurs économiques, pour que l'ensemble de la population y adhère, mais surtout pour qu'elle n'engendre pas de dommages collatéraux¹ vis-à-vis de celle-ci. Le gouvernement fédéral belge et les pouvoirs régionaux et locaux prennent en considération ces préoccupations dans le Pacte interfédéral qu'ils ont établi en 2018. En outre, la Belgique a pris plusieurs engagements visant le maintien du niveau des prix de l'énergie à un seuil abordable et le renforcement de la sécurité d'approvisionnement et ce, dans le respect des accords de Paris.

Concrètement, cette transition énergétique se traduit par la mise en œuvre de plusieurs dispositifs : l'application d'une taxe sur les émissions de gaz carbonique, visant à intégrer leur coût social dans le prix de revient de l'énergie ; la fixation de quotas qui limitent directement les quantités de carbone émises ; la proposition d'incitants budgétaires telles que des crédits d'impôts ou des subventions ; etc.

Ces mesures et instruments politiques favorisant la transition énergétique, si tant est qu'ils soient mis en œuvre, nous amènent à nous poser l'interrogation suivante : **Quel impact la transition énergétique a sur l'économie européenne ?** Car, en effet, ces dispositifs

¹ Ces dommages peuvent se traduire par l'augmentation généralisée des coûts énergétiques ou encore par des pertes d'emplois dans certains secteurs d'activités.

entraîneront inéluctablement des modifications profondes de la situation économique des pays européens.

La présente étude se consacre à apporter des éléments de réponses à cette problématique. Pour ce faire, elle aborde sept points essentiels : le premier concerne la contrainte environnementale qui est à l'origine de la mutation du modèle économique européen, il traite de l'initiative de l'Union européenne pour la mise en œuvre de la transition énergétique ainsi que des dispositions prises par les États membres ; le deuxième présente les sources énergétiques qui substitueront les combustibles fossiles pour mener à bien cette transition ; le troisième est dédié à l'analyse des impacts de la transition sur l'économie ; le quatrième se focalise sur la manière dont la Belgique fait face aux contraintes environnementales et met en œuvre la transition énergétique ; le cinquième présente les opportunités de croissance offertes par cette transition ; le sixième traite du plan de financement de la transition énergétique et enfin, le dernier aborde la perspective d'évolution de la transition énergétique, ou plus précisément son évolution vers une économie verte.

1. LA CONTRAINTE ENVIRONNEMENTALE, A L'ORIGINE DE LA MUTATION DU MODELE ECONOMIQUE EUROPEEN

1.1. La transition énergétique et écologique, une initiative européenne...

Pas moins de 154 États ont ratifié la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques en 1992², date à laquelle elle a été adoptée. En 2018, ce sont 197 pays qui y ont adhéré. A noter que l'ensemble des États membres de la Communauté européenne ont signé cette convention, à partir de laquelle ces pays ont accepté de transiter vers une économie à faible émission de gaz à effet de serre.

Cette transition est en parfait accord avec les mesures prises par la Communauté Européenne pour la réduction des émissions de carbone, la recherche et la création de sources d'énergie renouvelable et l'amélioration de l'efficacité énergétique. Dans le but d'atteindre ces trois objectifs, les autorités européennes et nationales ont établi un plan d'action relaté dans le « Paquet énergie-climat 2020 » adopté en décembre 2008, puis révisé en octobre 2014 en fixant de nouveaux objectifs pour l'horizon 2030.

Tableau 1 : Objectifs fixés aux horizons 2020 et 2030 par l'Union européenne dans le cadre la lutte contre le réchauffement climatique et la mise en œuvre de la transition énergétique (chiffres en pourcentages)

	Stratégie 2020		Stratégie 2030
	UE	Belgique	UE
Réduction des émissions de GES par rapport à leur niveau de 1990 ..	-20	-15 ⁽¹⁾	-40 ⁽²⁾
Augmentation de la part des SER au sein de la consommation finale brute d'énergie	20	13	30
Réduction de la consommation intérieure brute d'énergie par rapport au niveau de référence calculé en 2007	-20	-18	-27 à -30

(1) Réduction des émissions de carbone à hauteur de 15% par rapport à l'année 2005 pour les secteurs économiques qui ne sont pas régis par le système d'échange des quotas d'émissions mis en place en Europe.

(2) Chaque secteur soumis au système d'échange des quotas d'émissions mis en place en Europe concourt à l'atteinte de cet objectif de façon à baisser les émissions de gaz à effet de serre à concurrence de 43% en comparaison à leur niveau de 2005. Quant aux secteurs non soumis à ce système, ils contribueront à réduire leurs émissions à 30%. En Belgique, ces derniers doivent réduire de -35% leurs émissions.

Source : TOUTE L'EUROPE.EU (2017), « *La politique européenne de lutte contre le changement climatique* », voir le site : <https://www.touteurope.eu/actualite/la-politique-europeenne-de-lutte-contre-le-changement-climatique.html>

² « L'objectif ultime de la (...) Convention (...) est de stabiliser (...) les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêchera toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. »

Ces objectifs entrent dans le cadre de la feuille de route établie par les pays membres de l'Union européenne intitulée « vers une économie compétitive à faible intensité de carbone à l'horizon 2050 ». Celle-ci vise la réduction des émissions de carbone de 80% en comparaison à leur niveau pendant l'année 1990. Par ailleurs, la Commission Européenne a inscrit la mise en œuvre de sa politique énergétique parmi ses dix premières préoccupations pour la période 2015-2019.

Les dispositions législatives proposées en 2016 nommées « Énergie propre pour tous les Européens » qui viennent compléter le Paquet Énergie-Climat 2020, ont pour but de réduire d'au moins 40% les émissions de gaz à effet de serre des pays européens d'ici 2030. Parallèlement, l'Union européenne entend, grâce à ces dispositions, moderniser son économie, générer de nouveaux emplois et des opportunités de croissance pour toute la population du vieux continent. Ces propositions législatives portent notamment sur les points suivants : l'amélioration de l'efficacité énergétique, le développement de sources d'énergies renouvelables, la garantie de la sécurité d'approvisionnement en énergie, la restructuration du marché de l'électricité et l'établissement des règles de bonne gouvernance.

Le paquet « énergie propre » propose également une politique favorisant la mobilité automatisée et connectée, ainsi que d'autres solutions qui visent l'accélération de l'innovation dans le domaine de l'énergie propre, la rénovation des constructions et immeubles européens, la stimulation des investissements privés et publics, la minimisation de l'impact de la transition énergétique sur la vie sociale des citoyens et la promotion de la compétitivité des entreprises.

Enfin, tous ces objectifs entrent dans le cadre du programme de développement durable adopté par les Nations unies pour l'horizon 2030, visant clairement à « *garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable* »³.

1.2. La transition énergétique et écologique transposée au contexte national et local

En Belgique, l'adoption des mesures relatives à la transition énergétique relève, en fonction de leur niveau, de la compétence de plusieurs autorités fédérales. Si le gouvernement assume les matières qui nécessitent une intervention ou une mise en œuvre de traitement sur le

³ Objectif de développement durable ODD7 proposé par le groupe de travail ouvert de l'Assemblée générale des Nations Unies

plan national, car techniquement et économiquement indivisibles⁴, les Régions prennent la responsabilité des matières pouvant être traitées localement, comme la mise en place de solutions pour la distribution et le transport de l'énergie dans leurs localités, le développement de moyens pour exploiter l'énergie de façon rationnelle, la proposition de sources d'énergies renouvelables, etc. Pour garantir la cohérence des différentes dispositions en matière de transition énergétique, les différentes autorités compétentes doivent se concerter.

Concrètement, la transition énergétique repose sur trois axes principaux, à savoir :

- *L'amélioration de l'efficacité énergétique* : cet axe est considéré comme la solution la plus efficace pour limiter les émissions de gaz à effet de serre issues des activités d'exploitation des ressources naturelles ;
- *L'accroissement de la production de sources d'énergie à faible émission de carbone* à des coûts abordables et nécessitant des conditions techniques pragmatiques ;
- L'électrification des usages et le remplacement des combustibles fossiles par des sources d'énergie non carbonées dans les consommations primaire et finale d'énergie⁵.

Pour améliorer son efficacité énergétique, la Belgique entend réduire de 18% la consommation d'énergie sur son territoire d'ici 2020 en prenant comme référence le niveau de consommation de l'année 2007, réduisant ainsi la consommation primaire d'énergie du pays à 43,7 millions de tonnes équivalent pétrole.

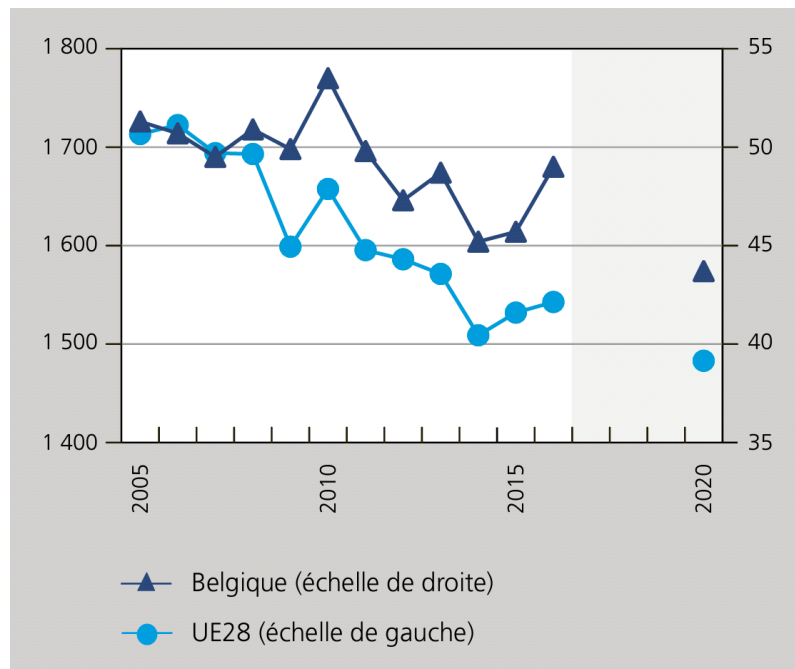
La consommation d'énergie primaire a diminué depuis 2005 jusqu'en 2016, année durant laquelle elle a enregistré une hausse conséquente. Pour les années à venir, les efforts déployés par la Belgique pour la réduction de la consommation devraient s'intensifier et ce,

⁴ C'est le cas, par exemple, de la mise en place d'importantes infrastructures de production, de stockage et de transport d'énergies, la détermination de la fourchette de tarifs à appliquer, la garantie de la sécurité d'approvisionnement en énergie, etc.

⁵ La consommation primaire renvoie à la transformation des sources d'énergie brutes (gaz, pétrole, charbon et autres combustibles solides, énergie nucléaire) par les entreprises productrices d'énergie, tandis que la consommation finale correspond à l'utilisation par les « consommateurs » des énergies déjà transformées sous forme de produits pétroliers raffinés et d'électricité.

afin de se conformer aux objectifs fixés par le pays pour l’horizon 2020, mais aussi pour respecter son engagement envers l’Union Européenne, de diminuer sa consommation d’énergie brute de 35% d’ici 2030, conformément à l’objectif fixé par le Parlement européen au début de l’année 2018.

Figure 2 : Évolution de la consommation d’énergie brute de l’Union européenne et de la Belgique et les objectifs fixés dans le cadre de l’amélioration de l’efficacité énergétique



Source : Eurostat cité par SWARTENBROEKX C. (2018), Op.cit, p. 124.

Les politiques mises en œuvre par les différents niveaux de l’autorité belge à destination des opérateurs économiques, et particulièrement les entreprises, correspondent à des dispositions visant à améliorer leur efficacité en matière de consommation (mise en place de système de gestion de l’énergie, contrôle énergétique) et d’approvisionnement en énergie (renforcement des mesures visant à promouvoir la cogénération⁶), des services énergétiques et actions qui consistent à la mise en place et à l’amélioration des systèmes d’information, de certification et de formation⁷. Certaines actions concernent plus particulièrement les produits : nous pouvons, par exemple, citer la communication, au moyen de l’étiquette du produit, d’une information relative à sa consommation énergétique. Ce renseignement permet aux consommateurs de choisir les appareils les moins énergivores. Ces actions peuvent aussi se

⁶ La cogénération désigne la technique qui consiste à produire simultanément, dans la seule et même centrale, deux types d’énergie différents.

⁷ Ces politiques sont conformes à la directive européenne 2017/27/UE et au programme belge de l’amélioration de son efficacité énergétique.

traduire par l'établissement de normes en matière d'écoconception desdits produits, afin de limiter leur consommation en énergie durant tout leur cycle de vie.

En Belgique, les autorités fédérales ont la responsabilité d'établir des politiques recouvrant l'écoconception des produits consommateurs d'énergie, leur performance et leur labellisation. Sur le plan fiscal, l'État, à travers son administration compétente, accorde une déduction à hauteur de 13,5% pour les investissements en recherche et développement respectueux de l'environnement et pour les investissements qui procurent aux entreprises des économies d'énergie.

Les Régions disposent également de compétences qu'elles seules ont le pouvoir d'exercer dans le cadre de la mise en œuvre de cette transition énergétique. Ces compétences leur ont notamment permis d'introduire plusieurs leviers qui ont pour finalité d'encourager les entreprises à ajuster et améliorer leurs processus de production, grâce à l'encadrement de leur activité ou la mise en place d'incitants financiers. Ces leviers concernent principalement :

- Les audits énergétiques règlementaires réalisés tous les quatre ans sur les grandes entreprises⁸. Le gouvernement wallon prévoit l'octroi de subventions aux petites et moyennes entreprises pour le financement même de ces audits. Dans la région bruxelloise, les demandeurs de permis d'environnement sont ciblés par cet audit, étant donné qu'ils sont de grands consommateurs d'énergie. Seules les entreprises disposant d'un certificat ISO 50001, grâce à l'application d'un système de gestion de l'énergie, ne font pas l'objet d'un audit énergétique dans les trois régions. Cette norme garantit, en effet, que l'entreprise a adopté une démarche structurée dans le management de l'énergie utilisée dans l'exercice de son activité. En Belgique, 70 certificats ont été délivrés à 55 entreprises durant l'année 2016, soit le nombre le plus important depuis 2011 (de 2011 à 2016, 103 sites se sont réparti 178 certificats ISO 50001)

⁸ Conformément à la directive 2012/27/UE de l'Union européenne, transposée dans le droit belge, le terme « grande entreprise » fait ici référence aux entreprises qui réunissent deux des conditions suivantes : un effectif de 250 salariés équivalent temps plein, un chiffre d'affaires annuel de plus de 50 millions d'euros et/ou un total de bilan de 43 millions d'euros.

- Les accords sectoriels sur l'énergie conclus entre les fédérations d'entreprises, qui représentent les sociétés les plus consommatrices d'énergie, et les autorités régionales. Les firmes s'engagent par ces accords à améliorer leur efficacité énergétique et diminuer leur niveau de consommation d'énergie, en établissant, après réalisation préalable d'un audit énergétique, un plan d'actions⁹, pour mettre en exergue et en œuvre celles qui sont réalisables et rentables¹⁰.

Dans la Région Wallonne, les firmes sont, en plus, tenues de chercher des nouvelles sources d'énergies renouvelables, et d'établir une roadmap sectorielle à l'horizon 2050. Dans la région flamande, les entreprises acceptent, par ces accords, d'étudier de manière approfondie le potentiel de la cogénération, notamment dans la réfrigération et la production de chaleur, et à adopter une approche efficace de gestion de l'énergie.

En Wallonie comme en Flandre, 80% de la consommation énergétique des entreprises sont couverts par ces accords sectoriels. En 2015, 334 entreprises implantées dans la région flamande et 187 entreprises de la région wallonne sont signés pareils accords et ont réussi à respectivement économiser 53% et 14% d'énergie, des exploits qui ont été comptabilisés dans le respect de la directive européenne de l'amélioration de l'efficacité énergétique¹¹. A noter que c'est par les mesures¹² établies pour l'accroissement de l'efficacité énergétique des bâtiments, aussi bien publics que privés, que ces économies ont été réalisées.

- L'octroi de faveurs financières en contrepartie de la tenue des engagements cités précédemment. Ces faveurs peuvent prendre la forme d'une diminution des quotas de certificats verts, d'un abaissement des charges inscrites dans la facture énergétique de l'entreprise¹³, ou encore de l'attribution de *subsidies*

⁹ A noter que les coûts d'investissement et les gains de consommation énergétique permis par ces actions doivent être évalués.

¹⁰ Les entreprises ont alors une obligation de résultat vis-à-vis des engagements qui ont été pris.

¹¹ Ces exploits ont été rapportés à la Communauté européenne lors de son suivi des mesures.

¹² Il s'agit entre autres de la mise en place de chaudières performantes, de l'octroi de primes à l'isolation, etc.

¹³ La possession de certificats verts peut, par exemple, favoriser une exonération partielle de la surcharge.

pour le financement d'audits énergétiques. Les petites et moyennes entreprises peuvent aussi se voir accorder des aides spécifiques à l'investissement (chaleur verte, cogénération, biomasse).

- La favorisation du marché et des entreprises prestataires de services énergétiques et le développement d'un plan de financement par tiers. Ces entreprises prennent notamment en charge la mise en place des projets d'efficacité énergétique, depuis la recherche du financement jusqu'à l'installation en passant par la phase de conception, et ce, sur une longue période.

Cette prise en charge inclut également le risque relatif à l'obligation de résultat, en ce sens que ces entreprises signent un contrat de performance énergétique dans lequel est stipulé l'obligation pour les projets qu'elles assurent de générer des économies d'énergie. Il importe de préciser que ces firmes obtiennent le remboursement de leur prestation par le bénéficiaire des investissements, calculé à partir du montant des économies d'énergie réalisées. Les entreprises prestataires de services énergétiques peuvent être des facilitateurs de projets, des établissements bancaires, des cabinets de consultance ou encore des sociétés engineering.

- Des programmes d'éducation, de formation et de conseil en matière énergétique. Ceux-ci ont pour finalité de promouvoir et de développer l'adoption des mesures d'efficacité énergétique.

2. QUELLES SOURCES ENERGETIQUES POUR MENER A BIEN CETTE TRANSITION ?

L'Union européenne a donc pris les devants dans la lutte contre le réchauffement climatique. Mais pour gagner ce combat, il paraît indispensable de repenser aux relations de ses pays membres avec les sources d'énergie polluantes. Si la réduction de l'utilisation de ces types d'énergie figure parmi les priorités de l'Union, voire de tous les pays du monde, il faut bien que les citoyens et les entreprises recourent à d'autres sources d'énergies alternatives. L'utilisation

d'un mix énergétique est pour l'instant encore de mise, à l'heure où il nous est impossible de nous défaire complètement des combustibles fossiles.

2.1. L'énergie nucléaire

L'énergie nucléaire constitue une alternative intéressante pour substituer les combustibles fossiles, dans la mesure où elle ne contribue pas à l'augmentation de l'émission de carbone dans l'atmosphère, c'est une source d'énergie « bas-carbone ».

2.1.1. L'utilisation de l'énergie nucléaire au sein de l'Union européenne

En Europe, la production d'énergie électrique s'élève à 3000 térawatts-heure (TWh). A titre de comparaison, celle de la Belgique se chiffrait à 80 TWh durant l'année 2016. Durant la même période, les sites de production d'énergie exploitant les combustibles fossiles produisent 49% de la totalité de l'électricité en Europe, soit une hausse de 1,5% en comparaison à l'année 2015. Il importe de souligner que les sources d'énergie fossile utilisées par les pays européens sont importées massivement d'autres pays, ce qui les rend, dans une certaine mesure, dépendants de ces derniers, tandis que l'énergie nucléaire procure une meilleure autonomie aux pays qui les adoptent¹⁴. L'hydroélectricité contribue à concurrence de 12% du total, l'énergie éolienne intervient pour 10% et l'énergie solaire photovoltaïque concourt à hauteur de 4% du total de l'électricité européenne.

2.1.2. La production de l'énergie nucléaire européenne en quelques chiffres

- Dans l'Union européenne, les centrales nucléaires produisent 26% de la totalité de l'électricité ;
- L'Europe compte 126 réacteurs nucléaires en activité installés dans 14 pays. A l'heure actuelle, 4 réacteurs sont mis en chantier et 24 autres sont prévues dans les prochaines années ;
- L'énergie nucléaire constitue entre 34% et 72% du mix énergétique dans 8 pays de l'Union européenne ;

¹⁴ FORUM NUCLEAIRE (2014), « *Les enjeux de la politique énergétique belge* », article paru le 19 août sur le site : <https://www.forumnucleaire.be/content/les-enjeux-de-la-politique-%C3%A9nerg%C3%A9tique-belge>

- L'énergie nucléaire, avec les énergies renouvelables, permettent à l'Union européenne d'avoir 50% de sa production d'énergie électrique décarbonée.

En considération de ces chiffres, nous constatons que la contribution de l'énergie nucléaire dans la production d'électricité sur les terres européennes est non négligeable. Ceux qui soutiennent l'utilisation de cette forme d'énergie affirment que le *black-out* énergétique serait inéluctable sans elle¹⁵.

2.1.3. L'emploi dans le secteur nucléaire en Europe : 780.000 emplois

Par ailleurs, elle se présente comme un véritable atout à même d'assurer la compétitivité économique des pays européens : l'énergie nucléaire est pourvoyeuse d'emplois à haute valeur ajoutée, en plus d'être commercialisée à des prix attractifs.

Le nucléaire génère 780 000 emplois dans tous les pays européens dont 240 000 emplois directs¹⁶. Ceci concerne notamment les emplois dans les domaines de l'électronucléaire¹⁷, la recherche, la médecine nucléaire, les applications industrielles, etc.

Sur la totalité des emplois générés par le secteur nucléaire, 540 000 sont induits et indirects. Les emplois induits sont déterminés en fonction des corollaires engendrés par les dépenses des ménages, suite aux impacts directs et indirects de l'activité économique. La détermination des emplois induits s'effectue sur l'application des coefficients multiplicateurs pour l'emploi conformément au code NACE¹⁸ et la prise en compte des corollaires engendrés par les dépenses des ménages suite aux impacts directs et indirects de l'activité économique.

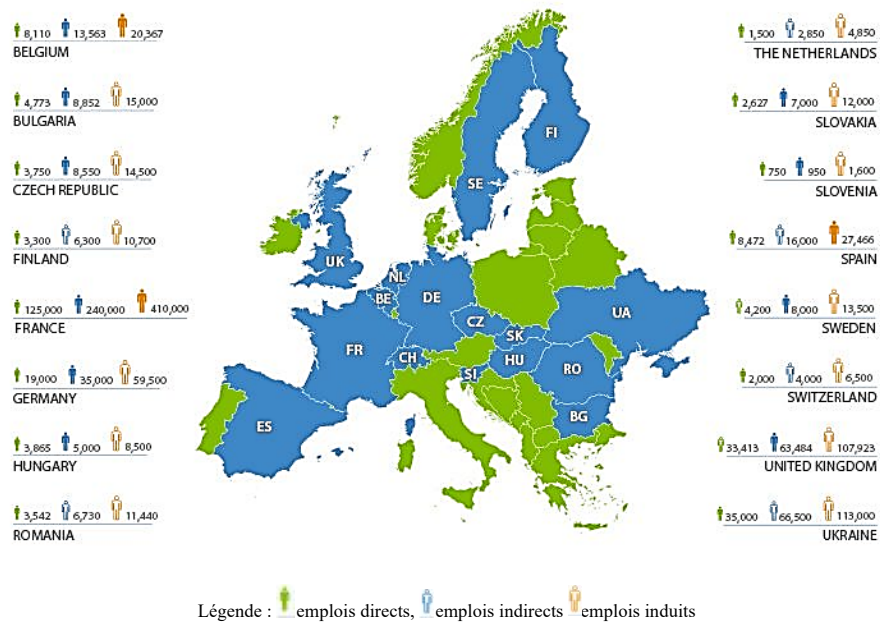
¹⁵ CPCP, « *Plan de délestage – Black-out... et la lumière fut !* », Information parue sur le site : <http://www.cpcp.be/etudes-et-prospectives/publicationrecherche/2408:delestage-black-out>

¹⁶ Ces emplois sont fournis par les opérateurs dont l'activité nécessite une spécialisation dans le secteur nucléaire.

¹⁷ L'électronucléaire désigne l'activité de production d'électricité à partir des sources d'énergie nucléaire.

¹⁸ Le code NACE ou la Classification des entreprises désigne la nomenclature établie par l'Union européenne relevant toutes les activités économiques des entreprises.

Figure 3 : Les emplois directs, indirects et induits dans le secteur nucléaire au sein de l'Union européenne

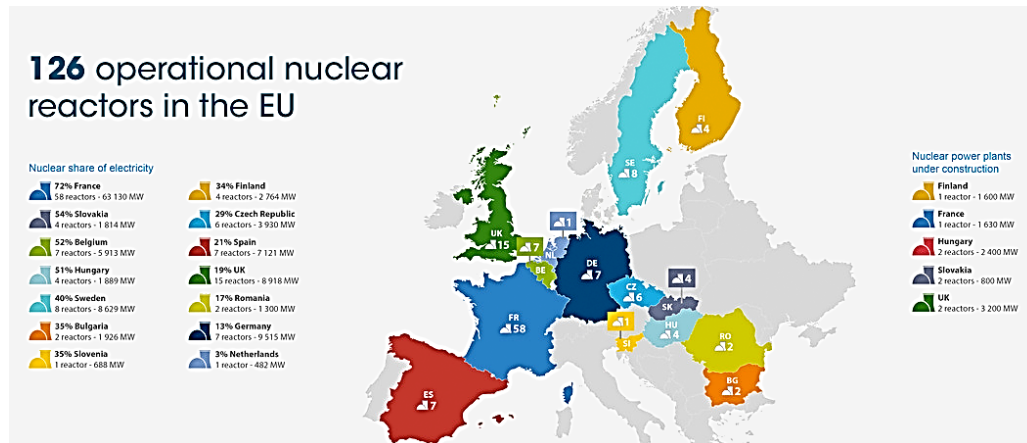


Source : FORATOM cité par FORUM NUCLAIRE (2017), *Op. cit.*

2.1.4. Une hétérogénéité entre les pays européens en matière de mix énergétique

Il existe, en effet, une grande différence des mix énergétiques dans les différents pays de l'Union européenne. Les combustibles fossiles sont encore largement utilisés, par rapport aux autres sources d'énergie, dans la production de l'électricité, dans près de la moitié des pays membres. La Suède, la France, la Belgique et la Slovaquie sont les plus avancées en matière d'utilisation de l'énergie nucléaire qui fournit plus de 50% de leur électricité. En revanche, l'usage des combustibles fossiles prédomine encore dans les pays comme l'Allemagne, la Pologne et le Danemark.

Figure 3 : L'énergie nucléaire dans le mix énergétique des pays de l'Union européenne



Source : FORATOM cité par FORUM NUCLAIRE (2017), « *L'énergie nucléaire dans l'Union Européenne : quelques chiffres* », information parue sur le site : <https://www.forumnucleaire.be/theme/dans-le-monde/lunion-europeenne>

2.2. Les énergies renouvelables

2.2.1. Les énergies renouvelables, de quoi s'agit-il ?

Les énergies renouvelables constituent de véritables alternatives aux énergies fossiles et même aux énergies nucléaires. Ces types d'énergie tirent leur nom de leur capacité de renouvellement dans le sens où ils se régénèrent plus rapidement qu'ils ne sont utilisés. Lorsque l'on pense aux sources d'énergie renouvelable, on a directement à l'esprit les panneaux solaires et les éoliennes. Mais concrètement, il existe cinq différentes sources d'énergie renouvelable permettant essentiellement de produire de l'électricité :

- *L'énergie solaire* : le soleil constitue la plus puissante et la plus durable source d'énergie qui existe, l'énergie qu'il dégage étant quasiment illimitée. Par ailleurs, il contribue à la formation et au maintien de la vie sur terre, pour ne pas dire qu'il en est l'origine. Aujourd'hui, l'humain est capable de capter cette énergie pour la transformer en électricité, grâce notamment à des concentrateurs solaires ou des cellules photovoltaïques. Pour capturer l'énergie solaire, des collecteurs solaires sont utilisés, qui la convertissent en énergie thermique¹⁹.

¹⁹ INTELLIGENCE ENERGY EUROPE (2014), « *Quelles sont les sources d'énergie renouvelable ?* », information parue sur le site : http://www.2020energy.eu/sites/default/files/pdf/sources_d_energie_renewable.pdf

- *L'énergie éolienne* : l'homme exploite cette forme d'énergie depuis longtemps. L'énergie éolienne est l'énergie tirée du vent. Actuellement, ce type d'énergie est capturé par des éoliennes géantes installées en mer ou sur terre, puis ensuite transformée en énergie électrique. En Belgique, Les éoliennes produisaient 1959 mégawatts durant l'année 2014, pouvant potentiellement assurer 30% de la consommation des ménages en électricité²⁰.
- *La biomasse* : ce terme désigne toutes les formes d'énergie qui proviennent de la transformation de matières organiques comme les bois et les matières végétales, les déchets alimentaires ou encore les déchets industriels. Ces matières sont converties en électricité, en carburant en chaleur et même en gaz. En Belgique, la biomasse est la plus importante source d'énergie en matière d'énergies renouvelables en 2014²¹.
- *L'énergie hydraulique* : tout comme l'énergie éolienne, cette forme d'énergie a été exploitée depuis des siècles au moyen des moulins à eau installés près des cours d'eau. Actuellement, l'homme puise cette énergie aussi bien sur les cours d'eau qu'en mer. Pour capter cette énergie et la transformer en électricité, les centrales marémotrices ou hydroélectriques utilisent des moulins à marées ou des turbines hydroélectriques qui captent l'énergie issue des flux et reflux d'eau sous l'effet des forces gravitationnelles²².
- *L'énergie géothermique* : C'est une forme d'énergie, principalement de la chaleur récupérée dans les sols calorifiques ou dans des nappes d'eau souterraines. Sur les terres non volcaniques, la température varie de 10 à 15° Celsius à trois mètres de profondeur. Si l'on creuse plus profondément (plus de 100 mètres de profondeur) la température peut dépasser les 100°C. Cette chaleur peut être transformée en électricité ou servir pour le chauffage de logements, d'immeubles, de serres ou encore pour le séchage de produits agricoles²³.

²⁰ Information fournie par l'ASSOCIATION POUR LA PROMOTION DES ENERGIES RENOUVELABLES, sur le site :

<http://www.apere.org/index/node/135>

²¹ GREENPEACE BELGIQUE (2014), « *La biomasse vraiment durable ?* », Information parue sur le site : <http://www.greenpeace.org/belgium/fr/que-faisons-nous/renouvelables/Foire-aux-questions/>

²² FUTURA SCIENCES, « *Centrale marémotrice* », information parue sur le site :

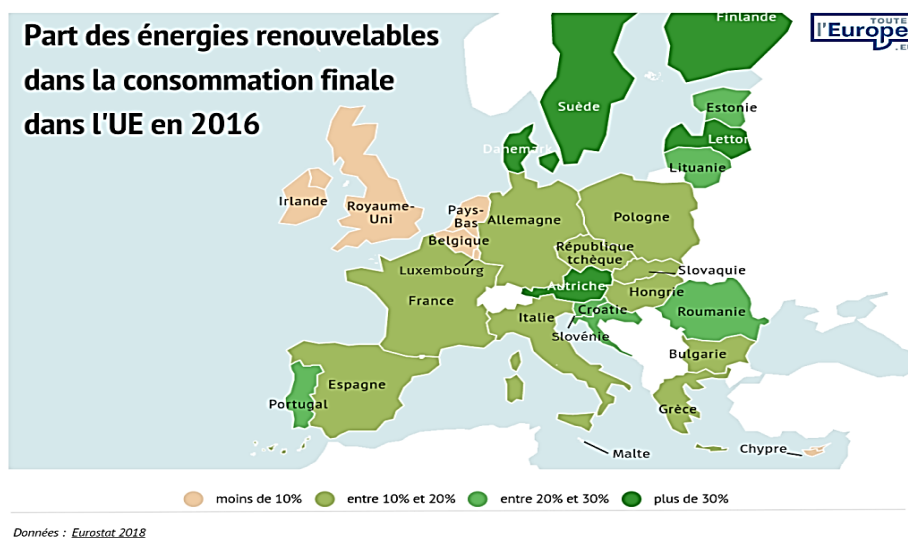
<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/energie-renouvelable-centrale-maremotrice-6665/>

²³ NOTRE-PLANETE.INFO (2017), « *La géothermie ou l'énergie de la terre* », information parue sur le site : <https://www.notre-planete.info/ecologie/energie/geothermie.php>

2.2.2. L'utilisation des énergies renouvelables au sein de l'Union européenne et perspective d'avenir

L'Union européenne s'est fixée comme objectif de satisfaire 20% de la consommation totale en énergie de ses citoyens par des énergies renouvelables à l'horizon 2020. Cet objectif s'inscrit dans le cadre du Paquet Climat-Énergie 2020 qui a été ratifié par ses États membres en 2007. En 2016, les énergies renouvelables contribuent à hauteur de 17% de la totalité de la consommation finale brute d'énergie dans l'ensemble des territoires européens. Cependant, il est constaté qu'il y a une forte disparité entre les États membres, quant à la réalisation de cet objectif. La figure ci-après met en exergue cette disparité entre les pays :

Figure 4 : La part des énergies renouvelables dans la consommation finale de l'Union européenne en 2016

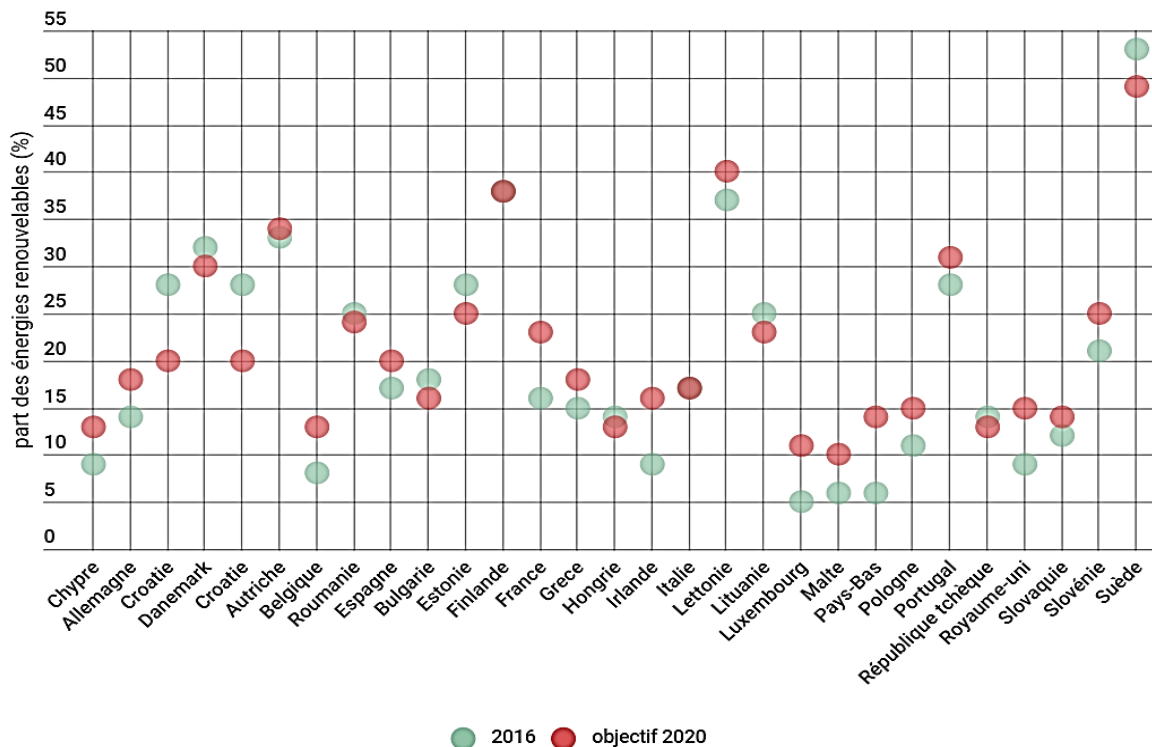


Source : Eurostat 2018, information parue sur le site : <https://www.toutteleurope.eu/actualite/les-energies-renouvelables-dans-l-ue.html>

Cet objectif est commun à tous les pays de l'Union, cependant, certains ont plus de mal que les autres à l'atteindre, tandis que d'autres l'ont réalisé sans peine. Ainsi, chacun s'est fixé son propre objectif en matière d'augmentation de la part des énergies renouvelables dans la consommation finale de leurs citoyens. Cette source d'énergie comble, en 2016, 16% de la consommation énergétique finale de la population française et compte l'augmenter à 23% à l'horizon 2020. Pour sa part, la Suède s'est fixé un objectif plus élevé, ramenant les 20% à 49% d'ici 2020. Le Malte a revu l'objectif de l'Union à la baisse, en fixant le sien à 10%. Quant à la Belgique, la part des énergies renouvelables a atteint 8,7% en 2016 et elle compte l'augmenter à 13% en 2020.

La Suède est le pays qui s'est fixé l'objectif le plus élevé de l'Union européenne en l'établissant à 49%. Elle a d'ores et déjà atteint cet objectif, puisque 53,8% de la totalité de sa consommation finale brute d'énergie est comblé par des sources d'énergies renouvelables. Elle a donc dépassé de presque 5 points son objectif. Par contre, le Luxembourg peine à réaliser son objectif d'augmenter sa part de 11%, avec seulement 5,4% de contribution de ces formes d'énergie en 2016. Le Malte et les Pays-Bas ne font pas non plus mieux puisque les énergies renouvelables ne constituent que 6% de leur consommation finale brute.

Figure 5 : Objectif des pays européens à l'horizon 2020



Source : Eurostat 2018, information parue sur le site : <https://www.touteurope.eu/actualite/les-energies-renouvelables-dans-l-ue.html>

A l'évidence, la France, les Pays-Bas, l'Irlande et les Royaume-Unis sont les pays les plus éloignés de leurs objectifs respectifs. L'Irlande et le Royaume-Unis enregistrent un retard de 6 points, tandis que la France en est éloigné de 7 points et les Pays-Bas de 8 points. Certains pays visent des objectifs inférieurs à celui établi par l'Union européenne (20%). Parmi ceux-ci, il y a la Belgique, la Pologne, Chypre et Malte. Malgré cette révision à la baisse de l'objectif commun, ces derniers sont tout de même en retard par rapport à leurs propres objectifs.

Parallèlement, 11 pays, sans compter la Suède, ont déjà atteint leurs objectifs. La majorité d'entre eux sont des pays du nord de l'Europe, mais il y a également parmi eux, des pays comme la Roumanie et la Croatie. Par ailleurs, le Portugal, l'Autriche et la Lettonie se sont fixé des objectifs supérieurs à celui de l'Union européenne (aux environs de 30% de part des énergies renouvelables) et sont tout près de les atteindre.

Les sources d'énergies renouvelables utilisées sont principalement celles que nous avons citées dans la section précédente, à savoir : la biomasse, les énergies solaire, géothermique, hydraulique et éolienne. Il importe d'indiquer que la part des énergies renouvelables dans la consommation finale de la population européenne s'est accrue de manière considérable, sachant qu'elle était de 8,4% en 2004 et a atteint 17% en 2016. Mais malgré ces efforts, force est de constater que ces sources d'énergie ne représentent encore qu'une petite part du mix énergétique de l'Union européenne qui est largement dominé par le pétrole, le charbon et le gaz.

A terme du Paquet Climat-Énergie 2020, les États membres de l'Union européenne devront se fixer de nouveaux objectifs contraignants qui concourront à la réalisation des directives adoptées en 2014 dans le cadre du Paquet Climat-Énergie 2030. De 20% pour l'objectif 2020, la part des énergies renouvelables dans la consommation finale brute de l'Union européenne devra atteindre 27% à l'horizon 2030.

Il importe également de rappeler que les pays européens se sont aussi engagés, dans le cadre du Paquet Climat-Énergie 2020, à baisser leur niveau d'émission de gaz à effet de serre de 20% en prenant comme référence le niveau d'émission enregistré en 1990, mais également à améliorer à hauteur de 20% leur efficacité énergétique. Le Paquet Climat-Énergie 2030 a aussi déjà fixé des objectifs relatifs à ceux-ci. Il y est, en effet, stipulé qu'outre l'objectif fixé en matière d'exploitation d'énergies renouvelables, les États membres de l'Union devront réduire les émissions de carbone de 40% et améliorer leur efficacité énergétique de 27% en comparaison au niveau de 1990.

3. ANALYSE DES IMPACTS DE LA TRANSITION ENERGETIQUE SUR L'ECONOMIE

3.1. Le modèle macroéconomique comme outil d'évaluation des effets de la transition énergétique

Le rapport Stern de 2006 rédigé par l'économiste Nicolas a démontré que l'inaction face au changement climatique et au réchauffement global de la planète présentait des risques et des coûts macroéconomiques conséquents²⁴. Il y était stipulé que si aucune mesure n'est prise pour limiter les conséquences de ce fléau, le coût des dégâts causés pourrait être 5 à 20 fois plus important que celui des politiques et actions de lutte qui devraient être mises en œuvre pour lutter contre le réchauffement climatique. Il y est également indiqué qu'il était possible de réduire efficacement les émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050, pour un coût correspondant seulement à 1% du Produit intérieur brut mondial en privilégiant, toutefois, les mesures les moins coûteuses.

Les chiffres indiqués dans le rapport Stern ont généré de vives contestations²⁵. Pindyck relève, en effet, que la conduite d'une telle analyse requiert l'établissement d'hypothèses solides, ne s'appuyant que très peu sur l'impact du bouleversement climatique sur l'économie et ses résultats dépendent de manière déterminante des étalonnages adoptés pour la préférence pour le présent²⁶. L'auteur ajoute par ailleurs que les critiques émises ne doivent pas être employées pour justifier l'inaction. Bien que l'impact du réchauffement de la planète soit difficile à évaluer, rendant corollairement les politiques à adopter difficile à étalonner, la mise en œuvre de politiques visant à réduire les émissions de carbone dès aujourd'hui permet de prévenir ou de modérer la survenance fort probable d'évènements catastrophiques.

En considération de l'analyse délivrée par le rapport Stern et les critiques qui ne désavouent pas la nécessité de prendre des mesures contre ce changement climatique, il n'est, d'évidence, plus question de savoir s'il faut ou non procéder à la transition énergétique. *L'enjeu est maintenant de rechercher des solutions efficaces pour la conduite de cette transition*

²⁴ HM TREASURY (2010), « *Stern Review on the economics of climate change* », information parue sur le site: https://www.webarchives.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/sternreview_index.htm

²⁵ Cf. CELESTIN-URBAIN J. (2008), « *Conséquences économiques à long terme du changement climatique* », Trésor-Éco, n° 30, février.

²⁶ PINDYCK R. S. (2013), « *Climate Change Policy: What Do the Models Tell Us?* », Journal of Economic Literature, vol. 51, n° 3, pp. 860-872.

énergétique et climatique. Dans cette perspective l'analyse macroéconomique se présente comme un outil à la fois pertinent et efficace.

L'inflexion des trajectoires de l'économie au profit de l'environnement est une démarche consciencieuse, cependant elle risque d'engendrer un coût qui se répercutera sur l'emploi ou la croissance économique des pays qui empruntent cette voie. Ce coût dépendra très certainement de l'efficacité relative des mesures mises en œuvre, les unes par rapport aux autres. A titre d'illustration, l'établissement d'une taxe carbone est-il plus judicieux, d'un point de vue macroéconomique, que l'octroi de subvention en faveur des énergies renouvelables ? Dans le même esprit, dans l'optique où les recettes perçues par l'application d'une taxe carbone sont à disposition, est-il préférable de les utiliser pour financer la recherche et développement ou pour réduire le déficit public, les redistribuer aux ménages, ou diminuer certains prélèvements ?

3.2. Qu'est-ce qu'un modèle macroéconomique et quelle est son utilité ?

Selon Grandjean et Giraud (2017), un modèle macro-économique est un instrument d'analyse spécifiquement conçu pour dépeindre le fonctionnement de l'économie d'une région ou d'un pays. Il est souvent utilisé pour analyser la dynamique d'une quantité globale au cours du temps comme le volume ou le nombre total de biens et services produits, le niveau des prix, le montant total des revenus ou encore le niveau d'exploitation des ressources productives. Les modèles macroéconomiques sont composés d'équations comptables, ayant une cohérence en termes de flux de revenus et de stocks ainsi que « d'équations de comportement issues de la théorie économique dont ils dérivent » (Grandjean & Giraud, 2017).

De manière générale, un modèle se caractérise par un ensemble d'équations mathématiques intégrant des paramètres qui peuvent être calibrés ou ajustés en fonction d'études théoriques ou sur une base empirique. Les modèles intègrent des input (données d'entrées) afin de pouvoir générer des output (données de sortie) de manière à répondre à une problématique ou une question posée. Selon Grandjean et Giraud (2017), il existe des entre les modèles climatiques et/ou météorologiques et les modèles économiques.

Nous pouvons citer deux différences fondamentales :

- La climatologie et la météorologie sont représentées par « des interactions entre des éléments complexes dont la réaction en fonction des observables est certes probabiliste mais peut être décrite par des équations dont les bases physiques ont été validées » (Grandjean et Giraud, 2017).
- L'économie, quant à elle, est représentée par des interactions complexes entre des individus pour lesquels la description du comportement par des équations doit encore être validée.

Il existe de nombreux modèles économiques, comme nous pourrions le voir dans les sections suivantes. Chaque modèle sert un objectif différent et présente des avantages et des inconvénients²⁷. Ces modèles peuvent être utilisés pour expliquer et illustrer les principes théoriques fondamentaux. Ils permettent également d'éprouver, de confronter et de quantifier les nombreuses théories macroéconomiques aux données réelles. Aussi, ils sont utilisés pour établir des prévisions économiques ou étudier l'impact de politiques économiques diverses en envisageant différents scénarios (généralement pour la prédiction des changements budgétaires, monétaires ou d'autres mesures macroéconomiques).

Les modèles macroéconomiques sont très utilisés dans le monde académique mais aussi par les gouvernements, les institutions nationales et internationales et les entreprises de grande envergure, ainsi que par les consultants et experts en économie et les groupes de réflexion.

3.3. Quels sont les caractéristiques des différents modèles macroéconomiques ?

Plusieurs modèles macroéconomiques sont utilisés pour l'évaluation de la transition énergétique. Ils ont chacun des caractéristiques différentes. Nous allons les détailler ici.

²⁷ BLANCHARD O. (2017). "The need for different classes of macroeconomic models", Blog post, 12th of January, Peterson Institute for International Economics.

3.3.1. Le modèle Mésange

Le modèle Mésange est un modèle économétrique d'inspiration néo-keynésienne²⁸ avancé par L'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE) et la Direction Générale du Trésor en France. En tant que tel, il s'appuie sur un modèle d'ajustement à court terme de l'offre et de la demande par les quantités.

A la différence des modèles Three-ME, que nous explorons plus loin, ce modèle ne comprend que trois secteurs. Sa particularité réside aussi dans le fait qu'il n'isole pas le secteur énergétique. Toutefois il distingue les consommations d'énergie des ménages des consommations énergétiques des entreprises qui, elles-mêmes sont distinctes des importations d'énergie.²⁹ Les équations de consommation et d'importation intègrent donc, de façon explicite, les prix de l'énergie en fonction des autres prix. Il est possible de recourir, parallèlement au Mésange, à un modèle sectoriel afin de prendre en compte les possibilités de substitution entre les sources énergétiques.³⁰

3.3.2. Le modèle NEMESIS

Le modèle NEMESIS est un modèle économétrique également d'inspiration néo-keynésienne, élaboré par la Société européenne d'économie (SEURECO). Il comprend 30 secteurs de production dont la modélisation de chacun d'eux est établie de manière à ce qu'il mette en exergue différentes possibilités de substitution entre les facteurs de production *lato sensu* (capital, consommations intermédiaires, énergie, emploi qualifié ou peu qualifié).³¹

²⁸ Les modèles néo-keynésiens associent la synthèse keynésienne avec les aspirations et principes de Lucas notamment sur l'existence « *de fondements micro-économiques des équations macro-économiques* ». La synthèse keynésienne postule que la formation des prix résulte de l'égalité entre l'offre et la demande, mais dans un contexte d'imperfections des marchés, avec donc la viscosité des prix. Dans cette perspective, ces imperfections ne permettent pas aux marchés de répartir immédiatement et efficacement le capital et les ressources, laissant ainsi une place à l'immixtion de l'Etat afin de contrecarrer des défaillances de marchés. Cependant, le champ d'intervention de ce dernier est temporaire et est limité à ces seules défaillances. Pour les défenseurs du modèle néo-keynésien, « *la monnaie n'est pas neutre à court terme* », en raison de la viscosité des prix, toutefois elle l'est toujours à long terme ».

Voir : GRANDJEAN A. et GIRAUD G. (2017), « *Comparaison des modèles météorologiques, climatiques et économiques : quelles capacités, quelles limites, quels usages ?* », p. 54, working paper, Chaire Energie et prospérité.

²⁹ DOUILLARD P., ÉPAULARD A. et LE HIR B. (2016), « *Modèles macroéconomiques et transition énergétique* », La note d'analyse, Février, n° 43, p. 5.

³⁰ Ibid.

³¹ Ibid.

Par ailleurs, ce modèle comprend une modélisation caractéristique du secteur de la production d'énergie qui présentent des solutions de substitution entre l'électricité, d'une part, et 5 autres sources d'énergie primaire, d'autre part (à savoir : le charbon, le pétrole, le gaz, les énergies renouvelables ayant d'autres fins que la production d'électricité et les autres énergies). La demande énergétique des ménages procède également de plusieurs arbitrages qui sont en partie influencés par le prix de l'énergie. A titre d'exemple, une hausse du prix de l'énergie aura pour effet de réduire la demande de véhicules et d'essence (ou de gazole) des particuliers, au profit des transports en commun.

3.3.3. Les modèles Three-ME

Le Three-ME ou le Modèle macroéconomique multisectoriel d'évaluation des politiques énergétiques et environnementales est un modèle économétrique d'inspiration « post-keynésienne³² », créé conjointement par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) et l'Observatoire français des conjonctures économiques (OFCE). La dimension post-keynésienne de ce modèle implique que les prix n'ajustent pas l'offre et la demande et subissent, quant à eux des ajustements par les coûts unitaires des biens. La production est multisectorielle et la détermination des salaires s'effectue au moyen d'une courbe de Phillips, cette dernière met en évidence la relation négative entre la hausse des salaires, qui est assimilée à de l'inflation, et le chômage dans l'économie. L'hypothèse sous-jacente est que les salariés sont moins capables d'obtenir des hausses de salaires en cas de chômage qu'en situation de plein emploi (Grandjean & Giraud, 2017). Ce modèle a été établi afin de permettre à France d'évaluer les impacts des politiques énergétiques et écologiques mises en œuvre sur le territoire national.³³

Le modèle Three-ME comprend 24 secteurs de production, sachant que le secteur énergétique est lui-même composé de 17 sous-secteurs tandis que celui des transports en comprend 5³⁴. La modélisation de la demande des ménages en énergie s'effectue par des équations spécifiques qui prennent en considération l'efficacité énergétique des différents types de logements et de véhicules qu'ils utilisent. Il existe deux versions de Three-ME : la version Three-ME Ph selon laquelle le niveau de chômage influe sur la dynamique des salaires et la

³² Les modèles post-keynésiens estiment que ce sont les quantités qui ajustent l'offre et la demande et non les prix. Dans ces modèles, les prix ne sont pas aussi flexibles qu'ils ne le sont dans les modèles néo-keynésiens et la monnaie n'est, par ailleurs, neutre ni à court terme ni à long terme.

³³ GRANDJEAN A. et GIRAUD G. (2017), *Op. cit.*

³⁴ DOUILLARD P., ÉPAULARD A. et LE HIR B. (2016), *Op. cit.*

version Three-ME WS selon laquelle le modèle WS-PS³⁵ est sous-jacent à la formation des salaires et des prix.³⁶

3.3.4. Le modèle Imaclim-R France

Le modèle Imaclim-R France est un modèle dit « d'équilibre général calculable » (MEGC) avancé par le Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement. (CIRED) et par les Politiques publiques, Action politique, Territoires (université de Grenoble) – Économie du développement durable et de l'énergie (PACTE-EDDEN).³⁷ Les modèles d'équilibre générale calculable sont des modèles entièrement spécifiés portant sur une économie ou une région et incluant toutes les activités, facteurs et institutions de production. Par conséquent, les modèles comprennent la modélisation de tous les marchés (sur lesquels les décisions des agents sont sensibles aux prix et les marchés concilient les décisions d'offre et de demande) et des composantes macroéconomiques, telles que les investissements et l'épargne, la balance des paiements et le budget du gouvernement.³⁸

Ce modèle désagrège l'économie en 13 secteurs d'activités dont 5 dans le domaine de l'énergie et 4 dans le domaine des transports. La modélisation des différents secteurs industriels, de trois secteurs énergétiques (à savoir : le gaz, l'électricité et le combustible liquide), le secteur des transports et le secteur résidentiel s'effectue par la prise en considération des technologies existantes et de la rentabilité de chaque solution.

L'Imaclim-R France dépeint une dynamique obtenue grâce à une succession d'équilibres statiques qui prennent en compte les diverses imperfections de marchés comme la répartition imparfaite des investissements, l'inertie des matériels ou encore les comportements routiniers des agents économiques.

³⁵ Le modèle WS-PS ou Wage-setting, price-setting considère que le chômage est la conséquence involontaire de comportements adoptés par les entreprises et par les employés qui, par définition, possèdent déjà un emploi, comportements imposés ou favorisés par les structures de l'économie.

³⁶ Ibid.

³⁷ ÉPAULARD A., LAFFARGUE J.-P. et MALGRANGE P. (2008), « *La nouvelle modélisation macroéconomique appliquée à l'analyse de la conjoncture et à l'évaluation des politiques économiques* », Économie et Prévision n°183-184.

³⁸ HOURCADE J.-C., SASSI O., CRASSOUS R., GITZ V., WAISMAN H., et al., "IMACLIM-R: a modelling framework to simulate sustainable development pathways", International Journal of Global Environmental Issues, Inderscience, 2010, 10 (1/2), pp.5-24.

3.3.5. Le modèle PRIMES

Le modèle PRIMES est un modèle économique à équilibre partiel s'appliquant au domaine énergétique au niveau de l'Union européenne et de ses Etats membres, alors que les trois modèles précédents ne traitent que de la France comme entité pertinente. L'équilibre partiel permet de confronter l'offre et la demande sur un seul marché, "toutes choses étant égales par ailleurs", c'est-à-dire sans prendre en compte les éventuelles interactions des autres marchés sur la situation de celui qui est l'objet de l'étude. Ce modèle repense et façonne le système énergétique à mettre en œuvre au niveau de tous les secteurs d'activités et pour tous les types d'énergie. Cependant, il importe de préciser qu'en tant que modèle d'équilibre partiel, PRIMES n'est pas un modèle macroéconomique.

PRIMES aborde essentiellement trois modules :

- L'offre : elle fait référence à la production énergétique et est étroitement liée à la demande par l'intermédiaire des règles de tarifications.
- La demande : elle est formée par plusieurs secteurs d'activités : le secteur industrie qui rassemble 12 domaines d'activité qui sont eux-mêmes subdivisés en 26 sous-secteurs, le secteur tertiaire qui comprend 5 domaines d'activités incluant l'agriculture, le secteur résidentiel qui distingue l'électricité du chauffage, et le secteur des transports qui dissocie le transport de marchandises avec le transport de passagers et impliquant 10 technologies de transport routier, aérien, maritime/fluvial et ferroviaire.

Pour chaque secteur, la définition de la demande s'effectue en termes d'énergie globale. Le choix du type d'énergies utilisé (chaleur, électricité ou transport) dépend de leur prix de vente sur le marché. Il est possible de remplacer une source d'énergie par d'autres, mais en fonction des variations relatives de leurs prix.

- L'équilibre : ce module fait référence à l'équilibre des prix entre l'offre et la demande. Il est obtenu suite à la détermination du prix de l'énergie, après avoir défini l'offre et la demande, à partir de la méthode de calcul de Ramsey-Boiteux. Cette règle postule qu'un monopole naturel réalise des pertes s'il doit fixer son prix au niveau de son coût marginal (car il supporte un coût fixe initial important qu'il doit couvrir). Pour parvenir

à l'équilibre budgétaire, l'opérateur doit appliquer une tarification supérieure au coût marginal et inversement proportionnelle à l'élasticité de la demande.

Chaque pays membres de l'Union européenne dispose de son propre modèle de parc de production d'énergie ainsi que 7 autres pays frontaliers (à savoir : la Norvège, la Suisse, la Macédoine, l'Islande, la Turquie, la Serbie et la Monténégro). Le modèle PRIMES prend en compte 26 sources d'énergie et pas moins d'un millier de types de centrales. Toutes les filières énergétiques sont considérées (énergies renouvelables, énergies thermiques et énergies fissiles) incluant les plus récentes (les biocarburants, l'hydrogène). Il est important d'indiquer que l'élément qui détermine le choix des centrales qui répondent à la demande en énergie est le coût de production.

La modélisation des technologies à adopter s'effectue sur la base des informations provenant des bases de données de TECHPOL, VGB PowerTech, NEMS, SAPIENTIA et du Département de l'énergie des Etats-Unis. Des données issues d'associations des industriels sont également utilisées. Celles-ci concernent généralement les potentiels d'énergies renouvelables et les capacités de stockage de dioxyde de carbone.

3.3.6. Le modèle GEMMES

Le modèle économique baptisé « General Monetary and Multisectoral Macrodynamics for the Ecological Shift (GEMMES) » a été développé par l'Agence française de développement (AFD) et repose sur la formalisation de l'économie mondiale contrairement aux modèles précédents qui traitent de la France ou de l'Europe. Il a la particularité d'intégrer les risques financiers et monétaires ainsi que leur influence sur l'impact du changement climatique dans ses scénarios. Ce modèle accorde, en effet, une attention particulière aux sources et aux effets des dérèglements écologiques et à la raréfaction des ressources naturelles, surtout les ressources minières. Plus précisément, le modèle permet au pays d'associer et de mesurer la contribution et les conséquences de la dynamique du capital, du sous-emploi et des dettes publiques et privées sur l'effondrement écologique. Enfin, GEMMES relate la façon dont la diminution des inégalités favorise et accroît la résilience d'une économie aussi bien nationale que régionale.

Le modèle GEMMES prend en compte les différents variables en lien avec l'écologie (la dynamique d'évolution des températures, volume de carbone rejeté dans l'atmosphère, etc.) et l'économie (ratio de dette sur produit intérieur brut, croissance de la productivité du travail, prix du carbone, etc.) afin d'appréhender et de mesurer leur impact sur l'évolution des émissions de gaz à effet de serre, du produit intérieur brut ou de la dette.

Ainsi, GEMMES se présente comme un instrument particulièrement intéressant pour les prises de décisions politiques concernant l'environnement, décisions devenues indispensables par l'Accord de Paris. En effet, le modèle vise à conscientiser les pays de la nécessité de prendre des mesures les plus adaptées pour la préservation de l'environnement et du climat. Ainsi, le modèle s'intéresse singulièrement au prix du carbone.

En effet, GEMMES met en évidence que taxer le carbone à prix élevé n'est pas une solution efficace, dans la mesure où une telle mesure pèsera à long terme lourdement sur l'économie. A l'inverse, l'application d'une taxe trop faible ne permettra pas de diminuer de façon considérable l'impact négatif des agents économiques sur le climat, elle pourra même l'accroître. Ainsi, le modèle démontre que les pays ne peuvent construire leur politique environnementale sur la seule taxation du carbone.

GEMMES associe trois modules qui permettent aux utilisateurs de combiner les données afin d'avoir une vision élargie de leurs influences sur l'économie ou sur les émissions de GES³⁹. C'est la version générale du modèle qui est utilisée et représente donc l'impact des différents paramètres au niveau mondial. Grâce à l'application, il est possible de visualiser sur une carte du monde l'effet de la hausse globale des températures sur les différents pays. Les trois modules qui composent le modèle sont :

- Un module *climatique* qui permet de comprendre les paramètres du réchauffement climatique. Cette étape permet, dans une trajectoire économique du laissez-faire, de comprendre certaines des inconnues qui existent quant au réchauffement climatique et sur lesquelles l'impact de l'homme est limité ou incertain. Plus précisément, cette section permet de tester la réponse du

³⁹ GES pour gaz à effet de serre.

réchauffement climatique liée à une trajectoire CO₂ à l'aide de deux paramètres ; la sensibilité climatique et la capacité d'absorption du CO₂ de la biosphère.

- Un module *économique* qui vise à comprendre le moteur de la croissance économique et la dette qui y est associée. Ce module permet, en l'absence de politique climatique, de simuler des trajectoires économiques et ainsi de pouvoir comprendre le réchauffement climatique qui en résulte. Deux types de fonctions de dommages économiques, Nordhaus et Stern, sont proposées afin de mesurer l'impact de l'augmentation de la température sur l'activité économique exprimée en pourcentage de PIB. Dans cette section, deux paramètres peuvent être testés ; le taux de croissance de la productivité du travail et le niveau initial du ratio de dette sur PIB.

- Un module *politique* dans le but de proposer des prix du carbone afin de limiter l'augmentation de la température et assurer une croissance soutenable. Faut-il agir tout de suite avec un prix du CO₂ élevé, au risque d'impacter négativement la croissance économique via une baisse de l'investissement ou alors agir plus tard et accroître l'incertitude climatique ?

3.3.6.1. Les Paramètres des différents modules :

- Climatique
 - Selon Brown et Caldeira (2017), la *sensibilité climatique* se traduit par le réchauffement de la surface de la planète suite à un doublement de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère par rapport aux niveaux existants à l'ère préindustrielle. L'incertitude commence vers 1,5°C et peut aller jusqu'à 12°C. Il est communément admis que la moyenne se situe aux alentours de 3,1°C. Selon une étude récente réalisée par les deux auteurs cités plus haut, la valeur moyenne se trouverait aux alentours de 3,7°C. Néanmoins, plusieurs études publiées par d'autres auteurs suggèrent des valeurs beaucoup plus faibles. Nous pouvons par exemple citer Smirnov (2018) qui évalue la sensibilité climatique à 0,4°C⁴⁰. Il en résulte que toute étude visant à évaluer

⁴⁰ B M Smirnov 2018 *J. Phys. D: Appl. Phys.* **51** 214004

l'impact des politiques de réduction de GES pourrait raisonnablement tabler sur une estimation comprise entre 0,4°C et 3,7°C.

- *L'évolution du cycle du carbone* est caractérisée par des échanges entre trois réservoirs, à savoir l'atmosphère, la biosphère et couche supérieure des océans et la couche inférieure des océans. De manière générale, ce paramètre permet de quantifier la capacité maximale d'absorption de CO₂ qui se trouve dans l'atmosphère. Des études récentes ont montrées que l'efficacité des puits de carbone.⁴¹ En effet, une évolution rapide des conditions climatiques peut perturber la végétation qui, en conséquence, absorberait de moins en moins de CO₂. *In fine*, cela se traduirait par une augmentation relative de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère et une amplification du réchauffement climatique. Une conséquence non-négligeable de cette diminution de l'absorption de carbone serait de devoir réduire d'avantage les émissions de GES pour limiter les effets du changement climatique. À titre d'exemple, les puits de carbone ont absorbé environs 18 milliards de tonnes par an, sur un total de 36 milliards émises, soit une remise de 55% sur le réchauffement climatique.

- Économique

- *La croissance de la productivité du travail* impacte directement la croissance du PIB sur le long terme et dans la mesure où ne faisons pas face à une récession. Il est découle que plus celle-ci sera importante, plus les émissions de CO₂ dans l'atmosphère seront conséquentes. Selon l'OCDE, la croissance annuelle de la productivité du travail pour la période 2016-2018 se situe entre 0,5% et 1% tant pour la zone euro, que pour les États-Unis, le Japon et le Royaume-Uni.
- Le niveau initial de *dette sur le PIB*.

⁴¹ Friedlingstein P. et al., 2006 : Climate-carbon cycle feedback analysis: Results from the (CMIP)-M-4 model intercomparison. *Journal of Climate*, 19, 3337-3353.

- Politique :
 - La trajectoire du *prix carbone*.

3.3.6.2. Quatre scénarii principaux

À l'aide du modèle GEMMES, nous allons analyser l'impact du réchauffement climatique sur :

- Le produit intérieur brut (PIB), en trillions de dollars 2016
- Les gigatonnes de carbone émises annuellement
- Les anomalies de températures
- La dette

Le modèle utilisé ayant une portée mondiale, nous allons le calibrer afin de pouvoir tirer des conclusions au niveau européen. Les données utilisées pour le *module climatique* sont celles qui ont été précédemment mises en avant. Les données pour le *module économique* proviennent d'Eurostat ainsi que de la Banque Nationale Belge. Et finalement, les données relatives au *module politique* seront définies en fonction des scénarii afin de voir l'impact que les politiques en matière de taxation du carbone ont sur le réchauffement climatique. Comme expliqué précédemment, est-il préférable de taxer les émissions de carbone de manière progressive ou agressive ? Et qu'est-ce que cela implique d'un point de vue climatique et économique ? Le modèle permet une simulation, pour chaque donnée, sur une période allant de 2016 juqu'en 2100.

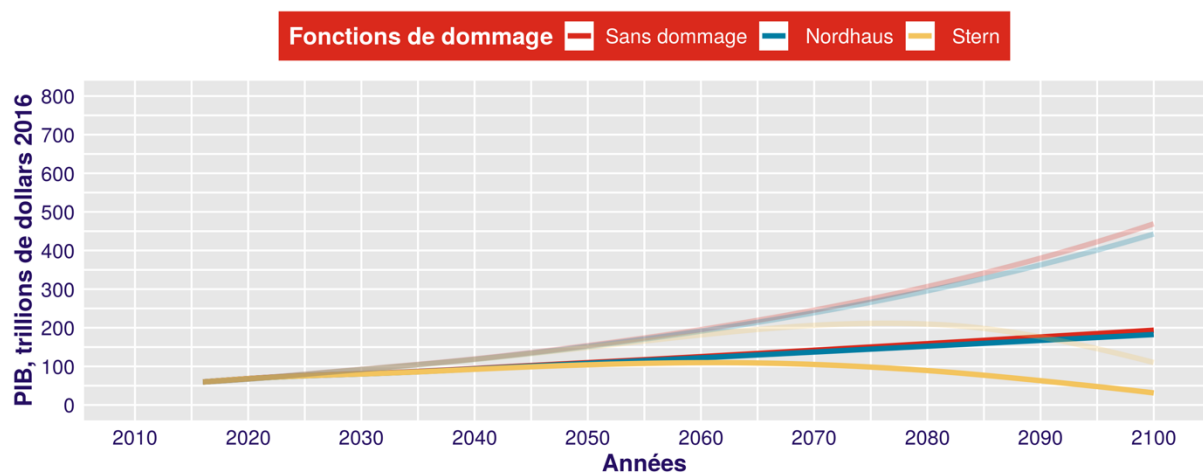
Lors de cette analyse, nous nous concentrerons sur quatre scénarii. (i) Dans un premier temps, nous allons développer un *scénario de base* qui représente un scénario de laissez-faire avec une trajectoire habituelle des différents paramètres. Cette analyse fournira un point de référence macroéconomique, sans tenir compte des dommages climatiques. (ii) Ensuite, nous développerons un scénario de *dégats faibles* afin de prendre en compte les dégats climatiques et les mesures nécessaires afin de limiter celui-ci. (iii) Par après, nous aborderons un scénario de *dégats élevés*, qui nous permettra d'analyser quelle pourrait être la situation si nous ne prenons aucune mesure et que nous intensifions le réchauffement climatique. (iv) Et pour finir, nous développerons un *scénario 2°C*, qui permettrait de contenir le réchauffement climatique sous la barre des 2°C.

i. Scénario de base

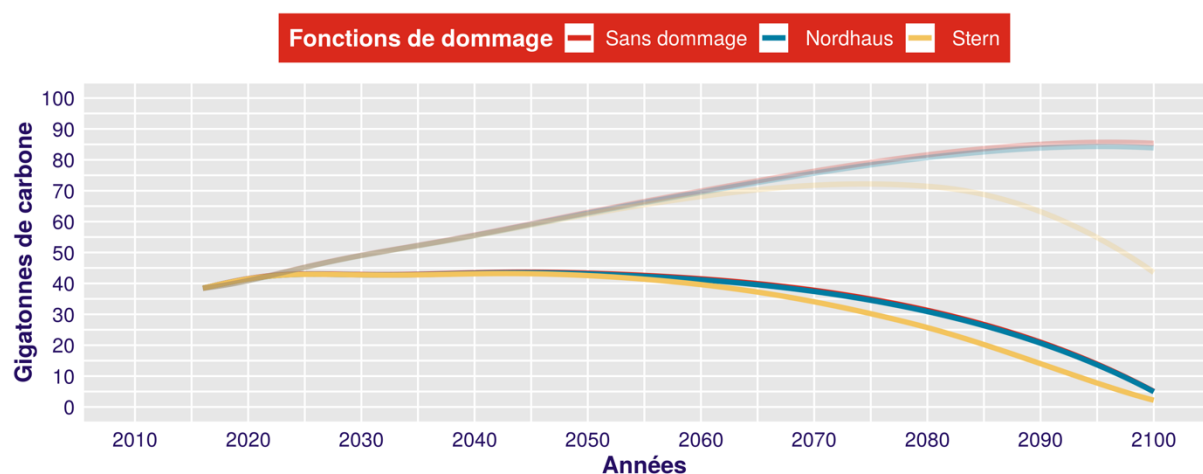
Les données utilisées pour ce scénario sont les suivantes :

- Anomalie de température : 3,7°C
- Évolution du cycle carbone : 300 Gt C
- Croissance de la productivité du travail (en % par an) : 1%
- Ratio de dette sur PIB : 0,82
- Évolution du prix du Carbone : exponentiel
- Taux de croissance annuel (en %) : 6%

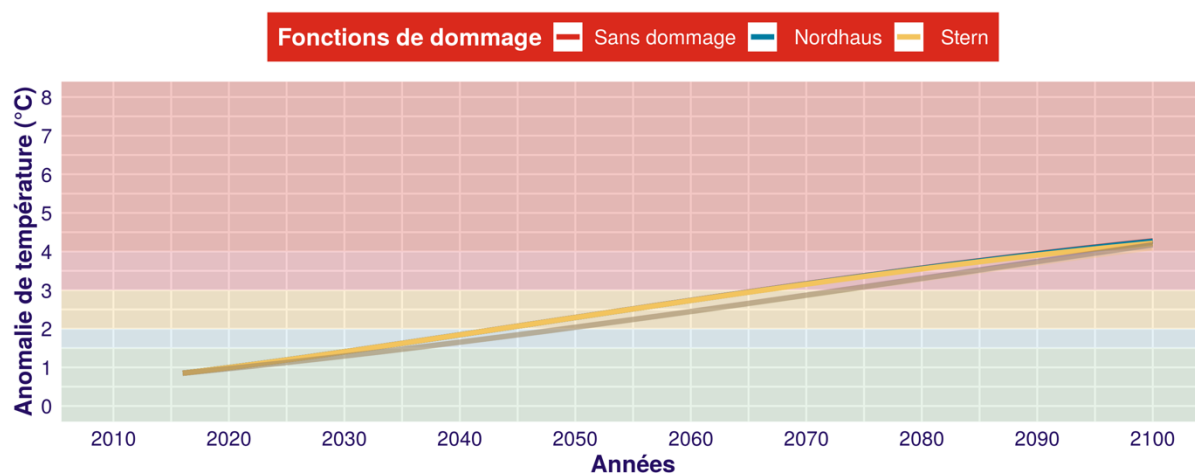
Évolution du PIB mondial en trillions de dollars 2016 :



Évolution des émissions annuelles de carbone en gigatonnes :



Évolution des anomalies de températures en degrés Celsius :



Suite à cette simulation, nous avons une augmentation de la température de 4.2 degrés Celsius à l'horizon 2100 et nous avons un niveau de dette qui est considéré comme dangereux. Nous pouvons voir que dans les trois graphiques les résultats comportent des similitudes sauf en ce qui concerne l'évolution du PIB, pour laquelle la fonction de dommage de Stern prédit un ralentissement de la croissance économique alors que ce n'est pas le cas pour les autres simulations.

En ce qui concerne l'évolution du PIB, nous pouvons observer que dans le cas sans dommage et avec la fonction de dommage de Nordhaus, nous sommes à 60 trillions de dollars en 2016 et nous arrivons à approximativement 200 trillions de dollars en 2100. Pour la simulation faite avec la fonction de dommage de Stern, nous arrivons à approximativement 40 trillions de dollars en 2100.

Les émissions de carbones, quant à elles, évoluent de manière similaire, avec approximativement 40 gigatonnes de carbones émises en 2016, pour arriver à 5 gigatonnes en 2100.

Et finalement, en ce qui concerne les anomalies de températures, nous sommes à un peu moins de 1°C en 2016, nous atteignons dans les trois cas 4.2°C en 2100.

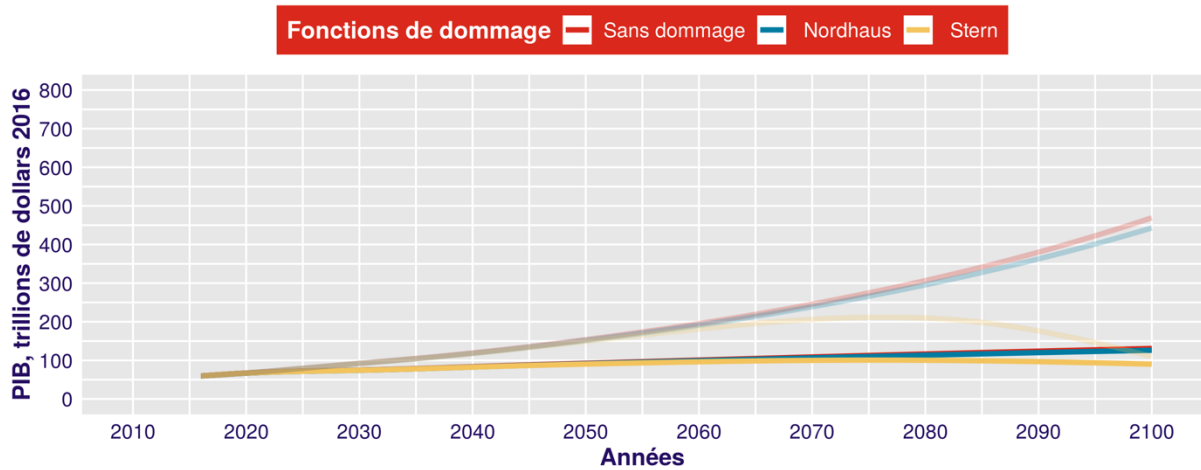
ii. Scénario de dégats faibles

Les données utilisées pour ce scénario sont les suivantes :

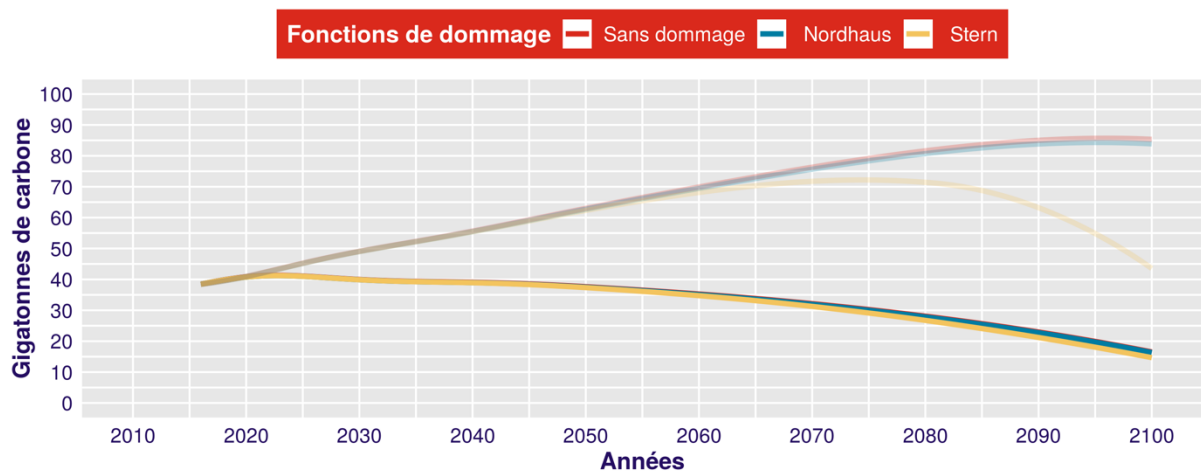
- Anomalie de température : 3,1°C
- Évolution du cycle carbone : 400 Gt C
- Croissance de la productivité du travail (en % par an) : 0,5%

- Ratio de dette sur PIB : 1
- Évolution du prix du Carbone : exponentiel
- Taux de croissance annuel (en %) : 8%

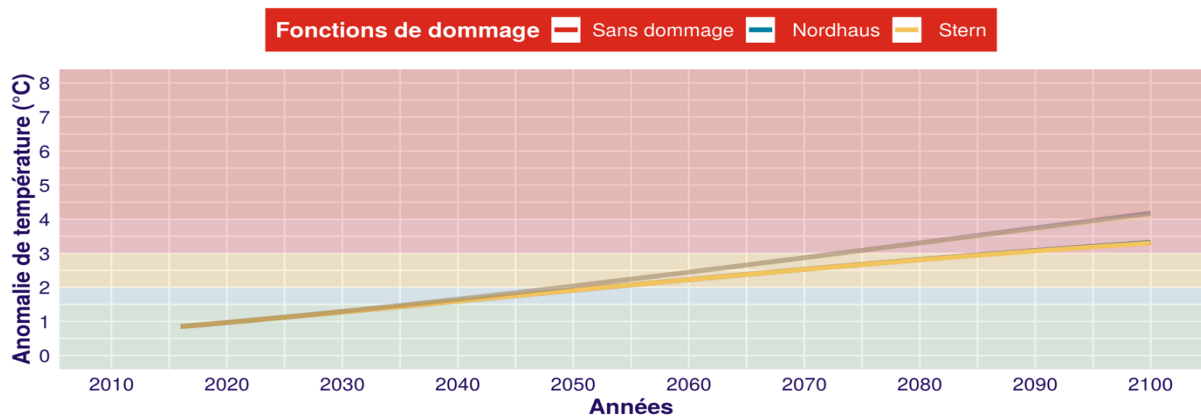
Évolution du PIB mondial en trillions de dollars 2016 :



Évolution des émissions annuelles de carbone en gigatonnes :



Évolution des anomalies de températures en degrés Celsius :



Suite à cette simulation, nous avons une augmentation de la température de 3.3 degrés Celsius à l'horizon 2100 et nous avons un niveau de dette qui est considéré comme soutenable. Nous pouvons voir que dans les trois graphiques les résultats comportent des similitudes très marquées.

En ce qui concerne l'évolution du PIB, nous pouvons observer que dans le cas sans dommage et avec la fonction de dommage de Nordhaus, nous sommes à 60 trillions de dollars en 2016 et nous arrivons à approximativement 140 trillions de dollars en 2100. Pour la simulation faite avec la fonction de dommage de Stern, nous arrivons à approximativement 90 trillions de dollars en 2100.

Les émissions de carbones, quant à elles, évoluent de manière similaire, avec approximativement 40 gigatonnes de carbones émises en 2016, pour arriver à 16 gigatonnes en 2100.

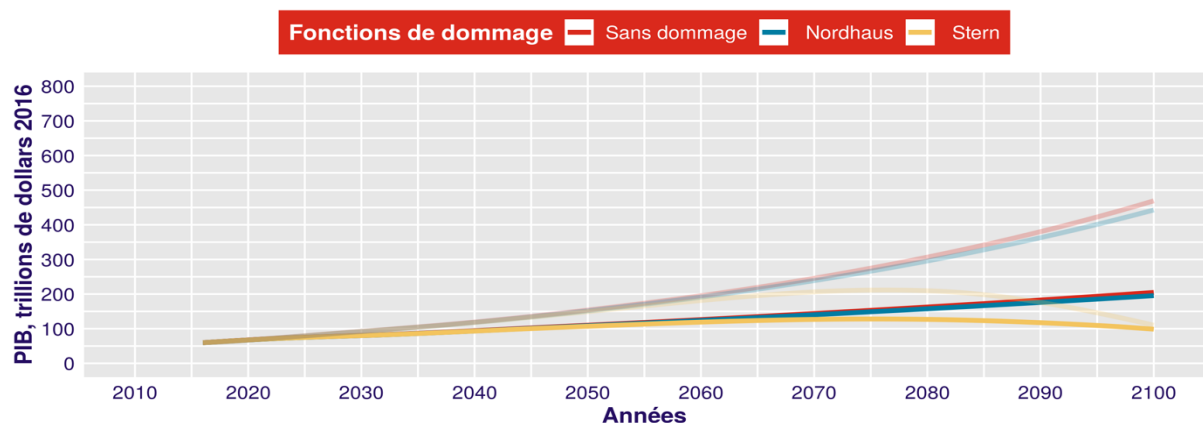
Et finalement, en ce qui concerne les anomalies de températures, nous sommes à un peu moins de 1°C en 2016, nous atteignons dans les trois cas 3.3°C en 2100.

iii. Scénario de dégâts élevés

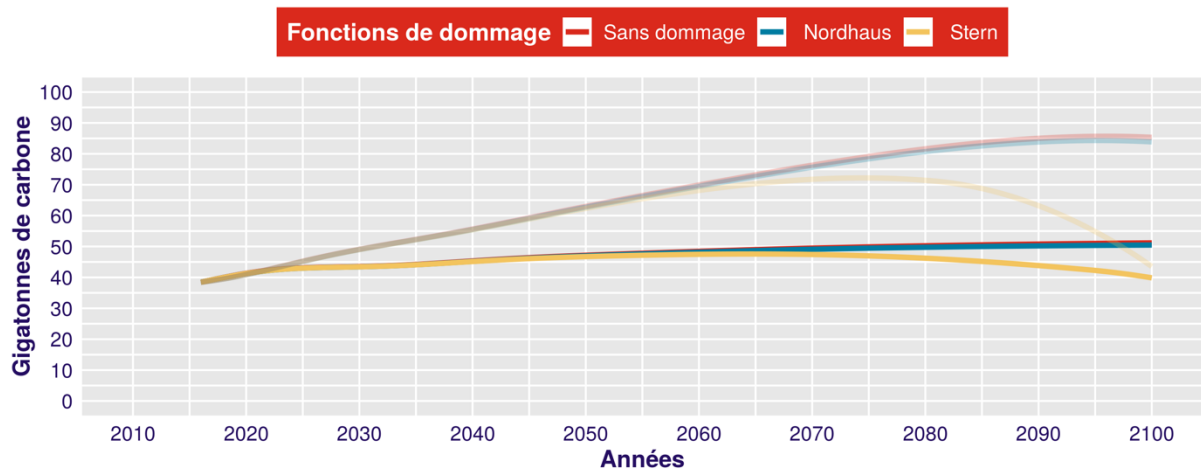
Les données utilisées pour ce scénario sont les suivantes :

- Anomalie de température : 3.1°C
- Évolution du cycle carbone : 360 Gt C
- Croissance de la productivité du travail (en % par an) : 1%
- Ratio de dette sur PIB : 1
- Évolution du prix du Carbone : exponentiel
- Taux de croissance annuel (en %) : 1%

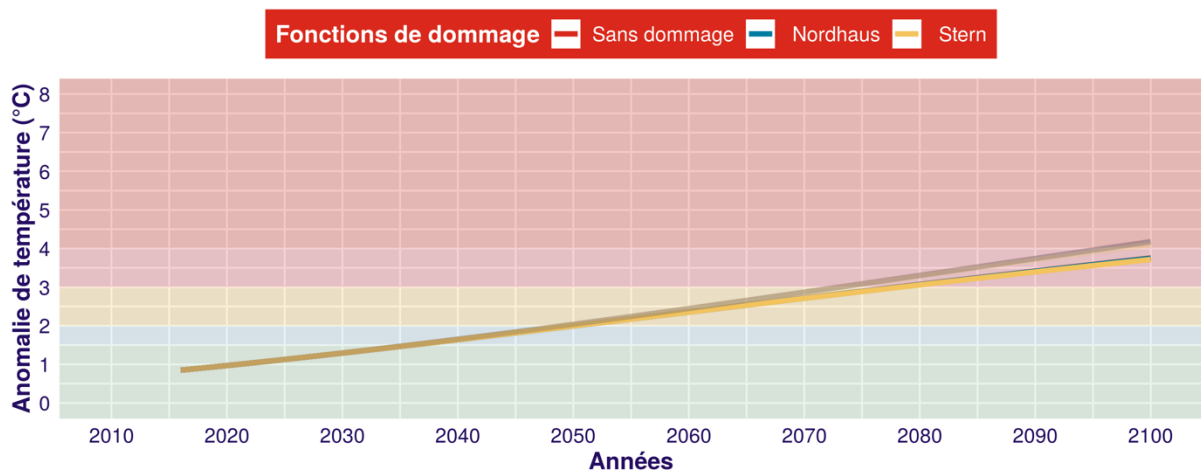
Évolution du PIB mondial en trillions de dollars 2016 :



Évolution des émissions annuelles de carbone en gigatonnes :



Évolution des anomalies de températures en degrés Celsius :



Suite à cette simulation, nous avons une augmentation de la température de 3.7 degrés Celsius à l'horizon 2100 et nous avons un niveau de dette qui est considéré comme dangereux. Dans ce cas-ci, la différence entre les deux premières simulations et la fonction de dommage de Stern est plus marquée que précédemment.

En ce qui concerne l'évolution du PIB, nous pouvons observer que dans le cas sans dommage et avec la fonction de dommage de Nordhaus, nous sommes à 60 trillions de dollars en 2016 et nous arrivons à approximativement 200 trillions de dollars en 2100. Pour la simulation faite avec la fonction de dommage de Stern, nous arrivons à approximativement 100 trillions de dollars en 2100.

Les émissions de carbones, quant à elles, passent d'approximativement 40 gigatonnes de carbones émises en 2016, pour arriver à 50 gigatonnes en 2100 pour la simulation sans dommage et la fonction de dommage de Nordhaus. La simulation prenant en compte la fonction

de dommage de Stern ne prédit pas de changements en terme d'émissions de carbone à l'horizon 2100.

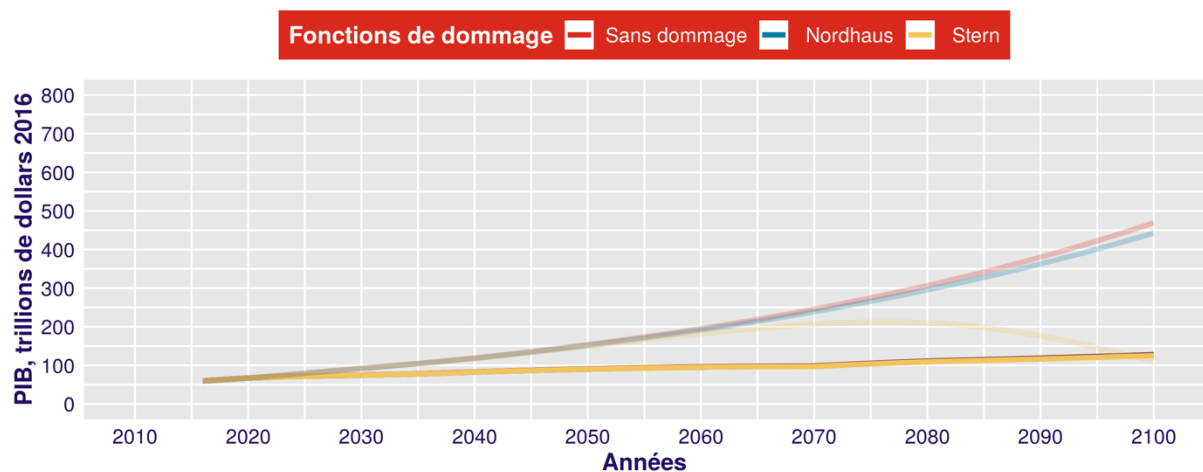
Et finalement, en ce qui concerne les anomalies de températures, nous sommes à un peu moins de 1°C en 2016, nous atteignons dans les trois cas 3.7°C en 2100.

iv. Scénario 2°C

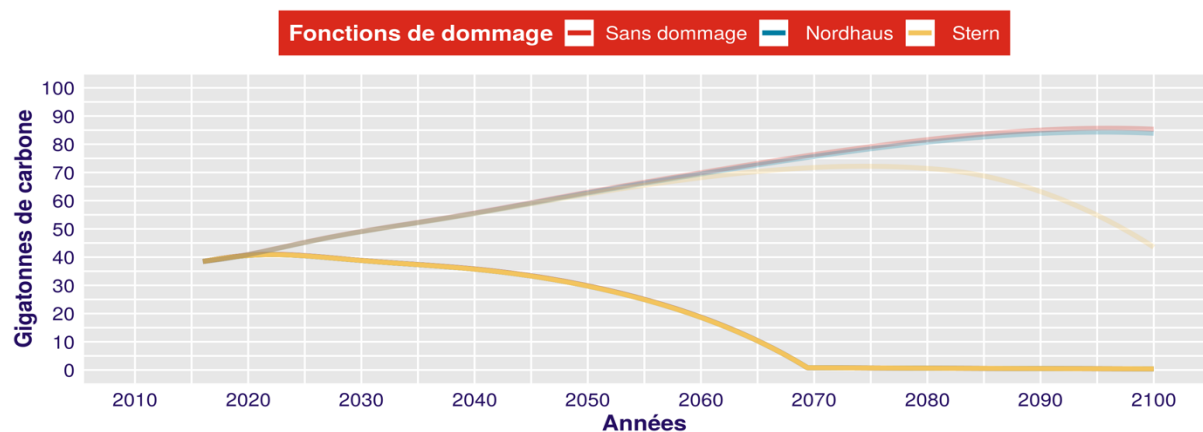
Les données utilisées pour ce scénario sont les suivantes :

- Anomalie de température : 2.1°C
- Évolution du cycle carbone : 500 Gt C
- Croissance de la productivité du travail (en % par an) : 0.5%
- Ratio de dette sur PIB : 1
- Évolution du prix du Carbone : exponentiel
- Taux de croissance annuel (en %) : 10%

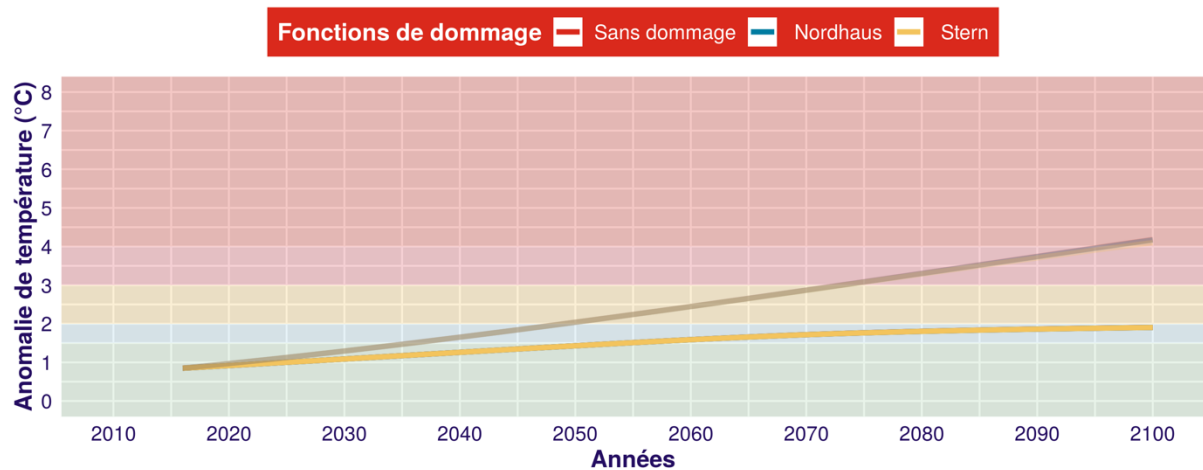
Évolution du PIB mondial en trillions de dollars 2016 :



Évolution des émissions annuelles de carbone en gigatonnes :



Évolution des anomalies de températures en degrés Celsius :



Suite à cette simulation, nous avons une augmentation de la température de 1.9 degrés Celsius à l'horizon 2100 et nous avons un niveau de dette qui est considéré comme soutenable.

Nous pouvons voir que dans les trois graphiques les résultats comportent des similitudes dans les trois cas.

En ce qui concerne l'évolution du PIB, nous pouvons observer que dans le cas sans dommage et avec la fonction de dommage de Nordhaus, nous sommes à 60 trillions de dollars en 2016 et nous arrivons à approximativement 200 trillions de dollars en 2100. Pour la simulation faite avec la fonction de dommage de Stern, nous arrivons à approximativement 40 trillions de dollars en 2100.

Les émissions de carbones, quant à elles, évoluent de manière identique, avec approximativement 40 gigatonnes de carbones émises en 2016, pour arriver à 0 gigatonne en 2100.

Et finalement, en ce qui concerne les anomalies de températures, nous sommes à un peu moins de 1°C en 2016, nous atteignons dans les trois cas 1.9°C en 2100.

3.4. Quels sont les limites des modèles macroéconomiques dans le cadre de l'évaluation du réchauffement climatique ?

Les modèles d'évaluation macroéconomique des impacts du réchauffement climatique présentent des limites. Les plus grandes difficultés résident surtout dans le taux d'actualisation de ces impacts et dans les fonctions de dommage. Pour rappel, La méthode de la fonction de dommage est une démarche analytique souvent employée pour chiffrer les

avantages physiques (en particulier les avantages pour la santé humaine) engendrés par une diminution de l'exposition aux polluants ambiants et leur attribuer une valeur économique.

Il importe de rappeler que dans certains modèles, l'analyse des coûts-avantages est basée sur l'évaluation, pour chaque action, du total des coûts escomptés par rapport au total des bénéfices attendus (essentiellement la diminution des dommages causés par le bouleversement climatique). Dans d'autres modèles, l'analyse est fondée sur le rapport coûts-efficacité dont le principe consiste à définir l'action la moins la plus efficace pour atteindre les objectifs de réduction de gaz carbonique fixés au préalable, estimant que la définition de pareil objectif ne relève pas de la science économique.

3.4.1. Les problèmes relatifs au taux d'actualisation

Tous les modèles économiques qui s'attachent à réaliser des projections effectuent des additions sur les flux financiers des années à venir et pour ce faire, ils utilisent un taux d'actualisation. Le rapport Stern publié en 2006 a suscité une vive controverse, dans la mesure où Nicholas Stern évoquait un faible taux d'actualisation annuel correspondant à 1,4%⁴² tandis que William Nordhaus l'évaluait à 4,5%. Stern voulait surtout mettre en exergue que l'inaction a un coût nettement plus élevé que l'action.

L'équation de Ramsey publiée en 1912 indique que le taux d'escompte devrait équivaloir à la somme du produit du taux d'aversion au risque et du taux de croissance de l'économie réelle, et le taux de préférence pour le présent. Même si l'on adoptait cette équation, il reste difficile de définir la valeur qui devrait être donnée aux trois variables qui la compose⁴³. Lorsqu'on écarte ses oripeaux psychologiques, la « préférence pour le présent » suscite une interrogation d'ordre éthique : la valeur de vie humaine aujourd'hui est-elle différente de celle des prochaines générations ? Nombre de chercheurs s'accordent actuellement sur le fait que le taux de préférence pour le présent ne devrait être ni supérieur ni inférieur à zéro. En ce qui concerne les deux autres variables (à savoir : le taux d'aversion au risque et le taux de croissance de l'économie d'échelle), Mertens et Rubinchik avancent deux principales raisons de

⁴² STERN N. (2006) “*Stern review on the Economics of climate change*”. 30th of October.

⁴³ POTTIER A. (2016) « *Comment les économistes réchauffent la planète* », Le Seuil.

standardiser à 1 le taux d'aversion au risque⁴⁴ pour que le taux d'actualisation soit, au total, égal au taux de croissance de l'économie réelle.

Quel que soit l'approche adoptée, la détermination du taux d'escompte dépend essentiellement du taux de croissance anticipé. Spécifiquement, le taux d'escompte ne devrait être positif que si l'on est certain que la vie dans les années à venir sera meilleure que maintenant. L'hypothèse de la stagnation séculaire, émise par Hansen⁴⁵, contraint, par exemple, à prendre sérieusement en compte la possibilité que le taux d'escompte soit nul ou décroisse dans le temps⁴⁶. Certains scénarios de décroissance imposée (à l'instar de ceux du modèle GEMMES) ou adoptée de plein gré vont encore plus loin que cette hypothèse en envisageant un taux d'escompte négatif.

Enfin, la majorité des modèles macroéconomiques ne propose pas de taux d'escompte en fonction de la situation géographique du pays ou de la région alors que les travaux des spécialistes du climat et de l'environnement montrent bien que le phénomène de dérèglement écologique impactera les pays de façon différente selon qu'ils se situent dans l'hémisphère Nord ou dans l'hémisphère Sud. Toutefois, ceci affectera différemment la population des pays suivant leurs catégories sociales. La question est de savoir ce qui empêche l'utilisation d'un taux d'escompte différencié.

En considération de ces différents arguments et situations, nous estimons que pour les problématiques dont la résolution s'étale sur le long terme, à l'instar de ce phénomène de bouleversement climatique, il convient d'appliquer, pour certaines catégories de pays ou de population, des taux d'actualisation nuls, voire négatifs ou à défaut très proches de zéro. En tous les cas, il est indispensable de mettre en exergue de manière explicite le taux d'actualisation mis en œuvre.

A noter que le taux d'actualisation appliqué dans le monde de la finance pour les besoins d'opérations microéconomiques doit impérativement être égal au coût moyen pondéré

⁴⁴ MERTENS J.-F. et RUBINCHIK A. (2012) "Intergenerational Equity and the Discount Rate for Cost-Benefit Analysis", *Macroeconomic Dynamics*.

⁴⁵ HANSEN A. (1939) "Economic progress and declining population growth", *American Economic Review*, pp. 1-15.

⁴⁶ STERNER T. (2006) "Discounting in a world of limited growth", *Environmental and Resource Economics* 4, 527-534, (1994) et PHILIBERT C., "Discounting the future in Discounting and discount rates in theory and practice", Pannell D. J., Schilizzi S., Cheltenham : Edward Elgar.

du capital⁴⁷. Cependant, cette considération microéconomique ne peut prétendre s'appliquer et répondre au contexte macroéconomique, dans la mesure où le coût du capital observé représente majoritairement les anticipations de marchés sur la perspective d'évolution de l'économie, anticipations qui renvoient très précisément aux variables évoquées précédemment : stagnation, aversion au risque, décroissance, etc.

3.4.2. Les fonctions de dommage liées au changement climatique

De nombreux chercheurs ont tenté de mesurer les fonctions de dommage, mais la très grande importance des incertitudes ne leur permet pas de les apprécier de façon exacte. D'un côté, les modèles climatiques comprennent beaucoup d'incertitudes en termes de conséquences. Nous savons que le réchauffement de la planète va s'étendre sur plusieurs années, engendrant par la même occasion l'augmentation du niveau de la mer et dérégulant les régimes de pluie, augmentant le périmètre des zones en proie à la canicule. Cependant, il reste difficile de connaître avec précision les conséquences sur le plan physique, lesquelles dépendent des scénarios étudiés.

De plus, la sensibilité du climat qui caractérise la variation de la température de l'atmosphère en réaction à un forçage radiatif déterminé, demeure incertaine en dépit des remarquables progrès réalisés dans la modélisation climatique. En général, cette variation exprimée généralement en degré Celsius est combinée à un doublement de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère. Les chercheurs évoquent, plus précisément, la notion de « réponse climatique transitoire » qui traduit la hausse de la température au moment où la concentration de dioxyde de carbone est effectivement doublée. Ils parlent aussi de « sensibilité climatique d'équilibre » qui correspond au niveau d'élévation atteint quand les températures seront complètement stables, ce qui n'intervient que plus tard. D'après le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), la réponse climatique transitoire se situerait entre 1° et 2,5° Celsius. Dans ce contexte l'incertitude est tout de même conséquente, dans l'optique où les impacts varient en fonction de la température.

Pour ce qui est de l'évaluation des impacts de l'augmentation des températures sur le PIB⁴⁸, elle demeure difficile. Elle est, en général, fondée sur une ou plusieurs fonctions de

⁴⁷ Qui équilibre les différentes sources de financement (fonds propres, dettes, etc.) en fonction de leur coût.

⁴⁸ PIB pour Produit intérieur brut.

dommage dont la vérification est un exercice complexe. Nordhaus⁴⁹ a été parmi les premiers chercheurs à conduire des travaux à ce sujet : l'auteur stipule la multiplication des concentrations de dioxyde de carbone par deux, ce qui engendre intrinsèquement une perte de produit intérieur brut de 1% pour le modèle dynamique intégré climat-économie (DICE). Récemment, Dietz et Stern revoit le travail de Nordhaus et démontrent qu'en écartant les hypothèses incertaines relatives à la modélisation des dommages, comme entre autres l'aspect fonctionnel de la fonction dommage, on aboutit à des résultats radicalement différents⁵⁰.

Ainsi, en comparaison au scénario de référence, le niveau optimal de réduction des émissions de CO₂ correspondrait respectivement pour les périodes 2015 et 2055 à 16% et 27% dans la version basique du modèle DICE. Cependant, ceci pourrait monter respectivement, pour les mêmes périodes, jusqu'à 48% et 100% si l'on part d'une hypothèse plus contrastée. En 2015, le coût social du carbone passe de 44 dollars⁵¹ par tonne de CO₂ à 329 dollars pour la même quantité de gaz carbonique.

Une revue sortie au début de l'année 2017 faisant état des résultats des différents modèles macroéconomiques utilisés par le groupe III du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat montre des tendances d'évolution du prix du carbone, variant entre 15 et 360 dollars⁵² par tonne de CO₂ à l'horizon 2030, entre 45 et 1 000 dollars⁵³ par tonne de CO₂ en 2050 et entre 140 à 8 300 dollars⁵⁴ par tonne de CO₂ en 2100⁵⁵. Pour édifier les fondements des fonctions de dommage, une théorie récente⁵⁶ tente de mesurer, de façon économétrique, l'impact d'une augmentation des températures sur les variables économiques en recourant aux disparités temporelles ou régionales. Cette approche semble, *a priori*, mener à des dommages beaucoup plus importants, néanmoins elle possède aussi des limites, notamment par rapport à la reproductibilité des résultats.

⁴⁹ NORDHAUS W. D. (1993) "Optimal greenhouse gas reductions and tax policy in the "DICE" Model" American Economic Review.

⁵⁰ DIETZ S. and STERN N. (2015) "Endogenous growth, convexity of damage and climate risk: How Nordhaus' framework supports deep cuts in carbon emissions", The Economic Journal, Volume 125, Issue 583, march.

⁵¹ En dollar 2005.

⁵² Idem.

⁵³ Idem.

⁵⁴ Idem.

⁵⁵ GUIVARCH C. and ROGELJ J. (2017) "Carbon price variations in 2°C scenarios explored".

⁵⁶ DELL M., JONES B. F. and OLKEN B. A. (2014) "What Do We Learn from the Weather? The New Climate-Economy Literature", Journal of Economic Literature.

A l'évidence, cette méthode se heurte à deux principaux obstacles :

Premièrement, les dommages ont des répercussions sur les biens publics non marchands et sur les stocks que l'on ne peut simplement pas monétariser. La déforestation cause beaucoup plus de dommage que la perte d'activité du secteur de la sylviculture. Les multiples solutions de monétarisation envisagées sont discutables. A titre d'illustration, le fait d'attribuer une valeur monétaire au vivant laisse penser que ce dernier est remplaçable.

Secondement, dans un contexte d'incertitudes, il est important d'exposer explicitement les impacts sociaux et économiques d'un scénario catastrophique non impossible, quand bien même il est le plus improbable. A titre d'exemple, nous ne prendrons pas le risque de voyager en avion si nous savons qu'il a 10% de chance de ne pas arriver à destination, car il peut nous coûter la vie. La même logique devrait être adoptée concernant les impacts du bouleversement climatique parce que ce phénomène est irréversible, mais aussi parce que nous n'avons, actuellement, que cette planète.

3.5. Les impacts macroéconomiques de la transition énergétique au niveau européen

La réussite de la transition énergétique des pays vers une économie décarbonée nécessite la mobilisation de différents types d'instruments et de dispositifs : l'établissement d'un cadre réglementaire strict, l'application d'une taxe carbone et la subvention à la recherche et développement ou à l'investissement. Ceux-ci doivent permettre une utilisation des ressources plus consciencieuse et plus respectueuse envers l'environnement, tout en étant capables de préserver le potentiel de croissance de l'économie européenne.

Concrètement, même si les objectifs établis sont plus ambitieux et requièrent des coûts pour adapter les procédés et les installations, les dépenses à court et à moyen termes à engager peuvent être justifiées par le coût qu'engendre à long terme l'inaction face au réchauffement climatique. Par ailleurs, les entreprises qui œuvrent dans les secteurs technologiques plus respectueux de l'environnement et moins consommateurs d'énergie, voient dans la transition énergétique des potentiels de croissance et des opportunités de développement de nouveaux produits et de nouvelles activités

Ainsi, l'instauration d'une taxe carbone ou tout dispositif modifiant le prix des produits énergétiques émetteurs de carbone a pour conséquence de changer le comportement des agents vis-à-vis de ces derniers : quand les ménages voient leur facture énergétique augmenter, cela a inéluctablement un effet négatif sur leur revenu, dans la mesure où celui-ci n'augmente pas en même temps que la facture tandis que leurs charges accroissent. En conséquence, ils tenteront de compenser cette perte en remplaçant les biens et services avec un haut niveau d'émission de carbone par d'autres avec un niveau plus sobre ; dans le cas des entreprises, l'introduction arbitraire d'une telle taxe affecte, à première vue, leur compétitivité ; celle-ci influant le prix des produits énergétiques carbonés, qui, pour la plupart sont importés, elle pousse les entreprises, par un effet de substitution, à se ruer vers des produits décarbonés, ce qui atténue les répercussions négatives de la taxe sur l'activité.

Cependant, l'instauration de la taxe carbone peut impacter négativement la croissance et provoquer une inflation sur le court terme si aucune mesure complémentaire ne vient l'appuyer. Toutefois, ces répercussions négatives peuvent être compensées par la redistribution des recettes perçues de ladite taxe⁵⁷, s'accompagnant d'un possible abaissement des coûts de production, d'une amélioration de la croissance ainsi que de la compétitivité et l'émergence de nouveaux emplois. De la sorte, l'application de la taxe carbone génère un double dividende pour l'économie : la diminution des émissions de gaz à effet de serre, d'une part, et l'augmentation du produit intérieur brut et de l'emploi, d'autre part.

Il est également possible d'inciter les agents, de manière plus directe, de substituer les biens et services à haut niveau d'émission carbone par des produits décarbonés, grâce à des dispositifs de soutien à l'investissement⁵⁸ dont les répercussions positives sur l'activité dépendent de l'effet multiplicateur qui lui est associé. Aussi, l'impact de ces mécanismes peut être influencé par le mode de financement adopté. Toutefois cet impact sera mineur si leur financement induit une diminution d'autres dépenses publiques au lieu de se faire par endettement.

Un autre dispositif consiste à établir des contraintes réglementaires (des règlements sur niveau d'émissions de carbone, des normes techniques pour les immeubles et la fabrication de produits, etc.) qui visent la réduction des effets des équipements et des biens polluants. Ces

⁵⁷ Cette redistribution peut, par exemple, prendre la forme de mesures diminuant le coût du travail.

⁵⁸ Cela peut prendre la forme de tarifs de rachat ou subsides.

contraintes s'appliquent à tous les agents de la même manière, sans considération du coût marginal qu'elles induisent pour qu'elles soient respectées. Néanmoins, elles ont pour effet d'engendrer une distorsion dans l'optique où une mesure sur les prix est appliquée en même temps. L'efficacité ou non de ces mesures est relative aux possibilités des agents à remplacer les biens et installations polluants et au coût marginal induit par leur mise en conformité⁵⁹.

Les analyses macroéconomiques de l'impact de la transition énergétique réalisées avant la mise en œuvre des politiques européennes ont évalué les conséquences du renforcement des mécanismes d'amélioration de la croissance du produit intérieur brut, de l'emploi. La conduite des analyses s'appuie, d'une part, sur un modèle d'équilibre général et, d'autre part, sur l'utilisation d'une approche macro-économétrique postkeynésienne. Dans cette optique, il est tout à fait envisageable d'étendre l'évaluation des impacts potentiels, d'en déterminer les conditions requises et mettre en application celles qui peuvent améliorer la croissance. Les résultats associés à la concrétisation des différentes politiques de transition énergétique ont été obtenus sur la base du modèle PRIMES⁶⁰ et ce, de manière exogène. Ils ont été intégrés aux hypothèses établies pour la réalisation des simulations qui, prennent aussi explicitement en considération la problématique relative au financement des investissements.

Étant donné qu'il s'agit d'une approche macro-économétrique, la hausse des prix des énergies à forte émission de carbone renchérit logiquement les produits carbonés, réduisant ainsi le pouvoir d'achat des consommateurs finaux et impactant négativement la compétitivité des entreprises et, corollairement, le produit intérieur brut. Inversement, tout comme la substitution d'une partie des biens et installations consommateurs d'énergies fossiles par des produits décarbonés, l'augmentation des investissements nécessaires pour l'atteinte des objectifs fixés favorise le développement de différents secteurs d'activité (services d'ingénierie, construction, etc.), ce qui a pour effet d'améliorer la croissance. En matière d'emploi, ces mesures suggèrent une réallocation de la main-d'œuvre dans les secteurs plus pourvoyeurs d'emploi.

⁵⁹ OUVRARD J.-F. et SCAPECCHI P. (2014), « Une grille d'analyse des évaluations des impacts macroéconomiques de la transition énergétique », Coe-Rexecode – document de travail 48.

⁶⁰ PRIMES est un modèle économique à équilibre partiel s'appliquant au domaine énergétique au niveau de l'Union européenne et de ses États membres. Ce modèle repense et façonne le système énergétique à mettre en œuvre au niveau de tous les secteurs d'activités et pour tous les types d'énergie.

Par l'application du modèle d'équilibre général, les effets de la transition énergétique et de l'application des mesures sur la croissance combinent les répercussions favorables de la baisse des importations de combustibles fossiles avec l'accroissement de la demande de produits et de technologies à faible émission carbone et aux diminutions des coûts résultant de l'utilisation de certaines technologies.

Cependant, si les investissements requis sont compensés plus tard par une réduction des dépenses en énergie, leur niveau élevé met sous pression les revenus des entreprises et des ménages et peut provoquer un effet de relégation sur d'autres dépenses de consommation ou d'investissement, si ces derniers sont contraints de toucher à leur épargne. Dès lors, dans un contexte où le marché du travail est saturé, les salaires des individus peuvent subir une pression qui peut impacter défavorablement sur les coûts.

Finalement, les analyses d'impact macroéconomique de la transition énergétique se concluent par une appréciation positive selon laquelle celle-ci exerce globalement un effet positif sur la croissance économique et sur l'emploi. Les répercussions négatives telles que la hausse des prix des produits carbonés sont subséquemment compensées par la substitution progressive par des biens et services bas carbone, qui est d'autant plus facilitée par les progrès réalisés dans le domaine de la technologie. Cependant, cette croissance n'est pas homogène dans toutes les branches d'activité, la demande étant réorientée dans d'autres domaines, aux dépens de ceux liés à l'énergie.

En ce qui concerne la compétitivité des entreprises qui ont une utilisation intensive de l'énergie, les coûts qui lui sont liés⁶¹, exprimés en valeur ajoutée, ne progressent que faiblement, ceux-ci étant pondérés par les économies réalisées sur les achats d'énergie⁶².

Les principaux résultats de ces analyses macroéconomiques de l'impact de la transition énergétique sont résumés dans le tableau suivant pour le scénario du *statu quo* (REF2016), fondé sur les politiques et mesures adoptées par l'Union européenne en 2014, et pour les scénarios de décarbonation EUCO27 et EUCO30⁶³. Le modèle d'équilibre général

⁶¹ Il s'agit notamment des coûts engendrés par les nouveaux investissements, les droits et normes d'émission, etc.

⁶² EC (2016), "Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2012/27/EU on Energy Efficiency". Impact assessment, (SWD (2016) 405 final).

⁶³ EUCO27 et l'EUCO30 sont des directives émises par la Commission européenne qui engagent les pays membres de l'Union européenne à adopter des politiques et des mesures nécessaires en vue de la réalisation des objectifs

présente l'impact négatif des mesures prises pour la transition énergétique sur la croissance et l'emploi dans un contexte où celles sont financées par des fonds propres (épargne, réduction de la consommation).

Tableau 2 : Impact d'un renforcement de l'objectif d'amélioration de l'efficacité énergétique à l'horizon 2030 au sein de l'Union européenne

Unité : en pourcentages, sauf mention contraire

	Référence 2016	EUCO27	EUCO30
Réduction des émissions de GES par rapport à leur niveau de 1990 ..	-35	-41	-41
Part des SER dans la consommation finale brute d'énergie	24	27	27
Dépenses énergétiques en pourcentage de la valeur ajoutée pour les industries intensives en énergie	40,3	40,8	40,1
PIB (en milliards d'euros 2013 et écart en pourcentage par rapport à Référence 2016)			
Modèle macroéconométrique	17 928	0,65	1,05
Modèle d'équilibre général	16 955	-0,28 à 0,04	-0,50 à 0,30
Emploi (en millions d'unités et écart en pourcentage par rapport à Référence 2016)			
Modèle macroéconométrique	233,1	0,17	0,34
Modèle d'équilibre général	216,4	-0,18 à 0,09	-0,36 à 0,29

Source: EC (2016).

Des études d'impact ont également été effectuées à partir de données microéconomiques. Sur la base des données individuelles d'entreprises françaises couvrant la période allant de 1997 à 2010 (période marquée par une forte baisse des rabais de quantité octroyés aux gros consommateurs industriels de gaz et d'électricité), Marin et Vona (2017) ont montré que si un renchérissement des coûts énergétiques de 10 % au niveau de l'établissement permet de diminuer la consommation d'énergie de 6,4 % et les émissions de CO₂ de 11,5 %, cela affecte aussi l'emploi et les salaires à concurrence de, respectivement, -2,6 et -0,4 %. L'effet sur l'emploi est amplifié lorsque la branche concernée est intensive en énergie avec une réduction significative de l'emploi de 3,2 %, contre 1,3 % dans les autres branches ou exposée à la concurrence internationale avec une réduction significative de l'emploi de 3,1 %, contre 1,6 % dans les entreprises moins exposées.

climatiques fixés pour l'horizon 2030. L'EUCO27 vise la réduction des émissions de carbone de 40%, la réduction de la consommation énergétique de 27% et l'augmentation de la part des énergies renouvelables à 27%. L'EUCO30 se veut plus ambitieux en fixant la réduction de la consommation énergétique à 30% par rapport au niveau de référence de 2007. Le scénario de Référence 2016 fixe, quant à lui, la réduction de la consommation énergétique à 24%. Cf. OECD, IEA, NEA et ITF (2015), « *Aligning policies for a low-carbon Energy* », Paris, p. 116.

De fait, selon les auteurs, le compromis entre emploi et mesures de préservation de l'environnement à l'appui d'un changement des prix relatifs de l'énergie fait intervenir trois mécanismes : la hausse du prix de l'énergie affecte défavorablement la production et l'emploi; l'énergie plus coûteuse est remplacée par d'autres inputs (capital et travail) ; et l'innovation induite par le gonflement relatif des prix en faveur de produits moins carbonés a pour effet de limiter l'affaiblissement de la production et d'augmenter les possibilités de substitution. L'issue finale est a priori indéterminée et dépend des possibilités de substitution, de l'évolution technologique, des changements de composition entre et au sein des différentes branches avec par exemple une croissance plus soutenue et un avantage de compétitivité pour les entreprises utilisant moins d'inputs polluants.

4. FOCUS SUR LA SITUATION DE LA BELGIQUE

4.1. La consommation d'énergie en Belgique

Au niveau mondial, la consommation d'énergie primaire s'est améliorée à un rythme remarquable depuis quelques années : en effet, si, de 1973 à 2010, la diminution de l'intensité énergétique globale était de 1,3%, celle-ci s'est accélérée à un rythme de 2,1% depuis 2010.

Cet exploit doit être maintenu ou amélioré et l'objectif d'efficacité énergétique constitue un levier déterminant pour le poursuivre. Nous constatons, en effet, que la diminution de la consommation d'énergie primaire a compensé à hauteur de 75% l'impact de la croissance du produit intérieur brut sur les émissions de gaz à effet de serre. L'utilisation accrue des sources d'énergies renouvelables et la substitution des combustibles fossiles par des sources d'énergies à faible émission de carbone ont énormément contribué à équilibrer le solde⁶⁴.

Au niveau européen, l'intensité énergétique s'est contractée durant la période 1990-2016. En Belgique, l'accélération de la consommation de produits pétroliers et de gaz naturel (à usage non énergétique) par l'industrie pétrochimique⁶⁵ a conduit à l'augmentation à concurrence de 18% de la consommation intérieure brute d'énergie⁶⁶.

⁶⁴ IEA (2017), « *Energy efficiency 2017* ».

⁶⁵ La consommation finale de produits pétroliers de l'industrie pétrochimique belge a triplé durant la période 1990-2016 tandis que celle du gaz naturel a doublé.

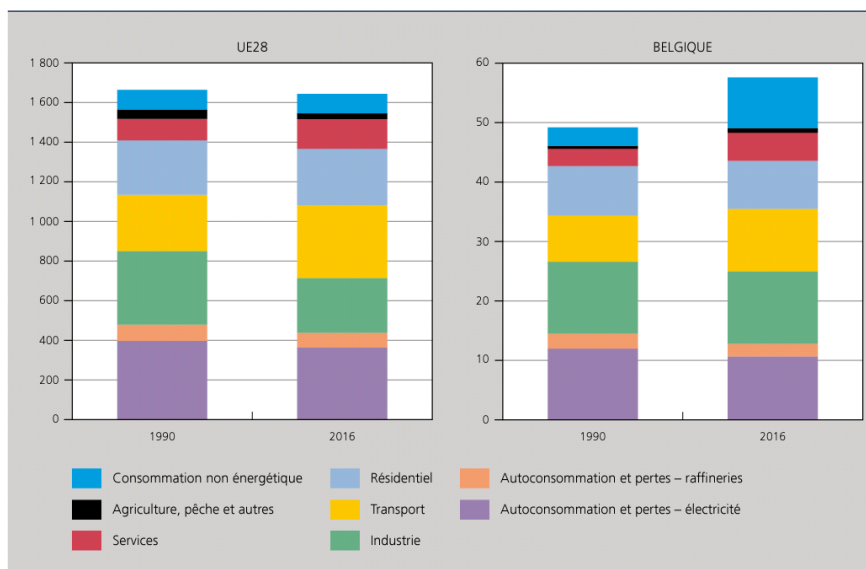
⁶⁶ La consommation intérieure brute désigne la quantité d'énergie utilisée par les agents économiques d'un pays donné. Le terme « consommation finale d'énergie » se réfère, quant à elle, à la quantité d'énergies dites « utilisables » (électricité, produits pétroliers raffinés) consommées par ces acteurs. Les énergies utilisables étant les énergies obtenues suite à la transformation des sources d'énergie primaire, à savoir : le pétrole, les combustibles

Le secteur des transports aussi bien professionnels que privés a vu sa consommation intérieure brute d'énergie augmenter de 35% entre 1990 et 2016 suite à l'accroissement de la demande tant en matière de transports routiers et aériens. Néanmoins, le transport maritime belge n'a pas participé à cette hausse car sa consommation d'énergie a, au contraire, diminué.

Les secteurs industriels belges ont, quant à eux, enregistré une baisse de 1% de sa consommation intérieure brute d'énergie (utilisation non énergétique non prise en compte). Cependant, son évolution n'est pas homogène d'un secteur à l'autre : l'industrie de l'acier a, par exemple, connu une forte augmentation de consommation énergétique, mais cela est contrebalancé par la diminution assez comparable de la consommation de l'industrie chimique et pétrochimique. L'industrie agro-alimentaire et les producteurs de bois et de papier, qui sont pourtant énergivores, ont aussi affiché une baisse de consommation intérieure brute d'énergie.

Enfin, en dépit de ces diminutions, la consommation d'énergie par l'industrie productrice d'électricité, de gaz et de chaleur belge et les pertes qu'elle enregistre durant l'activité de production et le transport équivaut à 19% de la consommation d'énergie primaire durant l'année 2016.

Figure 6: Comparatif de la répartition par branche d'activité industrielle de la consommation intérieure brute d'énergie de 1990 et 2016 de l'Union européenne et de la Belgique
Unité : en millions de tonnes équivalent pétrole

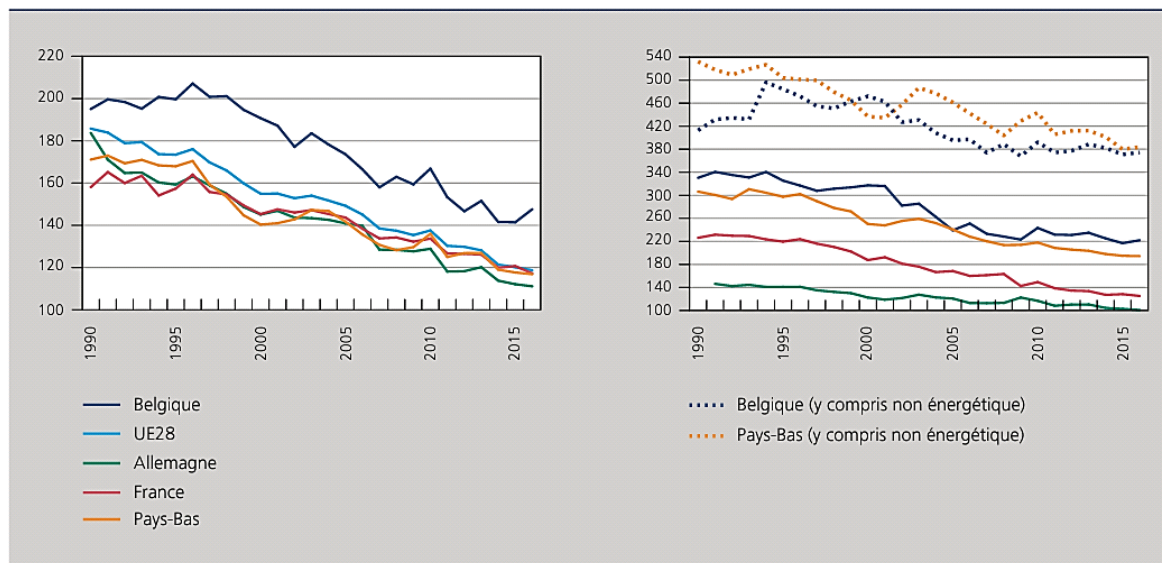


Source : Eurostat.

solides, l'énergie nucléaire et le gaz. La différence entre énergie primaire et énergie utilisable réside dans les activités de transformation et de transport qui sont aussi consommatrices d'énergie (c'est ce que l'on appelle l'autoconsommation) et qui occasionnent également des pertes. L'énergie disponible utilisée par les ménages et les entreprises (qui les consommateurs finaux) se répartit en deux : une partie est utilisée à des fins énergétique et une autre à des fins non énergétiques (c'est-à-dire utilisée comme matières premières pour produire autre chose).

Comme nous l'avons indiqué, l'évolution de la consommation belge d'énergie contraste, d'un point de vue global, avec celle de l'Union européenne. La consommation finale d'énergie de la Belgique s'est considérablement accrue de 1990 à 2016, due à la hausse de l'investissement et de la consommation dans les activités industrielles énergivores incluant les usages à des fins non énergétiques. Durant l'année 2016, les usages non énergétiques représentent 19% de la consommation finale belge d'énergie tandis qu'ils concernent seulement 9% de la consommation finale allemande et 8% de la consommation finale française. Les Pays-Bas sont les seuls à avoir enregistré une consommation finale à des fins non énergétiques plus importante que la Belgique durant cette période, représentant environ 21% de sa consommation finale totale. L'évolution de l'intensité énergétique diffère d'un pays européen à l'autre surtout au niveau des industries manufacturières.

Figure 7 : Évolution de l'intensité énergétique entre 1990 et 2016 en Belgique, aux Pays-Bas, en Allemagne et en France au niveau de l'industrie manufacturière⁶⁷ et pour l'ensemble de l'économie⁶⁸
Unité : en tonnes équivalent pétrole par million d'euros de produit intérieur brut et de valeur ajoutée



Source: Eurostat.

La diminution de l'intensité énergétique au niveau des industries manufacturières dissimule, cependant, des écarts de niveau et de progression entre les industries, en considération des processus de production adoptés et de leur capacité d'amélioration en termes d'efficacité énergétique.

⁶⁷ Consommation finale des industries manufacturières par unité de valeur ajoutée en euros chaînés en prenant comme référence l'année 2010.

⁶⁸ Consommation intérieure brute d'énergie par unité de Produit intérieur brut en euros chaînés en prenant comme référence l'année 2010.

Contrairement à l'évolution des intensités énergétiques des industries manufacturières dans les autres pays européens, celle de la Belgique affiche une tendance à la hausse dans plusieurs filières industrielles comme le textile et la production de cuir, l'agro-alimentaire, la filière bois et la production d'articles en papier. Les manufactures œuvrant dans la production de ciment sont de grandes consommatrices d'énergie⁶⁹. L'intensité énergétique de l'industrie chimique belge est stable et elle est moins conséquente en comparaison à celle des Pays-Bas.

Toutefois, La Belgique constitue un effet de structure, compte tenu du fait que ses industries sont davantage spécialisées dans des domaines d'activité énergivores par rapport à celles des pays voisins. Ainsi, la part des industries chimique et pétrochimique, métallurgique et de production de ciments représente, en termes de valeur ajoutée, 27%, tandis que celle des Pays-Bas correspond à 18 % et celles de l'Allemagne et de la France sont de 14 %.

Néanmoins, il est important de constater que l'industrie manufacturière belge est plus énergivore que celle de ces principaux voisins. Cela peut être dû à un choix de positionnement de l'industrie belge dans les filières les plus consommatrices d'énergie des chaînes de valeur européennes, ou à un retard dans l'adoption de technologies à faible consommation énergétique.

Tableau 3 : Intensité énergétique des branches manufacturières (nace rév. 2) en Belgique, en Allemagne, en France et aux Pays-Bas, en 2000 et en 2015

Unité : en tonnes équivalent pétrole par millier d'euros de valeur ajoutée

	Belgique		Allemagne		France		Pays-Bas	
	2000	2015	2000	2015	2000	2015	2000	2015
Industrie manufacturière	0,32	0,22	0,12	0,10	0,19	0,13	0,25	0,19
<i>Industrie manufacturière (y compris usages non énergétiques)</i>	0,47	0,37	0,18	0,14	0,27	0,19	0,44	0,38
dont:								
Industries alimentaires, boissons et tabac ...	0,15	0,17	0,10	0,10	0,14	0,12	0,18	0,15
Textiles, habillement, cuir	0,12	0,15	0,10	0,08	0,23	0,06	0,15	0,08
Articles en bois, papier et imprimerie	0,24	0,34	0,20	0,30	0,43	0,24	0,22	0,16
Chimie, pétrochimie et industrie pharmaceutique	0,29	0,31	0,21	0,23	0,28	0,14	0,92	0,65
<i>Chimie (y compris usages non énergétiques)</i>	0,89	0,88	0,61	0,49	0,82	0,48	2,34	1,89
Autres produits minéraux non métalliques ..	0,57	0,57	0,43	0,43	0,45	0,44	0,38	0,35
Métallurgie	1,57	0,36	0,79	0,78	1,35	1,10	2,17	1,51
Matériels de transport	0,05	0,08	0,04	0,02	0,07	0,05	0,04	0,02
<i>p.m. Part des branches les plus intensives en énergie⁽¹⁾ dans la valeur ajoutée de l'industrie manufacturière</i>	0,28	0,27	0,16	0,14	0,14	0,14	0,17	0,18

Sources: Eurostat, EU-KLEMS.

(1) Chimie et pétrochimie, métallurgie et autres produits minéraux non métalliques.

⁶⁹ Après l'industrie chimique et pétrochimique si l'on prend en compte les usages non énergétiques.

Dhyne et Duprez constatent que, par rapport à l'Allemagne, la France et le Pays-Bas, la Belgique a davantage investi dans des secteurs d'activité se situant en amont des chaînes de valeur globales. Or, ces secteurs sont généralement celles qui utilisent le plus d'énergies fossiles⁷⁰.

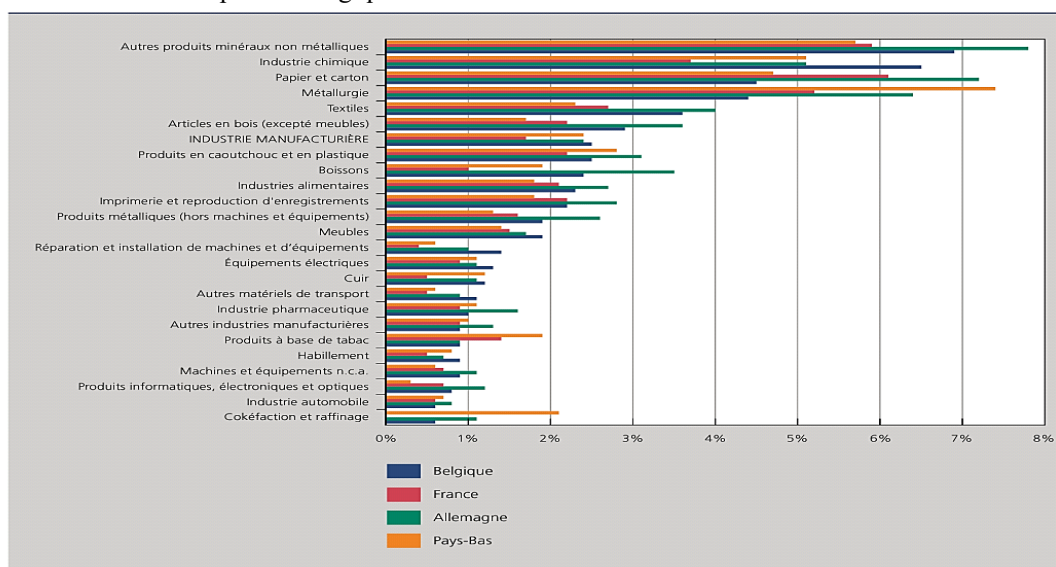
4.2. La réduction des dépenses énergétiques, une nécessité

Dans certains secteurs d'activités et pour certaines entreprises, les dépenses énergétiques représentent, à l'instar d'autres postes de dépenses, un élément majeur de compétitivité. Eurostat met en exergue l'importance de ces dépenses pour les entreprises issues de différentes filières industrielles⁷¹.

Il semble que, sur la période 2008-2015, les dépenses en énergie correspondent en moyenne à 2,5% des coûts salariaux des industries manufacturières et des dépenses belges en matière de biens et services, ce qui avoisine le niveau des dépenses énergétiques allemandes et néerlandaises (2,4%), mais reste supérieur au niveau français (1,7%).

Figure 8 : Les dépenses énergétiques des différentes branches d'activité de l'industrie manufacturière belge

Unité : en pourcentage des coûts des biens et des services et des coûts salariaux, moyenne 2008-2015, classement par ordre décroissant pour la Belgique



Source : Eurostat.

Source : Eurostat cité par SWARTENBROEKX C. (2018). *Op. cit.*

⁷⁰ DHYNE E. et DUPREZ C. (2015), « *La crise a-t-elle modifié l'ADN de l'économie belge ?* », BNB, Revue économique, septembre, pp. 31-43.

⁷¹ En se basant sur la Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne (code NACE Rév. 2 à 2 et à 3 positions

En Belgique, l'industrie chimique enregistre un niveau de dépenses nettement supérieur à la moyenne précédemment indiquée, bien qu'elle génère 14% de la valeur ajoutée de l'ensemble de l'industrie manufacturière et favorise 9% de l'emploi dans la totalité du secteur. Les industries textiles, de production de ciment et d'articles en bois affichent également la même tendance.

Pour aboutir à un constat plus affiné, il convient de considérer trois types de profils d'industrie suivant le niveau moyen de leurs dépenses en énergie : le premier profil regroupe les industries accusant un niveau de dépenses supérieur à 10% et pour lesquelles la gestion de la consommation énergétique représente un enjeu déterminant de la compétitivité ; le deuxième profil correspond aux industries affichant un niveau moyen de dépenses énergétiques compris entre 5% et 10% et pour lesquelles une amélioration de l'efficacité énergétique pourrait être un véritable levier de compétitivité ; le troisième profil représente les industries enregistrant un niveau moyen de dépenses de moins de 5% et pour lesquelles la gestion de la consommation d'énergie ne représente pas un enjeu majeur.

D'après les informations microéconomiques, 15% des entreprises belges ont un niveau moyen de dépenses énergétiques supérieur à 5% et plus de 30% ont un niveau dépassant les 10%. Toutefois, le nombre d'entreprises enregistrant de tels niveaux de dépenses a diminué au cours de la période 2008-2015.

En Belgique, les industries⁷² qui ont un niveau moyen de dépenses énergétiques supérieur à 5% s'arrogent 17% de la valeur ajoutée et génèrent environ 13% de la totalité de l'emploi dans le domaine de l'industrie manufacturière. La contribution de ces industries belges en termes de valeur ajoutée et d'emploi est la plus élevée d'Europe.

Les industries qui consacrent plus de 10% de leurs dépenses à la consommation énergétique génèrent 1% de la valeur ajoutée et de l'emploi dans le domaine de l'industrie manufacturière en Belgique. A titre de comparaison, les industries allemandes appartenant à ce profil génèrent 3% de la valeur ajoutée et de l'emploi dans la totalité de ce secteur.

⁷² NACE à 3 positions.

Tableau 4 : Les parts des industries (1) dont les dépenses énergétiques dépassent 5% des dépenses en matière de coûts salariaux et en biens et services, dans la valeur ajoutée et dans l'emploi (moyenne 2008-2015)

Unité : en pourcentage.

	Belgique		Allemagne		France		Pays-Bas ⁽²⁾	
	Valeur ajoutée	Emploi ETP	Valeur ajoutée	Emploi ETP	Valeur ajoutée	Emploi ETP	Valeur ajoutée	Emploi ETP
10 % > Part des dépenses énergétiques ≥ 5 % ..	15,9	12,4	6,7	4,8	7,5	6,5	11,7	7,0
Part des dépenses énergétiques ≥ 10 %	1,1	0,9	3,4	3,2	1,4	1,1	2,3	2,7

Source: Eurostat.

(1) Le critère retenu étant l'importance relative des dépenses énergétiques, les branches considérées (au niveau de la NACE Rév. 2 à 3 positions) peuvent varier selon les pays.

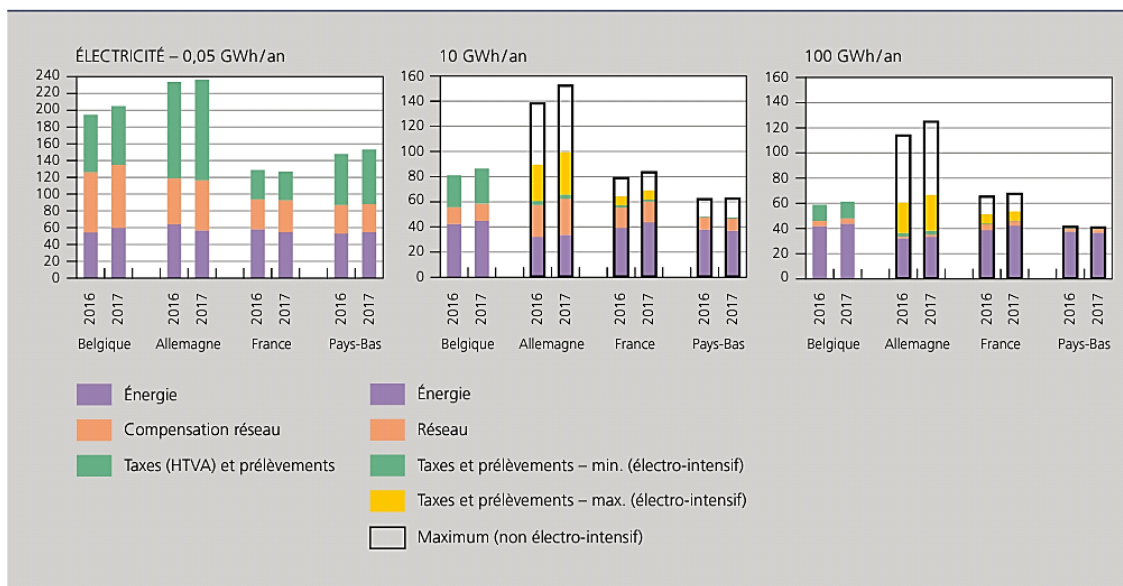
(2) Pour les Pays-Bas, il s'agit de valeurs minimales dans la mesure où les données ne sont pas disponibles pour plusieurs branches à ce niveau de détail.

4.3. Les prix de l'énergie, un facteur crucial de compétitivité pour les entreprises

Si les mesures d'efficacité énergétique permettent aux entreprises d'améliorer leur consommation en énergie, l'importance des dépenses engagées en la matière dépend en partie de l'évolution des prix pratiqués. Certaines industries sont particulièrement sensibles aux fluctuations des prix de l'énergie en Europe et en Belgique.

En matière d'électricité, par exemple, des écarts significatifs sont constatés entre les prix pratiqués en Belgique et ceux pratiqués par ses pays voisins. En plus des prix de l'énergie même, les taxes et les différents types de prélèvements ainsi que les prix de réseau entrent également en jeu et influent sur les prix d'achat de l'énergie. Les prix pratiqués à trois niveaux de consommation annuelle ont été analysés : le premier niveau est de 0,05 gigawattheures (GWh) soit 50 000 kilowattheures (KWh), c'est la consommation annuelle des petites entreprises ; le deuxième niveau correspond à 10 GWh et le dernier niveau à 100 GWh.

Figure 9 : Prix de l'électricité facturés aux petites entreprises et aux industriels en 2016 et en 2017, suivant leur niveau de consommation
Unité : en euro par Mégawattheure (EUR/MWh)



Sources : CREG et PwC (2017)⁽¹⁾.

(1) Les données concernant les petits consommateurs professionnels fournies par la CREG (consommation annuelle d'électricité de 0,05 GWh et de gaz de 0,1 GWh) se basent sur une sélection représentative de produits tels qu'ils sont facturés au client final. Il s'agit d'une moyenne pondérée des prix de l'énergie issus de l'offre standard du fournisseur par défaut dans une région donnée, de la meilleure offre dans la même région que celle de ce fournisseur et d'une offre concurrente du deuxième fournisseur sur le marché. Pour une comparaison objective entre pays, chaque sous-composante des prix de l'électricité et du gaz naturel est, le cas échéant, corrigée pour exclure, par exemple, les coûts de l'énergie renouvelable inclus dans le prix du fournisseur ou les coûts des obligations de service public imputés aux gestionnaires de réseau, et les attribuer aux surcharges.

Les prix tarifés aux plus gros consommateurs industriels ont été relevés en janvier de chaque année. Les prix de la commodity résultent d'une combinaison identique entre les pays de différents prix de marché (à diverses échéances) sur les places de marché des différents pays et, dans le cas de la France, en tenant aussi compte du prix régulé.

Les petites entreprises paient leurs factures d'électricité à des prix inférieurs à 5% par rapport aux consommateurs résidentiels. Les différences des prix de l'énergie facturés à ces entreprises à niveau de consommation réduite (pas plus de 0,05GWh) diffèrent d'un pays européen à l'autre. Si les tarifs appliqués à l'énergie en tant que telle ne présentent pas de grandes différences entre les pays, les écarts se creusent après l'application des taxes et des prélèvements : les petites entreprises allemandes sont fortement taxées (et il en est de même pour les consommateurs résidentiels), afin qu'elles contribuent au financement des politiques de soutien au développement des sources d'énergies renouvelables du pays. En Belgique, c'est la compensation réseau qui accroît de façon significative le niveau des prix, en comparaison à sa contribution dans les pays voisins.

En ce qui concerne les industries les plus consommatrices d'énergie, le coût de l'énergie en tant que telle ne présente pas non plus de différences significatives entre les pays européens. Néanmoins, il constitue un élément de compétitivité pour les pays. Les consommateurs allemands et néerlandais sont ceux qui bénéficient des prix de marché les plus

avantageux. D'importants écarts sont observés entre les pays au niveau des coûts de transport, l'Allemagne étant celui qui pratique les prix les plus élevés.

On constate, cependant, que les coûts des différents composants de l'énergie baissent considérablement à mesure que la consommation augmente : les gros consommateurs allemands d'électricité (notamment ceux considérés comme électro-intensifs⁷³) bénéficient de réductions de tarifs leur permettant d'améliorer leur niveau de compétitivité. Les prélèvements appliqués sont également de nature dégressive, ce qui réduit la charge fiscale des entreprises à mesure que leur consommation augmente. Les industriels reconnus comme électro-intensifs des autres pays paient l'électricité aux mêmes tarifs et ce, bien en-deçà des prix pratiqués en Belgique.

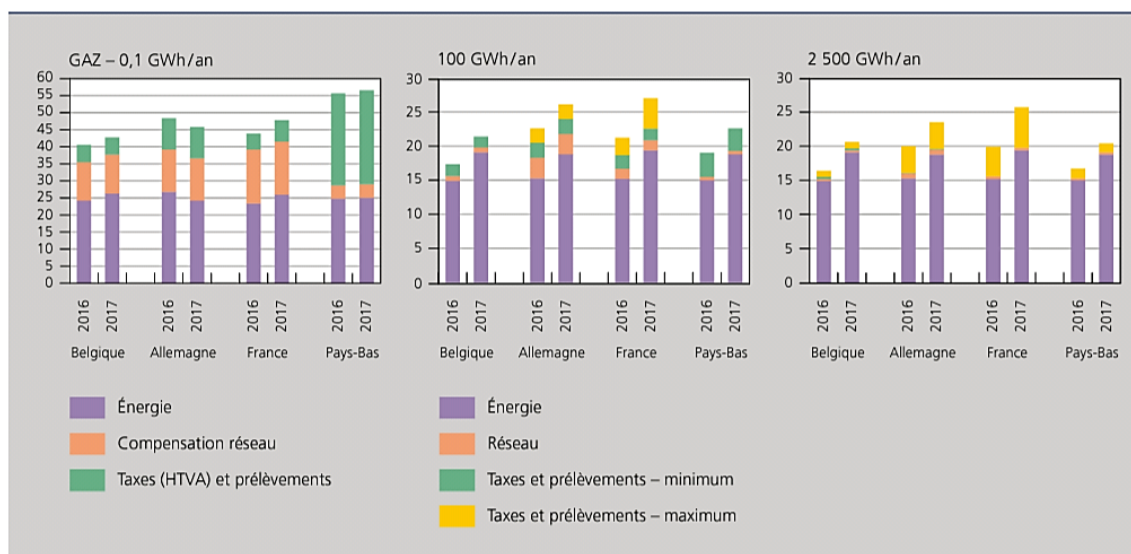
En Allemagne comme en France et aux Pays-Bas, être reconnu électro-intensif permet aux entreprises de bénéficier d'une réduction ou d'une exemption de prélèvements en matière fiscale. Plus le consommateur est déclaré électro-intensif, plus la réduction est conséquente. En Belgique, la compétitivité des entreprises ne repose que sur le seul niveau de consommation (moins de 0,05GWh, 10GWh, 100GWh) et le composant réseau.

En matière de coûts du gaz, trois niveaux de consommation ont été analysés : le premier correspond à une consommation annuelle des petits professionnels équivalant à 0,1 GWh ; le deuxième niveau représente la consommation annuelle des industriels qui correspondent à 100 GWh ; le troisième niveau reflète la consommation des industries les plus intensives équivalant à 2 500 GWh par an. Ce dernier niveau inclut les entreprises qui utilisent le gaz comme matière première.

Le prix du gaz est en grande partie constitué du coût de la molécule. Dans la catégorie des entreprises ne consommant pas plus de 0,1 GWh, ce sont les néerlandais qui paient la facture la plus élevée en matière de gaz, bien que leur coût de compensation réseau soit le plus bas. Les prélèvements et taxes pratiqués par l'administration néerlandaise sont également les plus élevés, cette lourde imposition a pour but de favoriser les économies d'énergie et de limiter les émissions de carbone.

⁷³ Un consommateur est considéré comme électro-intensif lorsque sa consommation d'électricité constitue dépenses très importantes.

Figure 10 : Prix du gaz facturés aux petites entreprises et les industriels en 2016 et en 2017, suivant leur niveau de consommation
Unité : en euro par Mégawattheure (EUR/MWh)



Sources : CREG et PwC (2017)

Source: CREG and PwC (2017), “A European comparison of electricity and gas prices for large industrial consumers”.

En ce qui concerne les industriels, les coûts de la molécule sont quasiment identiques pour tous les pays du fait de la convergence des prix du marché. Dans ce contexte, la compétitivité des entreprises de chaque pays ne repose pas sur les écarts des prix de la molécule mais sur les taxes et les prélèvements ainsi que sur le composant réseau. Corollairement, les entreprises belges ayant une consommation annuelle de 100 GWh bénéficient de tarifs les plus avantageux, qui sont d’autant plus appuyés par des coûts de transport plus faibles, et ce en dépit du fait que les entreprises allemandes et françaises profitent de réductions attribuées sur la base de critères économiques, tels que l’intégration dans un marché du carbone.

Pour les plus grands consommateurs de gaz (notamment ceux qui consomment 2 500 GWh par an), tous les pays s’accordent à leur octroyer des exemptions de prélèvements et de taxes en fonction du volume qui leur est facturé. La Belgique est le pays qui applique les prélèvements et taxes les plus bas parmi ces voisins tandis que l’Allemagne et la France pratiquent l’imposition la plus élevée. Des exemptions supplémentaires sont accordées, dans tous les pays, aux entreprises qui exploitent le gaz comme matière première, ce qui a pour effet de réduire significativement le montant des prélèvements et taxes payés par ces dernières. Cependant, dans ce cadre, les charges fiscales acquittées par les entreprises sont plus importantes en Belgique que dans les autres pays de l’Europe.

5. LES OPPORTUNITES DE CROISSANCE OFFERTES PAR LA TRANSITION ENERGETIQUE

D'après l'étude d'impacts macroéconomiques, la réalisation des objectifs fixés par l'Union européenne à l'horizon 2020 et 2030 nécessitera un investissement annuel 380 milliards d'euros⁷⁴. Cet investissement s'effectue notamment dans les domaines de l'amélioration de l'efficacité énergétique, le développement et la démocratisation des sources d'énergies renouvelables, l'adoption de nouveaux équipements et la mise en place de nouvelles infrastructures. En adhérant à ces objectifs et en participant à la réalisation de ces visions, les entreprises peuvent accéder à de nouvelles opportunités de croissance.

5.1. Émergence de nouvelles demandes

Pour les entreprises, la participation à la concrétisation des objectifs fixés passe par l'adaptation des équipements et des procédés, en particulier si ceux-ci sont énergivores. Dans cette perspective, la directive Ecodesign 2009/125/CE fixe des exigences d'efficacité énergétique minimale qui s'applique à 25 catégories d'équipements et produits consommateurs d'énergie, telles que les moteurs électriques, les pompes ou circulateurs hydrauliques et les équipements de ventilation. Par ailleurs, pour que les entreprises se conforment aux exigences de cette directive, l'offre d'équipements et de produits doit être standardisée et innovée.

La politique d'efficacité énergétique comporte un large volet qui détaille les différentes façons d'améliorer la performance énergétique des bâtiments à travers la directive 2010/31/UE expliquant le rôle des fournisseurs de matériaux de construction et d'installations consommatrices d'énergie, telles que l'éclairage, les climatiseurs et les chaudières, et celui de l'industrie de la construction.

Le Bureau fédéral du plan aborde, de façon indirecte, dans les comptes économiques de l'environnement, la portée des activités liées à la transition énergétique vers l'adoption d'un système bas carbone, sur l'économie. Ces comptes évaluent les répercussions des activités humaines sur l'environnement, autrement dit, celles qui visent principalement la réduction ou la suppression des pressions sur l'environnement et l'exploitation des ressources naturelles de

⁷⁴ EC (2016), *Op. cit.*

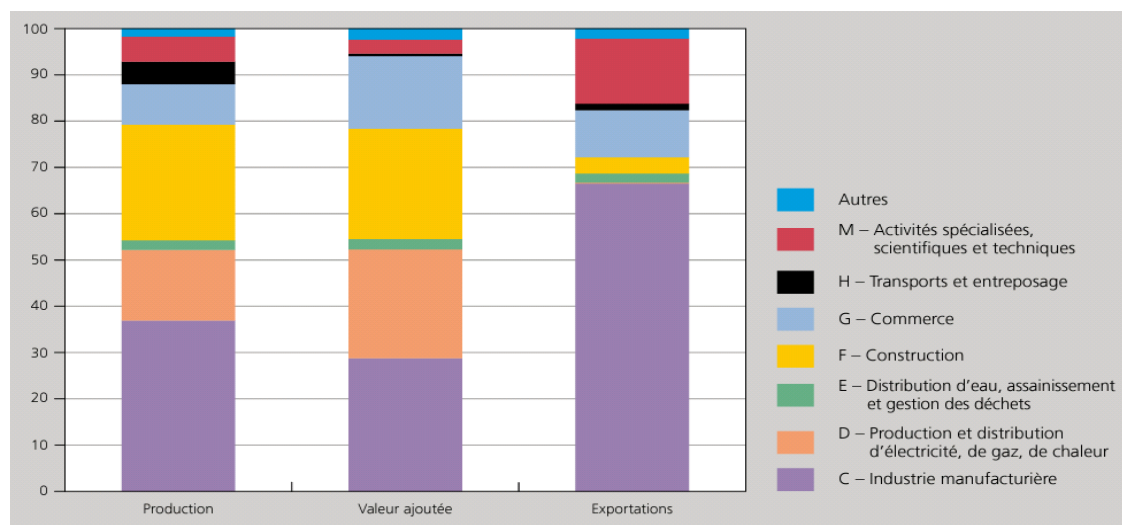
manière plus efficace. Lesdites activités concernent, d'une part, celles menées dans le cadre de la préservation de l'environnement et, d'autre part, celles relatives à la gestion des ressources naturelles, dont les ressources énergétiques. Leur gestion concerne notamment les économies d'énergie et de chaleur (par le développement des matériaux d'isolation thermique), le management de la production d'énergie renouvelable et les activités ayant pour but de réduire l'utilisation des combustibles fossiles comme matières premières.

Dans ce cadre, les entreprises engagées dans le management des ressources énergétiques y ont participé à hauteur de 0,4% de la valeur ajoutée brute générée par les activités marchandes. La production marchande de ces entreprises contribue à concurrence de 0,6% de la production totale de la Belgique. Ces entreprises engagées ont aussi généré près de 1,6 milliard d'euros dans les activités d'exportation, ce qui correspond à 0,5% de l'ensemble des exportations du pays. Ces exportateurs sont essentiellement issus de l'industrie manufacturière, qu'ils opèrent dans le domaine des économies d'énergie, de la production d'énergie renouvelable ou des activités ayant pour but de réduire le recours aux combustibles fossiles comme matières premières.

L'industrie de la construction contribue, quant à elle, au quart de la production et de la valeur ajoutée générées par les activités de déploiement des sources d'énergie renouvelables et d'économies d'énergie.

Figure 11 : Répartition par domaine d'activité des biens et services environnementaux en rapport avec le management des ressources énergétiques en termes de production, de valeur ajoutée et d'exportations (période 2014-2015)

Unité : en pourcentage



Source : BFP (2017), « Comptes du secteur des biens et services environnementaux 2014-2015 ».

La commercialisation de produits dotés de technologies bas carbone sur le marché international représente aussi une opportunité de croissance durable⁷⁵ pour les entreprises. L'étude réalisée pour la Commission européenne⁷⁶ conclut que les exportations de produits dotés de technologies bas carbone ont doublé de valeur au niveau de l'Union européenne : en effet, si de 2000 à 2003, les exportations cumulées étaient de 34 milliards d'euros, elles étaient de 71 milliards d'euros sur la période 2012-2015. Ces dernières concernent essentiellement les filières de la production de chaleur et d'énergie éolienne ainsi que le stockage d'énergie.

Les importations de ces produits au niveau européen, ont, quant à elles, plus que triplé en comparaison à la période 2000-2003 (elles se chiffraient à l'époque à 26 milliards d'euros cumulés) et la période 2008-2011 (93 milliards d'euros cumulés). Elles s'établissent à 60 milliards d'euros durant la période 2012-2015. Cette hausse est directement attribuable à l'explosion de la demande d'équipements photovoltaïques importés qui a, par ailleurs, engendré un solde net négatif d'environ 62 milliards d'euros pour l'Union européenne entre 2008 et 2011. Il importe d'indiquer que la valeur totale des échanges entre les pays membres de l'Union européenne sur les produits bas carbone est plus importante que celle des échanges des pays membres avec les pays extérieurs.

La Belgique a toujours accusé un solde extérieur net négatif sur ces échanges durant la période sous revue, mais il a néanmoins considérablement diminué entre 2008 et 2011. De son côté, la France a toujours dégagé un solde extérieur positif imputable aux échanges d'équipements de production de chaleur, de gaz et de charbon propre. Entre 2012 et 2015, les échanges de la France avec les membres de l'Union est resté largement inférieur à ceux d'avant la crise de 2008.

L'Allemagne a connu une évolution opposée à celle de la France car son solde extérieur net a fortement augmenté après la crise suite au développement favorable du commerce d'équipements liés à l'énergie éolienne⁷⁷, de la production de chaleur, du stockage d'énergie et des centrales de production de gaz et de charbon propre. Entre 2008 et 2011, l'économie allemande accuse un déficit de 6,1 milliards d'euros, dû à l'importation conséquente

⁷⁵ Ces technologies « bas carbone » ne couvrent pas uniquement les biens et services environnementaux, elles intègrent aussi les technologies développées dans le domaine de la production d'énergie nucléaire, de gaz et de charbon propre.

⁷⁶ PASIMENI F. (2017), "*EU energy technology trade. Import and export*", JRC science for policy report.

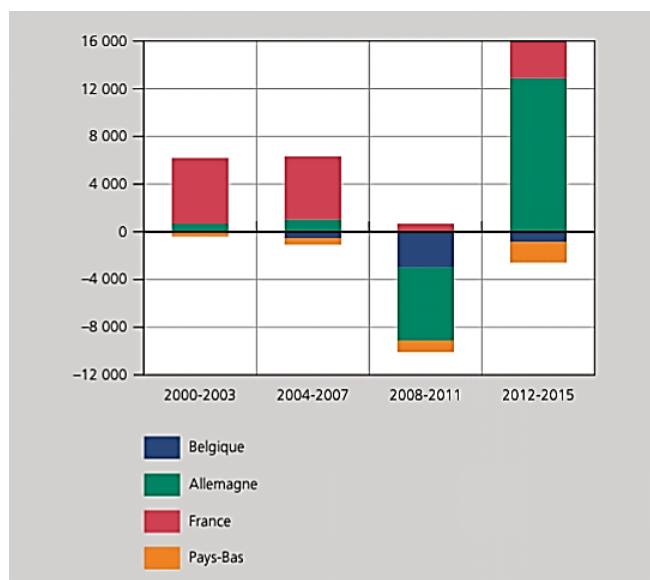
⁷⁷ Le solde extérieur net dégagé par le commerce de ces matériels est de 6,8 milliards d'euros.

d'équipements photovoltaïques d'une valeur nette de 20,5 milliards d'euros en provenance de la Chine.

Les Pays-Bas ont dégagé un solde extérieur net positif depuis l'année 2000 sur le commerce de produits bas carbone. Néanmoins, Leurs exportations d'équipements liés à l'isolation thermique ou liés à la production solaire thermique et aux biocarburants sont globalement excédentaires. Ils se positionnent, par ailleurs, comme concurrents majeurs de la Belgique dans les filières de l'isolation et des biocarburants.

Figure 12 : Évolution du solde extérieur net de la Belgique, l'Allemagne, la France et les Pays-Bas sur les échanges de produits dotés de technologies bas carbone (période 2000-2015)

Unité : en millions d'euros



Source : PASIMENI F. (2017), *Op. cit.*

Si le solde extérieur net de la Belgique issu des échanges de produits bas carbone est globalement déficitaire, son commerce avec les 28 pays membres de l'Union européenne a toujours été excédentaire en générant plus de 400 millions d'euros⁷⁸.

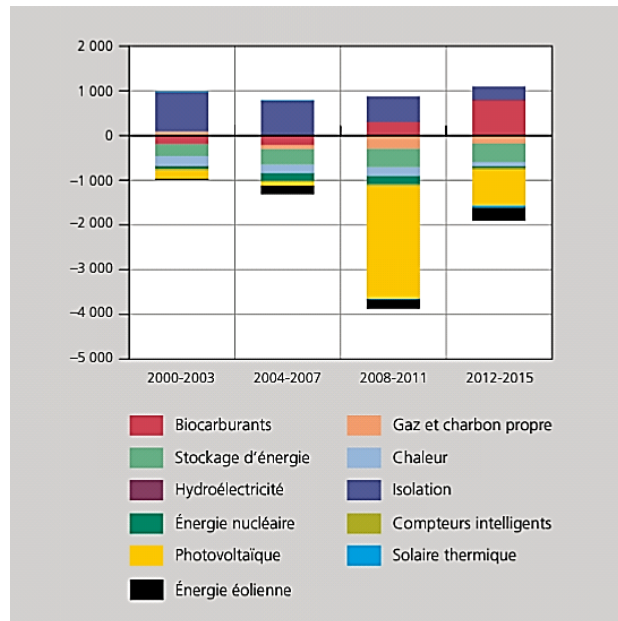
Les importations nettes d'équipements photovoltaïques en provenance de pays extérieurs à l'Union européenne ont aussi connu une importante hausse entre 2008 et 2011, se chiffrant à 3,25 milliards d'euros cumulés sur cette période. Les 730 millions d'euros d'exportations nettes vers les autres pays membres de l'Union ne couvrent que partiellement

⁷⁸ Cet excédent résulte de la nette augmentation de l'exportation de biens liés aux équipements photovoltaïques, aux biocarburants et de la diminution nette mais des équipements d'isolation.

ces importations. Ainsi, En Belgique comme en Allemagne, en France ou aux Pays-Bas, les importations nettes de produits bas carbone dans le domaine de l'énergie photovoltaïque, en provenance de pays hors Union européenne ont toujours été plus importantes que les exportations opérés au sein de l'Union⁷⁹.

Figure 13 : Exportations nettes de la Belgique en matière de produits dotés de technologies « bas carbone » (période 2000-2015)

Unité : en millions d'euros



Source : PASIMENI F. (2017), *Op. cit.*

5.2. Concentration accrue dans le domaine de la recherche et développement

Il est largement admis que la réussite et l'accélération de la transition énergétique requiert d'importantes innovations, et même des ruptures technologiques. L'innovation nécessite un fort soutien à la recherche et développement, à la protection de la propriété intellectuelle, à la formation des salariés et à l'instauration d'un environnement qui lui est propice.

Sans prendre en compte l'appui au financement de la recherche et développement, la mise en place d'infrastructures adaptées, pour garantir l'accessibilité de la grande majorité de la population aux solutions innovantes peut également accélérer la démocratisation de nouvelles technologies. De la sorte, les innovations dans le domaine des réseaux de télécommunication

⁷⁹ A l'exception des échanges de Pays-Bas entre 2000 et 2003.

peuvent venir compléter celles réalisées dans le domaine des réseaux électriques intelligents qui sont indispensables pour décentraliser la production et la consommation d'électricité et pour développer le concept d'électromobilité.

En 2013, l'Union européenne a dépensé 20 milliards d'euros en recherche et développement dans la filière énergétique⁸⁰, ce qui équivaut à 0,15% de son produit intérieur brut. 80% de ces investissements ont été déboursés par le secteur privé dont la contribution ne représentait, en 2007, que 35% de la totalité des dépenses. La contribution des entreprises françaises et allemandes s'estiment respectivement en 2013 à 13% et 36% de la totalité des dépenses, ce qui correspond à 0,17% et 0,29% de leurs produits intérieurs bruts respectifs. Depuis 2010, le secteur privé de ces deux économies focalise ses efforts dans la recherche pour le déploiement de l'électromobilité et le développement de batteries innovantes. Les Pays-Bas, de leur côté, investissent davantage dans la recherche de solutions d'efficacité énergétique pour les filières industrielles.

A la différence de la tendance de ses pays voisins au niveau européen, le secteur privé belge ne dépense pas plus que le secteur public. 52% des dépenses de ce secteur sont consacrées à la sécurité nucléaire, qui correspond à 28% de la totalité des dépenses. Le secteur privé belge alloue 22% de ses investissements dans la recherche et développement dans la filière énergétique, dans l'amélioration de l'efficacité énergétique des industriels, dont 15% dans la recherche et la production de sources d'énergie renouvelables. Ces investissements équivalent à 0,09% du produit intérieur brut du pays.

⁸⁰ Cela concerne les dépenses réalisées en recherche et développement dans le domaine de l'amélioration de l'efficacité énergétique, des énergies renouvelables, des réseaux et matériels intelligents, des systèmes énergétiques flexibles, des biocarburants, de sécurité nucléaire, de la capture et de l'isolement du gaz carbonique.

Tableau 5 : Évolution des dépenses de recherche et développement dans la filière énergétique des secteurs privé et public (période 2007-2010-2013⁽¹⁾)
Unité : milliards d’euros

	Secteur privé	Secteur public	Total
UE28 – 2007	11,000	2,600	13,600
UE28 – 2010	16,779	4,169	20,948
UE28 – 2013	15,962	4,240	20,202
dont:			
Belgique	0,159	0,190	0,349
Allemagne	7,351	0,808	8,159
France	2,582	1,084	3,666
Pays-Bas	0,846	0,185	1,031

(1) Il s’agit des énergies renouvelables, des systèmes intelligents, des systèmes améliorant l’efficacité, du transport durable, de la capture et du stockage du CO₂ et de la sécurité nucléaire.

Source: FIORINI A., GEORGAKAKI A., JIMENEZ NAVARRO J., MARMIER A., PASIMENI F. et TZIMAS E. (2017), “*Energy R&I financing and patenting trends in the EU*”, Country Dashboards 2017 Edition, JRC science for policy report.

Les politiques publiques en matière de recherche et développement doivent promouvoir l’innovation. Bien que les statistiques sur le nombre de brevets déposés permettent d’apprécier approximativement les avancées technologiques⁸¹, elles peuvent être utilisées comme des indicateurs de performance en matière d’innovation.

Les innovations réalisées dans les domaines des équipements et matériaux et dans la chimie, influent, par ailleurs, sur les technologies adoptées pour mener à bien la transition.

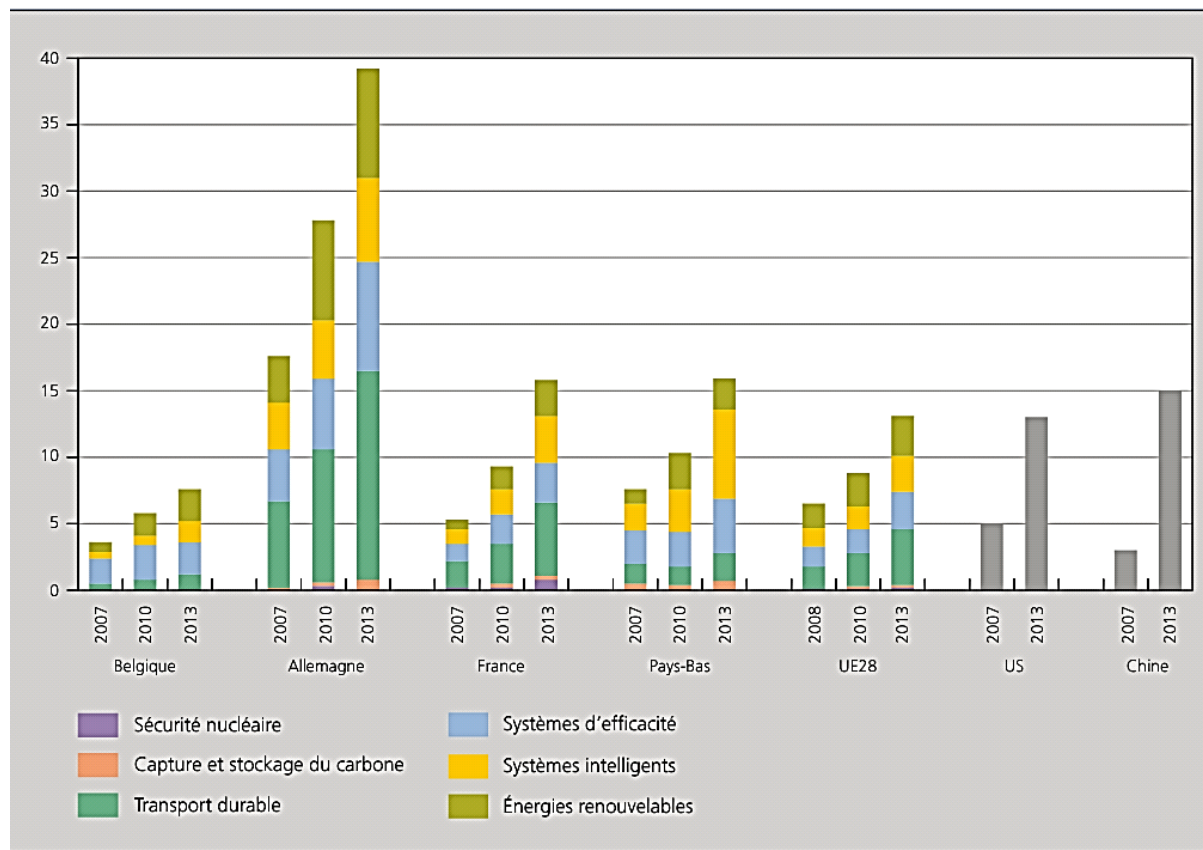
En 2013, le nombre de familles de brevets⁸² déposés par million d’habitants au sein de l’Union européenne était analogue à celui des États-Unis et de la Chine. Il convient, toutefois, de constater que le nombre de brevets déposés en Chine de 2007 à 2013 a quintuplé. Toujours durant l’année 2013, le Japon et la Corée du Sud ont respectivement enregistré 96 et 111 dépôts de brevets par million d’habitants. Sur les 6 600 brevets déposés au sein de l’Union européenne, 47% d’entre eux ont été fournis par des Allemands et 67% des brevets liés à l’électromobilité leur appartiennent. Le nombre de brevets déposés par des Belges augmente

⁸¹ Approximative face car toute invention n’est pas systématiquement brevetée et les possibilités de trouver une application industrielle au contenu d’un brevet sont très variables.

⁸² Les statistiques des brevets analysées concernent les familles de brevets « liés » protégeant un contenu d’ordre technique présentant des catachétiques identiques ou similaires.

légèrement, mais il reste inférieur à celui des pays voisins. Une bonne partie de ces brevets concernent les domaines des systèmes intelligents et des énergies renouvelables

Figure 14 : Nombre de brevets déposés dans les domaines relatifs à l'énergie
Unité : par million d'habitants



Source : FIORINI A., GEORGAKAKI A., JIMENEZ NAVARRO J., MARMIER A., PASIMENI F. et TZIMAS E. (2017), *Op. cit.*

L'enjeu consiste maintenant à trouver des applications plus abordables à ces innovations afin de mener à bien la transition, sans pour autant encourir des risques d'accroître la pression environnementale sur d'autres domaines où ces nouveaux équipements et technologies sont introduits. À l'évidence, les produits dotés de technologies allant dans le sens de la transition, plus précisément ceux utilisés pour la production d'énergie renouvelable⁸³, nécessitent l'exploitation de métaux rares. La possibilité de les recycler, qui fait souvent l'objet de discussion en raison de sa raréfaction, est néanmoins limitée : le recyclage de ces métaux est très difficile à cause de la complexité de leurs alliages, et c'est encore plus difficile quand il

⁸³ Comme les batteries, les aimants, la fibre optique, les catalyseurs, les superalliages, les céramiques, les verres spéciaux et les interfaces thermiques.

s'agit d'une exploitation à des fins dispersifs (utilisation des métaux comme additifs) ou lorsque la quantité utilisée est trop petite pour être récupérable. L'objectif de s'affranchir de la dépendance à l'égard de fournisseurs de combustibles fossiles risque de se transformer en une nouvelle forme de dépendance vis-à-vis de fournisseurs de minerais et autres matières rares.

5.3. La transition énergétique et écologique, une démarche génératrice d'emplois

L'évaluation des répercussions de la transition énergétique sur l'emploi est une entreprise difficile. Les statistiques relatives à l'emploi par secteur d'activité reposant sur la classification industrielle des entreprises, il est délicat d'apprécier ces secteurs en termes d'emplois directs. Néanmoins, en se basant sur les travaux du Bureau fédéral du Plan dans le cadre des comptes économiques de l'environnement, il est possible d'évaluer le nombre d'emplois directs généré par le secteur de l'énergie. D'après ces comptes, la gestion des ressources énergétiques a fourni 12 400 emplois directs équivalents temps plein entre 2014 et 2015, ce qui correspond à 0,4% de l'emploi marchand⁸⁴. Plus de la moitié de ces emplois sont liés au management et à l'économie d'énergie, près d'un tiers concernent les activités de production d'énergie renouvelables et 16% correspondent à des activités visant la réduction du recours aux combustibles fossiles comme matières premières. 33% de ces emplois sont, par ailleurs, liés à l'industrie de la construction, 26% sont présents dans le domaine de l'industrie manufacturière et 19% sont générés par le secteur commercial.

Cependant, force est de constater que les chaînes de valeurs relatives à l'essor de ces nouveaux domaines d'activité sont plus importantes que leur utilisation et qu'elles peuvent recouvrir la production et l'installation sur le site des équipements. A ce titre, 9 500 travailleurs ont été mobilisés en Belgique en 2016 par les filières liées aux énergies renouvelables, générant 1,95 milliards d'euros de chiffre d'affaires global. Les entreprises œuvrant dans les domaines des énergies éolienne et photovoltaïque ont généré le plus d'emplois, tout en parvenant à produire 890 millions d'euros de chiffre d'affaires cumulés. L'Allemagne et la France sont les plus générateurs d'emplois, mais c'est l'Italie qui prédomine dans le domaine des pompes à chaleur, talonnée de près par l'Espagne.

⁸⁴ BFP (2017), *Op. cit.*

Tableau 6 : Nombre d'emplois directs et indirects généré par filières œuvrant dans les énergies renouvelables et chiffre d'affaires produit par ceux-ci en 2016, en Belgique

Unité : Emplois en nombre et chiffre d'affaires en millions d'euros

	Emplois bruts directs et indirects ⁽¹⁾	Chiffre d'affaires ⁽¹⁾
Photovoltaïque	2 400	440
Éolien	2 300	450
Pompes à chaleur	1 500	280
Biomasse solide ⁽²⁾	1 000	260
Biocarburants ⁽²⁾	900	240
Biogaz ⁽²⁾	400	100
Petite hydroélectricité	400	80
Déchets urbains renouvelables	300	60
Solaire thermique	200	30
Géothermie	< 100	< 1
Total	9 500	1 950

(1) Les données en termes d'emploi et de chiffre d'affaires font référence à l'activité d'investissement principale de la chaîne logistique (fabrication, distribution et installation du matériel, exploitation et maintenance des installations).

(2) Les filières bioénergies (biocarburants, biomasse et biogaz) incluent les activités situées en amont, c'est-à-dire l'approvisionnement en combustibles au sein des filières agricole et sylvicole.

Source : EUROBSERV'ER (2018), « *État des énergies renouvelables en Europe* », Édition 2017.

Dans son étude sur les investissements dans les branches d'activité liées à l'énergie, l'International Energy Agency (IEA)⁸⁵ évalue le potentiel des différentes filières liées à la production de l'électricité, à créer de l'emploi direct et indirect en distinguant les emplois générés par la production d'équipements et matériaux, leur exploitation et leur maintenance.

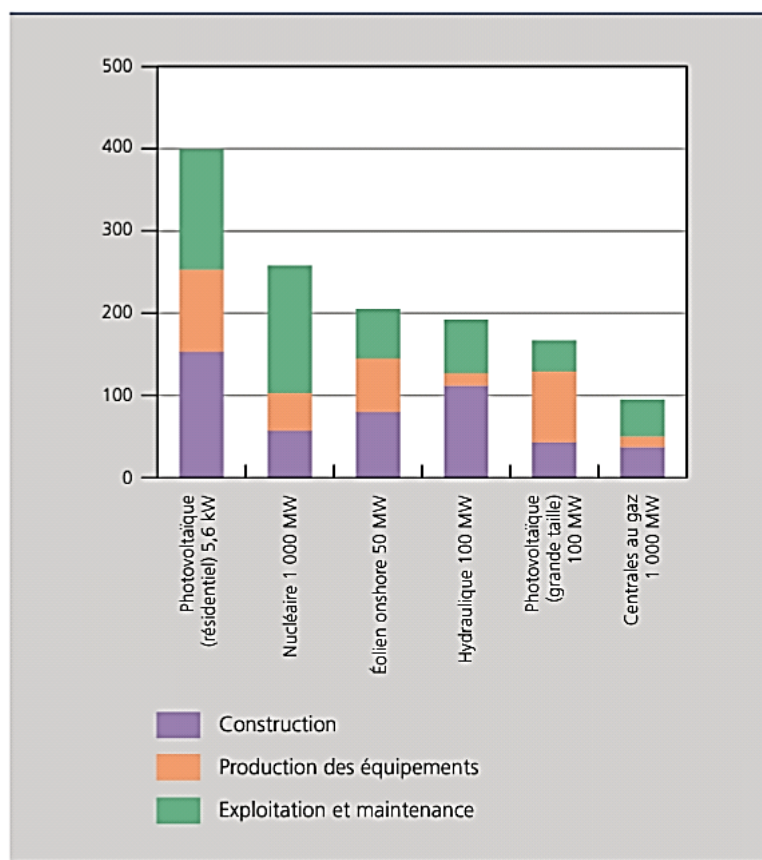
Le domaine photovoltaïque résidentiel est le plus générateur d'emplois : 400 emplois ont été créés par cette filière notamment en matière de mise en place d'installations à même de produire 1 térawattheure (TWh) par an. La capacité des fabricants d'équipements à créer de l'emploi dépend étroitement de la compétitivité des industries nationales à faire face à leurs concurrents étrangers. A noter que la phase de fabrication peut être délocalisée dans l'objectif de trouver de la main d'œuvre abordable.

Les centrales hydroélectriques génèrent davantage d'emplois durant sa phase de construction. En revanche, les centrales au gaz créent moins d'emplois au cours de cette phase, étant donné que leur mise en place est relativement prompte et rationalisable.

⁸⁵ IEA (2017a), *Op. cit.*

Figure 15 : Nombre d’emplois générés par la production de 1 térawattheure à partir de nouvelles installations (période 2016)

Unité : en nombre d’emplois/TWh/an⁽¹⁾/filière.



(1) Pour effectuer la comparaison par filière, les emplois cumulés sur le nombre d’années de fonctionnement ont été normalisés sur 25 ans pour le calcul de l’emploi par TWh de production annuelle d’électricité, en tenant compte des facteurs de charge respectifs^(*).

(*) Exemple : pour un parc éolien de 228 MW, on comptabilise 500 emplois en phase d’installation pendant cinq ans et 40 emplois en phase d’exploitation pendant 20 ans. Cela revient à 2500 + 800 emplois cumulés sur 25 ans ou, respectivement, 100 emplois par an en installation et 32 emplois par an en exploitation pour un parc de 228 MW.

Source: IEA (2017b), “World energy investment 2017”.

6. QUEL FINANCEMENT POUR LA TRANSITION ENERGETIQUE ET ECOLOGIQUE ?

6.1. Les banques toujours favorables aux énergies fossiles

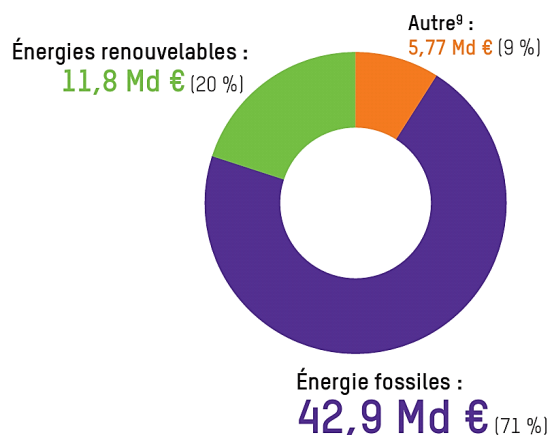
6.1.1. Constats

En 2016 et 2017, les deux années après la Conférence de Paris de 2015 sur les changements climatiques, les plus grandes banques françaises, à savoir : la BNP Paribas, la Société Générale, le Crédit Agricole, BCPE, le Crédit Mutuel et la Banque Postale ont investi 42,9 milliards d’euros dans le commerce d’énergies fossiles tandis que les projets sur les

énergies renouvelables n'ont eu de leur part que 11,8 milliards d'euros de financements⁸⁶. La tendance est la même en Belgique puisque les principales banques, à savoir KBC, ING, Belfius et encore la BNP Paribas Fortis ont injecté plus 40 milliards d'euros, entre 2014 et 2016, dans les énergies fossiles, dont 19,41 milliards consacrés au charbon, soit l'énergie la plus polluante de toutes⁸⁷. Les établissements bancaires soutiennent les projets liés au domaine de l'énergie en les finançant directement ou en soutenant financièrement les entreprises qui opèrent dans le secteur énergétique.

Au-delà de l'importance du financement en faveur des énergies fossiles, l'analyse de la répartition des financements bancaires des secteurs énergétiques montre très clairement que ces établissements accordent une place prépondérante à ces sources d'énergies polluantes, en comparaison aux énergies renouvelables. Ainsi, durant la période 2016-2017, les banques françaises et belges ont investi 71% de leurs ressources dédiées aux financements des filières énergétiques aux fossiles alors que les secteurs des énergies renouvelables n'ont reçu que 20% de leurs soutiens. De manière simple, lorsque les banques octroient 10 euros pour financer les filières énergétiques, 7 euros sont consacrés aux énergies fossiles et seulement 2 euros sont dédiés aux énergies renouvelables⁸⁸.

Figure 16 : Total des financements consacrés aux énergies fossiles, renouvelables et autres énergies par les banques françaises sur la période 2016-2017



Source : OXFAM France (2018), *Op. cit.*

⁸⁶ OXFAM France (2018), « *Banques françaises, les fossiles raflent la mise* », novembre, p. 5.

⁸⁷ WWF (2017), « *Les banques belges investissent encore plus de 40 milliards d'euros dans les énergies fossiles* », Information parue le 19 avril sur le site :

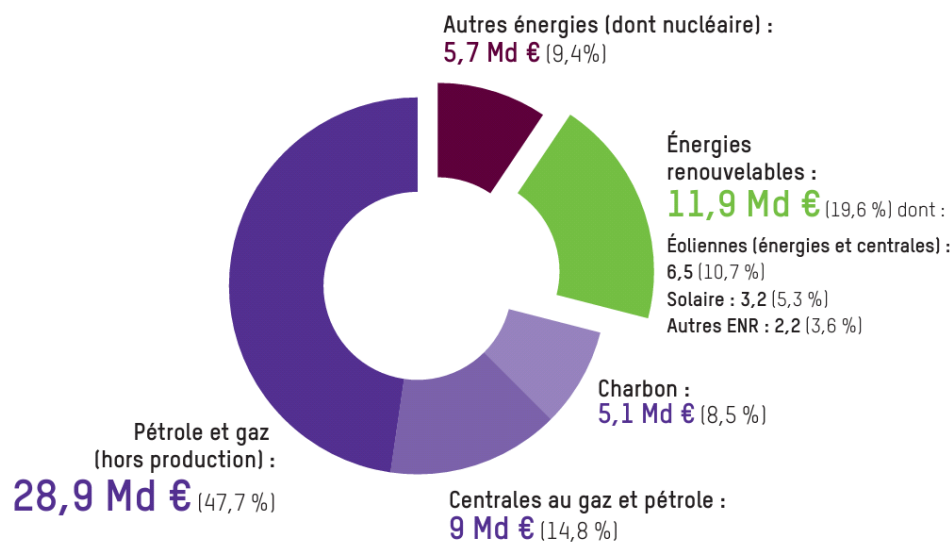
<https://wwf.be/fr/actualites/les-banques-belges-investissent-des-milliards-deuros-dans-les-energies-fossiles/>

⁸⁸ Le dernier euro est destiné aux financements d'autres sources d'énergie.

En France, BNP Paribas, le Crédit Agricole et la Société Générale ont, à elles seules, investi 36,9 milliards d'euros dans les énergies fossiles durant la période 2016-2017. Ce qui représente 86% des financements français des énergies fossiles. BNP Paribas domine largement le marché en fournissant 30% des financements en faveur de ces énergies polluantes, à noter que ceux-ci sont bien supérieurs à l'ensemble des soutiens accordés aux énergies renouvelables de tous les autres établissements bancaires analysés sur la même période.

BNP Paribas, la Société Générale et le Crédit agricole représentent également près de 79% des financements bancaires de la France en faveur des énergies renouvelables entre 2016-2017. Du fait de leur poids dans l'économie française et en considération de leur contribution au déploiement des énergies renouvelables, ces banques ont un rôle déterminant à jouer dans la conduite de la transition énergétique. Cependant, les capitaux investis dans ce domaine ne répondent pas, pour le moment, aux enjeux.

Figure 17 : Financement attribués par type d'énergie par les banques françaises entre 2016 et 2017



Source : OXFAM France (2018), *Op. cit*

En Belgique, KBC, BNP Paribas Fortis et ING ont investi au total plus de 33 milliards d'euros en faveur des entreprises exploitant des énergies fossiles, sous forme d'emprunts ou d'émissions d'actions et d'obligations (Cf. figure 16).

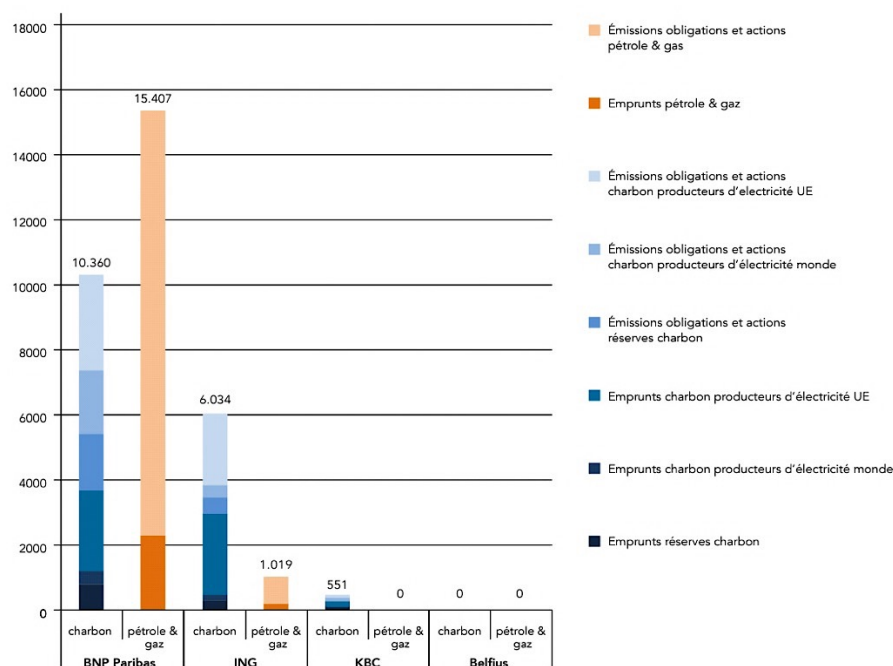
BNP Paribas Fortis finance à elle seule environ 77% des soutiens aux énergies fossiles au moyen d'emprunts ou d'émissions d'actions et d'obligations, soit près de 26

milliards d’euros. Pour sa part, la deuxième banque belge, ING, octroie 7,5 milliards de financements, ce qui correspond à près de 23% de totalité des soutiens en faveur des énergies polluantes.

Il convient de remarquer deux différences majeures : d’un côté, celle qui existe entre BNP Paribas Fortis et les autres établissements bancaires et d’un autre, celle qui existe entre les groupes bancaires internationaux et les établissements ayant leur siège en Belgique. La Banque KBC détient à son compte une faible part de 551 millions d’euros d’emprunts et d’obligations, tandis que Belfius n’octroie ni des financements par emprunts ni par émissions d’obligations ou d’actions. Cette position de Belfius trouve en partie explication dans le fait qu’elle se focalise davantage dans le soutien de l’économie belge. A titre de comparaison, BNP Paribas Fortis fournit 61% des financements des énergies fossiles, ING contribue à hauteur de 24%, KBC finance le secteur à concurrence de 8% et le financement de Belfius représente seulement 5%. Dans cette optique, BNP Paribas Fortis n’est pas seulement la banque la plus imposante, elle contribue aussi de manière plus conséquente aux financements du secteur que les autres établissements.

Figure 18 : Financements par emprunts et émissions d’actions et d’obligations par les quatre principales banques Belges

Unité : montants en millions d’euros



Source : VANAERSCHOT F., COALITION CLIMAT et FAIRFIN (2018), « Des banques zéro fossile pour lutter contre la bulle du carbone », p. 22.

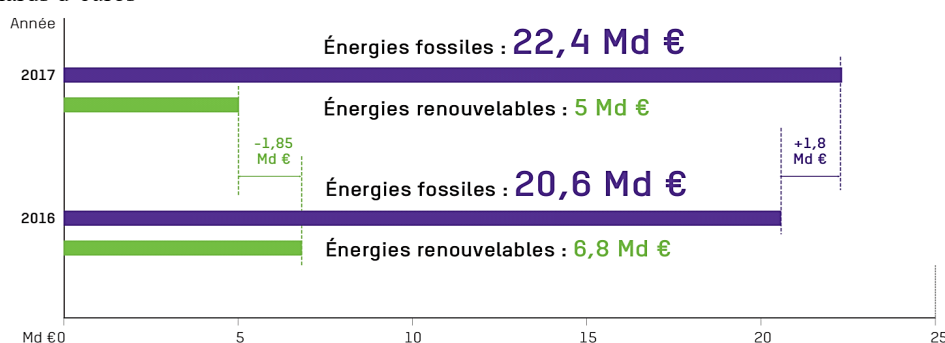
Enfin, le soutien aux énergies fossiles par les banques est problématique dans la mesure où cela a pour effet d'encourager les opérateurs économiques à investir davantage dans ces activités, alors même que les énergies renouvelables commencent à gagner en compétitivité. Elles sont même privilégiées sur certains marchés⁸⁹. En outre, la vulgarisation des énergies renouvelables est impérative afin de limiter le réchauffement climatique à 1,5° Celsius. En ce qui concerne le secteur de l'électricité, par exemple, les objectifs fixés à l'horizon 2050 comprennent l'augmentation de la part des énergies renouvelables à 85% pour maintenir le réchauffement climatique à un degré inférieur à 1,5° Celsius, ce qui est bien au-delà des 24% fixés pour le REF2016. Pour ce qui de l'utilisation du charbon, si aujourd'hui encore cette source d'énergie constitue 38% du mix électrique, son exploitation devra cesser d'ici 2050⁹⁰.

6.1.2. Des financements bancaires à rebours de la transition énergétique

D'après l'étude publiée en novembre 2018 par Oxfam France, la situation des financements bancaires dans le secteur énergétique est largement en défaveur de la transition énergétique. En effet, deux ans après l'Accord de Paris en 2015, les banques ont diminué les financements accordés aux énergies renouvelables : elles ont réduit de 1,85 milliard d'euros leurs soutiens à ces dernières en 2017 en comparaison à l'année précédente, alors qu'elles ont augmenté, durant la même période, leurs financements en faveur des filières fossiles d'une valeur presque identique (plus de 1,8 milliard d'euros).

Figure 19 : Évolution des financements du secteur de l'énergie par les banques françaises durant la période 2016-2017

Unité : en milliards d'euros



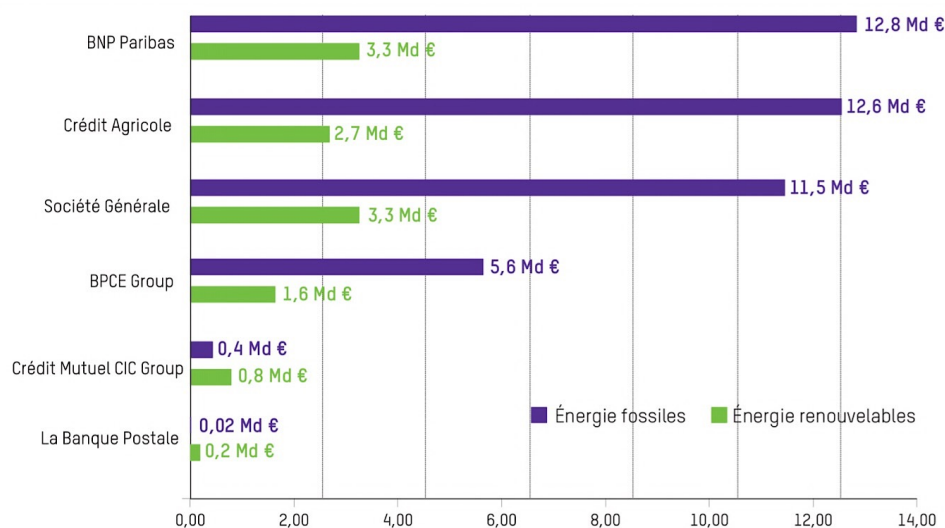
Source : OXFAM France (2018), *Op. cit.*, p. 7

⁸⁹ LES ECHOS (2017), « Les énergies vertes de plus en plus compétitives », Information parue le 25 janvier sur le site :

https://www.lesechos.fr/25/01/2017/lesechos.fr/0211725615873_les-energies-vertes-de-plus-en-plus-competitives.htm

⁹⁰ GROUPEMENT INTERGOUVERNEMENTAL D'EXPERTS SUR L'EVOLUTION DU CLIMAT (2018), « Rapport spécial », Information parue sur le site : <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>

Figure 20 : Parts respectives des financements des énergies fossiles et des énergies renouvelables par les banques entre 2016 et 2017
Unité : en milliards d’euros



Source : OXFAM France (2018), *Op. cit.*, p. 8.

6.1.3. Quels engagements pris par les banques depuis la fixation des objectifs de lutte contre le réchauffement climatique ?

Les banques françaises⁹¹ comme les banques belges entendent se désinvestir des secteurs les plus polluants pour privilégier la lutte contre le bouleversement climatique et se conformer aux divers programmes de la transition énergétique. Cependant, force est de constater que les engagements qu’elles ont pris ne suffisent toujours pas pour compenser l’importance de leurs financements dans les énergies fossiles.

Engagements sur le charbon

Depuis 2015, BNP Paribas, la Société Générale, le Crédit Agricole, Natixis, ING, KBC et Belfius, soit les principales banques françaises et belges, ont pris l’engagement de mettre un terme au financement de nouveaux projets de centrales et de mines à charbon.

⁹¹ BNP Paribas. Nos engagements en faveur de la transition énergétique et de la préservation du climat. <https://group.bnpparibas/actualite/engagements-faveur-transition-energetique-preservation-climat>
 Société Générale. « *Lutte contre le changement climatique* ». <https://www.societegenerale.com/fr/mesurer-notre-performance/rse/engagements-climat>
 Crédit Agricole. « *Finance climat : accélérer la transition énergétique* ». Voir le site <https://www.credit-agricole.com/responsableet-engage/une-strategie-rse-creatrice-de-valeur-pour-le-groupe-credit-agricole-et-de-bien-commun-pour-nosparties-prenantes/finance-climat>
 BPCE. « *Le Groupe BPCE un acteur majeur de la transition énergétique* ». Voir le site : <https://www.groupebpce.fr/Engagements/Un-groupe-responsable/Developpement-durable/Fil-actualites-Developpement-durable/Le-Groupe-BPCE-un-acteurmajeur-de-la-transition-energetique>

Cependant, aucun établissement ne s'est engagé à cesser le financement des industries qui développent de nouveaux projets de centrales à charbon. Toutes ces banques ne se sont engagées qu'à cesser le financement des entreprises qui ne disposent pas d'une stratégie de diversification visant à réduire leurs activités dans le secteur du charbon. Leur engagement ne porte en effet que sur les industries dont l'activité repose à plus de 50% sur l'exploitation du charbon⁹².

La Société Générale entend réduire ses financements en faveur du charbon à 19% d'ici 2020. Toutefois, son engagement ne concerne pas les émissions d'obligations et d'actions, alors même que la majorité des financements des énergies fossiles est, tel que nous l'avons indiqué précédemment, réalisée de la sorte. BNP Paribas, comme ING et KBC, ont pris l'engagement de répartir les financements de leurs mix énergétiques primaire et secondaire⁹³ en fonction de l'évolution du scénario 2° Celsius de l'IEA⁹⁴. Ces engagements demeurent insuffisants et n'excluent pas le financement des entreprises qui développent de nouveaux projets de centrales de charbon.

De même, les banques n'ont pas pris d'engagements ambitieux envers la restriction des financements des entreprises qui soutiennent l'acquisition ou la vente de centrales ou de mines à charbon. En effet, ne sont exclues par les banques belges et françaises que les entreprises dont l'activité est basée à plus de 50% sur l'exploitation du charbon, ce qui n'est pas suffisant en comparaison du premier assureur européen Allianz qui fixe le seuil d'exclusion à 30%⁹⁵.

Engagements sur le pétrole issu des sables bitumineux

Le pétrole issu de sables bitumineux constitue l'une des formes d'énergies fossiles les plus problématiques. BNP Paribas et Natixis ont pris l'engagement de ne plus financer de nouveaux projets relatifs à la production, l'exploration, le transport et l'exportation de sables

⁹² OXFAM France (2018), *Op. cit.*, p. 20.

VANAERSCHOT F./COALITION CLIMAT et FAIRFIN (2018), « *Des banques zéro fossile pour lutter contre la bulle du carbone* », pp. 26-29.

⁹³ Les activités primaires concernent les activités d'extraction des combustibles fossiles et celles secondaires correspondent à la production d'électricité.

⁹⁴ OXFAM France (2018), *Op. cit.*, p. 12.

VANAERSCHOT F./COALITION CLIMAT et FAIRFIN (2018), *Op. cit.*

⁹⁵ OXFAM France (2018), *Op. cit.*, p. 20.

bitumeux ou de pétrole issu de ces matières. Pour sa part, le Crédit Agricole se limite à l'exclusion des projets de production et de transports de ces matières, il maintient sa politique de financement en faveur des entreprises qui exercent déjà ces activités. KBC entend ne plus accorder de nouveaux crédits pour la production d'électricité à partir de pétrole⁹⁶. Belfius envisage de cesser son soutien en faveur des activités ayant un rapport avec les combustibles fossiles.

BNP Paribas adopte des mesures contraignantes et non contraignantes à l'égard des entreprises et des projets d'exploitation de pétrole issu des sables bitumeux. Elle a, par exemple, fixé le seuil d'exclusion à 30%, contre 50 % pour la Société Générale. Aussi, BNP a-t-elle établi des directives ayant pour but de respecter les normes environnementales et de préserver les populations locales de la pollution. Malgré ces dispositions, force est de constater que la banque continue toujours de financer des entreprises qui exploitent le pétrole issu des sables bitumeux. Elle soutient, par exemple, financièrement Canadian Natural Resources ou encore Suncor⁹⁷.

Toutefois, les termes de l'engagement de l'établissement Natixis restent flous car ils s'appliquent aux entreprises dont le revenu ou l'activité est « principalement » basé sur le pétrole issu des sables bitumeux.

Quant au Crédit Agricole, il ne s'est engagé que très peu dans la restriction des financements en faveur des entreprises ayant une activité en rapport avec les sables bitumeux et n'a pas fixé de seuil d'exclusion.

De son côté, ING n'accorde plus de nouveaux crédits aux entreprises et projets d'exploration et d'exploitation de sables bitumineux ainsi qu'à l'expansion des activités des entreprises qui exploitent déjà ces matières. Cependant, les mesures d'exclusion ne concernent pas d'autres activités pouvant avoir un rapport avec les sables bitumineux⁹⁸. En 2017, ING a pris la décision de céder ses investissements sur l'oléoduc⁹⁹ installé à Dakota. La politique de la banque concerne toutes les formes de soutien financier et d'émissions d'obligations et

⁹⁶ Cf. https://www.kbc.com/en/system/files/doc/sustainability-reponsability/FrameworkPolicies/CSD_CorporateSustainabilityFramework.pdf

⁹⁷ Cf. https://group.bnpparibas/uploads/file/csr_sector_policy_oil_sands.pdf
<http://www.greenpeace.org/canada/en/recent/Tarsands-one-of-the-worlds-biggest-climate-threats/>

⁹⁸ Cf. ESR Framework: <https://www.ing.com/ING-in-Society/Sustainability/INGs-Sustainability-Direction/Sustainable-transitionsfinanced.htm>

⁹⁹ Un oléoduc est une canalisation de taille imposante utilisée pour transporter du pétrole.

d'actions qu'elle gère pour son propre compte. Celle-ci ne s'applique donc pas aux émissions d'obligations et d'actions gérées pour le compte d'un tiers.

La politique de KBC visant à exclure du financement la production d'électricité à partir de pétrole est une initiative appréciable. Cependant, pour renforcer la crédibilité de sa politique, la banque devrait aussi cesser son soutien envers l'exploitation des sources d'énergie les plus polluantes comme les sables bitumeux, le pétrole en haute mer et dans la région Arctique.

Engagements sur le pétrole et gaz de schiste

BNP Paribas a décidé de ne plus financer les entreprises exerçant comme activité l'exploration, la production, la commercialisation, le transport, l'exportation et le marketing du pétrole et du gaz de schiste.

Bien que la Société Générale et le Crédit Agricole aient affirmé leur volonté de prendre des mesures restrictives sur les activités liées au pétrole et au gaz de schiste, leurs ambitions restent moins importantes que celles de BNP Paribas.¹⁰⁰

Engagements sur le pétrole dans la région Arctique

BNP Paribas, la Société Générale, le Crédit Agricole et Natixis ont pris l'engagement de ne plus soutenir financièrement les projets d'exploration et de production de pétrole dans la région Arctique.

Le Crédit Agricole et la Société Générale cessent le financement des entreprises dont la plus grande partie de leurs chiffres d'affaires résulte des activités d'exploration ou de

¹⁰⁰ Cf. SOCIETE GENERALE, « *Politique sectorielle : pétrole & gaz* ».

https://www.societegenerale.com/sites/default/files/2018/politique_sectorielle_petrole_et_gaz.pdf

BNP Paribas (2017), « *BNP Paribas accélère en faveur de la transition énergétique et prend de nouvelles mesures* ». publié en Octobre, voir le site :

<https://group.bnpparibas/communiquede-presse/bnp-paribas-accelere-faveur-transition-energetique-prenouvelles-mesures>

CREDIT AGRICOLE (2018), « *Politique Sectorielle RSE : pétrole et gaz de schiste* », Avril, voir le site :

<https://www.credit-agricole.com/responsable-et-engage/une-strategie-rse-creatrice-de-valeur-pour-le-groupe-credit-agricole-et-de-biencommun-pour-nos-parties-prenantes/nos-politiques-sectorielles>

production de pétrole située au Pôle Nord. Quant à BNP Paribas, les termes d'exclusion restent flous puisqu'elle cesse de soutenir que les entreprises pour lesquelles le pétrole du Pôle Nord constitue « une part importante » de leur chiffre d'affaires.

Si les plus grandes banques belges et françaises ont fait des réels progrès dans les engagements qu'elles ont pris depuis la Conférence de Paris sur le réchauffement climatique, afin de réduire leurs financements des énergies fossiles, force est d'admettre que les efforts demeurent insuffisants. En considération de l'impact du réchauffement climatique sur le futur de la planète et l'économie européenne, les banques doivent apporter et mettre en œuvre des changements bien plus consistants dans le cadre de leurs politiques d'investissements et de financements.

6.2. Les risques financiers des contraintes environnementales

Au-delà des impacts sur l'écosystème, le bouleversement climatique est un risque qui va lourdement peser sur l'économie mondiale. La Banque mondiale estime que de le coût des dommages et pertes entraînés par les événements climatiques est passé 50 milliards par an il y a 30 ans à 200 milliards en 2013¹⁰¹, soit une hausse de 400%.

Dans une lettre établie par une centaine d'investisseurs institutionnels mondiaux en 2017, ces derniers interpellent les banques à mieux considérer le risque climatique¹⁰². Le réchauffement climatique étant un phénomène dévastateur, ils incitent les établissements bancaires à intégrer les enjeux du climat dans leurs projets d'investissement et de financement et être plus transparentes dans la mise en œuvre de leurs politiques.

C'est aussi ce que Michael Bloomberg, ancien maire de New York, a affirmé lors de la publication du rapport du groupe « Task force on climate disclosure ». L'homme d'affaires et politique américain déclare que le réchauffement climatique a des conséquences graves sur

¹⁰¹ NOTRE-PLANETE.INFO (2016), « *Les conséquences économiques et financières du changement climatique ont été sous-estimées* », information parue le 20 mai sur le site : <https://www.notre-planete.info/actualites/4477-consequences-economiques-changement-climatique>

¹⁰² NOVETHIC (2017), « *100 investisseurs mondiaux appellent les banques à mieux prendre en compte le risque climatique* ». Information paru sur le site : <https://www.novethic.fr/actualite/finance-durable/isr-rse/100-investisseurs-mondiaux-appellent-les-banques-a-mieux-prendre-en-compte-le-risque-climatique-144824.html>

l'économie mondiale et qu'« *une transparence accrue rend les marchés plus efficaces et les économies plus stables et résilientes*¹⁰³. »

En effet, des valeurs boursières de plus de 2 300 milliards de dollars des entreprises intensives en émissions de carbone sont menacées, surtout dans les filières pétrolières¹⁰⁴. En considération du risque que le bouleversement climatique fait peser sur l'ensemble de l'économie mondiale, les banques européennes ont un rôle déterminant à tenir dans le développement et la promotion des énergies de substitution, en particulier les énergies renouvelables, d'autant plus que ces sources d'énergie gagnent de plus en plus en compétitivité¹⁰⁵.

L'International Renewable Energy Agency¹⁰⁶ (IRENA) estime que les équipements et technologies liés aux énergies renouvelables seront plus compétitifs que ceux en rapport avec les énergies fossiles, d'ici 2020. La baisse progressive de leurs coûts procurent déjà de meilleurs retours sur investissements aux investisseurs¹⁰⁷.

6.3. Quel plan d'investissement et de financement pour soutenir cette transition ?

6.3.1. Le plan d'investissement pour soutenir la transition énergétique au cours du siècle présent

Compte tenu de l'impact du réchauffement climatique sur l'économie et l'environnement, il apparaît urgent de développer un plan efficace d'investissement et de financement pour soutenir la transition énergétique. Et étant donné que les politiques bancaires ne suffisent pas pour la financer, nous préconisons l'établissement d'un plan d'investissements à grande échelle dans plusieurs secteurs cruciaux tels que les secteurs énergétiques, l'immobilier, les transports publics, l'éco-innovation, les nouveaux modèles agricoles, la réhabilitation des écosystèmes, etc. Si la contribution des bailleurs et investisseurs privés est

¹⁰³ TCFD (2017). « *Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures* ». June. Voir le site :

<https://www.fsb-tcf.org/wp-content/uploads/2017/06/FINAL-TCFD-Report-062817.pdf>

¹⁰⁴ CARBON TRACKER (2015). « *Fossil fuel firms risk wasting \$2 trillion on uneconomic projects* ». November. Voir le site :

<https://www.carbontracker.org/fossil-fuel-firms-risk-wasting-2-trillion-on-uneconomic-projects/>

¹⁰⁵ LES ECHOS (2017), *Op. cit.*

¹⁰⁶ Ou l'Agence internationale des énergies renouvelables en Français.

¹⁰⁷ LES ECHOS (2018). « *Les énergies renouvelables bientôt toutes compétitives* ». Information parue le 14 janvier sur le site :

https://www.lesechos.fr/14/01/2018/lesechos.fr/0301147702225_les-energies-renouvelables-bientot-toutes-competitives.htm

indispensable pour réussir la transition énergétique et écologique, l'intervention de la puissance publique dans le financement des actions et politiques est au départ nécessaire pour avoir un effet de levier.

En effet, il est de la responsabilité des gouvernements et, de manière générale, des collectivités publiques, dans le cadre de leur champ de compétence, de préparer l'avenir en investissant dans les infrastructures de demain, étant donné qu'ils sont les garants et protecteurs de l'intérêt général. L'État, depuis des décennies, a confié aux marchés son rôle de stratège de long terme. Mais la crise financière mondiale de 2007-2008 témoigne que la liberté laissée aux marchés ne va pas dans le sens de l'intérêt du grand public. L'État doit aujourd'hui retrouver son rôle de stratège de long terme.

A rappeler que le développement des infrastructures du XXe siècle (tels que l'électrification, l'établissement des réseaux d'eau potable et de transports, le téléphone, etc.) a été impulsé par l'État. En ce XXIe siècle, il est plus qu'impératif de développer des infrastructures adaptées à la conjoncture actuelle. Des infrastructures qui favoriseront l'indépendance énergétique du pays (en s'affranchissant de la dépendance vis-à-vis des fournisseurs d'énergies fossiles qui sont généralement issus de pays instables sur le plan géopolitique et où règnent la dictature) et de l'individu (en abaissant les factures énergétiques des ménages). Des infrastructures qui permettront la production d'une alimentation de qualité issue d'un processus respectueux de l'environnement. Des infrastructures qui limiteront l'impact du réchauffement climatique (effondrement des glaces au niveau des pôles de la planète, montée des eaux, inondations, augmentation accélérée de la température, sécheresse, tempêtes, etc.). Des infrastructures qui préserveront la biodiversité et les paysages qui nous procurent tant de bénéfices (médicaments, alimentation, textiles, matériaux de construction, développement de l'économie grâce au tourisme, etc.).

Outre les infrastructures tangibles, l'État devrait aussi investir dans le capital humain notamment en termes de recherche, d'éducation et de formation. La réussite de la transition énergétique dépend également de la capacité des citoyens à se conformer aux politiques environnementales. Déployer des financements et des investissements conséquents pour la construction d'infrastructures à énergie positive est une entreprise futile si les technologies mises en œuvre n'ont pas été convenablement développées, si les salariés et étudiants n'ont pas

reçu des formations adaptées, ou si les futurs usagers n'ont pas été formés aux spécificités des nouvelles infrastructures.

De manière globale, l'anticipation et l'accompagnement des transitions professionnelles engendrées par l'installation de nouvelles structures est nécessaire pour passer d'un modèle économique fondé sur la consommation intensive de ressources naturelles à un modèle fondé sur l'économie de ces ressources.

Les investisseurs privés et les bailleurs seuls ne pourront soutenir ces investissements :

- En premier lieu, les investissements réalisés dans la conduite de la transition énergétique ne dégagent des résultats financiers qu'à la hauteur de leur utilité sociale. Ils sont certes rentables, car au bout de quelques années le cumul des économies d'énergie réalisées permettra de rembourser l'investissement de départ et générera, ensuite, des profits. Cependant, cette rentabilité n'est appréciable que sur le long terme alors que la domination sur les marchés est de court terme. Parallèlement, il conviendra d'établir un éventail de mesures qui aura pour but d'améliorer l'attractivité des investissements du siècle présent.
- En second lieu, force est d'admettre que les industries de demain¹⁰⁸ sont, à l'heure actuelle, encore trop faibles en comparaison aux grandes entreprises issues et adoptant encore les pratiques du XXe siècle. Elles ne disposent pas de porte-paroles, ou ils sont trop peu nombreux, pour les représenter et les défendre dans les débats publics. Elles ne peuvent pas non plus mettre en avant le nombre d'emplois qu'elles génèrent ou s'appuyer sur le chiffre d'affaires qu'elles produisent dans les temps actuels. Le rôle de l'État, en tant que stratège, consistera alors à appuyer ces secteurs industriels pour les permettre de se structurer et de gagner en maturité.

¹⁰⁸ Il s'agit des secteurs de la rénovation énergétique, de la production d'énergie électrique renouvelable, du génie écologique, de l'exploitation forestière et l'agriculture durable, incluant également les filières de production de chaleur, de matériaux de construction, l'industrie chimique, le fret de marchandise, etc.

6.3.2. Le financement du plan d'investissement

Une étude réalisée par Cohen et Grandjean pour le compte de la Fondation Nicolas Hulot pour la nature et l'Homme estime qu'un investissement supplémentaire de 300 milliards d'euros par an, répartis entre les pays membres de l'Union européenne, est nécessaire durant les dix prochaines années (avec, néanmoins des financements moins élevés durant la phase initiale des projets le temps de leur mise en place, les investissements prendront de l'ampleur à mesure que les projets progressent).

Ce montant couvre les besoins de financements publics et privés. L'enjeu sera de discerner la part imputable à la dépense publique (comme, par exemple, la rénovation des infrastructures publiques) et celle imputable à la dépense privée (comme, par exemple, la rénovation d'habitations) soutenue par une aide publique. Si l'on s'appuie sur le mode actuel de répartition des financements dédiés à la transition énergétique entre le secteur public et le secteur privé, la part destinée aux financements publics devraient satisfaire la moitié des besoins d'investissements nouveaux.

Des contraintes viennent naturellement obstruer la concrétisation de pareille ambition et la première d'entre elles est l'insuffisance de moyens financiers : l'importance des dettes publiques ferait obstacle à la préparation de l'avenir et réduirait certains pays de l'Europe à subir les évolutions du siècle sur le plan social, économique et écologique, au lieu d'en devenir acteur.

Pourtant, ce n'est pas l'agent qui fait défaut, car depuis mars 2015, la Banque centrale européenne crée mensuellement des dizaines de milliards d'euros destinés au rachat des titres de dette privée et publique auprès des marchés financiers. Ainsi, les acteurs financiers se sont vus octroyés près 1 600 milliards d'euros afin que ces financements leur permettent d'accroître leurs investissements dans l'économie réelle. Cependant, cette politique n'a pas généré les effets escomptés : l'investissement productif ne parvient pas à suivre et les financements ne seraient pas totalement investis dans les projets liés à la transition énergétique.

Il apparaît donc nécessaire de réorienter la politique monétaire de l'Union européenne, afin que la création monétaire serve à la réalisation de projets aboutissant à des

résultats concrets et sensés pour la population, des projets qui permettent de réussir la transition énergétique et écologique.

A noter que cette politique vise à provoquer un effet de levier. Elle est donc éphémère : l'idée est de favoriser les conditions visant à garantir la viabilité des secteurs économiques durant la transition énergétique et écologique afin que les financements privés prennent, par la suite, le relais¹⁰⁹. Cette viabilité trouve explication dans le fait que les financements publics permettraient aux filières concernées de croître et atteindre la maturité, mais aussi dans le fait d'améliorer l'attractivité des filières de transition au moyen d'instruments réglementaires et fiscaux, tout en dépréciant les filières nocives, en particulier les investissements dans les énergies fossiles, et en rebutant grossièrement les activités purement spéculatives.

6.3.3. Application concrète du plan de financement

La transition énergétique requiert un financement colossal. Les études des différents chercheurs et économistes prévoient un investissement annuel de 300 milliards d'euros répartis entre les pays européens. Si ce montant est conséquent, il faut garder à l'esprit que cet effort conduit à se défaire de la dépendance aux importations et à faire de l'Europe une zone complètement autonome en matière énergétique. Ainsi, l'Europe ne sera plus à la merci de l'instabilité du prix de l'énergie fossile tout en préservant la planète du danger du changement climatique. Par ailleurs, les énergies renouvelables pourraient, à long terme, constituer un avantage financier déterminant pour les pays européens¹¹⁰.

S'il a été dit plus haut que l'initiative d'investir et de financer devrait être prise par la puissance publique, la recherche concrète des moyens de financement peut constituer un véritable défi pour les États. Cependant, les solutions ne manquent pas. Dans un premier temps, il convient de reconsidérer la répartition des subsides octroyés au secteur de l'énergie. En effet, seulement 6% de cette subvention étaient alloués aux économies d'énergie en 2010. C'est une part insignifiante quand on sait qu'il est plus possible de faire de progrès réels et rapides sur ce pôle. Parallèlement, 48% des subsides étaient consacrés à la consommation d'énergies durant

¹⁰⁹ Cela a notamment été le cas pour la construction d'autoroutes, le secteur de la production et distribution d'électricité, le téléphone, etc.

¹¹⁰ MARENNE, Y. (2014), « *Une Belgique 100% renouvelable en 2050 ?* », La Transition énergétique : comprendre pour mieux agir, pp. 38-44.

la même période. La suppression pure et simple de cette part n'est pas envisageable car cela se traduirait par la suppression de chauffage pour les ménages précaires. Il serait plus convenable de transférer progressivement ces financements vers des sources d'énergies propres. L'objectif est de substituer les énergies polluantes avec les énergies propres tout en grandissant l'accès de tout un chacun à celles-ci. La destination des subsides est donc à reconsidérer dans la mesure où elle joue un rôle déterminant.

En parallèle, il faudra aussi trouver de nouveaux moyens de financement. La mesure « pollueur, payeur » a longtemps été évoquée, puis répétée, mais son application tarde à se concrétiser. Le système des quotas d'émissions de carbone indiqué dans le Protocole de Kyoto a souvent été évoqué. Il consiste à limiter les émissions de gaz à effet de serre en fixant des quotas dont les niveaux sont dégressifs au fil du temps, pour atteindre l'objectif européen de diminuer de 20% les émissions en comparaison à l'année 1990. Le principe de ce système est que les entreprises, dont les émissions de carbone dépassent les quotas établis, doivent les compenser en rachetant une partie des quotas des opérateurs économiques dont les émissions sont moins importantes, afin de maintenir l'équilibre global établi au sein de l'Union européenne¹¹¹. Le problème est que les quotas distribués aux entreprises étaient trop importants. En conséquence, les prix de la tonne de carbone émis sont trop faibles et n'encouragent pas les entreprises à adopter des modes de production plus propres en énergie¹¹².

Des remaniements ont récemment été faits pour dynamiser ce système. Désormais, une partie des quotas d'émission est mise aux enchères, renchérissant ainsi les prix de la tonne de carbone. Il est prévu, à l'avenir, que les quotas d'émission de gaz carbonique soient diminués de 2,2% (cette réduction est de 1,74% à l'heure actuelle). Cette mesure pourrait permettre de réaliser l'objectif de réduction du gaz à effet de serre de 40%, tel qu'établi par le Paquet Climat-Énergie 2030. L'application de ces remaniements tarde à se concrétiser, mais ceux-ci peuvent certainement corriger les lacunes observées sur le système précédent afin de développer et démocratiser l'adoption de l'énergie verte en Europe¹¹³.

¹¹¹ CONTROVERSES (2008), « *Qu'est-ce que le marché carbone* », Information parue sur le site : http://controvertes.ensmp.fr/public/promo10/promo10_G15/index322f.html?page_id=459

¹¹² GREENPEACE BELGIQUE, « *Qu'en est-il du marché carbone ?* », <http://www.greenpeace.org/belgium/fr/que-faisons-nous/changements-climatiques/Foire-aux-questions/>

¹¹³ COMMISSION EUROPEENNE, « *The EU Emissions Trading System (EU ETS)* », Information parue sur le site : http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm

Afin de faire participer chaque citoyen et acteur à la lutte contre le réchauffement climatique, il serait rentable d'établir des mesures fiscales en complément des crédits-carbone. Imposer des quotas d'émissions de carbone aux ménages et aux petites et moyennes entreprises est un exercice délicat. Pour pallier ce problème, il est envisageable de taxer plus les équipements polluants afin de les rendre moins attractifs. Ces mesures fiscales pourraient s'appliquer à bien des secteurs et impliquer chaque entité dans la réalisation de la transition. Il est, par exemple, envisageable d'appliquer un système de bonus-malus au logement. Ceci aura pour effet de diminuer ou d'augmenter le montant du précompte immobilier en fonction de l'empreinte écologique de l'immeuble. La mise en place de dispositifs de soutiens à l'installation de sources d'énergie verte ou à l'isolation pourrait également être concrétisée pour compenser les efforts des acteurs.

Des dispositifs fiscaux peuvent également être établis pour limiter les émissions dans le domaine du transport. Les véhicules d'entreprise peuvent être soumis au même système de taxation que les salaires afin d'inciter à repenser à l'opportunité de procurer cet avantage aux salariés. Un forfait pourrait être appliqué aux billets d'avion afin d'augmenter la compétitivité des autres modes de transport moins polluants. Une taxe sur les pesticides pourrait également être applicable.

En outre, l'édification d'un programme cohérent entre les différentes instances décisionnelles serait de mise. Il est, en effet, difficile de mettre en œuvre une politique énergétique coordonnée si les différents niveaux de pouvoir public ne collaborent pas de façon harmonieuse. En Belgique, par exemple, si le gouvernement Fédéral est le responsable de la mise en œuvre de la politique environnementale, son champ d'intervention est, néanmoins limité. Dans cette perspective, la politique relative à l'aménagement territorial qui est déterminante en matière de politique énergétique relève de la compétence des Régions, tandis que le secteur du transport en commun est du ressort de l'Opérateur de transport de Wallonie, de la Société des transports intercommunaux de Bruxelles et de la société flamande de transport « De Lijn ».

6.4. Le 100% renouvelable, un objectif réalisable...

Croire en l'existence d'une source d'énergie parfaite est illusoire. Néanmoins, les énergies renouvelables sont moins nocives que les énergies fossiles, d'autant plus qu'elles

disposent d'une importante marge de progression. Différents scénarios, que nous avons d'ailleurs évoqués dans le troisième chapitre, analysent leurs possibilités de développement. Ils sont relativement optimistes.

En ce qui concerne la Belgique, le pays pourrait fonctionner à l'aide exclusivement d'énergies renouvelables à l'horizon 2050, d'après le scénario envisagé collectivement par le Bureau fédéral du plan, l'Institut flamand de recherche technologique et l'Institut de conseils et d'études en développement durable. Le 100% renouvelable est un défi réalisable¹¹⁴.

Dans cette perspective, il est prévu que la demande énergétique de la Belgique sera stable, pourra même accroître légèrement. Les besoins en énergie et le confort des consommateurs n'en seront pas affectés ou revus à la baisse. Ce scénario suggère que l'offre en matière d'énergie renouvelable serait suffisante pour une demande équivalente ou en légère augmentation. Deux solutions peuvent mener aux 100% renouvelable : l'amélioration de l'efficacité énergétique et l'adoption du tout électrique. La première solution prône l'optimisation de la production et de la consommation. Une production efficace d'énergie suscite l'utilisation d'équipements à faible émission de carbone et de matières polluantes. La consommation écoresponsable suggère une bonne gestion des déchets, le recyclage optimal des matériaux et la priorisation des produits fabriqués localement. Pour consommer mieux et moins, il convient aussi de repenser les modes de déplacements, privilégier le recyclage et la réparation plutôt que de jeter, construire un habitat passif, etc.

La seconde solution consisterait à se défaire des énergies fossiles en utilisant le tout électrique qui serait possible grâce aux énergies renouvelables¹¹⁵. Pour ce faire, il est nécessaire d'adopter un mix des énergies renouvelables. A l'heure actuelle, l'énergie éolienne capturée sur la terre ferme est la plus accessible d'un point de vue financier. En supposant que l'adoption de l'éolien terrestre poursuit une évolution constante semblable à son rythme actuel, la Belgique pourrait disposer de 2 500 éoliennes d'ici 2030, capables de générer une puissance de 7,5 gigawatts. Cependant, le pays doit allouer 3 000 kilomètres carrés de terrain pour les installer, ce qui équivaut à 10% du territoire belge¹¹⁶, de vastes terres inaccessibles pour

¹¹⁴ BFP-VITO-ICEDD (2013). "Towards 100% renewable energy in Belgium by 2050", Avril, voir le site: http://www.icedd.be/I7/mediatheque/energie/renouvelable/130419_Backcasting_FinalReport.pdf.

¹¹⁵ MARENNE, Y. (2014), *Op. cit.*

¹¹⁶ HUART, M. (2014), « Vers une transition énergétique équitable et durable », La Transition énergétique : comprendre pour mieux agir, pp. 45-83.

l'agriculture et le logement. C'est pourquoi il faut varier les modes de production. L'éolien marin pourrait compléter la production d'énergie renouvelable en contribuant à hauteur de 3,800 gigawatts. Mais dans la perspective 2050, ce sont plutôt les panneaux photovoltaïques qui seraient les plus compétitifs, avec une capacité de production de 13,4 gigawatts¹¹⁷.

Cependant, la Belgique ne pourrait pas se défaire des importations d'énergie pendant encore les dix prochaines années. Aussi, la fermeture des centrales nucléaires prévue en 2025 contraindra le pays à s'appuyer sur ses voisins européens pour combler la production des centrales et que les énergies renouvelables ne pourront pas encore compenser.

En considérant que les pays voisins développeront aussi les secteurs des énergies renouvelables, la connexion intra-européenne en la matière sera aussi très appréciée afin de mieux répondre au problème de stockage qui fait encore l'objet de recherche ou qui s'avère encore très, sinon trop, coûteux. Il s'agirait de mutualiser les puissances énergétiques des pays européens. De la sorte, lorsque le soleil ne permet pas, pendant une certaine saison par exemple, d'atteindre la production nécessaire pour satisfaire la demande de la Belgique, celle-ci pourra être comblée par l'énergie hydraulique, point fort de l'Allemagne, et inversement. Un réseau électrique haute tension (ou très haute tension) permettra de relier le tout. Si l'interconnexion entre les pays européens est essentielle pour faire face aux intermittences de l'énergie renouvelable, les pays devront privilégier le réseau local (c'est-à-dire les échanges énergétiques locaux) dans la mesure du possible. Par ailleurs, il est plus aisé de contrôler d'où provient l'origine de l'énergie si la source est proche, en ce sens que cela réduit également les pertes lors du transport. Ainsi, chaque pays de l'Union européenne doit songer à devenir autonome en énergie dans un futur proche ou lointain¹¹⁸.

Dans la perspective 100% renouvelable à l'horizon 2050, il n'y a pas que l'offre d'énergie qui devra s'adapter pour limiter l'impact du changement climatique, la demande devra aussi évoluer avec elle. S'il a été considéré que le volume de la demande ne diminuera pas, celle-ci devra néanmoins être plus flexible. En effet, la manière de gérer la consommation de l'énergie sera déterminante. Les ménages, comme les entreprises devront faire coïncider la

¹¹⁷ WWF. « Notre avenir énergétique – en route vers un système énergétique renouvelable », voir le site : http://www.wwf.be/_media/briefing_FR_641002.pdf

¹¹⁸ RUMOLINO C. (2014), « Un épouvantail à la française : l'« intermittence » des énergies renouvelables », Réseau Sortir du nucléaire, septembre, <http://www.sortirdunucleaire.org/Unepouvantail-a-la-francaise-l>

réalisation des activités intensives en énergie aux pics énergétiques, durant, par exemple, les heures d'ensoleillement. Corollairement, si la productivité énergétique des entreprises atteint son apogée en période d'été et est plus réduite en période d'hiver, l'emploi pourrait, lui aussi, subir des modifications : la flexibilité des horaires de travail serait de mise, le télétravail pourrait être privilégié, etc. Les modes de déplacements pourraient également être adaptés pour atteindre l'objectif du 100% renouvelable : le covoiturage et le train pourraient être privilégiés par rapport à d'autres modes et moyens de transports.¹¹⁹

¹¹⁹ Ibid.

Conclusion

Le bouleversement climatique représente sans doute la plus grande menace de notre époque. La lutte contre ce phénomène planétaire constitue un défi de taille pour les économies européennes, car elle exige l'adoption de stratégies, tant au niveau européen que national, les contraignant à reformer et améliorer leur façon de gérer les inputs énergétiques. Celles-ci supposent un changement radical des modes de production et de consommation énergétique, qui impacte considérablement les activités des agents économiques.

Pour que ces agents puissent adhérer aux objectifs établis dans le cadre de cette lutte, à savoir : réduire leurs émissions de gaz à effet de serre, substituer les combustibles fossiles par des sources d'énergie renouvelables ou bas carbone ou encore diminuer leur consommation énergétique, il apparaît nécessaire de recourir et mettre en œuvre, en même temps, différentes politiques relatives au prix de l'énergie, aux dispositions réglementaires, à la recherche et développement, à l'innovation, à la formation, au financement des projets, etc. Les analyses d'impact macroéconomique qui ont poussé à la fixation d'objectifs ambitieux ont conduit à la conclusion que les mesures établies ont des retombées globalement positives en matière de réduction de la facture énergétique, de croissance économique et de création d'emplois.

Cependant, force est de constater que ces objectifs imposés aux agents économiques et particulièrement aux entreprises ne leur font pas perdre du terrain par rapport à leurs concurrents, en considération de la hausse initiale des dépenses énergétiques qui résulte de la mise en œuvre des mesures de protection de l'environnement qui viennent appuyer le changement des prix de l'énergie.

Le degré de cet impact n'est pas le même pour les entreprises et les secteurs d'activité. Si, en Belgique, la moyenne des dépenses énergétiques de l'industrie manufacturière – qui est plus énergivore par rapport à celle de ses pays voisins (l'Allemagne, la France et les Pays-Bas) car se situe en amont des chaînes européennes de valeur – représente 2,5% du coût

variable, celles-ci représentent 10% de l'ensemble des dépenses en intrants variables pour près de 5% de ces industries.

Les branches industrielles, plus intensives en énergie, sont particulièrement concernées quand l'évolution des prix de leurs inputs énergétiques leur cause un désavantage face à leurs concurrents.

Au niveau européen, les différences de prix en matière d'électricité pénalisent la compétitivité des industries belges les plus consommatrices d'énergie, en dépit de la diminution progressive des prélèvements fiscaux, à mesure que le niveau de consommation augmente : en Allemagne comme en France et aux Pays-Bas, les entreprises reconnues comme électro-intensives bénéficient de réductions ou d'exemptions de prix. En matière de gaz, ce sont notamment les taxes et prélèvements, ainsi que les coûts de réseau qui déterminent la compétitivité des industries. Néanmoins, les entreprises belges ne sont pas globalement affectées par ces éléments, sauf celles qui exploitent le gaz naturel comme matière première. Ces dernières paient, en effet, d'importantes taxes par rapport à leurs concurrents issus des pays voisins, malgré les réductions et exemptions qui leur sont octroyées.

Bien que les objectifs ambitieux établis par la Communauté européenne et les pays membres eux-mêmes impliquent des coûts élevés pour l'adoption de nouvelles installations et de nouveaux procédés, ceux-ci peuvent être justifiés par le coût que pourrait, à long-terme, engendrer l'inaction face au changement climatique.

Par ailleurs, l'investissement des entreprises dans des domaines technologiques à faible consommation énergétique ou plus respectueuses de l'environnement leur permet d'accéder à de nouvelles opportunités de croissance et de développer de nouveaux produits ou de nouvelles activités.

La réussite de la transition énergétique repose, en grande partie, sur une amélioration importante des technologies mises en œuvre. Pour ce faire, il faut établir des politiques d'innovation, favorisant le développement et l'adoption d'équipements ou de services bas carbone, tout en mettant en place des dispositifs de soutien. Cependant, il importe que ces

dispositifs soient temporaires et ne provoquent pas de distorsion de concurrence¹²⁰. En d'autres termes, ils doivent être interrompus lorsqu'ils ne répondent pas aux objectifs visés ou à partir du moment où les technologies adoptées atteignent la phase de maturité. A noter que sur les 20 milliards d'euros investis, en 2013, en recherche et développement dans la filière énergétique au niveau européen, soit l'équivalent de 0,15% du produit intérieur brut de l'Union européenne, la Belgique y a contribué à hauteur de 350 millions d'euros, ce qui correspond à 0,09% de son produit intérieur brut.

Aussi, les politiques et mesures mises en œuvre dans le cadre de la lutte contre le changement climatique n'impacteront pas seulement le tissu économique, mais également les emplois dans les différents secteurs d'activité concernés, entraînant ainsi d'importantes mobilisations sur le marché du travail. Dès lors, une transition énergétique réussie repose sur une mobilisation efficace des personnes professionnellement actives et s'accompagne d'une adaptation des compétences de ces dernières grâce à des dispositifs d'accompagnement.

En somme, la réussite de la transition énergétique implique des secteurs diversifiés et beaucoup plus étendus que le seul secteur énergétique. Elle nécessite la combinaison et la cohésion de différentes politiques publiques, outre les politiques en matière énergétique : cela inclut les politiques industrielles, d'innovation, de l'urbanisme ou encore de mobilité. C'est d'autant plus nécessaire quand les compétences dans ces matières sont réparties entre différentes instances décisionnelles. Chaque pays établit, de fait, ses propres politiques (les objectifs disparates des pays en termes d'efficacité énergétique, de réduction d'émissions de carbone, etc., en témoignent), mais celles-ci doivent prendre en considération leur dimension européenne. Si les engagements pris par chaque pays peuvent être acceptés par les autres membres de l'Union européenne, la mise en œuvre d'une politique européenne commune en matière énergétique, environnementale et de sécurité d'approvisionnement pour instaurer un marché énergétique unique, est indispensable pour s'assurer que les engagements pris par chacun ne provoquent pas de distorsion de concurrence et ne portent pas atteinte à la réalisation des objectifs fixés.

¹²⁰ La distorsion de concurrence désigne le fait selon lequel l'Etat modifie les conditions normales de la concurrence au moyen des soutiens réglementaires ou financiers qu'il accorde à certaines entreprises.

Bibliographie

- BFP (2017), « *Comptes du secteur des biens et services environnementaux 2014-2015* ».
- CELESTIN-URBAIN J. (2008), « *Conséquences économiques à long terme du changement climatique* », Trésor-Éco, n° 30, février.
- CREG and PwC (2017), “*A European comparison of electricity and gas prices for large industrial consumers*”.
- DHYNE E. et DUPREZ C. (2015), « *La crise a-t-elle modifié l’ADN de l’économie belge ?* », BNB, Revue économique, septembre, pp. 31-43.
- EC (2016), “*Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2012/27/ EU on Energy Efficiency*”. Impact assessment, (SWD (2016) 405 final).
- EUROSERV’ER (2018), « *État des énergies renouvelables en Europe* », Édition 2017.
- FIORINI A., GEORGAKAKI A., JIMENEZ NAVARRO J., MARMIER A., PASIMENI F. et TZIMAS E. (2017), “*Energy R&I financing and patenting trends in the EU*”, Country Dashboards 2017 Edition, JRC science for policy report.
- HUART, M. (2014), « *Vers une transition énergétique équitable et durable* », La Transition énergétique : comprendre pour mieux agir, pp. 45-83.
- IEA (2017a), « *Energy efficiency 2017* ».
- IEA (2017b), “*World energy investment 2017*”.
- MARENNE, Y. (2014), « *Une Belgique 100% renouvelable en 2050 ?* », La Transition énergétique : comprendre pour mieux agir, pp. 38-44.
- OECD, IEA, NEA et ITF (2015), « *Aligning policies for a low-carbon Energy* », Paris, p. 116.

- OUVRARD J.-F. et SCAPECCHI P. (2014), « *Une grille d'analyse des évaluations des impacts macroéconomiques de la transition énergétique* », Coe-Rexecode – document de travail 48.
- OXFAM France (2018), « *Banques françaises, les fossiles raflent la mise* », novembre, p. 5.
- PASIMENI F. (2017), “*EU energy technology trade. Import and export*”, JRC science for policy report.
- PINDYCK R. S. (2013), « *Climate Change Policy: What Do the Models Tell Us?* », *Journal of Economic Literature*, vol. 51, n° 3, pp. 860-872.
- SWARTENBROEKX C. (2018). « *Transition énergétique : impacts et enjeux économiques pour les entreprises* », pp. 123-124.
- VANAERSCHOT F./COALITION CLIMAT et FAIRFIN (2018), « *Des banques zéro fossile pour lutter contre la bulle du carbone* », pp. 22-29.
- AGENCE FRANÇAISE DE DEVELOPPEMENT (AFD) (2016). « *Rapport d'activité de l'AFD 2016* ».
- BLANCHARD O. (2017). “*The need for different classes of macroeconomic models*”, Blog post, 12th of January, Peterson Institute for International Economics.
- DELL M., JONES B. F. and OLKEN B. A. (2014) “*What Do We Learn from the Weather? The New Climate–Economy Literature*”, *Journal of Economic Literature*.
- DIETZ S. and STERN N. (2015) “*Endogenous growth, convexity of damage and climate risk: How Nordhaus’ framework supports deep cuts in carbon emissions*”, *The Economic Journal*, Volume 125, Issue 583, march.
- DOUILLARD P., ÉPAULARD A. et LE HIR B. (2016), « *Modèles macroéconomiques et transition énergétique* », La note d’analyse, Février, n° 43, p. 5.
- ÉPAULARD A., LAFFARGUE J.-P. et MALGRANGE P. (2008), « *La nouvelle modélisation macroéconomique appliquée à l’analyse de la conjoncture et à l’évaluation des politiques économiques* », *Économie et Prévision* n°183-184.
- GIRAUD G. (2016), « *La transition énergétique : un projet de société* », Chaire Energie et Prospérité Conférence CORIOLIS.

- GRANDJEAN A. et GIRAUD G. (2017), « *Comparaison des modèles météorologiques, climatiques et économiques : quelles capacités, quelles limites, quels usages ?* », p. 54.
- GUIVARCH C. and ROGELJ J. (2017) “*Carbon price variations in 2°C scenarios explored*”.
- HANSEN A. (1939) “*Economic progress and declining population growth*”, American Economic Review, pp. 1-15.
- MERTENS J.-F. et RUBINCHIK A. (2012) “*Intergenerational Equity and the Discount Rate for Cost-Benefit Analysis*”, Macroeconomic Dynamics.
- NORDHAUS W. D. (1993) “*Optimal greenhouse gas reductions and tax policy in the “DICE” Model*” American Economic Review.
- POTTIER A. (2016) « *Comment les économistes réchauffent la planète* », Le Seuil.
- STERN N. (2006) “*Stern review on the Economics of climate change*”. 30th of October.
- STERNER T. (2006) “*Discounting in a world of limited growth*”, Environmental and Resource Economics 4, 527-534, (1994) et PHILIBERT C., “*Discounting the future in Discounting and discount rates in theory and practice*”, Pannell D. J., Schilizzi S., Cheltenham : Edward Elgar.

Sitographie

- ASSOCIATION POUR LA PROMOTION DES ENERGIES RENOUVELABLES, sur le site : <http://www.apere.org/index/node/135>
- BFP-VITO-ICEDD (2013). “*Towards 100% renewable energy in Belgium by 2050*”, Avril, voir le site: [http://www.icedd.be/I7/mediatheque/energie/renouvelable/130419_Backcasting_Final Report.pdf](http://www.icedd.be/I7/mediatheque/energie/renouvelable/130419_Backcasting_Final_Report.pdf).
- BNP Paribas (2017), « *BNP Paribas accélère en faveur de la transition énergétique et prend de nouvelles mesures* ». publié en Octobre, voir le site :

<https://group.bnpparibas/communiquede-presse/bnp-paribas-accelere-faveur-transition-energetique-prendnouvelles-mesures>

- BNP Paribas. Nos engagements en faveur de la transition énergétique et de la préservation du climat.
<https://group.bnpparibas/actualite/engagements-faveur-transition-energetique-preservation-climat>
- BNP Paribas https://group.bnpparibas/uploads/file/csr_sector_policy_oil_sands.pdf
- BPCE. « *Le Groupe BPCE un acteur majeur de la transition énergétique* ». Voir le site : <https://www.groupebpce.fr/Engagements/Un-groupe-responsable/Developpement-durable/Fil-actualites-Developpement-durable/Le-Groupe-BPCE-un-acteurmajeur-de-la-transition-energetique>
- CARBON TRACKER (2015). “*Fossil fuel firms risk wasting \$2 trillion on uneconomic projects*”. November. Voir le site: <https://www.carbontracker.org/fossil-fuel-firms-risk-wasting-2-trillion-on-uneconomic-projects/>
- COMMISSION EUROPEENNE, « *The EU Emissions Trading System (EU ETS)* », Information parue sur le site : http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm
- CONTROVERSESES (2008), « *Qu’est-ce que le marché carbone* », Information parue sur le site : http://controverses.ensmp.fr/public/promo10/promo10_G15/index322f.html?page_id=459
- CPCP, « *Plan de délestage – Black-out... et la lumière fut !* », Information parue sur le site : <http://www.cpcp.be/etudes-et-prospectives/publicationrecherche/2408:delestage-black-out>
- CREDIT AGRICOLE (2018), « *Politique Sectorielle RSE : pétrole et gaz de schiste* », Avril, voir le site : <https://www.credit-agricole.com/responsable-et-engage/une-strategie-rse-creatrice-de-valeur-pour-le-groupe-credit-agricole-et-de-biencommun-pour-nos-parties-prenantes/nos-politiques-sectorielles>

- CREDIT AGRICOLE. « *Finance climat : accélérer la transition énergétique* ». Voir le site :
<https://www.credit-agricole.com/responsableet-engage/une-strategie-rse-creatrice-de-valeur-pour-le-groupe-credit-agricole-et-de-bien-commun-pour-nosparties-prenantes/finance-climat>
- FORATOM cité par FORUM NUCLEAIRE (2017), « *L'énergie nucléaire dans l'Union Européenne : quelques chiffres* », information parue sur le site :
<https://www.forumnucleaire.be/theme/dans-le-monde/lunion-europeenne>
- FORUM NUCLEAIRE (2014), « *Les enjeux de la politique énergétique belge* », article paru le 19 août sur le site :
<https://www.forumnucleaire.be/content/les-enjeux-de-la-politique-%C3%A9nerg%C3%A9tique-belge>
- FUTURA SCIENCES, « *Centrale marémotrice* », information parue sur le site :
<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/energie-renouvelable-centrale-maremotrice-6665/>
- GREENPEACE BELGIQUE (2014), « *La biomasse vraiment durable ?* », Information parue sur le site :
<http://www.greenpeace.org/belgium/fr/que-faisons-nous/renouvelables/Foire-aux-questions/>
- GREENPEACE BELGIQUE, « *Qu'en est-il du marché carbone ?* », voir le site :
<http://www.greenpeace.org/belgium/fr/que-faisons-nous/changements-climatiques/Foire-aux-questions/>
- HM TREASURY (2010), « *Stern Review on the economics of climate change* », information parue sur le site:
https://www.webarchives.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/sternreview_index.htm
- ING : <https://www.ing.com/ING-in-Society/Sustainability/INGs-Sustainability-Direction/Sustainable-transitionsfinanced.htm>
- INTELLIGENCE ENERGY EUROPE (2014), « *Quelles sont les sources d'énergie renouvelable ?* », information parue sur le site :
http://www.2020energy.eu/sites/default/files/pdf/sources_d_energie_renouvelable.pdf

- KBC : https://www.kbc.com/en/system/files/doc/sustainability-reponsability/FrameworkPolicies/CSD_CorporateSustainabilityFramework.pdf
- LES ECHOS (2018). « *Les énergies renouvelables bientôt toutes compétitives* ». Information parue le 14 janvier sur le site : https://www.lesechos.fr/14/01/2018/lesechos.fr/0301147702225_les-energies-renouvelables-bientot-toutes-competitives.htm
- LES ECHOS (2017), « *Les énergies vertes de plus en plus compétitives* », Information parue le 25 janvier sur le site : https://www.lesechos.fr/25/01/2017/lesechos.fr/0211725615873_les-energies-vertes-de-plus-en-plus-competitives.htm
- SOCIETE GENERALE. « *Lutte contre le changement climatique* ». <https://www.societegenerale.com/fr/mesurer-notre-performance/rse/engagements-climat>
- SOCIETE GENERALE, « *Politique sectorielle : pétrole & gaz* ». https://www.societegenerale.com/sites/default/files/2018/politique_sectorielle_petrole_et_gaz.pdf
- NOTRE-PLANETE.INFO (2017), « *La géothermie ou l'énergie de la terre* », information parue sur le site : <https://www.notre-planete.info/ecologie/energie/geothermie.php>
- NOTRE-PLANETE.INFO (2016), « *Les conséquences économiques et financières du changement climatique ont été sous-estimées* », information parue le 20 mai sur le site : <https://www.notre-planete.info/actualites/4477-consequences-economiques-changement-climatique>
- NOVETHIC (2017), « *100 investisseurs mondiaux appellent les banques à mieux prendre en compte le risque climatique* ». Information paru sur le site : <https://www.novethic.fr/actualite/finance-durable/isr-rse/100-investisseurs-mondiaux-appellent-les-banques-a-mieux-prendre-en-compte-le-risque-climatique-144824.html>
- RUMOLINO C. (2014), « *Un épouvantail à la française : l'« intermittence » des énergies renouvelables* », Réseau Sortir du nucléaire, septembre, voir le site : <http://www.sortirdunucleaire.org/Unepouvantail-a-la-francaise-1>

- TCFD (2017). “*Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures*”. June. Voir le site :
<https://www.fsb-tcfd.org/wp-content/uploads/2017/06/FINAL-TCFD-Report-062817.pdf>
- TOUTE L'EUROPE.EU (2017), « *La politique européenne de lutte contre le changement climatique* », voir le site :
<https://www.touteurope.eu/actualite/la-politique-europenne-de-lutte-contre-le-changement-climatique.html>
- WWF (2017), « *Les banques belges investissent encore plus de 40 milliards d'euros dans les énergies fossiles* », Information parue le 19 avril sur le site :
<https://wwf.be/fr/actualites/les-banques-belges-investissent-des-milliards-deuros-dans-les-energies-fossiles/>
- WWF. « *Notre avenir énergétique – en route vers un système énergétique renouvelable* », voir le site : http://www.wwf.be/_media/briefing_FR_641002.pdf

