

Projet “Europe-Territoires”

**Transition(s) énergétique(s) en Europe :
analyse comparative de scénarios,
de leur application territoriale
et de leurs impacts socio-économiques**

Phase 1

*Analyse de scénarios nationaux
en Allemagne, Autriche, au Danemark et en Suisse*

Cette phase 1 du projet Europe-Territoires a été réalisée avec le concours financier de la Caisse des Dépôts pour la Recherche, dans le cadre d'une convention bilatérale.

Cette étude a été coordonnée par Stéphane Chatelin et Yves Marignac, avec les contributions de Manon Besnard, Thomas Letz et Anne Rialhe.

Sommaire

1. Rappel de la démarche et des objectifs	5
2. Choix des pays et repérage des scénarios énergétiques ambitieux.....	6
2.1. Méthode de repérage et de sélection	6
2.2. Sélection d'un scénario par pays	7
• Allemagne	7
• Autriche	7
• Danemark	8
• Suisse	8
2.3. Niveau de détail des données disponibles.....	8
• Constat des données manquantes	9
• Recherche de données complémentaires	9
3. Comparaison entre les trajectoires observées, les objectifs européens et les scénarios retenus pour l'étude	10
3.1. Allemagne	11
• Part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie	11
• Évolution de la consommation d'énergie finale	11
3.2. Autriche.....	12
• Part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie	12
• Évolution de la consommation d'énergie finale	13
3.3. Danemark.....	14
• Part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie	14
• Évolution de la consommation d'énergie finale	14
3.4. Suisse	15
• Part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie	15
• Évolution de la consommation d'énergie finale	15
3.5. France	16
• Part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie	16
• Évolution de la consommation d'énergie finale	17
3.6. Synthèse.....	18
4. Principales orientations des scénarios nationaux.....	19
4.1. Allemagne	19
• Cadrage et méthode.....	20
• Principales orientations.....	20
• Choix de mise en œuvre	20
4.2. Autriche.....	21
• Contexte et objectifs du projet.....	21
• Méthodologie	21
• Résultats et mise en œuvre	22
• Évaluation des scénarios	22
4.3. Danemark.....	23
• Objectifs et méthode.....	23
• Demande d'énergie	23
• Production d'énergie	24
• Bénéfices économiques et mise en œuvre.....	24
4.4. Suisse	24
• Fondamentaux et cadrage global	25

• Demande d'énergie	25
• Production d'énergie	26
• Bilan	26
4.5. Analyse comparative des scénarios nationaux étudiés	26
• Objectifs et méthodologie	26
• Demande d'énergie	27
• Production d'énergie	28
5. Conclusions	29
• Sélection et analyse des scénarios	30
• Analyse des trajectoires à court terme.....	30
• Analyse des trajectoires à long terme	31
Annexes	33
A1. Grille d'évaluation des scénarios repérés	33
A2. Scénarios examinés pour l'Allemagne	34
A3. Scénarios examinés pour l'Autriche	37
A4. Scénarios examinés pour le Danemark	40
A5. Scénarios examinés pour la Suisse	42
A6. Collecte d'information sur le contenu des scénarios retenus	44
A7. Détails du scénario retenu pour l'Allemagne	47
• Fondamentaux et méthode.....	47
• Découpage sectoriel	48
• Offre et bilan	50
A8. Détails du scénario retenu pour l'Autriche	54
• Fondamentaux et méthode.....	54
• Découpage sectoriel	54
• Offre et bilan	57
A9. Détails du scénario retenu pour le Danemark	60
• Fondamentaux et méthode.....	60
• Découpage sectoriel	61
• Offre et bilan	63
A10. Détails du scénario retenu pour la Suisse	67
• Fondamentaux et méthode.....	67
• Découpage sectoriel	68
• Offre et bilan	70
A11. Analyse de la situation du Danemark	74
• Objectifs à court terme.....	74
• Évolution des années passées	74
• Points à améliorer	79

Projet “Europe-Territoires”

Transition(s) énergétique(s) en Europe - Analyse comparative de scénarios, de leur application territoriale et de leurs impacts socio-économiques

Rapport final de la Phase 1

Analyse de scénarios nationaux en Allemagne, Autriche, au Danemark et en Suisse

23 mars 2016

Le présent rapport conclut une démarche de repérage et d'analyse de différents scénarios de transition énergétique élaborés dans différents pays européens, qui constitue une étape préliminaire indispensable du projet “Europe-Territoires” que l'association négaWatt a mis en place grâce au soutien de la Caisse des dépôts. Si l'objectif final de ce projet est bien d'identifier et de mettre en perspective les leviers d'action mobilisés pour la transition énergétique à l'échelle de territoires particulièrement actifs dans ce domaine, le cadrage fourni par les scénarios énergétiques nationaux dans les pays où ces territoires seront choisis est une base nécessaire à la compréhension de ces orientations. Si le repérage et la sélection de ces scénarios nationaux n'ont pas posé de difficultés particulières, leur exploitation s'est révélée moins immédiate qu'initialement prévu. Tout en replaçant ces scénarios à long terme dans le contexte de chaque pays et de sa trajectoire actuelle, mesurée notamment par rapport aux objectifs nationaux à 2020 dans le cadre des engagements européens, l'analyse présentée permet néanmoins d'identifier les tendances structurantes communes ainsi que les différences.

1. Rappel de la démarche et des objectifs

Le repérage de scénarios décrivant les trajectoires de transition énergétique sur lesquelles s'engagent ou pourraient s'engager différents pays européens, et leur analyse constituent la première étape du projet “Europe-Territoires”. Cette base est indispensable pour la suite de l'étude, qui vise à s'appuyer sur cette caractérisation pour analyser la déclinaison territoriale de ces trajectoires, puis identifier les impacts et bénéfices attendus des principales réalisations constatées ou projetées, et enfin évaluer les investissements et moyens correspondants et discuter leur priorisation.

L'utilisation qui doit être faite dans la suite de l'analyse des scénarios nationaux conditionne le cahier des charges pour la sélection des scénarios et pour la collecte des informations sur leur contenu. Il est ainsi prévu, dans cette première phase du projet :

- de recenser et sélectionner, dans les pays choisis, les scénarios énergétiques les plus ambitieux, les plus complets, et les plus en prise avec les orientations des politiques énergétiques,
- d'analyser le détail des rythmes envisagés de réduction des consommations d'énergie, si possible par secteur et en distinguant les parts d'actions de sobriété et d'efficacité énergétique,

- d'analyser le détail des rythmes envisagés de substitution des énergies fossiles (et lorsqu'il est exploité dans le pays considéré, du nucléaire), en distinguant si possible les usages électriques, thermiques et de mobilité ainsi que les choix de vecteurs énergétiques,
- d'identifier à travers cette analyse les priorités et niveaux d'action visés dans chacun des pays pour atteindre les objectifs de lutte contre le changement climatique et de transition énergétique,
- et pour finir, d'établir une synthèse sur les convergences, au delà des spécificités propres à chaque pays, concernant les orientations d'action de la transition énergétique.

2. Choix des pays et repérage des scénarios énergétiques ambitieux

Avant de s'intéresser aux scénarios proprement dits, la première sélection concerne les pays dans lesquels les trajectoires engagées ou prévues de transition énergétique semblent les plus pertinentes à étudier. Il est évidemment impossible de couvrir l'ensemble des pays européens, et l'étude est dimensionnée pour traiter, en plus du cas de la France, quatre pays d'Europe.

L'objectif n'est pas nécessairement de choisir un échantillon représentatif de la diversité européenne, mais plutôt de se concentrer sur des pays présentant un intérêt du fait de leur position politique en Europe, de leur exemplarité supposée en matière de transition énergétique, ou encore de leur niveau d'interaction avec la France. Les quatre pays retenus pour l'étude sont trois États membres de l'Union européenne – Allemagne, Autriche, Danemark – plus la Suisse.

2.1. Méthode de repérage et de sélection

L'analyse détaillée du contenu de trajectoires de transition énergétique associées à chacun de ces pays suppose de retenir dans chaque cas une trajectoire de référence suffisamment documentée. Il existe, selon les pays, plus ou moins d'exercices de prospective énergétique issus d'organismes publics, para-publics, privés ou non institutionnels susceptibles de fournir une telle trajectoire de référence, au sens du projet "Europe-Territoires".

Une étape importante du projet consistait donc à repérer de la façon la plus complète possible les exercices de prospective énergétique d'intérêt pour le projet afin de sélectionner le scénario à étudier dans chacun des pays concernés. Après un premier repérage très global, quatre scénarios ont été choisis dans chaque pays (deux en Suisse) comme étant les principaux "candidats", parmi lesquels une grille multicritère a ensuite permis d'en sélectionner un. Les critères pris en compte portaient essentiellement sur quatre aspects, auxquels la même pondération était accordée. Le détail des critères pris en compte est précisé dans l'[annexe 1](#).

- Le premier point concerne l'appréciation du degré de ressource apporté par le scénario : il s'agit essentiellement d'estimer le niveau de documentation qui accompagne le scénario, son accessibilité pour les contributeurs au projet (langue, support, ...) et son utilité.
- L'importance du scénario dans le pays qu'il concerne est un point essentiel, puisque le projet s'intéresse à terme, au-delà des trajectoires elles-mêmes, à la traduction qu'elles peuvent trouver dans la mise en œuvre de politiques et mesures au niveau des territoires. Cette importance est approchée notamment en tenant compte du statut des porteurs du scénario, et liens identifiables de ce scénario avec la politique énergétique, et de l'appréciation grossière de

l'impact du scénario dans le débat public et médiatique sur la politique énergétique dans son pays.

- Le troisième enjeu concerne le degré de complétude du scénario, qui recouvre à la fois une appréciation de la méthode prospective sur laquelle il s'appuie, et du champ des secteurs ou thématiques qu'il couvre. Une des difficultés consistait ici à évaluer de manière globale, sans entrer dans une lecture approfondie qui n'était pas recherchée à ce stade, la qualité du détail d'information susceptible d'être fourni par les scénarios considérés.
- Enfin, le quatrième aspect considéré porte naturellement sur le niveau d'ambition du scénario par rapport aux grands enjeux de la transition énergétique – sachant que tous les exercices retenus s'inscrivent *a minima* dans cette orientation. Il s'agit en priorité d'identifier son niveau d'ambition du point de vue de la lutte contre le changement climatique, mais également sur le niveau de demande, les énergies renouvelables, etc.

Les références détaillées des principaux scénarios identifiés et évalués sur cette base pour chacun des quatre pays retenus, ainsi que la synthèse des informations correspondantes, sont présentés dans les tableaux en [annexes 2 à 5](#).

2.2. Sélection d'un scénario par pays

Allemagne

Les quatre scénarios ambitieux examinés en Allemagne ([annexe 2](#)), et leurs porteurs sont :

- 1) *Energieziel 2050 : 100% Strom aus erneuerbaren Quellen*, Agence Fédérale de l'Environnement (2010)
- 2) *Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050*, WWF Deutschland (2009)
- 3) *Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung*, Ministère de l'Economie (2010)
- 4) *Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global*, Ministère de l'Environnement (2012)

C'est le quatrième scénario, celui du Ministère de l'Environnement, qui a été retenu pour cette étude Europe-Territoires.

Comportant un niveau de finesse d'analyse plus élevé que celui des trois autres scénarios (découpage sectoriel fort, périmètre tous GES, intégration d'une dimension économique, etc.) tout en affichant des objectifs ambitieux - sans pour autant être l'exercice le plus volontariste en la matière -, il présente l'avantage d'être un scénario institutionnel, qui a servi de référence pour l'élaboration de la politique énergétique.

Autriche

Pour l'Autriche ([annexe 3](#)), les scénarios suivants ont été retenus dans la première phase d'analyse :

- 1) *Energieautarkie für Österreich 2050*, Ministère de l'Agriculture, de la Forêt, de l'Environnement et de l'Eau (2010)
- 2) *"ZEFÖ (Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich)"*, Ministère des Transports, de l'Innovation et la Technologie et Ministère du Travail (2011)
- 3) *Energie [R]evolution 2050*, Greenpeace (2011)

- 4) *EnergieStrategie Österreich*, Ministère de l'Economie, de la Famille et de la Jeunesse et Ministère de l'Agriculture, de la Forêt, de l'Environnement et de l'Eau (2010)

Le scénario ZEFÖ a été sélectionné pour la deuxième partie de l'étude.

Au vu de l'échéance de la trajectoire étudiée dans le scénario EnergieStrategie Österreich - l'année 2020 - celui-ci ne pouvait être conservé. Celui de Greenpeace présente des objectifs ambitieux mais est relativement peu détaillé, et a l'inconvénient - au vu de nos critères - de ne pas être un scénario institutionnel.

Entre les deux premiers scénarios, le choix s'est finalement porté sur celui qui semblait avoir le plus influé sur les décisions politiques tout en étant suffisamment ambitieux (objectif 100% renouvelable).

Danemark

Les quatre scénarios suivants ont été étudiés pour le Danemark ([annexe 4](#)) lors de cette première étape :

- 1) *Energy Strategy 2050*, Gouvernement Danois (2011)
- 2) *Sustainable Energy Vision 2030*, INFORSE (2010)
- 3) *Climate Plan 2050*, Danish Society of Engineers (2009)
- 4) *Power to the people*, Danish Energy Association (2009)

C'est ici un scénario non institutionnel, celui réalisé par la Danish Society of Engineers, syndicat danois, qui a été retenu pour la suite de l'étude.

Bien détaillé, couvrant l'ensemble des gaz à effet de serre et présentant des objectifs ambitieux, il présente une analyse plus approfondie que les trois autres exercices en intégrant davantage d'hypothèses relevant explicitement de la sobriété - en proposant une réflexion sur les usages de l'énergie dans nos modes de vie - tout en poussant plus loin l'analyse économique : il comporte notamment une estimation des investissements et des emplois créés par la mise en œuvre de ce scénario.

Suisse

Pour la Suisse, seuls deux scénarios ambitieux ont été relevés ([annexe 5](#)) :

- 1) *Nouvelle politique énergétique*, Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (2013)
- 2) *Energie [R]evolution Schweiz*, Greenpeace (2013)

Bien qu'intégrant une forte dimension « sobriété énergétique », en proposant une variante explicite sur cette thématique, le scénario de Greenpeace n'a pas été retenu pour la seconde phase. Le scénario fédéral, ambitieux, présente le grand avantage de servir de référence à la politique énergétique suisse.

2.3. Niveau de détail des données disponibles

L'étude plus poussée des quatre scénarios énergétiques retenus a montré une grande disparité entre la finesse du niveau de détail affiché par le scénario négaWatt et le peu de données parfois délivré par les autres exercices.

La grille d'évaluation des scénarios initialement envisagée, pourtant loin de proposer un niveau de détail que l'on peut retrouver dans le scénario négaWatt, n'a pu être correctement renseignée par

aucun des quatre scénarios étrangers. Certaines données - que pourrait naturellement présenter chaque exercice de prospective énergétique - se sont finalement avérées absentes.

Constat des données manquantes

L'évolution des surfaces chauffées dans le résidentiel et le tertiaire, des taux de remplissage des véhicules, des parts modales de chacun des modes de transport, des km parcourus par habitant ou encore des tonnages produits dans le secteur industriel permettent d'obtenir un premier niveau d'analyse intéressant. En repartant de l'évolution des besoins - avant de se préoccuper de l'évolution de la consommation d'énergie, ces indicateurs permettent de caractériser la transition énergétique et sociétale décrite par un scénario, avant de s'intéresser aux évolutions comparées des consommations d'énergie primaire. Les scénarios énergétiques étudiés ne fournissent cependant que peu de données sur chacun de ces indicateurs évoqués, ne permettant pas la réalisation d'une analyse comparative correcte de ces différents exercices.

Tout autant problématique pour ce travail d'analyse comparative, d'autres indicateurs plus généraux comme le niveau de consommation de chacune des sources d'énergie par secteur (en Allemagne ou en Autriche), ou les puissances installées dans chacune des filières de production d'électricité (en Autriche) n'ont pas pu être correctement identifiés.

Les scénarios étudiés ne montrent pas nécessairement les mêmes lacunes. À titre d'exemple, si le scénario autrichien présente un niveau de détail intéressant dans l'évolution des consommations du secteur du bâtiment (évolution des surfaces, des moyennes de consommation par m² dans le résidentiel et dans le tertiaire, des différents vecteurs utilisés, etc.), il affiche par ailleurs un manque important de données relatives à la production d'électricité. D'autres exercices fournissent au contraire avec une plus grande précision l'évolution des puissances éoliennes, photovoltaïques, hydrauliques, etc. installées, en se montrant beaucoup moins explicites sur l'évolution de la demande d'énergie.

Cette disparité d'analyse rend très difficile, au vu des données recueillies, l'établissement d'une grille d'évaluation commune suffisamment renseignée pour chacun des exercices.

Recherche de données complémentaires

Les données recueillies sur la base de la documentation exploitable ne se révèlent donc pas suffisantes pour mener l'analyse au niveau souhaité. Après échange avec l'ensemble des membres de l'équipe projet sur les analyses des différents scénarios retenus, il est ressorti que cette lacune pourrait toutefois être en partie comblée par un échange direct avec les porteurs de scénario dans chacun des pays concernés, permettant de prendre éventuellement connaissance d'un niveau de détail plus important que celui trouvé dans les documents publics.

Dans une partie des cas, la méthode de construction de la trajectoire énergétique à l'origine même du scénario explique cette différence : ainsi, des indicateurs que négaWatt considère primordiaux pour l'analyse de la comparaison ne pourront être extraits directement des scénarios considérés et ne pourront, dans le meilleur des cas, qu'être indirectement constitués. Toutefois, dans l'autre partie des cas, on peut espérer que les données que négaWatt recherche pour ce projet, sans être directement publiées dans la documentation des scénarios considérés, existent de manière explicite dans leur modélisation ou sont des données implicites que les porteurs des scénarios peuvent facilement recalculer.

Une grille simplifiée des éléments qualitatifs et quantitatifs primordiaux pour l'analyse a ainsi été transmise aux porteurs des scénarios en Allemagne, Autriche et Danemark, dans l'espoir de compléter l'information disponible. L'analyse de documents plus complets en langue allemande obtenus au sujet du scénario suisse a permis de réduire le besoin d'échange avec ses porteurs. Comme indiqué dans l'[annexe 6](#), cette grille reprend l'essentiel des éléments de caractérisation et a été transmise à chaque porteur avec une indication de ce que nous considérons comme déjà acquis, acquis de façon incomplète ou manquant dans chacune des rubriques.

Cet échange n'a toutefois permis de recueillir qu'une partie de l'information manquante pour aboutir à une grille commune d'analyse suffisamment riche. Ainsi, la synthèse qui peut en être tirée repose sur moins d'indicateurs de comparaison qu'envisagé au départ.

3. Comparaison entre les trajectoires observées, les objectifs européens et les scénarios retenus pour l'étude

Le « paquet énergie-climat », directives européennes de 2009, fixe pour chacun des États membres de l'Union Européenne (UE) des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre, de réduction de la consommation d'énergie finale, et d'augmentation de la part des énergies renouvelables (EnR) dans la consommation finale brute d'énergie. L'objectif global est une réduction de 20% des émissions de GES entre 2005 et 2020, un objectif de 20% de part des énergies renouvelables dans la consommation brute d'énergie en 2020, et un objectif non contraignant de réduction de 20% de la consommation d'énergie par rapport à un scénario tendanciel.

L'exercice suivant consiste à comparer les dynamiques observées dans chacun des cinq pays aux objectifs fixés par les scénarios retenus et aux trajectoires nécessaires pour atteindre les objectifs européens (ces objectifs n'existant bien entendu pas pour la Suisse).

L'objectif de réduction de la consommation d'énergie n'étant pas clairement défini pour chacun des pays (les scénarios tendanciels n'ont pas tous été réalisés), la comparaison portera sur l'objectif de réduction des consommations fixé dans les Plans nationaux d'action en matière d'efficacité énergétique (PNAEE).

Les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) ne seront quant à eux pas étudiés dans la suite de cette analyse. Les objectifs européens sont relatifs à l'ensemble des GES, alors que les scénarios étudiés se concentrent bien souvent sur les seules émissions relatives au secteur énergétique. Ils excluent ainsi de nombreux GES, et rendent ainsi impossible la comparaison avec les objectifs européens.

Note de compréhension des graphiques suivants

Dans les comparaisons effectuées, des écarts existent pour l'année 2005 entre les trajectoires observées (en rouge sur les graphiques) et les données provenant des directives européennes (en bleu). Il s'agit souvent de périmètres non identiques. Par exemple, la directive européenne évoque la part d'énergie renouvelable dans la consommation finale brute d'énergie, alors que les données accessibles font souvent référence à la consommation finale nette d'énergie.

La valeur « 2013 - Objectif UE » n'est pas donnée par les directives européennes ; il s'agit ici d'une simple règle de trois entre les valeurs 2005 et 2020. En réalité, la dynamique n'étant pas linéaire, l'objectif UE pour 2013 pourrait être légèrement inférieur à la valeur indiquée sur les graphiques.

3.1. Allemagne

Part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie

En Allemagne, l'écart est faible entre la trajectoire observée et la trajectoire fixée par l'Union Européenne. En 8 ans, la part des EnR est passée de 7 à 12 %. L'atteinte des objectifs européens semble donc en bonne voie. Le scénario du Ministère allemand de l'environnement (BMU), retenu dans cette étude comparative, fixe un objectif de part des énergies renouvelables supérieur à l'objectif européen (22% contre 18%). La trajectoire suivie actuellement ne s'oriente pour l'instant pas vers cette valeur haute.

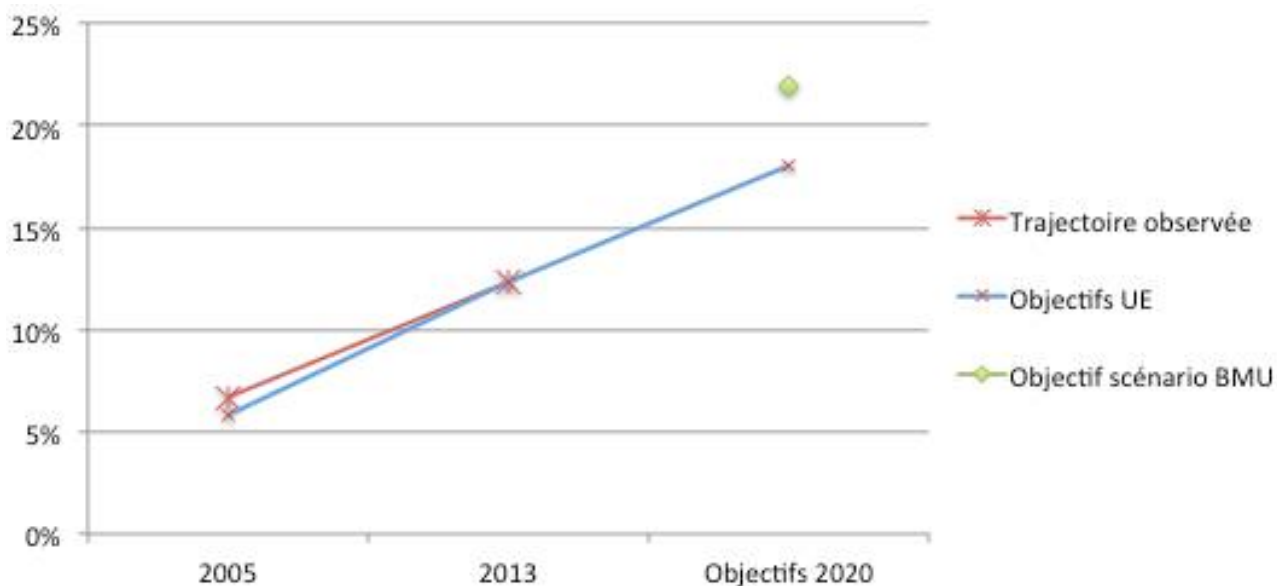


Figure 1 - Allemagne : Part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale

En matière de production d'électricité, la part des renouvelables est passée de 10 à 26 % entre 2005 et 2014, niveau encore assez éloigné de la valeur-cible proposée par le scénario du BMU (47 %).

Évolution de la consommation d'énergie finale

Si les objectifs de part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie sont pour l'instant globalement atteints, il n'en est pas de même des objectifs - certes non contraignants - de réduction de la consommation d'énergie finale.

Entre 2005 et 2013, la consommation d'énergie finale en Allemagne a été relativement stable, oscillant entre 205 et 225 Mtep. Le PNAEE prévoit une réduction de 11 % des consommations d'énergie entre 2005 et 2020 ; la diminution est encore plus forte dans le scénario retenu du BMU (-22 %). Pour réduire ses consommations, l'Allemagne devra rapidement fournir des efforts supplémentaires en matière de sobriété et/ou d'efficacité énergétiques.

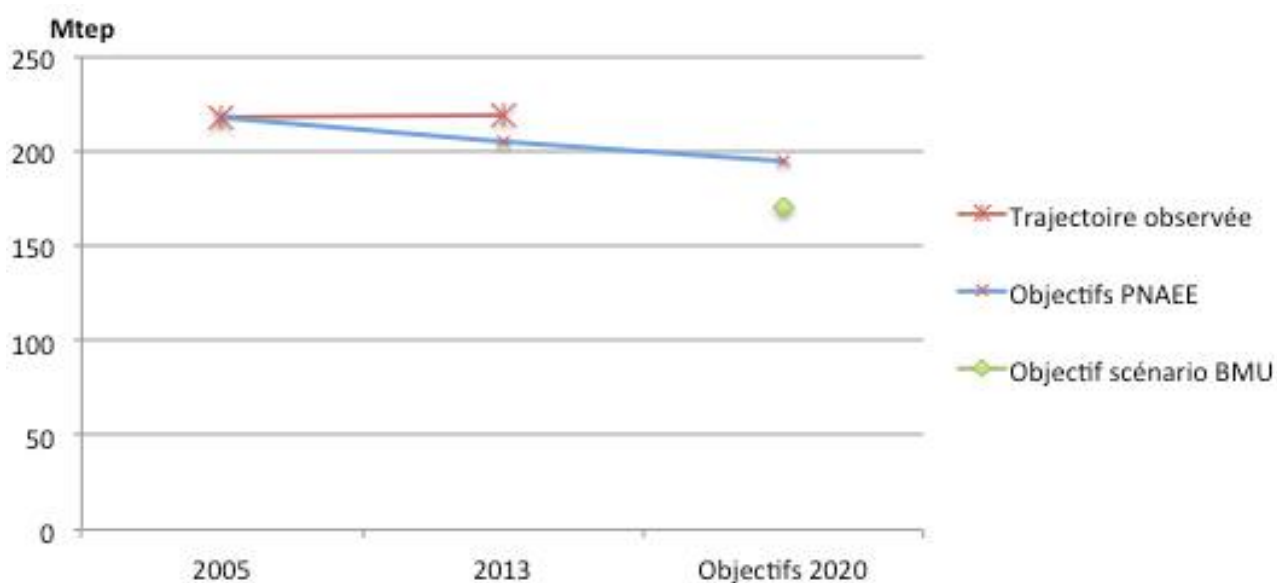


Figure 2 - Allemagne : Évolution de la consommation d'énergie finale

Une diminution des consommations d'énergie augmentera mécaniquement la part des EnR dans le mix énergétique : la maîtrise des consommations est donc doublement avantageuse, elle facilite l'atteinte de l'ensemble des objectifs.

3.2. Autriche

Part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie

L'Autriche affiche un des objectifs les plus élevés de part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie en 2020, du fait de sa situation déjà exemplaire en 2005 (notamment grâce à l'hydraulique et à la biomasse). L'objectif fixé par l'UE est de 34 % de la consommation d'énergie fournie par les EnR en 2020, contre 23 % en 2005.

Cet objectif élevé est en fait déjà atteint en Autriche, avec plusieurs années d'avance. Le rythme toujours soutenu de développement du bois-énergie pour le chauffage des bâtiments conjugué au déploiement du solaire thermique (les autrichiens sont parmi les tous premiers européens en termes de surface installée par habitant) et de l'éolien a permis d'atteindre rapidement cet objectif, et laisse entrevoir en 2020 la possibilité d'atteindre le niveau encore plus ambitieux proposé par le scénario ZEFÖ retenu dans cette étude (47 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie).

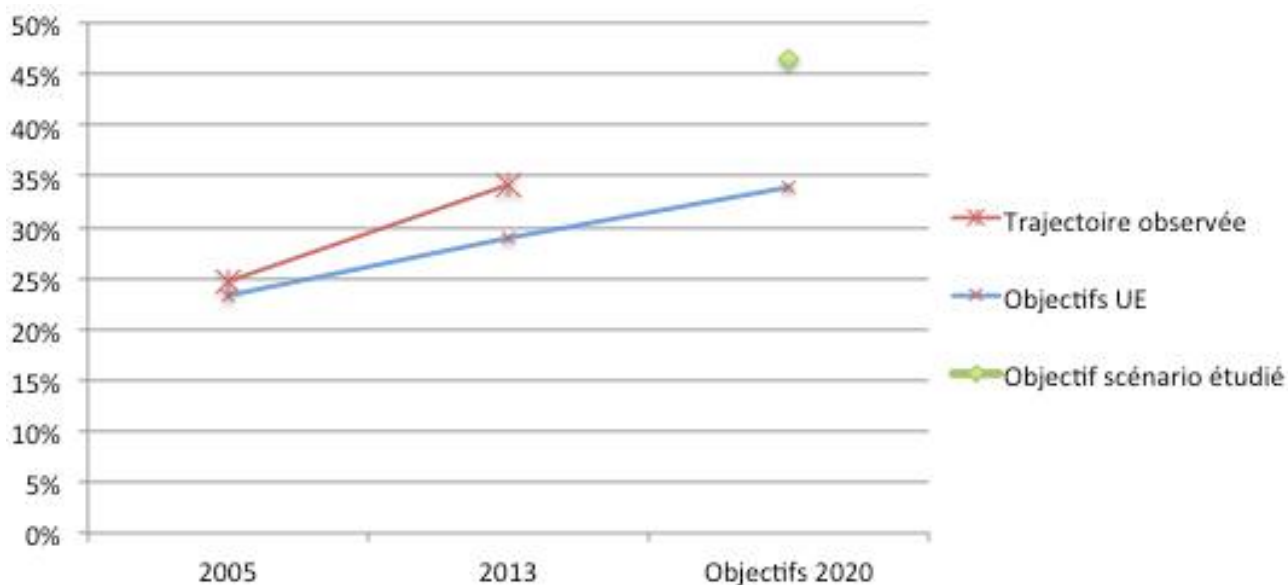


Figure 3 - Autriche : Part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale

Si l'on s'intéresse plus spécifiquement à la production d'électricité, on observe une forte hausse de la part des renouvelables, passant de 34 % en 2005 à 53 % en 2014. L'objectif à 2020 du scénario ZEFÖ, fixé à 58 %, n'est plus très loin.

Évolution de la consommation d'énergie finale

Le PNAEE autrichien prévoit en 2020 une consommation d'énergie équivalente à celle de 2005, égale à 26 Mtep. En 2013 l'Autriche se trouvait légèrement au-dessus de cet objectif, avec une consommation de 27 Mtep.

Le scénario ZEFÖ prévoit quant à lui une forte réduction des consommations, d'environ un quart par rapport à 2005. En réduisant sa demande d'énergie, l'Autriche pourrait être l'un des premiers pays européens à atteindre 50 % d'énergies renouvelables dans sa consommation énergétique, et ce dès 2020.

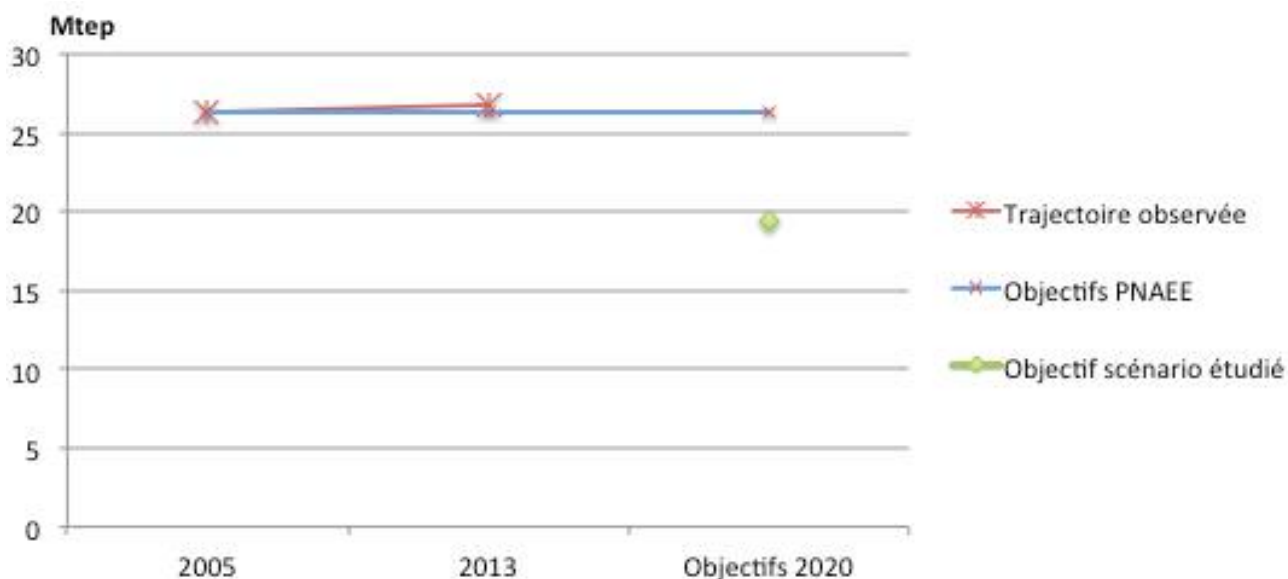


Figure 4 - Autriche : Évolution de la consommation d'énergie finale

3.3. Danemark

Part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie

La trajectoire de développement des énergies renouvelables au Danemark dépasse jusqu'ici les objectifs fixés par la directive européenne (30 % en 2020). Depuis 2005, le fort développement de l'éolien dans la production d'électricité et de la biomasse (principalement sous forme de plaquettes forestières) pour le chauffage des bâtiments a permis une hausse de plus de 40 % de la part des renouvelables dans la consommation d'énergie.

La poursuite d'une telle politique permettrait d'atteindre (ou même de dépasser) l'objectif de 34 % d'EnR dans la consommation d'énergie, fixé par le scénario élaboré par la Danish Energy Association.

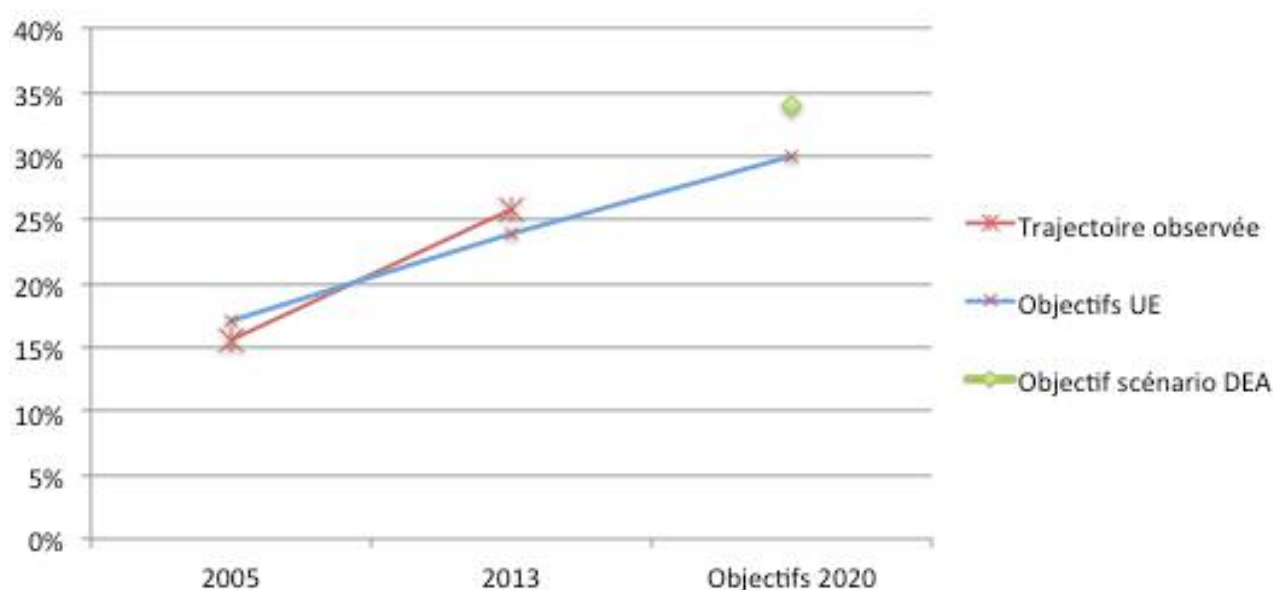


Figure 5 - Danemark : Part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale

Ce scénario issu de la société civile propose l'un des objectifs les plus ambitieux en matière de pénétration des renouvelables électriques, avec une valeur cible de 73 % de couverture de la consommation d'électricité en 2020. Le Danemark suit pour l'instant cette trajectoire puisque ce taux est déjà passé de 27 à 56 % entre 2005 et 2014.

Évolution de la consommation d'énergie finale

Le PNAEE danois envisage une réduction de 7 % de la consommation d'énergie entre 2005 et 2020. L'objectif a d'ores et déjà été atteint en 2013. En poursuivant ses efforts sur la demande d'énergie, le Danemark peut arriver en 2020 au niveau fixé par le scénario de la DEA, visant une diminution de 17 % de la consommation d'énergie.

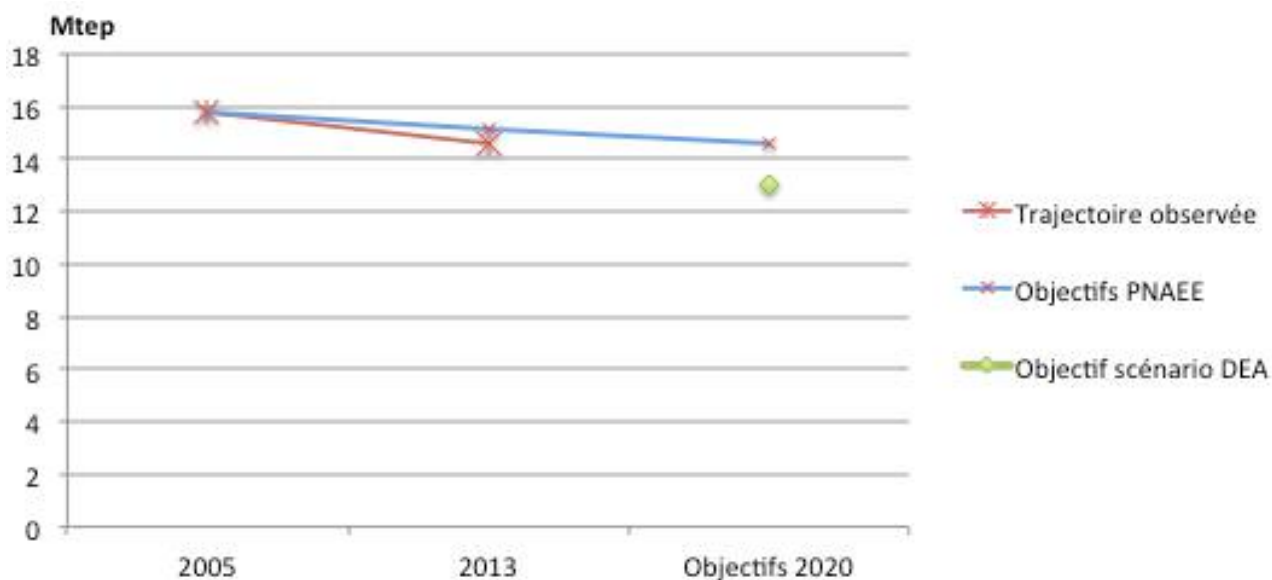


Figure 6 - Danemark : Évolution de la consommation d'énergie finale

3.4. Suisse

Part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie

En Suisse, les énergies renouvelables représentaient 20 % de la consommation d'énergie en 2005. En 2013, ce ratio atteint 27 %. La trajectoire suivie est conforme à celle fixée par le scénario de l'Office fédéral de l'énergie, étudié dans cette analyse.

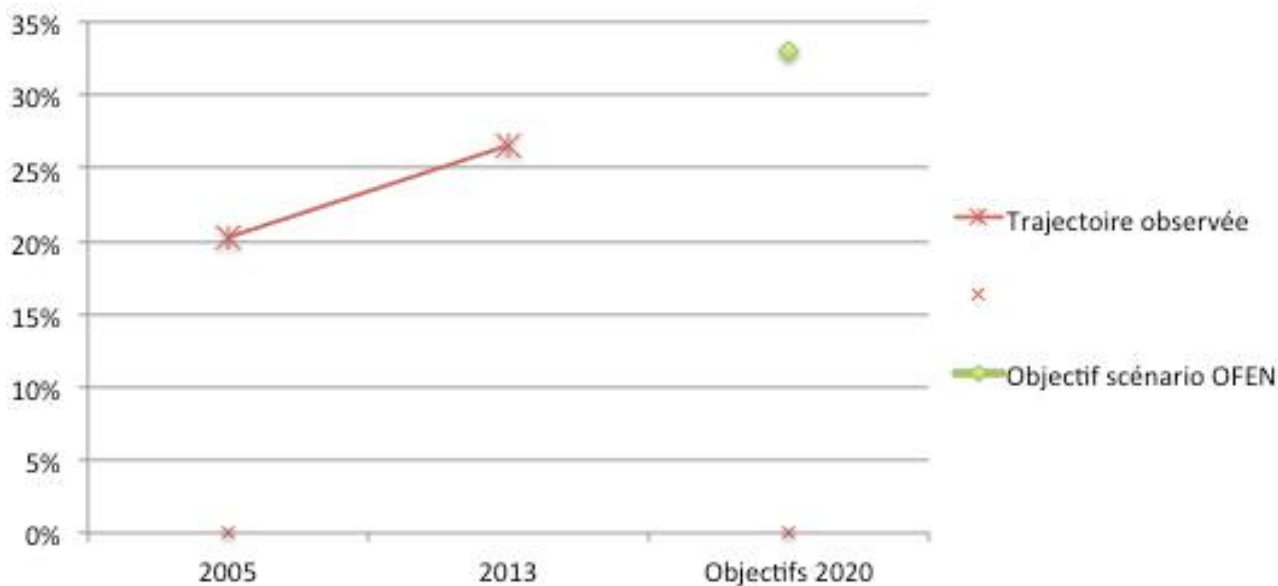


Figure 7 - Suisse : Part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale

En matière de production d'électricité, les Helvètes accusent un retard dans le développement des renouvelables par rapport aux projections officielles. Passé de 55 à 57 % entre 2005 et 2013, l'objectif est d'atteindre 65 % d'EnR dans la consommation d'électricité en 2020.

Évolution de la consommation d'énergie finale

La consommation d'énergie a très légèrement augmenté entre 2005 et 2013. La trajectoire suivie est pour l'instant éloignée de celle préconisée par le scénario de l'Office fédéral, qui envisage une baisse de 11 % de la consommation d'énergie entre 2005 et 2020.

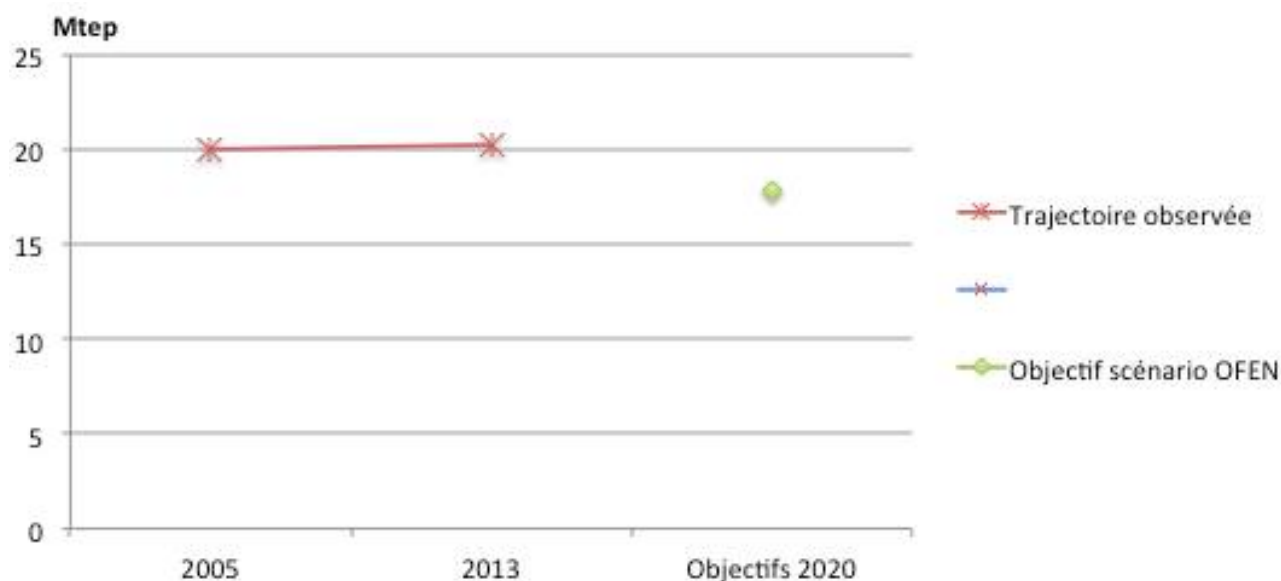


Figure 8 - Suisse : Évolution de la consommation d'énergie finale

Pour atteindre cet objectif, la Suisse doit mettre en place une politique forte de maîtrise de la demande d'énergie.

3.5. France

Part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie

La France fait partie des rares Etats membres en retard par rapport à la trajectoire d'atteinte des objectifs européens de développement des énergies renouvelables. Après un bon départ sur la période 2005-2010, les rythmes de développement des renouvelables électriques - principalement éolien et photovoltaïques - et de la biomasse se sont fortement ralentis.

La trajectoire observée est néanmoins conforme - au moins jusqu'en 2013 - avec celle proposée par le scénario négaWatt, qui vise un développement prudent des EnR dans les premières années, et qui surtout propose de réduire la part des renouvelables dans le secteur des transports, au regard des impacts négatifs des cultures d'agrocarburants.

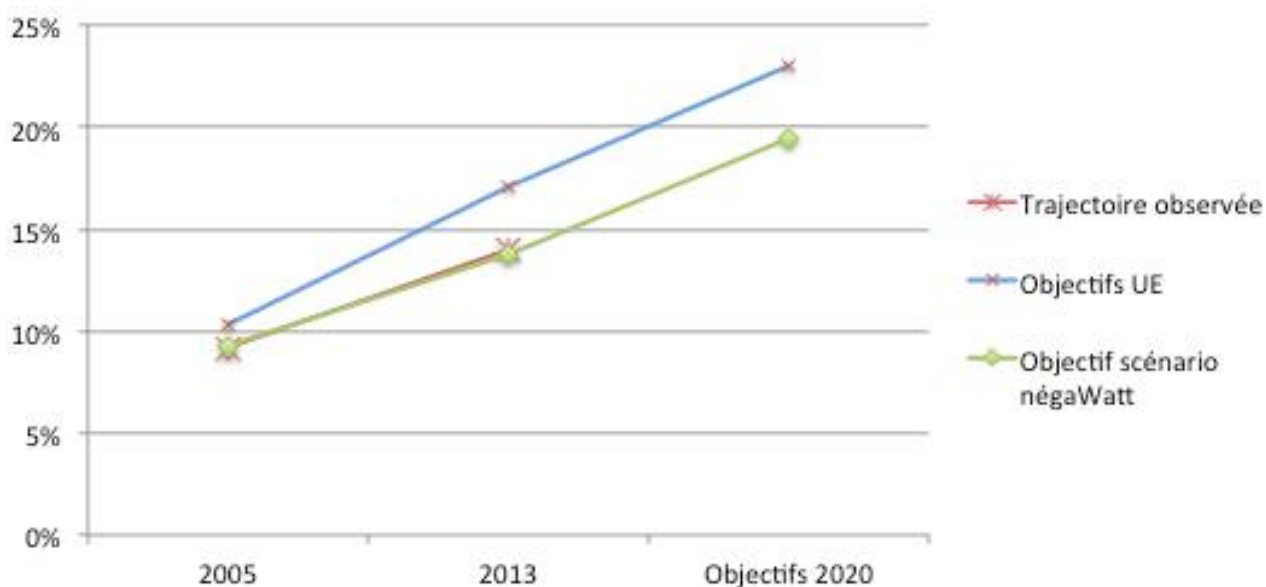


Figure 9 - France : Part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale

Les renouvelables couvrent 18 % de la production d'électricité en 2014, contre 14 % en 2005. Les rythmes d'installation sont pour l'instant relativement conformes aux engagements européens, mais inférieurs à ceux proposés par le scénario négaWatt.

Évolution de la consommation d'énergie finale

L'objectif du PNAEE est une réduction de 18 % des consommations d'énergie entre 2005 et 2020, plus fort objectif des différents PNAEE étudiés dans cette analyse. La France est pour l'instant en retard sur cet objectif, avec une réduction de 6 % entre 2005 et 2013.

Le scénario négaWatt privilégie de son côté la mise en place d'actions massives et structurantes, comme la rénovation thermique performante de l'ensemble du parc immobilier. Pour ce faire, une période de montée en puissance progressive a été intégrée dans ce scénario, expliquant la non-atteinte des objectifs européens à 2020.

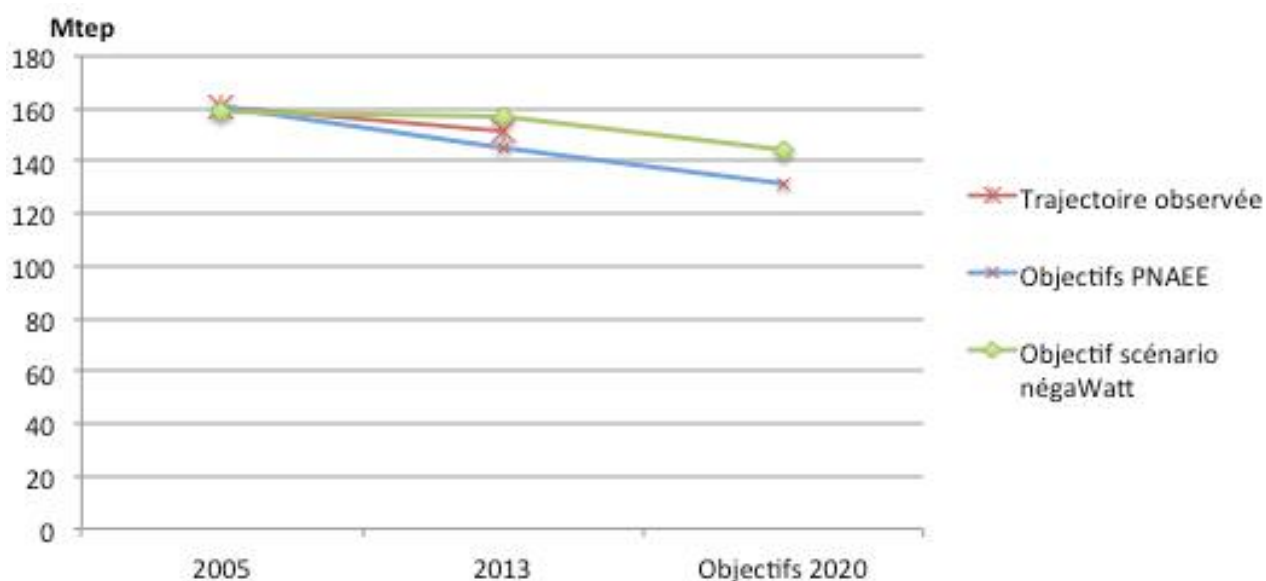


Figure 10 - France : Évolution de la consommation d'énergie finale

Comme dans les autres pays, une politique plus volontariste sur la maîtrise de la demande d'énergie faciliterait l'atteinte des objectifs en matière de part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie.

3.6. Synthèse

Dans cette comparaison de cinq pays européens, l'Autriche et le Danemark font clairement figure d'exemple. Bénéficiant déjà d'une part importante d'énergies renouvelables dans leur consommation d'énergie avant 2005, ils confirment leur leadership en suivant une trajectoire allant au-delà des objectifs européens, et sont en passe d'atteindre les valeurs cibles des scénarios ambitieux retenus dans cette analyse. Sans être soumis à ces mêmes réglementations, la Suisse affiche elle aussi un déploiement volontariste des énergies renouvelables.

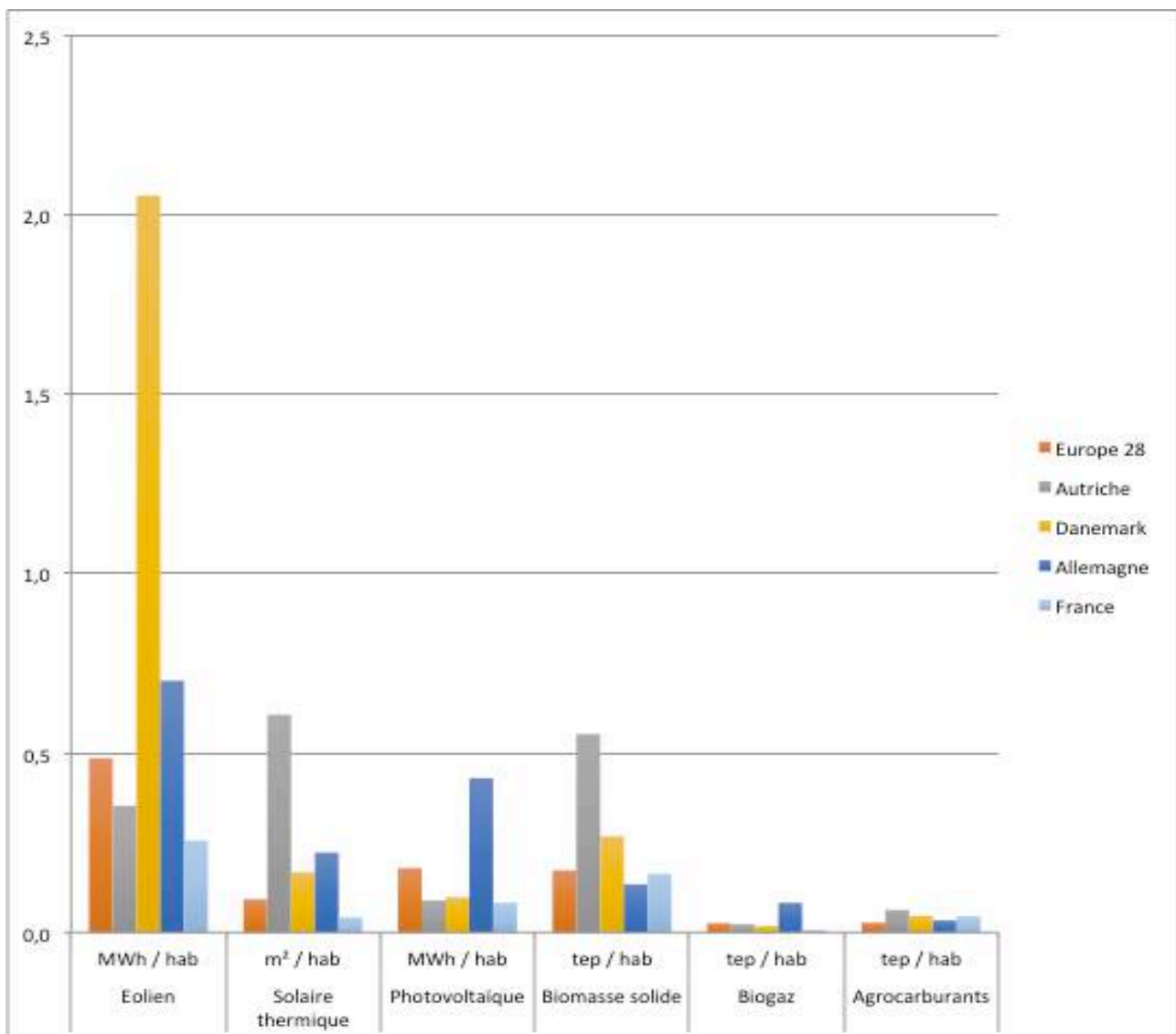


Figure 11 - Comparaison des niveaux actuels de développement des énergies renouvelables dans l'Europe ainsi qu'en Allemagne, Autriche, Danemark et France

En matière de développement des EnR, la France se retrouve quant à elle à la traîne. Affichant déjà un certain retard en 2005 par rapport aux pays cités ci-dessus - malgré un gisement conséquent d'énergies renouvelables pour répondre aussi bien à ses besoins de chaleur qu'à ses besoins d'électricité -, elle perd encore aujourd'hui du terrain et se retrouve en queue de peloton.

Pour affiner cette analyse entre pays, le graphique précédent propose de comparer les niveaux actuels d'installation d'énergie renouvelable par habitant. On retrouve la bonne position de l'Autriche et du Danemark, l'Allemagne se distinguant de son côté par un fort déploiement du photovoltaïque au regard des autres pays observés. La France n'excelle dans aucune de ces énergies renouvelables.

La France affiche néanmoins une orientation à la baisse de sa consommation d'énergie finale, à l'instar du Danemark, pendant que la Suisse, l'Allemagne et l'Autriche voient leur consommation très légèrement augmenter.

4. Principales orientations des scénarios nationaux

4.1. Allemagne

Le scénario « Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global¹ » a été réalisé, pour le ministère de l'environnement, par le Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR), le Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), et l'Ingenieurbüro für neue Energien (IFNE). Il a été publié en 2012. Il prend place dans l'Energiekonzept 2010 (le concept énergétique) et les lois sur l'énergie de l'été 2011. Ce concept énergétique comporte plusieurs défis : la réduction drastique des émissions de gaz à effet de serre, la transformation du secteur de la production d'énergie en une production assurée par les énergies renouvelables, une augmentation significative de l'efficacité énergétique.

Cadrage et méthode

Les données démographiques, structurelles et économiques sont celles de la « 2010 Lead Study », qui correspond au Concept énergétique de 2010 (hypothèses nationales) avec les évolutions suivantes :

- Croissance du PIB de +40% entre 2010 et 2050,
- Décroissance de la population de - 10% en 2050,
- Par contre, il n'y a pas dans les scénarios d'hypothèses intégrant une modification du mode de vie, le développement de la sobriété.
- Aussi, on constate une augmentation des besoins, avec les déterminants des consommations de passagers, des surfaces bâties qui sont en légère croissance légère, et des consommations du transport de marchandises en forte croissance.

Trois scénarios de prix des énergies ont été étudiés : croissance substantielle, modérée, très faible.

Une étude spécifique a été réalisée pour modéliser la courbe de charge électrique et vérifier son adéquation aux besoins de consommation (en puissance et pour les pointes de consommation), avec deux modèles (REMIX de DLR et IWES, Virtual electricity supply system). Le modèle électrique

¹ « Stratégies et scénarios à long terme pour le déploiement des énergies renouvelables en Allemagne »

proposé s'appuie largement sur les échanges entre pays européens : les échanges augmentent de 13,8 GW en 2030, de 17,6 GW en 2050.

Principales orientations

Dans cette étude, plusieurs hypothèses sont testées, nous avons retenu le scénario 2011 A, qui comprend :

- 50% de véhicules électriques et hybrides rechargeables, qui assurent 50% des passagers.km en voiture en 2050 ;
- L'introduction de véhicules à hydrogène ;
- L'utilisation de l'hydrogène aussi comme stockage de l'électricité, en cogénération ;
- L'abandon du nucléaire comme prévu en Allemagne, par la décision du Bundestag du 30 juin 2011.

Les émissions de gaz à effet de serre diminuent de 80% en 2050 (par rapport à 2010), la consommation d'énergie finale diminue aussi de 25% en 2050 (par rapport à 2008), la part des énergies renouvelables dans la chaleur augmente de 10,2% en 2010 à 46,10% en 2050. La consommation d'électricité classique (les usages actuels) diminue de 25% également, dans un scénario de variante (scénario 2011 A'), l'ajout des pompes à chaleur et des véhicules électriques limite la réduction de la consommation d'électricité à 15% et non plus 25%.

Choix de mise en œuvre

Parmi la mise en œuvre du scénario, notons en particulier les choix suivants :

- La consommation d'électricité diminue de 1,5% par an, de par l'efficacité énergétique accrue. La consommation d'électricité n'ayant diminué que de 0,5% de 2000 à 2010, une réduction de 1,5% signifie la mobilisation de potentiels techniques et structurels supplémentaires.
- La cogénération est particulièrement travaillée dans ce scénario, pour être utilisée de manière plus flexible, ce qui permet aussi du stockage de chaleur.
- La production d'électricité est aussi réalisée à partir de méthane et d'hydrogène.
- La biomasse est exploitée en prenant en compte la compétition avec les usages alimentaires et la protection de l'environnement : 4,2 millions d'hectares sont mobilisés pour des productions énergétiques, dont 2,3 millions pour des biocarburants, 1 million pour des taillis à courte rotation. Il n'y a pas d'importation de biomasse mais de l'importation d'électricité.
- Une amélioration de la qualité thermique des bâtiments, via des rénovations énergétiques ambitieuses de presque tout le parc bâti, avec une diminution de la demande en chauffage de 57% par rapport à 2008 en 2050 (objectif 63 kWh/m²/an en 2050, contre 147 kWh/m²/an en 2008).
- La réduction de la demande de chaleur dans l'industrie est moins marquée, seulement de 27%, montrant le plus faible potentiel d'économie d'énergie dans les processus industriels utilisant de la chaleur.
- Les transports sont assurés par différents modes, avec des véhicules électriques, hybrides, utilisant les biocarburants, l'hydrogène, et une substitution des transports routiers de marchandises par une augmentation du transport des marchandises par le rail. L'efficacité énergétique des moteurs thermiques conventionnels d'aujourd'hui est améliorée.

4.2. Autriche

Le projet ZEFÖ a été réalisé dans le cadre du programme "l'Energie du futur ". Ce programme a été réalisé pour le compte du ministère fédéral des Transports, de l'Innovation et de la Technologie et le ministère fédéral de l'Économie et du Travail par l'Agence autrichienne pour la promotion de la recherche. Il a été publié au printemps 2011.

Contexte et objectifs du projet

L'Union européenne et la République d'Autriche sont engagés sur l'objectif du développement durable, à savoir mettre en place un mode de vie et une économie et qui peut être maintenu à long terme sans obérer les conditions de vie des générations futures.

Les objectifs du projet étaient d'examiner dans quelle mesure et sous quelles conditions l'approvisionnement énergétique de l'Autriche peut être assuré sur le long terme par les seules sources d'énergie renouvelables disponibles, si possible sans aucune restriction de services énergétiques, voire même avec une augmentation de ces services dans certains domaines.

Méthodologie

Les potentiels d'énergies renouvelables, qui sont à long terme écologiquement et socialement acceptables ont été examinés (seules les surfaces non utilisées pour l'alimentation et la fourniture de matériaux sont considérées pour la production énergie). Les services énergétiques ont été évalués pour l'année de base (2005). Enfin, pour le futur, les sources d'énergie renouvelables et les services énergétiques ont été reliés en modélisant les flux d'énergie. Les conversions d'énergie ont été calculées en faisant appel aux techniques les plus efficaces. Un calcul d'équilibre du réseau électrique n'a été fait qu'au pas de temps mensuel.

Aucun critère économique ou d'emplois n'a été pris en compte dans l'exercice. Aucune relocalisation de l'industrie n'est considérée. Si c'était le cas, la consommation actuelle d'énergies fossiles serait plus élevée de 44 %.

Au total, trois scénarios et deux variantes de population sont examinés dans l'exercice.

Le scénario «business as usual» suppose qu'il n'y a pas de changements significatifs dans les tendances par rapport à la situation réelle. Les gains d'efficacité restent aussi modestes que les mesures d'économie d'énergie. La consommation d'énergie continue d'augmenter régulièrement. Le scénario «pragmatique» suppose qu'il est possible d'augmenter de manière significative l'utilisation de technologies efficaces et des solutions d'économie d'énergie, sans compromettre les services énergétiques. Sont nécessaires des actions et des incitations économiques, et des programmes d'information et sensibilisation, mais aussi des mesures réglementaires.

Le scénario «forcé» suppose de repenser de manière importante la politique en raison de la rareté des énergies épuisables. La mise en œuvre de l'efficacité ainsi que l'utilisation de sources d'énergie renouvelables est possible dans une mesure très importante. Sont obligatoires en plus des mesures d'information et des incitations financières mentionnés ci-dessus, des exigences réglementaires très strictes. Dans les calculs, on a supposé que les potentiels d'efficacité déjà disponibles aujourd'hui sont exploités presque à 100%. Par contre, il n'a pas été tablé sur d'hypothétiques futures "nouvelles technologies", non disponibles aujourd'hui.

En ce qui concerne le développement de la population, deux variantes (croissance ou déclin) ont été traitées.

Pour notre analyse, nous avons retenu la variante **scénario forcé / augmentation de la population** (+ 0,3 %/an jusqu'en 2050)

Résultats et mise en œuvre

La comparaison des valeurs 2050 par rapport aux valeurs 2005 montre :

- Pour la demande, une baisse de 51 % de la consommation d'énergie finale (67 % dans le résidentiel/tertiaire, 77 % dans la mobilité et le transport, 14 % dans l'industrie.
- Un arrêt de la consommation de charbon, de pétrole, et de gaz fossile.
- Un remplacement par les énergies renouvelables, qui n'est possible que grâce à la diminution de la consommation finale. Cela se traduit par une évolution modérée de l'usage de la biomasse (+ 25 %) et de l'hydraulique (+ 18 %), et par un développement très conséquent du biogaz (x 205), de l'éolien (x 13), du photovoltaïque (x 473) et du solaire thermique (x 4)
- Les échanges d'électricité avec les pays limitrophes s'inversent : d'une situation actuelle déficitaire (35 TWh importés / 18 TWh exportés), on passe à une situation excédentaire (3 TWh importés / 13 TWh exportés).
- Le taux d'énergie renouvelable dépasse 99 % en 2050. Les 100 % ne sont pas atteints du fait de l'électricité importée qui n'est pas 100 % renouvelable.
- Le taux d'indépendance énergétique atteint 98,5 % en 2050.

La mise en œuvre du scénario « forcé » suppose :

- Une réhabilitation thermique ambitieuse du parc bâti existant, et une construction neuve performante, qui amène la consommation moyenne de chauffage de 163 à 20 kWhEF/m²/an pour le résidentiel et de 190 à 25 kWhEF/m²/an pour le tertiaire.
- Un effort important sur les consommations électriques spécifiques avec une division par un facteur supérieur à 2 dans le résidentiel (16 kWhEF/m²/an en 2050 contre 35 kWhEF/m²/an en 2005) et dans le tertiaire (134 kWhEF/m²/an en 2050 contre 61 kWhEF/m²/an en 2005)
- Des efforts très importants sont demandés en termes de diminution de la mobilité des personnes : le nombre moyen de kilomètres parcourus par personne et par an est ainsi divisé par 2. Un report modal massif vers les transports en commun est envisagé, leur part passant ainsi de 27 % en 2005 à 62 % en 2050. De même, la part modale de la marche double et celle du vélo est multipliée par 8. De ce fait, la part modale de la voiture particulière est divisée par presque 3...
- En ce qui concerne les quantités de marchandises, il est juste envisagé que les tonnages transportés augmentent légèrement moins vite que la population : 0,08 %/an contre 0,3 %/an.
- Les carburants fossiles sont intégralement remplacés par des carburants renouvelables en 2050 : biocarburants 20 %, biogaz 45 %, électricité 35 %.
- La consommation d'énergie dans l'industrie est réduite essentiellement par des mesures d'efficacité énergétique : - 14 % en 2050 avec une population plus élevée de 14 %.

Évaluation des scénarios

Une évaluation interdisciplinaire des scénarios a été réalisée par un groupe d'experts qualifiés, à l'aide d'un questionnaire portant sur les aspects écologiques, techniques, économiques et sociaux. Il en ressort que le scénario « forcé » est celui qui présente les plus d'avantages (écologiques, économiques, climatiques). Mais c'est aussi celui qui est considéré comme le plus difficile...

4.3. Danemark

Le Plan Climat 2050 de la Société des ingénieurs Danois (IDA) constituait la contribution danoise au projet international *Future Climate – Engineering solutions*, initié par l'IDA. Ce projet, rassemblant les plans des 13 organisations y participant, constituait leur contribution au sommet de Copenhague en 2009 (COP15). Le Plan Climat 2050 s'appuie sur le travail effectué en 2006 pour le Plan énergétique 2030. Une quarantaine de rencontres et de séminaires réunissant plus de 1600 participants avait alors été organisée. Une première version du Plan Climat 2050 a été mise en consultation publique en mai 2009, et la version finale a intégré les retours issus de cette consultation.

Objectifs et méthode

Le Plan Climat 2050 vise à répondre à quatre objectifs : réduire les émissions de gaz à effet de serre de 90% en 2050 (soit un niveau d'environ 1,3 GtCO_{2eq} par habitant en 2050), maintenir l'auto-suffisance énergétique danoise, accroître la position commerciale du Danemark dans les secteurs du climat et de l'énergie, et développer l'économie et la prospérité danoise.

Le Plan a été développé selon six thématiques : systèmes énergétiques et production énergétique, agriculture, industrie et services, construction, transport, et adaptation climatique. Il présente le paysage danois en 2015, 2030 et 2050. Pour chacune de ces années, l'outil de simulation EnergyPLAN, développé par l'Université d'Aalborg, a été utilisé pour l'analyse technique et l'analyse d'impact socio-économique. L'équilibre entre consommation et production est calculé annuellement. Les résultats sont comparés pour chaque année à un scénario de référence : il s'agit des prévisions de l'Autorité Danoise de l'Energie pour 2015 et 2030. Pour 2050, l'IDA a prolongé la tendance du scénario de l'Autorité Danoise de l'Energie, qui s'arrête en 2030.

Demande d'énergie

Le Plan Climat 2050 propose une diminution de près de 48% de la consommation primaire d'énergie entre 2008 et 2050 (contre une augmentation de 14% dans le scénario de référence). Les économies d'énergies réalisées le sont principalement dans deux secteurs : l'industrie et le bâtiment.

Le commerce et l'industrie représentent un tiers de la consommation d'énergie danoise. L'IDA propose de mettre en œuvre toutes les mesures d'économies d'énergie dont le retour sur investissement est inférieur à 7,5 ans. Dans le bâtiment, qui représente plus de 40% de la consommation d'énergie primaire, l'IDA propose que toutes les habitations construites à partir de 2020 répondent à la norme « Zero Emission Housing », et que 75% des constructions les moins isolées soient rénovées suivant les exigences de 2009. La consommation énergétique pourrait alors être divisée par deux dès 2030, et les entreprises danoises pourraient être à la pointe du marché international des matériaux de construction. De plus, le Plan prévoit de relier 70% des habitations aux réseaux de chaleur urbains dont l'efficacité serait améliorée par un fonctionnement à basse température.

Le secteur des transports représente un quart des émissions de gaz à effet de serre danoises, et ses émissions sont encore en augmentation. L'IDA propose une électrification du secteur, à la fois par un report modal vers le rail (passagers et marchandises) et par un remplacement de l'ensemble du parc de véhicules individuels par des véhicules électriques. En plus de la réduction des émissions par véhicule, la consommation énergétique serait diminuée par une densification urbaine. Dans le secteur alimentaire, les émissions de gaz à effet de serre pourraient être réduites

par un changement de régime alimentaire avec moins de viandes et de produit laitiers contre une augmentation de la consommation de légumes et poissons, et une division par deux du gaspillage alimentaire dans les foyers.

Production d'énergie

Le Plan Climat propose une production d'énergie 100% renouvelable en 2050. Le mix énergétique est basé principalement sur la biomasse et sur l'éolien. Ce dernier représente entre 60 et 65% de la production danoise d'électricité. Les autres sources d'énergie sont le solaire photovoltaïque (10% de l'électricité), l'énergie houlomotrice (5% de l'électricité), et l'incinération de déchets pour une production combinée d'électricité et de chaleur. Dans une moindre mesure, la géothermie et les piles à combustible sont utilisées. L'hydraulique n'est pas développée en raison du manque de potentiel du pays. L'utilisation de l'énergie nucléaire est exclue pour plusieurs raisons : le coût de construction, le manque de compatibilité avec les autres modes de production dû au manque de flexibilité du nucléaire, l'absence de compétence industrielle du Danemark dans ce secteur et le manque de site pour le stockage géologique des déchets.

L'équilibre entre la production d'électricité et la demande est assuré par la biomasse, l'effacement grâce à des appareils domestiques intelligents, la flexibilité entre électricité et chaleur et le stockage via les batteries des véhicules électriques. Les consommateurs auront également accès en temps réel aux prix de l'électricité et de la chaleur afin d'ajuster leurs consommations. L'IDA estime que la production nationale de biomasse (64% de la consommation primaire d'énergie en 2050), d'origine agricole, forestière et marine, ne pose pas de difficulté jusqu'en 2030. La situation est plus tendue en 2050 : le potentiel domestique est suffisant pour la production d'énergie mais entrerait en conflit avec les besoins pour d'autres biens matériels.

Bénéfices économiques et mise en œuvre

L'IDA évalue entre 30 000 à 40 000 les emplois supplémentaires qui seraient créés par l'adoption de son scénario comparé au scénario de référence. Une fois que le système énergétique sera à 100% renouvelable, les investissements diminueront, il resterait encore environ 15 000 emplois de plus que dans le scénario de référence.

Pour réaliser son Plan, l'IDA propose 9 recommandations : un accord national visant à réduire la consommation d'énergie totale du pays de 2% par an jusqu'en 2030, la création d'une fondation de coordination des efforts d'économies d'énergie, la promotion des énergies renouvelables par des tarifs d'achat et un marché innovant, la recherche et développement de nouvelles technologies (production et efficacité énergétique), la réorganisation des infrastructures, réorganisation du transport de marchandises, une production et consommation alimentaire et de biomasse adaptées au climat, une stratégie nationale d'adaptation au changement de climat, et du lobbying international vers un accord mondial ambitieux sur le climat.

4.4. Suisse

Les Perspectives énergétiques réalisées par l'Office fédéral de l'énergie ont été publiées en octobre 2013, afin d'élaborer une base permettant au Conseil fédéral de réexaminer et de déterminer sa position en matière de politique énergétique après Fukushima.

Plusieurs variantes ont été élaborées. Celle retenue par le Conseil fédéral est la plus ambitieuse : nommée « Nouvelle politique énergétique », elle envisage un plafond d'émissions de CO₂ d'1,5 tonne par habitant en 2050.

Fondamentaux et cadrage global

Pour atteindre cet objectif, le scénario énergétique Suisse met en avant les moyens suivants :

- Efficacité avant les énergies renouvelables
- Economiser la chaleur domestique (énergie de chauffage)
- Efficacité électrique essentielle (notamment refroidissement)
- Mobilité électrique nécessaire
- Légères modifications des volumes de trafic et de la répartition modale
- Biomasse prioritaire au niveau du transport de marchandises et de la production de courant par cogénération

Pour la réussite de ce scénario, la Suisse suppose des avancées technologiques dans d'autres pays (par exemple sur les véhicules) car elle ne peut à elle seule influencer sur ces technologies (elle ne produit pas de véhicules). Par contre elle n'intègre pas de rupture technologique.

Des hypothèses sur la démographie (taux de croissance annuel moyen de 0,6 %) et sur la croissance du PIB (TCAM de 1,2 %, soit +46 % entre 2010 et 20150) viennent compléter le cadrage général de l'étude. Un impact du changement climatique a également été pris en compte, avec une hausse de 1,2°C des températures à horizon 2050, et un déplacement progressif des précipitations de l'été vers l'hiver.

Demande d'énergie

Dans le bâtiment, les surfaces chauffées augmentent sensiblement : + 37 % dans le résidentiel, + 22 % dans le tertiaire. Pour compenser ces hausses, le scénario Suisse fait le pari d'une très forte rénovation thermique du parc résidentiel, qui passe en moyenne de 106 à 13 kWh / m² / an (- 90 %). Des réductions sur les autres usages permettent d'envisager une baisse globale de 63 % des consommations d'énergie finale.

Dans le tertiaire, les rénovations sont moins ambitieuses (consommations en baisse de 57 %) mais néanmoins présentes.

Au total, les consommations d'énergie du parc bâti diminuent de 52 %.

Dans le domaine des transports, les kilomètres parcourus augmentent, aussi bien du côté des voyageurs (+ 23 %) que des marchandises (+ 48 %). Aucune hypothèse n'est faite sur le taux de remplissage des véhicules, légers ou poids lourds. Comme dans le bâtiment, c'est donc avant tout l'efficacité énergétique qui permet de réduire les consommations d'énergie.

La consommation moyenne unitaire des véhicules particuliers passe de 7,5 L / 100 km à 2,8 L (- 63 %), quand celle des poids lourds diminue de 55 %. Les véhicules électriques prennent une part de plus en plus importante, et représentent plus de 35 % du parc en 2050.

Dans le secteur industriel, ni la production ni les besoins énergétiques ne varient. Les effets de rétroaction sont difficiles à quantifier et ne sont donc pas inclus. Seule évolution, un taux de recyclage global qui augmente entre 2010 et 2050.

Au global, la consommation d'énergie finale diminue de 69 % dans le domaine de la mobilité et de 60 % dans la production de chaleur, entre 2010 et 2050. La consommation d'électricité augmente quant à elle de 6 %.

Tous secteurs confondus, la consommation d'énergie finale diminue de 46 %.

Production d'énergie

Des modifications structurelles du parc de production voient le jour entre 2010 et 2050. L'énergie nucléaire est progressivement abandonnée : plus aucun réacteur ne fonctionne en 2035, contre cinq en 2010. Les énergies fossiles diminuent également de façon drastique, avec une baisse de près de 75 %.

Les énergies renouvelables sont de leur côté bien évidemment appelées à se développer, mais à un niveau resté raisonnable grâce au travail préalable effectué sur la demande d'énergie. Au final, leur production n'augmente « que » de 80 %, passant de 66 à près de 120 TWh.

Bilan

La mise en œuvre du scénario « Nouvelle politique énergétique » aboutit à une réduction de plus de 80 % des émissions de CO₂ par habitant liées à l'énergie (0,85 tonne de CO₂ / hab / an). Les énergies renouvelables, qui représentaient 22 % de la consommation d'énergie en 2010 (57 % de la production d'électricité), frôlent les 70 % en 2050 (92 % dans la production d'électricité). Pour arriver à de tels résultats, l'Office fédéral de l'énergie évalue à plus de 190 milliards d'euros les investissements nécessaires, cumulés de 2010 à 2050, dans le seul parc de production d'électricité (comprenant les importations), un niveau équivalent à celui des autres variantes étudiées.

4.5. Analyse comparative des scénarios nationaux étudiés

Les trajectoires de transition énergétique dessinées par les quatre scénarios retenus montrent, même si d'importantes différences subsistent et malgré leurs différences en termes d'objectifs détaillés et de méthode, d'intéressantes convergences.

Objectifs et méthodologie

Les scénarios retenus dans cette analyse tendent tous vers une réduction forte des émissions de gaz à effet de serre afin de répondre aux enjeux climatiques.

En Allemagne, le scénario réalisé par le Ministère de l'Environnement (BMU) vise un objectif minimal de 85 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le scénario ZEFÖ, réalisé par le Ministère autrichien des Transports, de l'Innovation et la Technologie et celui de l'Economie et du Travail, vise quant à lui un objectif 100 % renouvelable en 2050. Le scénario danois réalisé par la Danish Energy Association a également pour objectif une réduction forte des émissions de GES (- 90 %), atteint là aussi par un fort développement des renouvelables. Enfin, le scénario suisse de l'Office fédéral de l'énergie fixe lui aussi un objectif relatif aux émissions de GES, avec une valeur cible de 1 à 1,5 tonne de CO₂-énergie / habitant en 2050.

Pour atteindre ces objectifs, aucun scénario ne mise sur une quelconque rupture technologique. Ils ne supposent pas de stockage du CO₂, et n'ont pas recours à l'énergie nucléaire. Ils visent par contre tous une réduction de la demande, et un développement volontariste des énergies renouvelables.

Demande d'énergie

La consommation d'énergie finale projetée est en baisse dans l'ensemble des pays étudiés. Divisée par deux en Autriche (hypothèse que l'on retrouve dans le scénario négaWatt), elle est réduite de 46 % en Suisse et de 40 % en Allemagne. Une baisse substantielle de la demande d'énergie est donc un trait commun de l'ensemble des scénarios retenus dans cette analyse, rejoignant l'objectif de la loi de transition énergétique française fixant un objectif de division par deux de la consommation d'énergie finale à l'horizon 2050.

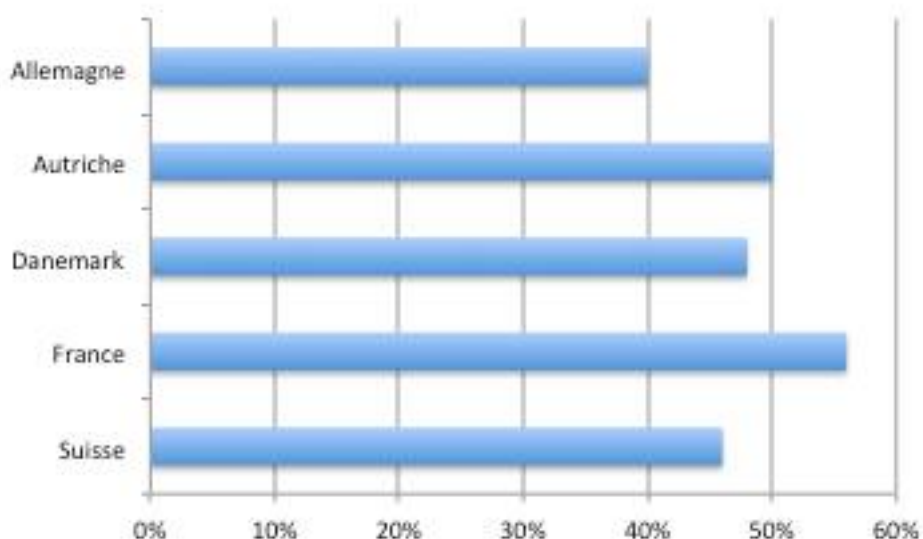


Figure 12 : réduction de la consommation d'énergie finale entre 2010 et 2050 dans les différents scénarios étudiés (pour le Danemark, l'analyse porte sur l'énergie primaire)

Cette baisse de la demande est rendue permise par des actions fortes d'efficacité énergétique, notamment dans le secteur du bâtiment, avec des programmes ambitieux de rénovation des parcs existants. La mobilité n'est pas en reste, les véhicules voyant leurs consommations unitaires fortement diminuer entre 2010 et 2050.

Les efforts sur la demande intègrent également certaines politiques de sobriété énergétique, de façon contrastée entre les scénarios. Ainsi, alors que les kilomètres parcourus par habitant diminuent en Allemagne (- 7 %) et surtout en Autriche (- 45 %), ils augmentent de 23 % en Suisse. Dans le secteur résidentiel, les surfaces chauffées évoluent également de manière non uniforme : + 15 % en Autriche, + 3 % en Allemagne, + 37 % en Suisse. Le contraste est encore plus saisissant lorsque l'on observe l'évolution des surfaces dans le tertiaire : + 55 % en Autriche, - 6 % en Allemagne, + 22 % en Suisse.

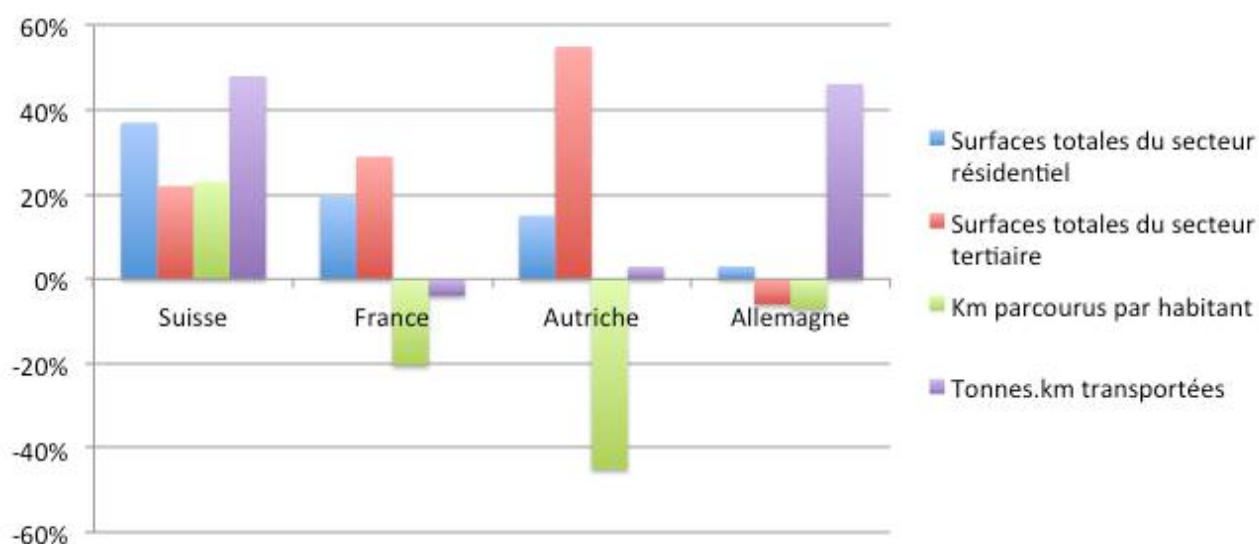


Figure 13 : évolution entre 2010 et 2050 d'indicateurs relatifs à la sobriété énergétique dans les différents scénarios étudiés (le Danemark n'apparaît pas, le scénario étudié ne fournissant pas les données recherchées)

Production d'énergie

Conformément aux tendances observées du côté de la demande, la production globale d'énergie est en baisse dans chacun des scénarios. Elle est divisée par deux en Autriche, en Allemagne et en Suisse, et réduite de près de 40 % au Danemark ; elle diminue de 66 % dans le scénario négaWatt.

La diminution est bien entendu encore plus marquée sur les énergies fossiles et fissiles, substituées par les énergies renouvelables.

En Autriche, le biogaz et le photovoltaïque présentent les plus importants potentiels de développement. Ils assurent en 2050 respectivement 26 % et 19 % de l'approvisionnement énergétique. La biomasse et l'hydraulique, déjà fortement présents, couvrent à terme 27 et 19 % des besoins énergétiques. Enfin, l'éolien est lui aussi déployé sur le territoire autrichien, permettant de répondre à 8 % des besoins énergétiques.

En Allemagne, bien que fortement diminué, le pétrole continue à jouer un rôle important puisque il représente plus d'un quart de l'énergie primaire consommée. La biomasse voit sa production augmenter de plus de 60 % pour représenter en 2050 près de 20 % du mix énergétique. L'éolien et le solaire ne sont pas en reste, avec respectivement 12 et 10 % de « parts de marché ».

La biomasse solide et le biogaz représentent près des deux tiers de l'approvisionnement énergétique danois en 2050. Dans la production d'électricité, l'éolien est très majoritaire. Il parvient à couvrir plus d'un quart de la consommation d'énergie primaire. Enfin, le solaire couvre 8 % des besoins énergétiques, répartis à parts égales entre le solaire thermique et le solaire photovoltaïque.

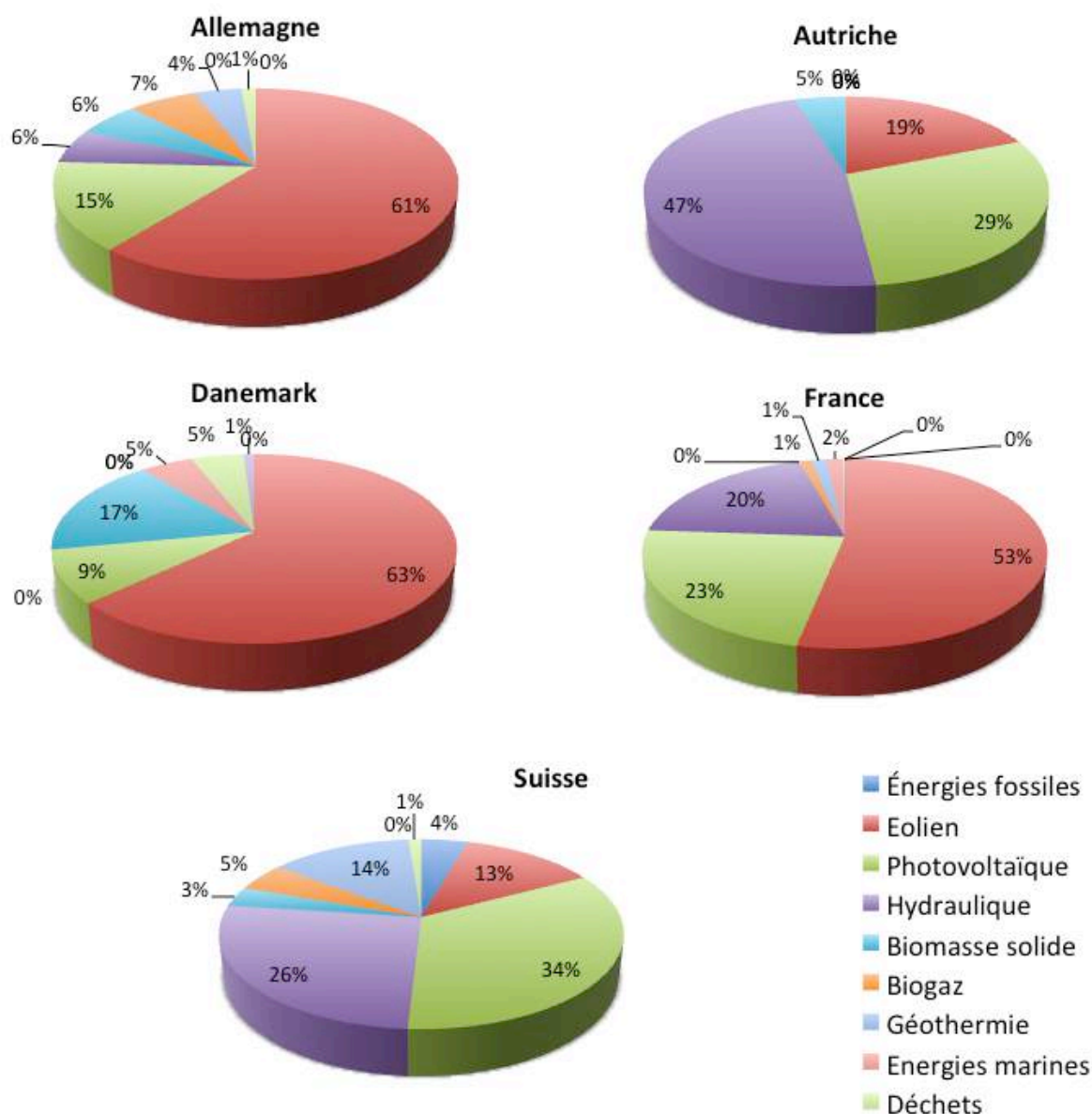


Figure 14 : Répartition des sources d'énergie dans la production d'électricité en 2050, dans les différents scénarios étudiés

5. Conclusions

Le présent rapport clôt la première étape d'une démarche dont l'objectif final est d'analyser à l'échelle territoriale les politiques de transition énergétique menées et projetées dans une sélection de régions européennes, en vue d'en identifier les ressorts et notamment de préciser les priorités d'investissement correspondantes. Cette première phase visait ainsi à mieux caractériser le contexte national dans lequel ces politiques territoriales devront être analysées, en sélectionnant pour les étudier et les comparer différents scénarios de transition énergétique ambitieux dessinant les trajectoires visées dans les différents pays choisis.

Sélection et analyse des scénarios

Quatre pays engagés à des degrés et des titres divers dans une politique de transition énergétique, mais présentant des caractéristiques géographiques, sociales et énergétiques différentes avaient été sélectionnés : trois États membres de l'Union européenne – l'Allemagne, l'Autriche et le Danemark – ainsi que la Suisse. Au-delà de cet objectif de diversité, il est utile de préciser que c'est l'exemplarité supposée de ces pays dans la transition énergétique, plus que leur représentativité de l'ensemble des situations en Europe, qui était recherchée.

La méthode retenue a consisté à sélectionner pour chaque pays, parmi les différents scénarios énergétiques disponibles sous forme de publications scientifiques ou de rapports techniques, un scénario de transition énergétique constituant une trajectoire ambitieuse de référence. Cette sélection s'est opérée en deux temps. Un premier repérage a d'abord permis de faire émerger un ensemble de quatre scénarios par pays (deux pour la Suisse) considérés comme les plus représentatifs. Un scénario pour chaque pays a ensuite été choisi sur la base d'une grille multicritères de classement intégrant quatre dimensions : la qualité documentaire associée au scénario (pour s'assurer qu'il soit exploitable dans le cadre de la présente étude), son inscription dans le paysage politique national (pour s'assurer qu'il soit en prise avec les évolutions poursuivies), son degré de complétude (pour s'assurer que la méthode prospective sur laquelle il repose et que le champ qu'il couvre apportent la richesse nécessaire à l'analyse), et enfin le niveau d'ambition de la trajectoire qu'il dessine (en particulier, vis-à-vis des objectifs de lutte contre le changement climatique).

Les scénarios finalement sélectionnés sont tous des scénarios produits ou reconnus par les organismes gouvernementaux, un seul d'entre eux (pour le Danemark) étant toutefois issu d'une structure non institutionnelle. Ils présentent des niveaux d'ambition globalement comparables mais font appel à des méthodes différentes et reposent sur des logiques dont les points forts et les points faibles ne sont pas les mêmes.

L'analyse des scénarios de transition énergétique ainsi sélectionnés s'est avérée plus difficile à mener que l'on pouvait s'y attendre. En effet, malgré le soin apporté au choix de scénarios présentant un niveau suffisant de complétude, l'accès à l'information détaillée recherchée pour établir une intercomparaison n'a pas toujours été possible. Cette information n'est dans certains cas pas disponible dans les publications, mais dans d'autres cas elle n'existe pas sous une forme exploitable, soit par absence de certains aspects, soit par manque de désagrégation au niveau souhaité sur certains volets considérés, soit par l'utilisation de désagréments détaillés se recoupant mal avec les catégories retenues pour la comparaison. Pour pallier à ce problème, des échanges avec certains porteurs des scénarios sélectionnés ont permis d'aller un peu plus loin dans la collecte et dans la bonne compréhension des données.

Analyse des trajectoires à court terme

La volonté de travailler sur des scénarios à long terme (tous portent à l'horizon 2050) est justifiée par la nécessité, dans le cadre de la transformation systémique que représente une transition énergétique, d'inscrire les décisions à prendre dans le court terme dans la cohérence d'une trajectoire suffisamment longue pour réaliser cette transformation. Il a donc semblé intéressant, avant de s'engager dans l'analyse des déterminants des scénarios retenus sur le long terme, de comparer les orientations suivies par ces scénarios avec les trajectoires actuellement observées dans les pays concernés. Cet exercice a été complété par une analyse similaire pour la France, basée sur le scénario de transition énergétique proposé par l'association négaWatt. Pour les États

membres de l'Union européenne, la tendance poursuivie et la trajectoire visée par le scénario ont également été comparées aux engagements de maîtrise de la consommation d'énergie et de développement des énergies renouvelables à l'horizon 2020 pris par ces États dans le cadre du « paquet énergie-climat » d'objectifs fixés au niveau communautaire à cet horizon.

D'une manière générale, les orientations observées depuis 2005 sont globalement compatibles, malgré certains écarts, avec les engagements des États à l'horizon 2020, mais ceux-ci restent souvent en deçà des points de passage que fixent en 2020 les scénarios plus ambitieux de véritable transition énergétique.

L'Autriche et le Danemark apparaissent comme les pays les plus avancés dans le développement des énergies renouvelables en général. Forts d'une proportion historiquement importante de ces énergies dans leur consommation d'énergie finale, ils ont non seulement les objectifs les plus élevés à 2020 parmi les pays considérés, mais semblent les plus à même de les atteindre. La Suisse est également sur la trajectoire ambitieuse qu'elle s'est fixée. L'Allemagne, bien qu'ayant un objectif moindre, est en bonne voie pour respecter son engagement européen mais en retard sur son scénario ambitieux. La France, enfin, est en retard sur son engagement européen, au point que celui-ci paraît désormais même trop élevé dans le cadre de la mise en œuvre à partir de maintenant d'un scénario ambitieux.

À l'inverse, la France affiche une orientation à la baisse de sa consommation d'énergie finale qui, bien que légèrement insuffisante par rapport à son engagement européen, la place néanmoins sur une trajectoire compatible avec un scénario ambitieux à long terme (même si cette baisse correspond, pour une partie au moins, à une délocalisation qui augmente l'empreinte énergétique de la France à l'étranger plutôt qu'à une politique d'efficacité sur la consommation intérieure). Seul le Danemark observe également une telle baisse, en avance dans son cas avec l'engagement européen. La consommation stagne ou augmente légèrement en Allemagne, en Autriche et en Suisse, de manière plus ou moins compatible pour les deux premiers avec leurs engagements européens, mais très éloignée de la baisse nécessaire à 2020 pour s'inscrire dans une trajectoire ambitieuse pour le long terme.

Analyse des trajectoires à long terme

Les scénarios retenus exigent donc le maintien, et même dans la majorité des cas le renforcement des tendances observées au cours de la dernière décennie dans les pays concernés. Ces efforts sont nécessaires pour atteindre des objectifs à long terme compatibles avec la lutte contre le dérèglement climatique, tous les scénarios ambitieux sélectionnés ayant pour objectif une forte réduction des émissions de gaz à effet de serre (de 75% et jusqu'à 90%) ou encore l'atteinte d'une production s'appuyant à 100% sur les énergies renouvelables.

Tous les scénarios sélectionnés, et la très grande majorité si ce n'est tous les scénarios étudiés dans la première phase, reposent pour atteindre ces objectifs sur deux leviers communs : une réduction importante de la consommation d'énergie et un fort développement des énergies renouvelables. Ils privilégient le volontarisme dans ce domaine au recours à l'énergie nucléaire, à la capture séquestration du carbone, ou à d'hypothétiques ruptures technologiques. Un point essentiel à retenir est que tous partagent la même logique selon laquelle la maîtrise de la demande d'énergie est la condition pour que le développement à un rythme réaliste des énergies renouvelables vienne en substitution, et non en addition, des énergies actuellement dominantes dans le mix énergétique des pays étudiés.

En vertu de cette logique, les scénarios de transition énergétique ambitieux prévoient dans tous les pays considérés une importante baisse de la demande d'énergie à l'horizon 2050, correspondant à une diminution située entre 40% et 50% de la consommation d'énergie finale par rapport à des niveaux de référence pris en 2010 ou les années suivantes. Ce niveau d'ambition, qui correspond à celui du scénario négaWatt pour la France, confirme qu'une telle diminution est nécessaire pour atteindre un niveau de décarbonisation de l'énergie conforme aux objectifs climatiques communs à ces différents pays. Ce résultat est cohérent avec l'introduction, dans la loi relative à la transition énergétique, d'un objectif de division par deux de la consommation d'énergie finale à l'horizon 2050.

Une telle baisse de la demande provient en priorité dans tous les scénarios d'un effort important d'efficacité énergétique. On retrouve ainsi notamment dans tous les scénarios des programmes ambitieux de rénovation thermique des parcs résidentiels et tertiaires existants, ainsi qu'un progrès significatif dans l'efficacité des véhicules. Les scénarios intègrent en revanche de façon plus contrastée les efforts de sobriété énergétique, même si ce constat doit être relativisé par rapport à l'absence d'explicitation de certains facteurs correspondants. L'évolution d'indicateurs tels que les kilomètres parcourus ou les surfaces de bâtiment chauffée montre une réduction ou une modération plus marquée selon les secteurs ou les pays, tandis que d'autres poursuivent une hausse importante. Une prise en compte plus explicite et systématique des potentiels de sobriété permettrait sans doute d'améliorer les résultats des scénarios tout en relativisant corrélativement la contrainte sur les efforts prévus en matière d'efficacité.

La transition énergétique repose enfin dans tous les scénarios sur le développement d'une forte proportion d'énergies renouvelables dans la réponse aux besoins énergétiques, sous le double effet d'un développement volontariste de ces filières et d'une réduction de la quantité absolue à produire. Les besoins en énergie primaire baissent en effet de 40% à plus de 50% dans tous les scénarios. Outre la contribution de l'énergie hydraulique dans les pays où celle-ci est déjà développée, les scénarios s'appuient tous essentiellement, bien que dans des proportions très variables, sur le développement volontariste du recours à la biomasse solide, au biogaz, et plus spécifiquement pour l'électricité à l'éolien et au photovoltaïque. Ces filières, complétées par quelques autres au rôle plus secondaire, permettent dans tous les scénarios de fournir 75% à 100% des besoins d'énergie en 2050, qui correspondent donc à 30% à 50% des niveaux de besoins énergétiques actuels.

Outre le gain important en matière d'émissions de gaz à effet de serre, puisque tous les scénarios s'inscrivent dans des objectifs qui se veulent compatibles avec une trajectoire soutenable au plan mondial, les scénarios mettent en avant les bénéfices en matière d'indépendance énergétique, qui s'approche de 100% dans certains d'entre eux, ainsi qu'en matière économique, notamment grâce aux centaines de milliers d'emplois créés dans les secteurs de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables.

Annexes

Annexe 1 - Grille d'évaluation des scénarios repérés

Référence
• Nom de(s) scénario(s)
• Organisme(s) porteur(s)
• Auteur(s)
Ressource (/5)
• Date de publication
• Documentation (site internet, rapport...)
• Langue(s)
• Lien(s) internet(s)
Importance (/5)
• Nature du porteur (institutionnel, académique, industriel, alternatif...)
• Lien avec la politique énergétique (référence, appui, extérieur...)
• Influence sur le débat (présence média, portage...)
Complétude (/5)
• Période couverte
• Scénario / variantes
• Vision / trajectoire
• Pas de temps
• Modélisation (oui/non, modèle offre- demande, macro-éco, autre)
• Modes de vie, sobriété
• Dimension économique
• Détail sectoriel (fort/faible, découpage...)
• Périmètre GES (CO2 énergie ou plus large)
• Périmètre géographique (national strict, échanges, empreinte...)
Ambition (/5)
• Objectif climatique
• Objectif demande
• Objectif renouvelables
• Autre(s) objectif(s) (autonomie, dépense...)
Score global (/5)
Remarques complémentaires

Annexe 2 - Scénarios examinés pour l'Allemagne

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Référence				
Nom de(s) scénario(s)	Energieziel 2050 : 100% Strom aus erneuerbaren Quellen	Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050	Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung	Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global
Organisme(s) porteur(s)	Umweltbundesamt (UBA)	WWF Deutschland	Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMU)
Auteur(s)	Thomas Klaus, Carla Vollmer, Kathrin Werner, Harry Lehmann, Klaus Müschen	Prognos, Öko-Institut, Dr. Hans-Joachim Ziesing	Prognos, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, GWS - Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Ingenieurbüro für neue Energien (IFNE)
Ressource (/5)	3	5	1	2
Date de publication	2010	2009	2010	2012
Documentation (site internet, rapport...)	Rapport (196 p.) + résumé (43 p.)	Rapport (510 p.) + résumé (34 p.) + synthèse (6 p.)	Rapport (267 p.)	Rapport (345 p.) et résumé (40 p.)
Langue(s)	Allemand, et anglais pour le résumé	Allemand, et anglais pour le rapport et le résumé	Allemand	Allemand pour le rapport et anglais pour le résumé
Lien(s) internet(s)	http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/energieziel-2050	http://www.wwf.de/themen-projekte/klima-energie/modell-deutschland/klimaschutz-2050/	http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/publikationen,did=356294.html	http://www.dlr.de/tt/en/desktopdefault.aspx/tabid-2885/4422_read-15254/

<i>Lien avec la politique énergétique</i>	A priori non	A priori non	A priori non	A priori a été utilisé
<i>Influence sur le débat</i>	Présence dans les médias (internet et papier)	Présence dans les médias (surtout internet)	Présence fréquente dans les médias (TV et internet), citée dans les sources d'articles, dont un français	Présence fréquente dans les médias (dont journaux papiers majeurs), citée fréquemment dans les sources d'articles de presse et universitaires (nombreux)
Complétude (/5)	2	3,5	4	4
<i>Période couverte</i>	2050	2009-2050	2008-2050, avec des courbes dès 1990	2010-2050
<i>Scénario / variantes</i>	Transition : développement maximal des ENR, réseau à l'échelle nationale (à voir : des scénarios avec réseaux aux échelles internationale, et locale en autarcie, sont cités dans l'étude)	Scénario tendanciel et volontariste ("innovation scenario")	4 scénarios avec variantes	3 scénarios volontaristes avec hypothèses de coût des ressources différentes
<i>Vision / trajectoire</i>	"Capture d'écran" de la situation en 2050	Mix énergétique et émissions de GES (en baisse) tous les 10 ans	Trajectoire donnée	Oui
<i>Pas de temps</i>	cf. ci-dessus, la transition entre 2010 et 2050 n'est pas décrite	10 ans	Données tous les 10 ans dans les tableaux récapitulatifs, graphes avec valeurs annuelles	5 ans jusqu'à 2030 puis 10 ans
<i>Modélisation (oui/non, type)</i>	Oui : croisement offre/demande	Oui : offre, demande et émissions de GES		Croisement offre/demande, mix énergétique pour l'électricité
<i>Mode de vie, sobriété</i>	Non intégré	A priori non intégré	Non intégré	A priori non intégré
<i>Dimension économique</i>	Non intégrée	Oui	Oui, au moins pour le coût des énergies	Intégration dans les hypothèses et les résultats
<i>Détail sectoriel</i>	Fort, découpage classique sur l'offre (filières) et sur la demande (secteurs économiques)	Très fort : consommations détaillées par secteur et énergie, production détaillée par filières	oui, par secteur consommateur, par énergie	Fort, découpage classique sur l'offre (filières) et sur la demande (secteurs économiques)
<i>Périmètre GES</i>	Non étudié	Tous GES	CO2 équivalent	Tous GES
<i>Périmètre géograph.</i>	National + échanges d'électricité européens abordés grossièrement	National	National + échanges d'électricité européen modélisés	National + échanges d'électricité européen modélisés

Ambition (/5)	5	5	5	5
<i>Objectif climatique</i>	Non	Baisse de 95% en 2050 par rapport à 1990	-40% en 2020, -85% en 2050	Baisse de 80% en 2050 par rapport à 2010
<i>Objectif demande</i>	Pas d'objectif	Non		Baisse de 25% en énergie finale en 2050 par rapport à 2008
<i>Objectif renouvelables</i>	Part = 100%	Part >70%	Au moins 18% en 2020, 50% en 2050	A priori non : forte proportion d'énergies de sources renouvelables
<i>Autre(s) objectif(s)</i>		Gain de 2,6% de la productivité globale énergétique de l'investissement	a priori non	
Score global (/5)	3	3,875	3,5	3,75
Remarques complémentaires	Ce document montre que l'objectif de 100% ENR électrique en 2050 est atteignable, mais ne donne que des conseils vagues sur la politique à appliquer pour l'atteindre			

Annexe 3 - Scénarios examinés pour l'Autriche

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Référence				
Nom de(s) scénario(s)	Energieautarkie für Österreich 2050	ZEFÖ (Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich)	Energie [R]evolution 2050	EnergieStrategie Österreich
Organisme(s) porteur(s)	Federal Austrian Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Ministère des Transports, de l'Innovation et la Technologie) + Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (Ministère de l'Economie et du Travail)	EVN (compagnie d'électricité), Greenpeace Europe Centrale et de l'Est, VIDA (Verkehrs- und Dienstleistungsgewerkschaft)	Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (Ministère de l'Economie, de la Famille et de la Jeunesse) + Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (= commanditaire scénario 1....)
Auteur(s)	Wolfgang Streicher et all (Universität Innsbruck, Universität Graz, TU Graz, TU Wien)	Prof. Dr. Reinhold Christian et all (Umwelt Management Austria)	Markus Bliem et all (Institut für Höhere Studien / Institute for Advanced Studies, Vienne)	idem ci-dessus
Ressource (/5)	3	3	3	1
Date de publication	01/12/10	01/12/11	01/02/11	01/04/10
Documentation (site internet, rapport...)	Rapport (141 p.) + résumé (11 p.)	Rapport (448 p) + résumé (131 p.)	Rapport (177 p.)	Rapport (140 p.)
Langue(s)	Allemand pour rapport et anglais pour résumé	Allemand et allemand pour synthèse	Allemand et allemand pour synthèse	Allemand et allemand pour résumé
Lien(s) internet(s)	https://www.klimafonds.gv.at/assets/Uploads/Studien/Energieautarkie205012pt20110308Final.pdf	http://www.energiesystemederzukunft.at/rxml/results.html?id=5379&active=	http://www.greenpeace.org/austria/de/multimedia/Publikationen/dokumente/energy-revolution/#a0	http://www.energiestrategie.at/
Importance (/5)	3	2	2	3
Nature du porteur	Institutionnel (ministère)	Institutionnel (ministère)	Alternatif	Institutionnel (ministère)
Lien avec la politique énergétique	Faible (voir ci-dessous)	n.d.	n.d.	Fort : roadmap "officielle" ?

<i>Influence sur le débat</i>	Quasi nulle : fait à la demande du ministre de l'époque, qui a changé depuis...	n.d.	n.d.	n.d.
Complétude (/5)	3	2	3	0.5
<i>Période couverte</i>	2008 - 2050	2005 - 2050	2010 - 2050	2020
<i>Scénario / variantes</i>	Constant (= 2008) / Croissance (+40 % vs 2008) / Efficacité (idem Croissance, mais plus d'efficacité)	BAU / Scénario forcé (= volontariste) / Scénario pragmatique 2 variantes démographiques (augmentation / réduction)	3 scénarios : Référence (= IAEA), Energy [R]evolution, Advanced Energy [R]evolution	Non renseigné à cause de la remarque complémentaire
<i>Vision / trajectoire</i>	pas de trajectoires	pas de trajectoires	trajectoire non précisée, points d'étapes 2007 - 2020 - 2030 - 2040 - 2050	
<i>Pas de temps</i>	2008 / 2030 / 2050	2005 / 2020 / 2050	10 ans	
<i>Modélisation (oui/non, type)</i>	Croisement offre / demande	Croisement offre / demande Extrapolation linéaire pour le tendanciel	Analyse biblio de l'offre et de la demande	
<i>Mode de vie, sobriété</i>	Sobriété à peine évoquée (ex : réduction demande transport)	Sobriété pas explicite	Evocation d'un "changement de comportement"	
<i>Dimension économique</i>	non	non	en annexe, analyse complémentaire du volet emploi dans le secteur de la rénovation	
<i>Détail sectoriel</i>	Fort, découpage classique sur l'offre (filières) et sur la demande (secteurs économiques)	Fort, découpage classique sur l'offre (filières) et sur la demande (secteurs économiques)	peu détaillé	
<i>Périmètre GES</i>	CO2 pas calculé explicitement	CO2 pas calculé	pas clair	

<i>Périmètre géograph.</i>	Pas d'augmentation de l'énergie grise liée aux importations. Si relocalisation de l'industrie, + 44 % sur consommation fossiles / Stabilité de la surface agricole pour nourriture / Solde importation/exportation annuel nul, mais échanges sur pas de temps journalier ou hebdomadaire permis / Stockage électricité dans STEP ou dans stockage chimique du pays	Importations et exportations dans les 3 scénarios	pas clair	
Ambition (/5)	3	2	3	0
<i>Objectif climatique</i>	- 80 à - 95 %	Non	- 50 et - 80 % émissions CO2 / 2008	Non renseigné à cause de la remarque complémentaire
<i>Objectif demande</i>	Baisse de 38 % dans le scénario "Croissance", de 53 % dans le scénario "Constant"	Pas d'objectif	division par 2 (1060 PJ en 2010 et 540 PJ en 2050)	
<i>Objectif renouvelables</i>	100 % ENR	Scénario forcé = 100 % ENR	80 % ENR en 2050	
<i>Autre(s) objectif(s)</i>	autonomie énergétique	autonomie énergétique	n.d.	
Score global (1 à 5)	3	2,25	2,75	1,3
Remarques complémentaires	très 'techno', prise en compte P2G	Evaluation originale : Les 3 scénarios ont été présentés avec un questionnaire à une quarantaine d'experts pour recueillir leur classement sur 20 critères.	s'intègre dans une étude plus large : EU Energie [R]evolution 2050	Il s'agit plus d'un travail visant à définir des grandes lignes d'action que d'un scénario en tant que tel. Par ailleurs l'horizon n'est qu'à 2020

Annexe 4 - Scénarios examinés pour le Danemark

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Référence				
Nom de(s) scénario(s)	Energy Strategy 2050	Sustainable Energy Vision 2030	Climate Plan 2050	Power to the people
<i>Organisme(s) porteur(s)</i>	Danish Government	INFORSE	IDA	DEA (Danish Energy Association)
<i>Auteur(s)</i>				
Ressource (/5)				
<i>Date de publication</i>	2011	2010	2009	2009
<i>Documentation (site internet, rapport...)</i>	Rapports (scénario, plan climat, mesures pour limiter le changt climat., agreement 2020)	Rapport et présentation ppt.	Main Report et Background Report	rapport + 7 fact sheets
<i>Langue(s)</i>	Anglais	Anglais	Anglais	Anglais
<i>Lien(s) internet(s)</i>	Scénario	Rapport Présentation	Main report Background report	Report
Importance (/5)				
<i>Nature du porteur</i>	Gouvernement	ONG	syndicat	industriels
<i>Lien avec la politique énergétique</i>	Référence pour la politique énergétique	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Influence sur le débat</i>	Présence forte - vision officielle	n.d.	n.d.	n.d.
Complétude (/5)				
<i>Période couverte</i>	2012-2020 et 2020-2050	2010-2035	2009-2030-2050	2009-2025 et 2025-2050
<i>Scénario / variantes</i>	1 scénario	7 scénarios de répartition biomasse/éolien	tendanciel et transition	pas de comparaison au tendanciel
<i>Vision / trajectoire</i>	Trajectoire détaillée jusqu'en 2020	Trajectoire	scénarios pour les années 2015, 2030 et 2050	trajectoire non précisée, points d'étapes 2007 - 2025 - 2050
<i>Pas de temps</i>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

<i>Modélisation (oui/non, type)</i>	n.d.	EnergyPLAN model from Aalborg University pour l'équilibre horaire offre-demande, économie	EnergyPLAN (équilibre horaire, consommation énergie primaire, émissions de CO2, coûts)	n.d.
<i>Mode de vie, sobriété</i>	pas explicitement traité	pas explicitement traité	intégré de façon modérée	pas explicitement traité
<i>Dimension économique</i>	oui - mécanismes de financement prévus	comparaison avec le tendanciel	oui - estimations des exportations, des emplois, des investissements	non
<i>Détail sectoriel</i>	fort (rapport Climate Change mitigation measures)	faible	Fort, découpage classique sur l'offre (filiales) et sur la demande (secteurs économiques)	faible - découpage électricité - chauffage - transports
<i>Périmètre GES</i>	Tous GES	aucun	Tous GES	CO2
<i>Périmètre géograph.</i>	n.d. (national)	n.d. (national)	n.d. (national)	n.d. (national)
Ambition (/5)				
<i>Objectif climatique</i>	sortie du charbon en 2030; -40% GES 2020/1990; non chiffré pour 2050 (-80%/1990 mentionnés)	aucun (non explicité)	Réduction GES de 90% en 2050 (année de référence?)	Neutre en carbone en 2050, -40% de GES en 2025/2005,
<i>Objectif demande</i>	pas de chiffrage global (chiffrage sur certains secteurs)	non chiffré	-2% par an de consommation d'énergie jusqu'en 2030 (=baisse de 35% entre 2009 et 2030)	-33% en 2050/2007
<i>Objectif renouvelables</i>	100% en 2050 (100% en 2035 pour électricité et chaleur)	100% en 2030	100% en 2050 (47% en 2030)	35% en 202, 80% en 2050
<i>Autre(s) objectif(s)</i>	Indépendance aux énergies fossiles en 2050	Indépendance aux énergies fossiles et nucléaire en 2030	auto-suffisance énergétique	sécurité d'approvisionnement
Score global (/5)				
Remarques complémentaires		transports hydrogène et électrique	transports électriques + biomasse	transports (voitures) : électriques 80%, biofuel 20%, stockage de CO2

Annexe 5- Scénarios examinés pour la Suisse

	Scénario 1	Scénario 2
Référence		
Nom de(s) scénario(s)	Nouvelle politique énergétique	Energie [R]evolution Schweiz
<i>Organisme(s) porteur(s)</i>	Office fédéral de l'énergie - Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication	Greenpeace
<i>Auteur(s)</i>		
Ressource (/5)	3	3
<i>Date de publication</i>	05/10/13	2013
<i>Documentation (site internet, rapport...)</i>	Résumé (43 pages) + annexes (31p)	Rapport 80 pages
<i>Langue(s)</i>	Français	Allemand
<i>Lien(s) internet(s)</i>	http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=fr&dossier_id=05024	http://www.greenpeace.org/switzerland/de/Themen/Energiewende-Punkt/EnergyRevolution/
Importance (/5)	5	2
<i>Nature du porteur</i>	institutionnel	ONG
<i>Lien avec la politique énergétique</i>	Référence	aucun
<i>Influence sur le débat</i>	n.d.	n.d.
Complétude (/5)	3	3
<i>Période couverte</i>	2010-2050	2010-2050
<i>Scénario / variantes</i>	- 3 variantes de politique : Poursuite de la politique énergétique actuelle, Mesures politiques du Conseil fédéral, Nouvelle politique énergétique - 3 variantes d'offre d'électricité	variante "sobriété"
<i>Vision / trajectoire</i>	Trajectoire	Trajectoire
<i>Pas de temps</i>	15 ans	10 ans

<i>Modélisation (oui/non, type)</i>	oui : offre-demande élec, macro-éco	
<i>Mode de vie, sobriété</i>		
<i>Dimension économique</i>	Oui	
<i>Détail sectoriel</i>		
<i>Périmètre GES</i>	CO2 énergie	CO2 énergie
<i>Périmètre géograph.</i>	national	national
Ambition (/5)	3	3
<i>Objectif climatique</i>	Objectif : 1 à 1,5 T de CO2 énergie / hab	
<i>Objectif demande</i>	Pas d'objectif, mais volonté d'agir sur la demande avant d'agir sur l'offre	
<i>Objectif renouvelables</i>	Pas d'objectif	100% renouvelable
<i>Autre(s) objectif(s)</i>		
Score global (/5)	3,5	2,75
Remarques complémentaires		intégration P2G

Annexe 6 - Collecte d'information sur le contenu des scénarios retenus

	Allemagne	Autriche	Danemark	Suisse
	LASED (2012)	ZEFÖ (2011)	P2P (2009)	NPE (2013)
1 - GENERAL APPROACH & METHODOLOGY				
Objectives				
GHG levels, energy independence, share of renewables, etc.	OK	OK	OK	tbd
Preferred options				
Role of energy efficiency, role of renewables	Incomplete	Incomplete	OK	tbd
Position towards nuclear, CCS, etc.	Incomplete	OK	OK	tbd
Use of existing technologies vs. inclusion of technological breakthrough	Incomplete	Incomplete	Missing	tbd
Demography				
Population - quantitative assumptions	OK	Missing	OK	tbd
Population - qualitative assumptions (age, number of persons per house, etc.)	Missing	Missing	Missing	tbd
Macroeconomy				
Global indicators (GDP...)	OK	OK	OK	tbd
Sectorial evolution (included/not included)	Missing	Missing	Missing	tbd
Geographical perimeter, balance of exchanges	Incomplete	Missing	Missing	tbd
Modelling				
Normative / exploratory approach	Missing	Missing	OK	tbd
Use of adhoc or generic model	OK	OK	OK	tbd
Timescale of the scenario (term and step)	OK	OK	OK	tbd
Energy balance between supply and demand (included/not included)	OK	Missing	OK	tbd
Electricity balance between supply and demand (included/not included)	OK	Missing	OK	tbd
Type of the model and role of economic assumptions as input or not	OK	Incomplete	OK	tbd
Use of economic optimisation or not	Incomplete	OK	OK	tbd
Economic output (employment, wealth, etc.) or not	Incomplete	Incomplete	OK	tbd
Use of a "business as usual" scenario for comparison (included/not included)	Incomplete	OK	OK	tbd
2 - SECTORIAL EVOLUTION & GLOBAL BALANCE				
BUILDINGS				
Residential buildings				
Total surface (Mm ²) or other indicator	OK	Missing	OK	tbd
Mean energy consumption for heating	OK	Missing	Missing	tbd
Mean energy consumption for all uses	OK	Missing	OK	tbd
Total final energy consumption	OK	Missing	OK	tbd
Tertiary buildings				
Total surface (Mm ²) or other indicator	OK	Missing	OK	tbd
Mean energy consumption for heating	Missing	Missing	Missing	tbd
Mean energy consumption for all uses	OK	Missing	OK	tbd
Total final energy consumption	OK	Missing	OK	tbd
Total of buildings				
Total final energy consumption	Missing	Missing	OK	tbd
Share of energy vectors in buildings				tbd
- Coal	Missing	Missing	OK	tbd
- Solid biomass	Missing	Missing	OK	tbd

- Liquid fuel (bio / fossil)	Missing	Missing	OK	tbd
- Gas (bio / fossil)	Missing	Missing	OK	tbd
- Thermal fluid (local, solar...)	Missing	Missing	OK	tbd
- Thermal fluid (urban heating)	Missing	Missing	OK	tbd
- Electricity	Missing	Missing	OK	tbd
TRANSPORTS				
Transport of persons				
Total of person.km or other indicator	OK	Missing	OK	tbd
Share of personal road vehicles	OK	Missing	OK	tbd
Total final energy consumption	Missing	Missing	OK	tbd
Share of energy vectors				
- Oil	OK	Missing	OK	tbd
- Electricity	OK	OK	OK	tbd
- Hybrid	OK	Missing	OK	tbd
- Hydrogen	OK	Missing	OK	tbd
- Biofuel	OK	Missing	OK	tbd
- Gas (bio / fossil)	OK	Incomplete	OK	tbd
Transport of goods				
Total of ton.km or other indicator	OK	Missing	OK	tbd
Share of road heavy vehicles	OK	Missing	OK	tbd
Total final energy consumption	Missing	Missing	OK	tbd
Share of energy vectors				
- Oil	OK	Incomplete	OK	tbd
- Electricity	OK	OK	OK	tbd
- Hybrid	OK	Incomplete	OK	tbd
- Hydrogen	OK	Incomplete	OK	tbd
- Biofuel	OK	Incomplete	OK	tbd
- Gas (bio / fossil)	OK	Incomplete	OK	tbd
Total of transports				
Total final energy consumption	OK	OK	OK	tbd
INDUSTRIE				
Total of tons or other indicator	Missing	Missing	Missing	tbd
Total final energy consumption	OK	OK	OK	tbd
Share of energy vectors				
- Coal	Missing	Incomplete	Missing	tbd
- Oil	Missing	OK	Missing	tbd
- Gas	Missing	Incomplete	Missing	tbd
- Electricity	Missing	Incomplete	Missing	tbd
- Others	Missing	Incomplete	Missing	tbd
ENERGY DEMAND				
Total electricity demand	OK	Missing	OK	tbd
Total primary energy demand	OK	Missing	OK	tbd
ENERGY SUPPLY				
Electricity supply (quantity or share)				
Hydro	OK	OK	OK	tbd
Wind	OK	OK	OK	tbd
Photovoltaic	Incomplete	OK	OK	tbd
Other renewables	Incomplete	Incomplete	OK	tbd
Thermal plants (bio / fossil fuels)	Missing	Missing	OK	tbd
Nuclear power	OK	OK	OK	tbd
Primary carriers (quantity or share)				
Coal	OK	Missing	OK	tbd
Solid biomass	Incomplete	Missing	OK	tbd
Liquid fuel (bio / fossil)	Incomplete	Missing	OK	tbd
Gas (bio / fossil)	Incomplete	Missing	OK	tbd

Thermal fluid (local, solar...)	Incomplete	Missing	OK	tbd
Thermal fluid (urban heating)	Missing	Missing	OK	tbd
Electricity	OK	Missing	OK	tbd
Others	—	Missing	OK	tbd
PERFORMANCE INDICATORS				
Energy indicators				
Primary / final energy ratio	OK	Missing	OK	tbd
Energy independence	Missing	Missing	Missing	tbd
Share of renewables	OK	OK	OK	tbd
Climate indicators				
CO ₂ energy related emissions	OK	Incomplete	Missing	tbd
Other GHG (if included)	OK	Incomplete	Missing	tbd

Annexe 7 - Détails du scénario retenu pour l'Allemagne

Fondamentaux et méthode

Objectifs et moyens	
Facteur 4, autonomie énergétique, 100%EnR, ...	Objectif 2050 : - réduction 80-95% des GES p/r 1990. - réduction 25% de la consommation d'électricité p/r énergie finale consommée en 2008 (mobilité et PAC incluses) - réduction émission CO2 lié au secteur énergie 85% minimum
SE, EE, ER, CSC, nucléaire, rupture technologiques, approvisionnement extérieur (type Desertec), ...	Développement des énergies renouvelables et efficacité énergétique, abandon du nucléaire - Baisse de la consommation électricité (1,5% / an) ; - Diminution de la demande en chauffage de 57% p/r 2008 d'ici 2050 (objectif 63 kWh/m2/an en 2050); - Développement cogénération flexible (évolutive selon la demande); - Production de la biomasse limitée (concurrence avec terrains naturels et cultivables) ; - Production électricité à partir de CH4 et H2 - Stockage électrique (CH4/H2, par pompage, air comprimé) - Développement des transports électriques, hybrides, biocarburants, hydrogènes; - Augmentation du transport des marchandises sur rail
Déterminants macro	
Hypothèses démographiques - évolution quantitative	Déclin 10% d'ici 2050 (p/r ?)
Hypothèses démographiques - évolution qualitative (évolution différenciée par tranche d'âge, ...)	n/a
Autres facteurs démographiques (décohabitation, vieillissement de la population)	Augmentation légère des déplacements des personnes et des surface bâties ; Forte croissance des distances parcourus des transports de marchandise
Evolution du taux de productivité du travail	n/a
Taux de croissance du PIB	40% p/r 2010 d'ici 2050
Evolution sectorielle de l'activité	n/a
Nature et quantité des échanges national / extérieur	Prise en compte des échanges d'énergie électrique entre pays européens et des évolutions (extension réseau, équilibrage charges, modes de production)
Périmètre géographique du scénario	National Echanges électricité en Europe
Répartition territoriale de la population ou de l'activité	n/a
Évolution des conditions climatiques (prise en compte du changement climatique ?)	Prise en compte du coût du CO2 sous forme de dommages liés au CC
Modélisation	
Normative ou exploratoire	Mixte (mais « target-oriented »)
Pas de temps du scénario	5 ans jusqu'en 2030 10 ans de 2030 - 2050
Équilibre offre-demande toutes énergies (O/N)	Oui
Équilibre offre-demande électricité (O/N)	Oui
Scénario physique ou économique ? Prise en compte de l'évolution du PIB et/ou des prix de l'énergie comme donnée d'entrée du modèle ?	Prise en compte de l'évolution du PIB et du prix de l'énergie, prise en compte de la diminution de 10% de la population
Évaluation de l'impact sur l'emploi (O/N)	Non

Évaluation de l'impact économique (O/N)	Oui
Optimisation économique (O/N)	A priori non
Modèle réalisé uniquement pour l'exercice ou référencé (si référencé, lequel)	A priori modèle réalisé pour l'exercice
Modélisation bottom-up ou top-down	Bottom-up
Approche centrée sur l'offre ou la demande	Mixte sur représentation bottom-up de l'offre et de la demande
Merit order des solutions ? (approche économique, technique, environnementale, ...)	n/a
Comparaison avec un scénario tendanciel (O/N)	Partiellement : sur le prix de production de l'électricité, et sur les dépenses énergétiques totales si 100% énergies fossiles (chauffage, élec., transport)
Prise en compte de facteurs de rupture, de variantes, d'analyses de sensibilité	
Détails	

Découpage sectoriel

	Unité	2010	2020	2030	2040	2050
Bâtiment						
Résidentiel						
Surfaces résidentielles	Mm ²	3480	3640	3680	3650	3600
Performance moyenne des rénovations, pour l'usage chauffage uniquement	kWhEF/m ² /an					
Consommation moyenne, pour l'usage chauffage uniquement, dans l'ensemble du parc	kWhEF/m ² /an	147				63
Consommation, pour l'usage chauffage uniquement dans le neuf	kWhEF/m ² /an					
Consommation pour les usages chauffage+ECS+cuisson	kWhEF/m ² /an					
Consommation d'électricité spécifique	kWhEF/m ² /an					
Chaleur résidentielle	TWhEF	1427				778
<i>Moyenne de consommation tous usages</i>	kWhEF/m ² /an					
Total consommation	TWhEF					
Tertiaire						
Surfaces tertiaires	Mm ²	1518	1540	1520	1470	1430
Performance moyenne des rénovations, pour l'usage chauffage uniquement	kWhEF/m ² /an					
Consommation moyenne, pour l'usage chauffage uniquement, dans l'ensemble du parc existant	kWhEF/m ² /an					
Consommation, pour l'usage chauffage uniquement dans le neuf	kWhEF/m ² /an					
Consommation pour les usages chauffage+ECS+cuisson	kWhEF/m ² /an					
Consommation d'électricité spécifique	kWhEF/m ² /an					
<i>Moyenne de consommation tous usages</i>	kWhEF/m ² /an					
Total consommation	TWhEF					
Résidentiel + Tertiaire						
Surfaces totales	Mm ²	4998	5180	5200	5120	5030

<i>Moyenne de consommation sur l'ensemble du parc</i>	kWhEF/m ² /an					
Total consommation	TWhEF					
Part des différents vecteurs						
- Charbon	%					
- Biomasse solide	%					
- Combustible liquide	%					
- Gaz	%					
- Fluide thermique, solaire thermique	%					
- Fluide thermique, réseaux chaleur	%					
- Électricité	%					
Mobilité						
Voyageurs						
Total des déplacements	Mds.pers.km	1129	1153	1147	1099	1053
Taux de remplissage des VP	Pers/véhicule					
Consommation moyenne parc VP	l/100 km					
Part modales du trafic voyageurs (hors aérien international)	(sur pers.km ou nb. déplacts)					
- marche à pied	%					
- vélo	%					
- vélo à assistance électrique	%					
- 2 roues motorisés	%					
- VP	%	78%	77%	77%	76%	76%
- transports en commun urbains	%	8%	8%	8%	8%	8%
- autocar	%					
- train	%	9%	9%	9%	9%	9%
- avion (vols intérieurs)	%	5%	6%	7%	7%	7%
Marchandises						
Total des déplacements	Gt.km	624	798	887	929	912
Taux de remplissage des PL	%					
Consommation moyenne parc VUL	l/100 km					
Consommation moyenne parc PL	l/100 km					
Part modale du trafic marchandises (sur t.km)						
- VUL	%					
- Poids lourds	%	73,6%	73,6%	71,7%	70,0%	66,4%
- ferroviaire	%	17,1%	17,3%	19,3%	20,6%	23,5%
- fluvial	%	9,0%	9,0%	8,8%	9,1%	9,9%
Part des différents vecteurs						
<i>Part dans mobilité voyageurs</i>						
- Carburant liquide	%	87,4%	75,5%	56,9%	36,6%	23,2%
- Gaz	%					
- Pile à combustible	%	0%	0%	4,6%	14,8%	18,4%
- Électricité	%	7,9%	8,1%	11,0%	21,2%	31,2%
- Hybride	%	0%	5,4%	14,7%	15,1%	15,9%
- ENR (biodiesel, bioethanol, biokerosene)	%	4,7%	11,0%	12,6%	12,3%	11,5%
<i>Part dans mobilité marchandises</i>						
- Carburant liquide	%	84,4%	75,3%	67,9%	60,6%	50,5%
- Gaz	%					
- Pile à combustible	%	0%	0%	0,5%	2,5%	8,5%
- Électricité	%	15,5%	16,2%	18,8%	20,5%	23,7%
- Hybride	%	0%	0,6%	4,8%	8,5%	10,1%
- ENR (biodiesel, bioethanol, biokerosene)	%	6,3%	13,7%	14,0%	14,1%	13,8%
Part dans mobilité totale						

- Carburant liquide	%	86,3%	75,4%	61,7%	47,6%	35,9%
- Gaz	%					
- Pile à combustible	%	0%	0%	2,8%	9,2%	13,7%
- Électricité	%	10,6%	11,4%	14,4%	20,9%	27,7%
- Hybride	%	0%	3,4%	10,4%	12,1%	13,2%
- ENR (biodiesel, bioethanol, biokerosene)	%	5,3%	12,1%	13,2%	13,1%	12,6%
Total consommation	TWhEF	711	650	548	485	423
- Energies fossiles	TWhEF					212
- Nucléaire	TWhEF					0
- Energies renouvelables	TWhEF		89			209
Part renouvelables	%	5%	14%	25%	37%	49%
Industrie						
Analyse des biens/besoins d'équipements						
Analyse du recyclage des matières premières						
Indicateurs d'évolution de la production industrielle						
Demande de chaleur industrielle	TWh					929
Part des différents vecteurs						
- Charbon	%					
- Biomasse solide	%					
- Combustible liquide	%					
- Gaz	%					
- GPL	%					
- Fluide thermique, solaire thermique	%					
- Fluide thermique, réseaux chaleur	%					
- Électricité	%					
Total consommation	TWhEF					
Agriculture						
Analyse de l'assiette alimentaire						
Part des différents vecteurs						
- Charbon	%					
- Biomasse solide	%					
- Combustible liquide	%					
- Gaz	%					
- GPL	%					
- Fluide thermique, solaire thermique	%					
- Fluide thermique, réseaux chaleur	%					
- Électricité	%					
Total consommation	TWhEF					
Tous secteurs						
Taux de couverture renouvelables	% E Finale					
Taux de couverture renouvelables	% E Finale					
Part renouvelables dans chaleur	%	10,2%	16,4%	25,9%	35,30%	46,10%

Offre et bilan

	Unité	2010	2020	2030	2040	2050
Production d'énergie						
Pétrole	TWhEP	1300	982	752	631	484
Gaz fossile et biogaz	TWhEP	855	896	745	533	423
Charbon	TWhEP	955	452	260	140	46
Nucléaire	TWhEP	426	203	0	0	0
Biomasse (liquide et solide) et	TWhEP	196	283	312	318	319

déchets biogènes						
Eolien	TWhEP	37	110	170	207	216
Solaire (photovoltaïque et thermique)	TWhEP	17	65	110	150	187
Hydraulique	TWhEP	19	22	25	23	23
Géothermie	TWhEP	7	27	59	88	109
Energies marines	TWhEP					
Total	TWhEP	3813	3040	2432	2091	1807
Production d'électricité						
Pétrole	TWhEP					
Gaz fossile	TWhEP					
Charbon	TWhEP					
Nucléaire	TWhEP					
Biomasse solide	TWhEP					
Biomasse liquide	TWhEP					
Biogaz	TWhEP					
Eolien	TWhEP					
Photovoltaïque	TWhEP					
Hydraulique	TWhEP					
Solaire thermique	TWhEP					
Géothermie	TWhEP					
Energies marines	TWhEP					
Déchets	TWhEP					
Total	TWhEP					
Stockage	TWh					
Exportations	TWh					
Puissance installée						
CCG	GW					
TAC	GW					
Nucléaire	GW	21,4	8,6	0	0	0
Biomasse solide	GW	2,03	3,54	4,14	4,23	4,23
Biogaz, gaz d'épuration	GW	2,96	3,72	4,16	4,45	4,45
Déchets	GW	1,35	1,7	1,7	1,7	1,7
Éolien terrestre	GW	27,1	39	43,7	48	50,8
Éolien offshore	GW	0,09	10	23,5	29,5	32
- dont posé	GW					
- dont flottant	GW					
Photovoltaïque	GW	17,3	53,5	61	63,3	67,2
- dont sol	GW					
- dont toiture	GW					
Solaire à concentration	GW					
Hydraulique	GW	4,4	4,7	4,92	5,09	5,2
- dont fil de l'eau	GW					
- dont lac/éclusé	GW					
- dont STEP	GW					
Energies marines	GW					
Géothermie	GW	0,01	0,3	1	1,94	2,95
Effacement	GW					
Interconnexions - importations	GW	0	0,35	3,6	8,15	10,45
Interconnexions - exportations	GW					
Total (sans interconnexions)	GW	76,64	125,06	144,12	158,21	168,53
Bilan énergie primaire						
Importations						
- Électricité	TWh					
- Gaz	TWhEP	692,43				380,3

- Pétrole	TWhEP	1287,48				483,72
- Uranium	TWhEP	426	203	0	0	0
- Biomasse solide	TWhEP	0	0	0	0	0
<i>Production / importation</i>						
- Fossiles	TWhEP	3110	2330	1756	1304	952
- Nucléaire	TWhEP	426	203	0	0	0
- Renouvelables	TWhEP	368	631	825	968	1067
Total	TWhEP	3904	3164	2582	2272	2020
Pertes à la production	TWh					
Pertes stockage	TWh					
Pertes transport/distribution	TWh					
Vecteurs secondaires						
- Charbon	TWh					
- Biomasse solide	TWh					
- Combustible liquide	TWh					
- Gaz	TWh					
- GPL	TWh					
- Carburant liquide	TWh					
- Fluide thermique, solaire thermique	TWh					
- Fluide thermique, réseaux chaleur	TWh					
- Électricité	TWh					
Consommation d'énergie finale						
- Bâtiment	TWhEF					
- Mobilité	TWhEF					
- Industrie	TWhEF					
- Agriculture	TWhEF					
Total	TWhEF					
Part des fossiles	%					
Part électricité	%					
Part des renouvelables	%					
Part renouvelables dans électricité	%					
Part des renouvelables totales	%					
Consommation d'électricité						
- Résidentiel	TWhEF					
- Tertiaire	TWhEF					
- Mobilité	TWhEF					
- Industrie	TWhEF					
- Agriculture	TWhEF					
Total	TWhEF					
Puissance électrique appelée maximale (pointe)	GW					
Puissance électrique appelée en base	GW					
Contenu économique						
Impact sur l'emploi						
Impact sur le PIB	Mds€ ₂₀₀₉	2187	2437	2632	2868	3158
Fiscalité (taxe carbone, contribution climat-énergie, CEPEX, ...)						
Valeur de la tonne de CO2	€ / tCO ₂	14,3	23-27	34-45	45-60	57-75
Prix des énergies (payé par le consommateur particulier)						
- électricité (particuliers)	€ / kWh	4,8	6,4-7,4	7,9-10	9,1-12,3	10,5-14,5
- électricité (industrie)	€ / kWh					
- fioul	€ / l					
- gaz	€ / kWh					
- essence	€ / l					

- diesel	€/l					
- carburant (combustible et gaz) en résidentiel	€/ kWh	5,8	7,4-8,9	9,2-11,3	10,7-13,6	11,8-15,6
- carburant (combustible et gaz) en industrie	€/ kWh	4,2	5,2-6	6,3-9,6	7,4-9,6	8,6-11,4
Facture énergétique des ménages	€					
Facture énergétique des entreprises	€					
Dépense d'énergie de tous les consommateurs	Mds€ ₂₀₀₉	190	370	380	250	215
Facture énergétique nationale (importations)	Mds€					
Investissements énergétiques ER	Mds€	27,5	18,4			21,3
Investissements électriques	Mds€					
Intensité énergétique	tep/M€					
Indicateurs précarité énergétique						
Impacts environnementaux						
<i>Émissions de CO₂ liées à l'énergie</i>						
- Résidentiel	MtCO ₂					
- Tertiaire	MtCO ₂					
- Transports (hors aérien internat ^{al})	MtCO ₂					
- Transports (avec aérien internat ^{al})	MtCO ₂					
- Industrie	MtCO ₂					
- Agriculture	MtCO ₂					
Total	MtCO ₂	779	521	365	249	154
Émissions CO ₂ énergie/hab	tCO ₂ /per.					
Émissions tous GES	MteqCO ₂	943	644	466	337	229
Émissions tous GES avec évolution de l'usage des sols	MteqCO ₂	943	641	453	320	222
Taux d'indépendance énergétique						
Empreinte carbone						
Empreinte énergétique						
Évolution de l'usage des sols						
Autres indicateurs : émissions de particules, consommation d'eau, de matériaux, ...						

Annexe 8 - Détails du scénario retenu pour l'Autriche

Fondamentaux et méthode

Objectifs et moyens	
Facteur 4, autonomie énergétique, 100%EnR, ...	100% EnR
SE, EE, ER, CSC, nucléaire, rupture technologiques, approvisionnement extérieur (type Desertec), ...	ER, stockage, pas de stockage de CO2, pas de nucléaire, SE, EE, pas de ruptures technologiques
Déterminants macro	
Hypothèses démographiques - évolution quantitative	+0,3 %/an
Hypothèses démographiques - évolution qualitative (évolution différenciée par tranche d'âge, ...)	Non
Autres facteurs démographiques (décohabitation, vieillissement de la population)	Non précisé
Evolution du taux de productivité du travail	Non pris en compte
Taux de croissance du PIB	Développement de la consommation d'énergie liée à la production industrielle
Evolution sectorielle de l'activité	2 scénarios; industrie, efficacités, besoins de chaleur, part véhicules électriques, longueurs des trajets, ...)
Périmètre géographique du scénario	Pays
Répartition territoriale de la population ou de l'activité	Non
Évolution des conditions climatiques (prise en compte du changement climatique ?)	
Modélisation	
Normative ou exploratoire	Normative
Pas de temps du scénario	2005 - 2020 - 2050
Équilibre offre-demande toutes énergies (O/N)	Oui
Équilibre offre-demande électricité (O/N)	Oui, pas de temps mensuel
Scénario physique ou économique ? Prise en compte de l'évolution du PIB et/ou des prix de l'énergie comme donnée d'entrée du modèle ?	Physique
Évaluation de l'impact sur l'emploi (O/N)	Non
Évaluation de l'impact économique (O/N)	Non
Optimisation économique (O/N)	Non
Modèle réalisé uniquement pour l'exercice ou référencé (si référencé, lequel)	Uniquement pour l'exercice
Modélisation bottom-up ou top-down	Bottom-up pour bâtiment et mobilité, top-down pour industrie
Approche centrée sur l'offre ou la demande	Sur la demande
Merit order des solutions ? (approche économique, technique, environnementale, ...)	Pas précisé
Comparaison avec un scénario tendanciel (O/N)	Oui : le tendanciel est appelé "Business as usual", le scénario étudié est dit "forcé".
Prise en compte de facteurs de rupture, de variantes, d'analyses de sensibilité	
Détails	

Découpage sectoriel

	Unité	2010	2020	2050
Bâtiment				
Résidentiel				
Surfaces résidentielles	Mm ²	337051263	355865263	387328113
Performance moyenne des rénovations, pour l'usage chauffage	kWhEF/m ² /an	163,3	100,3	19,8

uniquement				
Consommation moyenne, pour l'usage chauffage uniquement, dans l'ensemble du parc	kWhEF/m ² /an	Pas différencié		
Consommation, pour l'usage chauffage uniquement dans le neuf	kWhEF/m ² /an			
Consommation pour les usages chauffage+ECS+cuisson+climatisation	kWhEF/m ² /an	196,2	129,1	43,1
Consommation d'électricité spécifique	kWhEF/m ² /an	34,9	20,6	15,9
Moyenne de consommation tous usages	kWhEF/m ² /an	231,1	149,7	59,0
Total consommation	TWhEF	75,9	51,4	21,4
Tertiaire				
Surfaces tertiaires	Mm ²	107869370	120585452	167009269
Performance moyenne des rénovations, pour l'usage chauffage uniquement	kWhEF/m ² /an	190,0	138,9	24,8
Consommation moyenne, pour l'usage chauffage uniquement, dans l'ensemble du parc existant	kWhEF/m ² /an	Pas différencié		
Consommation, pour l'usage chauffage uniquement dans le neuf	kWhEF/m ² /an			
Consommation pour les usages chauffage+ECS+cuisson+climatisation	kWhEF/m ² /an	215,3	156,5	31,9
Consommation d'électricité spécifique	kWhEF/m ² /an	133,9	96,3	61,2
Moyenne de consommation tous usages	kWhEF/m ² /an	349,1	252,8	93,1
Total consommation	TWhEF	37,7	30,5	15,6
Résidentiel + Tertiaire				
Surfaces totales	Mm ²	444920633	476450715	554337382
Moyenne de consommation sur l'ensemble du parc	kWhEF/m ² /an	255,3	171,9	66,6
Total consommation	TWhEF	113,6	81,9	36,9
Part des différents vecteurs				
- Charbon	%	1,5%	0,0%	0,0%
- Biomasse solide	%	23,7%	19,6%	10,6%
- Combustible liquide	%	24,6%	11,9%	0,0%
- Gaz	%	19,6%	18,4%	14,2%
- Fluide thermique, solaire thermique	%	0,8%	7,6%	14,9%
- Fluide thermique, réseaux chaleur	%	0,8%	7,6%	14,9%
- Électricité	%	9,7%	17,7%	14,9%
Mobilité				
Voyageurs				
Total des déplacements	Mds.pers.km	128659	94980	71387
Taux de remplissage des VP	Pers/véhicule	Pas explicite		
Consommation moyenne parc VP	l/100 km	Pas explicite		
Part modales du trafic voyageurs (hors aérien international)	En voyageurs.km			
- marche à pied	%	2%	3%	4%
- vélo	%	1%	3%	8%
- vélo à assistance électrique	%			
- 2 roues motorisés	%	69%	57%	27%
- VP	%			
- transports en commun urbains	%	27%	38%	62%

- autocar	%			
- train	%			
- avion (vols intérieurs)	%			
Marchandises				
Total des déplacements	Gt.km	71210	72000	73291
Taux de remplissage des PL	%	Pas explicite		
Consommation moyenne parc VUL	l/100 km	0,67 à 0,75	0,6 à 0,7	0,45 à 0,6
Consommation moyenne parc PL	l/100 km			
Part modale du trafic marchandises	(sur t.km)			
- VUL	%	50%	40%	22%
- Poids lourds	%			
- ferroviaire	%	25%	34%	52%
- fluvial	%	4%	4%	4%
- pipeline	%	22%	22%	21%
Part des différents vecteurs				
<i>Part dans mobilité voyageurs</i>				
- Carburant liquide d'origine fossile	%	97%	49%	0%
- Biocarburant	%	0%	7%	14%
- Gaz fossile	%	1%	14%	0%
- Biogaz	%	0%	21%	57%
- Électricité	%	3%	9%	30%
<i>Part dans mobilité marchandises</i>				
- Carburant liquide d'origine fossile	%	87%	24%	0%
- Biocarburant	%	0%	29%	27%
- Gaz fossile	%	0%	0%	0%
- Biogaz	%	0%	30%	34%
- Électricité	%	13%	18%	39%
Part dans mobilité totale				
- Carburant liquide d'origine fossile	%	94%	39%	0%
- Biocarburant	%	0%	15%	21%
- Gaz fossile	%	1%	8%	0%
- Biogaz	%	0%	25%	45%
- Électricité	%	6%	12%	35%
Total consommation	TWhEF	93,3	56,1	21,7
Industrie				
Analyse des biens/besoins d'équipements	Oui			
Analyse du recyclage des matières premières	Evoqué			
Indicateurs d'évolution de la production industrielle				
Part des différents vecteurs				
- Charbon	%	Non renseigné	2,7%	2,4%
- Biomasse solide	%		7,6%	13,0%
- Combustible liquide	%		3,3%	0,0%
- Gaz	%		31,7%	19,5%
- GPL	%		0,9%	1,8%
- Fluide thermique, solaire thermique	%		0,9%	2,7%
- Fluide thermique, réseaux chaleur	%		3,0%	4,7%
- Électricité	%		50,0%	55,9%
Total consommation	TWhEF	86,3	80,8	74,6
Agriculture				
Analyse de l'assiette alimentaire				
Part des différents vecteurs				
- Charbon	%	0,4%	0,0%	0,0%

- Biomasse solide	%	28,8%	44,3%	66,5%
- Combustible liquide	%	48,4%	23,9%	0,0%
- Carburant liquide	%	0,0%	0,0%	0,0%
- Gaz	%	2,7%	3,4%	3,3%
- GPL	%	0,0%	0,0%	0,0%
- Fluide thermique, solaire thermique	%	0,1%	2,9%	3,6%
- Fluide thermique, réseaux chaleur	%	1,5%	1,8%	1,8%
- Pompes à chaleur	%	0,1%	2,9%	3,6%
- Électricité	%	18,0%	21,0%	21,3%
Total consommation	TWhEF	6,8	6,8	6,8
Tous secteurs				
Taux de couverture renouvelables	% E Finale	Non renseigné		
Taux de couverture renouvelables	% E Primaire			

Offre et bilan

	Unité	2005	2020	2050
Production d'énergie				
Pétrole	TWhEP	181,8	93,7	0,0
Gaz fossile	TWhEP	103,3	74,5	0,0
Charbon	TWhEP	45,2	37,0	0,0
Nucléaire	TWhEP	0,0	0,0	0,0
Biomasse solide	TWhEP	48,0	53,8	59,9
Biomasse liquide	TWhEP	0,4	6,9	0,0
Biogaz	TWhEP	0,3	25,0	56,9
Eolien	TWhEP	1,3	7,2	16,9
Photovoltaïque	TWhEP	0,1	2,5	26,3
Hydraulique	TWhEP	35,9	40,1	42,3
Solaire thermique	TWhEP	1,4	6,5	5,7
Electricité	TWhEP	35,0	6,3	3,3
Chaleurs perdues	TWhEP	0,0	1,1	2,4
PAC (chaleur prélevée)	TWhEP	1,3	6,3	6,1
Total	TWhEP	453,8	360,9	219,9
Production d'électricité				
Pétrole	TWhEP			
Gaz fossile	TWhEP			
Charbon	TWhEP			
Nucléaire	TWhEP			
Biomasse solide	TWhEP			
Biomasse liquide	TWhEP			
Biogaz	TWhEP			
Eolien	TWhEP			
Photovoltaïque	TWhEP			
Hydraulique	TWhEP			
Solaire thermique	TWhEP			
Géothermie	TWhEP			
Energies marines	TWhEP			
Déchets	TWhEP			
Total	TWhEP			
Stockage	TWh			
Exportations	TWh	17,7	0,0	13,0
Puissance installée				
CCG	GW	Pas explicite		
TAC	GW			
Nucléaire	GW			
Biomasse solide	GW			

Éolien terrestre	GW			
Éolien offshore	GW			
- dont posé	GW			
- dont flottant	GW			
Photovoltaïque	GW			
- dont sol	GW			
- dont toiture	GW			
Solaire à concentration	GW			
Hydraulique	GW			
- dont fil de l'eau	GW			
- dont lac/éclusé	GW			
- dont STEP	GW			
Energies marines	GW			
Géothermie	GW			
Déchets	GW			
Effacement	GW			
Interconnexions - importations	GW			
Interconnexions - exportations	GW			
Total (sans interconnexions)	GW			
Bilan énergie primaire				
<i>Importations</i>				
- Électricité	TWh	35,0	6,3	3,3
- Gaz	TWhEP	86,8	72,8	0,0
- Pétrole	TWhEP	170,3	92,6	0,0
- Uranium	TWhEP	0,0	0,0	0,0
- Biomasse solide	TWhEP	2,7	0,0	0,0
<i>Production</i>				
- Fossiles	TWhEP	358,2	209,3	1,6
- Nucléaire	TWhEP	0,0	0,0	0,0
- Renouvelables	TWhEP	95,6	151,6	218,2
Total	TWhEP	453,8	360,9	219,9
Pertes à la production	TWh	32,6	31,6	15,1
Pertes stockage	TWh	Non renseigné		
Pertes transport/distribution	TWh	6,3	6,4	5,6
Vecteurs secondaires				
- Charbon	TWh	22,0	18,4	17,8
- Biomasse solide	TWh	35,3	32,7	19,6
- Combustible liquide	TWh	175,3	90,3	1,1
- Gaz	TWh	70,9	66,1	46,8
- GPL	TWh	0,0	0,0	0,0
- Carburant liquide	TWh	0,4	9,7	7,2
- Fluide thermique, solaire thermique	TWh	1,4	7,5	25,0
- Fluide thermique, réseaux chaleur	TWh	16,7	19,2	9,2
- Électricité	TWh	97,9	79,8	93,2
- PAC	TWh	1,3	7,4	26,4
Consommation d'énergie finale				
- Bâtiment	TWhEF	113,6	81,9	37,4
- Mobilité	TWhEF	93,3	56,1	21,7
- Industrie	TWhEF	86,3	80,8	74,6
- Agriculture	TWhEF	6,8	6,8	6,8
- Secteur énergie	TWhEF	22,1	19,2	15,9
Total	TWhEF	322,1	244,9	156,3
Part des fossiles	%	78,9%	58,0%	0,7%
Part des renouvelables (énergie primaire)	%	21,1%	42,0%	99,3%

Part des renouvelables (énergie finale)	%	24,69	46,62	99,11
Consommation d'électricité				
- Résidentiel	TWhEF			
- Tertiaire	TWhEF			
- Mobilité	TWhEF			
- Industrie	TWhEF			
- Agriculture	TWhEF			
Total	TWhEF			
Puissance électrique appelée maximale (pointe)	GW	Non renseigné		
Puissance électrique appelée en base	GW			
Contenu économique		Pas d'évaluation		
Impact sur l'emploi				
Impact sur le PIB				
Fiscalité (taxe carbone, contribution climat-énergie, CEPEX, ...)				
Valeur de la tonne de CO2	€ / tCO ₂			
Prix des énergies (payé par le consommateur particulier)				
- électricité	€ / kWh			
- fioul	€ / l			
- gaz	€ / kWh			
- essence	€ / l			
- diesel	€ / l			
Facture énergétique des ménages	€			
Facture énergétique des entreprises	€			
Facture énergétique nationale (importations)	Mds€			
Investissements énergétiques	Mds€			
Investissements électriques	Mds€			
Intensité énergétique	tep/M€			
Indicateurs précarité énergétique				
Impacts environnementaux		Pas d'évaluation		
<i>Émissions de CO₂ liées à l'énergie</i>				
- Résidentiel	MtCO ₂			
- Tertiaire	MtCO ₂			
- Transports (hors aérien internat ^{al})	MtCO ₂			
- Transports (avec aérien internat ^{al})	MtCO ₂			
- Industrie	MtCO ₂			
- Agriculture	MtCO ₂			
Total (hors aérien internat^{al})	MtCO ₂			
Total (avec aérien internat^{al})	MtCO ₂			
Émissions CO ₂ énergie/hab	tCO ₂ /per.			
Émissions tous GES	MteqCO ₂			
Taux d'indépendance énergétique		35,0%	52,4%	98,5%
Empreinte carbone		Pas d'évaluation		
Empreinte énergétique				
Évolution de l'usage des sols				
Autres indicateurs : émissions de particules, consommation d'eau, de matériaux, ...				

Annexe 9 - Détails du scénario retenu pour le Danemark

Fondamentaux et méthode

Objectifs et moyens	
Facteur 4, autonomie énergétique, 100%EnR, ...	-90% GES en 2050 Maintenir l'autosuffisance énergétique Développer la position commerciale du Danemark dans le domaine énergie-climat Développer l'économie et la richesse danoises
SE, EE, ER, CSC, nucléaire, rupture technologiques, approvisionnement extérieur (type Desertec), ...	ER avec stockage ¹ Pas de stockage de CO ₂ Pas de nucléaire SE, EE
Déterminants macro	
Hypothèses démographiques - évolution quantitative	n/a
Hypothèses démographiques - évolution qualitative (évolution différenciée par tranche d'âge, ...)	n/a
Autres facteurs démographiques (décohabitation, vieillissement de la population)	n/a
Evolution du taux de productivité du travail	n/a
Taux de croissance du PIB	2%/an
Evolution sectorielle de l'activité	Evolution non précisée, volonté d'exportation de technologies d'énergie renouvelables
Nature et traitement des échanges	Production nationale + importations - exportations
Périmètre géographique du scénario	Non précisé (Groenland, îles Féroé ?), aviation internationale précisée à part
Répartition territoriale de la population ou de l'activité	n/a
Évolution des conditions climatiques (prise en compte du changement climatique ?)	Plan d'adaptation au CC, mais pas de précision sur une éventuelle intégration de ce paramètre dans l'évaluation de la production EnR ou des consommations
Modélisation	
Normative ou exploratoire	Normative
Pas de temps du scénario	2015-2030-2050
Équilibre offre-demande toutes énergies (O/N)	Oui
Équilibre offre-demande électricité (O/N)	Oui
Scénario physique ou économique ? Prise en compte de l'évolution du PIB et/ou des prix de l'énergie comme donnée d'entrée du modèle ?	Plutôt énergétique mais prise en compte d'aspects économiques (ex: mise en œuvre dans l'industrie de toutes les mesures d'économies d'énergie dont le retour sur investissement est inférieur à 7,5 ans)
Évaluation de l'impact sur l'emploi (O/N)	Oui
Évaluation de l'impact économique (O/N)	Oui
Optimisation économique (O/N)	Oui
Modèle réalisé uniquement pour l'exercice ou référencé (si référencé, lequel)	EnergyPLAN (Aalborg University)
Modélisation bottom-up ou top-down	Bottom-up
Approche centrée sur l'offre ou la demande	Plutôt offre
Merit order des solutions ? (approche économique, technique, environnementale, ...)	Technique
Comparaison avec un scénario tendanciel (O/N)	Oui
Prise en compte de facteurs de rupture, de variantes, d'analyses de sensibilité	
Prix de l'énergie	3 prix du baril pris en compte (exogène)
Prix du CO ₂	2 prix de la tonne pris en compte (exogène)
Capacités d'interconnection	Analyse de sensibilité à un doublement des capacités

	d'interconnection
--	-------------------

1. Les ER sont mises en avant dans le rapport mais il s'avère en fait difficile d'évaluer la part effective de chaque moyen dans l'atteinte des objectifs.

Découpage sectoriel

	Unité	2010	2015	2020	2030	2040	2050
Bâtiment							
Résidentiel							
Surfaces résidentielles	Mm ²	+2,5 M m ² par an entre 2020 et 2030					
Performance moyenne des rénovations, pour l'usage chauffage uniquement	kWhEF/m ² /an						
Consommation moyenne, pour l'usage chauffage uniquement, dans l'ensemble du parc	kWhEF/m ² /an						
Consommation, pour l'usage chauffage + électricité dans le neuf	kWhEF/m ² /an	63	42	21			
Consommation pour les usages chauffage+ECS+cuisson	kWhEF/m ² /an						
Consommation d'électricité spécifique	kWhEF/m ² /an						
<i>Moyenne de consommation tous usages</i>	kWhEF/m ² /an						
Total consommation	TWhEF						
Tertiaire							
Surfaces tertiaires	Mm ²						
Performance moyenne des rénovations, pour l'usage chauffage uniquement	kWhEF/m ² /an						
Consommation moyenne, pour l'usage chauffage uniquement, dans l'ensemble du parc existant	kWhEF/m ² /an						
Consommation, pour l'usage chauffage uniquement dans le neuf	kWhEF/m ² /an						
Consommation pour les usages chauffage+ECS+cuisson	kWhEF/m ² /an						
Consommation d'électricité spécifique	kWhEF/m ² /an						
<i>Moyenne de consommation tous usages</i>	kWhEF/m ² /an						
Total consommation	TWhEF						
Résidentiel + Tertiaire							
Surfaces totales	Mm ²						
<i>Moyenne de consommation sur l'ensemble du parc</i>	kWhEF/m ² /an						
Total consommation	TWhEF						
Part des différents vecteurs							
- Charbon	%						
- Biomasse solide	%						
- Combustible liquide	%						
- Gaz	%						
- Fluide thermique, solaire thermique	%						
- Fluide thermique, réseaux chaleur	%						
- Électricité	%						

Mobilité							
Voyageurs							
Total des déplacements	Mds.pers.km						
Taux de remplissage des VP	Pers/véhicule						
Consommation moyenne parc VP	l/100 km						
Part modales du trafic voyageurs (hors aérien international)	(sur pers.km ou nb. déplants)						
- marche à pied	%						10%
- vélo	%						
- vélo à assistance électrique	%						
- 2 roues motorisés	%						
- VP	%						
- transports en commun urbains	%						
- autocar	%						
- train	%						40%
- avion (vols intérieurs)	%						
Marchandises							
Total des déplacements	Gt.km						
Taux de remplissage des PL	%						
Consommation moyenne parc VUL	l/100 km						
Consommation moyenne parc PL	l/100 km						
Part modale du trafic marchandises	(sur t.km)						
- VUL	%						
- Poids lourds	%						
- ferroviaire	%						
- fluvial	%						
Part des différents vecteurs							
<i>Part dans mobilité voyageurs¹</i>							
- Carburant liquide	%				72,9		12,4
- Gaz	%				1,2		13,2
- Pile à combustible	%				0		0
- Électricité	%				25,9		74,4
<i>Part dans mobilité marchandises²</i>							
- Carburant liquide	%				89,9		67,5
- Gaz	%				0		13
- Pile à combustible	%				0		0
- Électricité	%				10,1		19,5
Part dans mobilité totale							
- Carburant liquide	%				81,4		38,8
- Gaz	%				0,6		13,1
- Pile à combustible	%				0		0
- Électricité	%				18		48,1
Total consommation	TWhEP				37,2		25
- Energies fossiles	TWhEP				30		0
- Nucléaire	TWhEP				0		0
- Energies renouvelables	TWhEP				7,2		25
Industrie							
Analyse des biens/besoins d'équipements							
Analyse du recyclage des matières premières							
Indicateurs d'évolution de la production industrielle		Dépense de 800 MDDK/an pour les économies d'énergie Mise en place de toutes les économies d'énergie dont le retour sur investissement est de moins de 7,5 ans					

Part des différents vecteurs							
- Charbon	%						
- Biomasse solide ³	%		35		75		100
- Combustible liquide	%						
- Gaz	%						
- GPL	%						
- Fluide thermique, solaire thermique	%						
- Fluide thermique, réseaux chaleur	%						
- Électricité	%		32,3		29,7		29,6
Total consommation	TWhEF		47,7		43,1		41,9
- Energies fossiles	TWhEP						0
- Nucléaire	TWhEP	0	0	0	0	0	0
- Energies renouvelables	TWhEP						41,9
Agriculture							
Analyse de l'assiette alimentaire		Evolution prise en compte ⁴					
Part des différents vecteurs							
- Charbon	%						
- Biomasse solide	%						
- Combustible liquide	%						
- Gaz	%						
- GPL	%						
- Fluide thermique, solaire thermique	%						
- Fluide thermique, réseaux chaleur	%						
- Électricité	%						
Total consommation	TWhEF						
Tous secteurs							
Taux de couverture renouvelables	% E Finale						
Taux de couverture renouvelables	% E Finale						

1, 2. Les consommations liées à l'aviation domestique ont été intégralement comptabilisées dans la catégorie voyageurs; celles liées au transport maritime et à la défense ont été intégralement comptabilisées dans la catégorie marchandise. Données disponibles par source d'énergie.

3. Tout biomasse hors électricité, consommation constante entre 2030 et 2050 et report des autres vecteurs sur électricité.

4. Avec 0,9 teqCO2 en 2050/Danois/an pour nourriture produite et importée.

Offre et bilan

	Unité	2010	2015	2020	2030	2040	2050
Production / importation d'énergie							
Pétrole	TWhEP		87,4		58,53		0
Gaz fossile	TWhEP		31,8		17,32		0
Charbon	TWhEP		18		5,46		0
Nucléaire	TWhEP	0	0	0	0	0	0
Biomasse solide	TWhEP		42,8		41,9		79
Biomasse liquide	TWhEP						
Biogaz	TWhEP						
Eolien	TWhEP	9,5	15,4	20	23,3	25	31,61
Photovoltaïque	TWhEP		0		0,9		4,5
Hydraulique	TWhEP		0		0		0
Solaire thermique	TWhEP		0,9		5,4		5,29
Géothermie	TWhEP		0		0		0
Energies marines	TWhEP		0		1,41		2,47
Déchets	TWhEP		0		0		0
Total	TWhEP		196,3		154,2		122,87
Production d'électricité							
Pétrole	TWhEP						
Gaz fossile	TWhEP						

Charbon	TWhEP						
Nucléaire	TWhEP						
Biomasse solide	TWhEP						
Biomasse liquide	TWhEP						
Biogaz	TWhEP						
Eolien terrestre	TWhEP						
Eolien offshore	TWhEP						
Photovoltaïque	TWhEP						
Hydraulique	TWhEP						
Solaire thermique	TWhEP						
Géothermie	TWhEP						
Energies marines	TWhEP						
Déchets	TWhEP						
Total	TWhEP						
Stockage	TWh						
Exportations	TWh						
Puissance installée							
CCG	GW						
TAC	GW						
Nucléaire	GW	0	0	0	0	0	0
Biomasse solide	GW						
Éolien terrestre	GW	3,1	3,914	3,8	4,454	4,5	4,454
Éolien offshore	GW	0,7	1,619	2,5	2,6	3	4,454
- dont posé	GW						
- dont flottant	GW						
Photovoltaïque	GW				0,68		3,4
- dont sol	GW						
- dont toiture	GW						
Solaire à concentration	GW						
Hydraulique	GW	0	0	0	0	0	0
- dont fil de l'eau	GW						
- dont lac/éclusé	GW						
- dont STEP	GW						
Energies marines	GW		0		0,4		0,7
Géothermie	GW						
Déchets	GW						
Effacement	GW						
Interconnexions - importations	GW	2,5					
Interconnexions - exportations	GW						
Total (sans interconnexions)	GW						
Bilan énergie primaire							
<i>Importations</i>							
- Électricité	TWh		-1,43		-1,76		-0,25
- Gaz	TWhEP						
- Pétrole	TWhEP						
- Uranium	TWhEP	0	0	0	0	0	0
- Biomasse solide	TWhEP						
<i>Production</i>							
- Fossiles	TWhEP						
- Nucléaire	TWhEP						
- Renouvelables	TWhEP						
Total	TWhEP						
Pertes à la production	TWh						
Pertes stockage	TWh						
Pertes transport/distribution	TWh						

Vecteurs secondaires							
- Charbon	TWh						
- Biomasse solide	TWh						
- Combustible liquide	TWh						
- Gaz	TWh						
- GPL	TWh						
- Carburant liquide	TWh						
- Fluide thermique, solaire thermique	TWh						
- Fluide thermique, réseaux chaleur	TWh						
- Électricité	TWh						
Consommation d'énergie finale							
- Bâtiment	TWhEF						
- Mobilité	TWhEF						
- Industrie	TWhEF						
- Agriculture	TWhEF						
Total	TWhEF						
Part des fossiles	%		70		53		0
Part électricité	%		0		0		0
Part des renouvelables	%		30		47		100
Part renouvelables dans électricité	%						
Part des reouvelables totales	%						
Consommation d'électricité							
- Résidentiel	TWhEF						
- Tertiaire	TWhEF						
- Mobilité	TWhEF						
- Industrie	TWhEF						
- Agriculture	TWhEF						
Total	TWhEF						
Puissance électrique appelée maximale (pointe)	GW						
Puissance électrique appelée en base	GW						
Contenu économique							
Impact sur l'emploi		+29 490			+20 898		+44 245
Impact sur le PIB							
Fiscalité (taxe carbone, contribution climat-énergie, CEPEX, ...)							
Valeur de la tonne de CO2	DKK/tCO ₂		229		229		458
Prix des énergies (payé par le consommateur particulier)							
- électricité	€/ kWh						
- fioul	€/ l						
- gaz	€/ kWh						
- essence	€/ l						
- diesel	€/ l						
Facture énergétique des ménages	€						
Facture énergétique des entreprises	€						
Facture énergétique nationale (importations)	Mds€						
Investissements énergétiques	MdsDKK		17		32		58
Investissements électriques	MdsDKK		17		32		58
Intensité énergétique	tep/M€						
Indicateurs précarité énergétique							
Impacts environnementaux							
<i>Émissions de CO₂ liées à l'énergie</i>							
- Résidentiel	MtCO ₂						

- Tertiaire	MtCO ₂						
- Transports (hors aérien internat ^{al})	MtCO ₂						
- Transports (avec aérien internat ^{al})	MtCO ₂						
- Industrie	MtCO ₂						
- Agriculture	MtCO ₂						
Total (hors aérien internat^{al})	MtCO ₂						
Total (avec aérien internat^{al})	MtCO ₂						
Émissions CO ₂ énergie/hab	tCO ₂ /per.						
Émissions tous GES	MteqCO ₂		50,5		31,1		5,2
- Energie	MteqCO ₂		36		21		0
- Agriculture	MteqCO ₂		11		7		2
- Industrie	MteqCO ₂		3,5		3,1		3,1
Taux d'indépendance énergétique							
Empreinte carbone							
Empreinte énergétique							
Évolution de l'usage des sols							
Coût de santé (SO ₂ , Nox, CO, PM _{2.5} , Mercure, plomb)	MdDKK/ an		12,6		8		5,7

Annexe 10 - Détails du scénario retenu pour la Suisse

Nouvelle Politique Énergétique

Variante C&E - Initiative parlementaire 12.400

"Libérer les investissements dans le renouvelable sans pénaliser les gros consommateurs"

Fondamentaux et méthode

Objectifs et moyens	
Facteur 4, autonomie énergétique, 100%EnR, ...	Objectif : 1 à 1,5 t de CO2 énergie / hab
SE, EE, ER, CSC, nucléaire, rupture technologiques, approvisionnement extérieur (type Desertec), ...	<ul style="list-style-type: none"> • Efficacité avant les énergies renouvelables • Economiser la chaleur domestique (énergie de chauffage) • Efficacité électrique essentielle (notamment refroidissement) • Mobilité électrique nécessaire • Légères modifications des volumes de trafic et de la répartition modale • Biomasse prioritaire au niveau du transport de marchandises et de la production de courant par CCF <p>Pour la réussite de ce scénario, la Suisse suppose des avancées technologiques dans d'autres pays (par exemple sur les véhicules) car elle ne peut à elle seule influencer sur ces technologies (elle ne produit pas de véhicules)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pas de rupture technologique
Déterminants macro	
Hypothèses démographiques - évolution quantitative	TCAM=0,6% ; +14% entre 2010 et 2050 (9 M d'hab en 2050), donnée exogène
Hypothèses démographiques - évolution qualitative (évolution différenciée par tranche d'âge, ...)	n/a
Autres facteurs démographiques (décohabitation, vieillissement de la population)	n/a
Evolution du taux de productivité du travail	n/a
Taux de croissance du PIB	TCAM=1,2% ; +46% entre 2010 et 2050, exogène
Evolution sectorielle de l'activité	Sur la base des scénarios démographiques de l'OFS et des estimations du PIB par le SECO, la Chancellerie fédérale et l'Office fédéral de la statistique ont fait élaborer des scénarios d'évolution par branches pour les 20 prochaines années. Ces scénarios extrapolent la tendance vers une société industrielle et de services hautement technologique. Ils sont repris sans changement comme une condition exogène pour les trois variantes. Les tendances définies jusqu'en 2030 ont été prolongées pour la suite
Périmètre géographique du scénario	National
Répartition territoriale de la population ou de l'activité	Non
Évolution des conditions climatiques (prise en compte du changement climatique ?)	Augmentation des températures de 1,2°C et déplacement des précipitations de l'été vers l'hiver entre 2020 et 2050
Modélisation	
Normative ou exploratoire	Normative
Pas de temps du scénario	15 ans
Équilibre offre-demande toutes énergies (O/N)	Oui
Équilibre offre-demande électricité (O/N)	Oui
Scénario physique ou économique ? Prise en compte de	Prise en compte de l'évolution du PIB et des prix de

l'évolution du PIB et/ou des prix de l'énergie comme donnée d'entrée du modèle ?	l'énergie (en données exogènes)
Évaluation de l'impact sur l'emploi (O/N)	Oui
Évaluation de l'impact économique (O/N)	Oui
Optimisation économique (O/N)	Non
Modèle réalisé uniquement pour l'exercice ou référencé (si référencé, lequel)	n/a
Modélisation bottom-up ou top-down	n/a
Approche centrée sur l'offre ou la demande	n/a
Merit order des solutions ? (approche économique, technique, environnementale, ...)	Voir plus haut
Comparaison avec un scénario tendanciel (O/N)	Oui
Prise en compte de facteurs de rupture, de variantes, d'analyses de sensibilité	
Détails	n/a

Découpage sectoriel

	Unité	2010	2020	2035	2050
Bâtiment					
Résidentiel					
Surfaces résidentielles	Mm ²	486,7	560,5	631,4	665,8
Performance moyenne des rénovations, pour l'usage chauffage uniquement	kWhEF/m ² /an				
Consommation moyenne, pour l'usage chauffage uniquement, dans l'ensemble du parc ¹	kWhEF/m ² /an	106,4	73,5	31,6	12,8
Consommation, pour l'usage chauffage uniquement dans le neuf	kWhEF/m ² /an				
Consommation pour les usages chauffage+ECS+cuisson	kWhEF/m ² /an	128,7	88,2	43,8	22,5
Consommation d'électricité spécifique	kWhEF/m ² /an	21,4	17,5	15,4	18,4
<i>Moyenne de consommation tous usages</i>	kWhEF/m ² /an	150,1	105,7	59,2	41,0
Total consommation	TWhEF	73,0	59,2	37,4	27,3
Tertiaire					
Surfaces tertiaires	Mm ²	222,1	238	254,3	271,7
Performance moyenne des rénovations, pour l'usage chauffage uniquement	kWhEF/m ² /an				
Consommation moyenne, pour l'usage chauffage uniquement, dans l'ensemble du parc existant ²	kWhEF/m ² /an	103,3	81,1	59,4	43,9
Consommation, pour l'usage chauffage uniquement dans le neuf	kWhEF/m ² /an				
Consommation pour les usages chauffage+ECS+cuisson ³	kWhEF/m ² /an	114,7	90,1	63,6	45,6
Consommation d'électricité spécifique	kWhEF/m ² /an	74,6	70,8	63,0	58,1
<i>Moyenne de consommation tous usages</i>	kWhEF/m ² /an	189,3	160,8	126,6	103,8
Total consommation⁴	TWhEF	42,0	38,3	32,2	28,2
Résidentiel + Tertiaire					
Surfaces totales	Mm ²	708,8	798,5	885,7	937,5

<i>Moyenne de consommation sur l'ensemble du parc</i>	kWhEF/m ² /an	162,3	122,1	78,5	59,2
Total consommation	TWhEF	115,1	97,5	69,6	55,5
Part des différents vecteurs					
- Charbon	%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
- Biomasse solide	%	6,7%	7,3%	5,8%	3,0%
- Combustible liquide	%	40,2%	29,6%	14,9%	7,7%
- Gaz	%	17,9%	20,8%	21,8%	17,5%
- Fluide thermique, solaire thermique	%	0,4%	1,4%	5,4%	14,3%
- Fluide thermique, réseaux chaleur	%	2,7%	3,9%	5,6%	4,6%
- Électricité	%	32,1%	36,9%	46,4%	52,9%
Mobilité					
Voyageurs					
Total des déplacements	Mds.pers.km	114,2	126,6	137	140,3
Taux de remplissage des VP	Pers/véhicule	Pas d'analyse			
Consommation moyenne parc VP	l/100 km	7,5	5,6	3,6	2,8
Part modales du trafic voyageurs (hors aérien international)	(sur pers.km ou nb. déplaces)				
- marche à pied	%				
- vélo	%				
- vélo à assistance électrique	%				
- 2 roues motorisés	%				
- VP	%				
- transports en commun urbains	%				
- autocar	%				
- train	%				
- avion (vols intérieurs)	%				
Marchandises					
Total des déplacements	Gt.km	26,9	34,5	39,3	39,7
Taux de remplissage des PL	%	Pas d'analyse			
Consommation moyenne parc VUL	l/100 km	9,2	7,5	5,3	4,2
Consommation moyenne parc PL	l/100 km	29,2	26,1	17,8	13,1
Part modale du trafic marchandises (sur t.km)					
- VUL	%				
- Poids lourds	%				
- ferroviaire	%				
- fluvial	%				
Part des différents vecteurs					
<i>Part dans mobilité voyageurs</i>					
- Carburant liquide	%				
- Gaz	%				
- Pile à combustible	%				
- Électricité	%				
<i>Part dans mobilité marchandises</i>					
- Carburant liquide	%				
- Gaz	%				
- Pile à combustible	%				
- Électricité	%				
Part dans mobilité totale					
- Carburant liquide	%	95,3%	91,6%	77,5%	60,9%
- Gaz	%	0,1%	0,4%	1,3%	1,6%
- Pile à combustible	%	0,0%	0,0%	0,1%	2,0%
- Électricité	%	4,6%	8,0%	21,0%	35,5%
Total consommation	TWhEF				

Industrie					
Analyse des biens/besoins d'équipements		Analyse non présente (en tous cas de manière explicite)			
Analyse du recyclage des matières premières		Uniquement prise en compte d'un taux de recyclage global dans les poubelles			
Indicateurs d'évolution de la production industrielle		A priori non présents ⁵			
Part des différents vecteurs					
- Charbon	%	3,5%	3,1%	1,3%	0,0%
- Biomasse solide	%	11,6%	13,2%	15,9%	17,9%
- Combustible liquide	%	19,3%	15,1%	10,2%	7,0%
- Gaz	%	21,1%	22,2%	24,3%	25,6%
- GPL	%				
- Fluide thermique, solaire thermique	%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%
- Fluide thermique, réseaux chaleur	%	3,7%	4,2%	5,0%	5,6%
- Électricité	%	40,7%	42,3%	43,2%	43,9%
Total consommation	TWhEF				
Agriculture					
Analyse de l'assiette alimentaire		Analyse non présente (en tous cas de manière explicite)			
Part des différents vecteurs					
- Charbon	%				
- Biomasse solide	%				
- Combustible liquide	%				
- Gaz	%				
- GPL	%				
- Fluide thermique, solaire thermique	%				
- Fluide thermique, réseaux chaleur	%				
- Électricité	%				
Total consommation	TWhEF				
Tous secteurs					
Taux de couverture renouvelables	% E Finale ⁶	5,9%	11,8%	18,3%	24,9%
Taux de couverture renouvelables	% E Finale ⁷	7,1%	14,5%	23,4%	30,5%

1. Valeurs très basses (fort développement des PAC dans le neuf à partir de 2010).

2. A priori, inclut la chaleur gratuite prise sur environnement.

3. Hors chaleur« gratuite » prélevée sur l'environnement.

4. Hors chaleur« gratuite » prélevée sur l'environnement.

5. « Ni la production industrielle ni les besoins énergétiques ne varient. Les effets de rétroaction sont difficiles à quantifier et ne sont donc pas inclus. »

6. Hors chaleur« gratuite » prélevée sur l'environnement.

7. Inclus chaleur« gratuite » prélevée sur l'environnement.

Offre et bilan

	Unité	2000	2005	2010	2015	2020	2035	2050
Production d'énergie								
Pétrole	TWhEP							
Gaz fossile	TWhEP							
Charbon	TWhEP							
Nucléaire	TWhEP							
Biomasse solide	TWhEP							
Biomasse liquide	TWhEP							
Biogaz	TWhEP							
Eolien	TWhEP							
Photovoltaïque	TWhEP							
Hydraulique	TWhEP							
Solaire thermique	TWhEP							
Géothermie	TWhEP							

Energies marines	TWhEP							
Déchets	TWhEP							
Total	TWhEP							
Production d'électricité								
Pétrole	TWhEP							
Gaz fossile	TWhEP			2,18		3,13	13,69	10,65
Charbon	TWhEP							
Nucléaire ¹	TWhEP			25,13		21,68	0	0
Biomasse solide	TWhEP			0,14		0,59	1,21	1,24
Biomasse liquide	TWhEP							
Biogaz	TWhEP			0,08		0,46	1,48	1,58
Eolien	TWhEP			0,04		0,66	1,76	4,26
Photovoltaïque	TWhEP			0,08		1,26	7,03	11,12
Hydraulique	TWhEP	20,67		21,26		22,98	23,13	23,29
Solaire thermique	TWhEP							
Géothermie	TWhEP			0		0,2	1,43	4,39
Energies marines	TWhEP							
Déchets	TWhEP			0,92		1,1	1,32	1,33
Total	TWhEP			49,83		52,06	51,05	57,86
Stockage	TWh			2,56		7,54	7,54	7,54
Exportations	TWh			15,19		9,71	3,34	5,53
Puissance installée								
CCG	GW							
TAC	GW							
Nucléaire	GW							
Biomasse solide	GW							
Éolien terrestre	GW							
Éolien offshore	GW							
- dont posé	GW							
- dont flottant	GW							
Photovoltaïque	GW							
- dont sol	GW							
- dont toiture	GW							
Solaire à concentration	GW							
Hydraulique	GW							
- dont fil de l'eau	GW							
- dont lac/éclusé	GW							
- dont STEP	GW							
Energies marines	GW							
Géothermie	GW							
Déchets	GW							
Effacement	GW							
Interconnexions - importations ²	GW							
Interconnexions - exportations	GW							
Total (sans interconnexions)	GW							
Bilan énergie primaire								
Importations								29%
- Électricité	TWh			17,24		10,06	2,61	0
- Gaz	TWhEP							
- Pétrole	TWhEP							
- Uranium	TWhEP							
- Biomasse solide	TWhEP							
Production								
- Fossiles	TWhEP			163,7		124,3	85,2	44,9
- Nucléaire	TWhEP			74,0		63,6	0,0	0,0

- Renouvelables	TWhEP			66,1		85,8	103,3	118,8
Total	TWhEP			303,9		273,7	188,5	163,7
Pertes à la production	TWh							
Pertes stockage	TWh							
Pertes transport/distribution	TWh							
Vecteurs secondaires³								
- Charbon	TWh			1,8		1,4	0,5	0,0
- Biomasse solide	TWh			13,2		12,9	9,6	6,8
- Combustible liquide	TWh			55,4		35,5	13,9	6,3
- Gaz	TWh			30,6		30,3	24,1	18,2
- GPL	TWh							
- Carburant liquide	TWh			66,1		52,7	30,8	19,5
- Fluide thermique, solaire thermique	TWh			0,43		1,35	3,80	7,94
- Fluide thermique, réseaux chaleur	TWh			4,81		5,68	5,63	4,14
- Électricité	TWh			59,4		59,1	55,5	53,3
Consommation d'énergie finale⁴								
- Bâtiment	TWhEF	104,8	115,3	116,8	108,8	102,5	78,2	64,1
- Mobilité	TWhEF	66,5	66,9	69,3	64,7	57,5	39,7	32,1
- Industrie	TWhEF	44,8	46,7	47,6	46,7	44,1	34,7	29,0
- Agriculture ⁵	TWhEF	3,9	4,1	3,6	3,4	3,2	2,4	1,9
Total	TWhEF	220,0	232,9	237,3	223,6	207,3	155,0	127,2
Part des fossiles ⁶	%			67,7%		56,8%	40,4%	27,0%
Part électricité	%			25,2%		28,7%	36,1%	42,4%
Part des renouvelables	%			7,2%		14,5%	23,5%	30,6%
Part renouvelables dans électricité	%			57,4%		64,8%	81,2%	91,9%
Part des reouvelables totales	%			21,6%		33,1%	52,8%	69,6%
Consommation d'électricité								
- Résidentiel	TWhEF			18,6		17,8	15,5	13,5
- Tertiaire	TWhEF			17,7		17,7	16,3	15,6
- Mobilité	TWhEF			3,2		4,6	8,3	11,4
- Industrie	TWhEF			19,3		18,5	14,9	12,6
- Agriculture ⁷	TWhEF			1,0		1,0	0,9	0,9
Total	TWhEF			59,8		59,5	56,0	54,0
Puissance électrique appelée maximale (pointe)	GW			10,17		10,14	9,55	9,2
Puissance électrique appelée en base	GW			5,99		5,97	5,63	5,42
Contenu économique								
Impact sur l'emploi								
Impact sur le PIB								
Fiscalité (taxe carbone, contribution climat-énergie, CEPEX, ...)								
Valeur de la tonne de CO2	€/ tCO ₂							
Prix des énergies (payé par le consommateur particulier) ⁸								
- électricité ⁹	€/ kWh			7,0		8,9	12,5	12,0
- fioul	€/ l							
- gaz	€/ kWh							
- essence	€/ l							
- diesel	€/ l							
Facture énergétique des ménages	€							
Facture énergétique des entreprises	€							
Facture énergétique nationale (importations)	Mds€							
Investissements énergétiques	Mds€							
Investissements électriques ¹⁰	Mds€					191,462		

Intensité énergétique	tep/M€							
Indicateurs précarité énergétique								
Impacts environnementaux								
<i>Émissions de CO₂ liées à l'énergie</i>								
- Résidentiel	MtCO ₂			11,6		8	3,3	1,3
- Tertiaire	MtCO ₂			4,9		3,9	2,5	1,7
- Transports (hors aérien internat ^{al})	MtCO ₂			17,5		11,8	5,6	2,5
- Transports (avec aérien internat ^{al})	MtCO ₂			21,8		16,5	11	8,2
- Industrie	MtCO ₂			5,5		4,6	3,1	2,2
- Agriculture	MtCO ₂			1		0,9	0,7	0,5
Total (hors aérien internat^{al})	MtCO ₂			40,5		29,2	15,2	8,2
Total (avec aérien internat^{al})	MtCO ₂			44,8		33,9	20,6	13,9
Émissions CO ₂ énergie/hab	tCO ₂ /per.			5,03		3,36	1,63	0,85
Émissions tous GES	MteqCO ₂							
Taux d'indépendance énergétique								
Empreinte carbone								
Empreinte énergétique								
Évolution de l'usage des sols								
Autres indicateurs : émissions de particules, consommation d'eau, de matériaux, ...								

1. Durée de vie normalisée à 50 ans pour tous les réacteurs.
2. Pour les interconnexions, en importation, « pas de limitation dans le modèle ».
3. Hors chaleur « gratuite » prélevée sur l'environnement.
4. Inclus chaleur « gratuite » prélevée sur l'environnement.
5. « Différence statistique incluant l'agriculture ».
6. Valeurs calculées sur le total moins l'agriculture.
7. « Différence statistique incluant l'agriculture ».
8. S'appuie sur les hypothèses du WEO 2010, scénario 450 de l'AIE.
9. Coût moyen de production du kWh (point nécessitant une clarification).
10. Investissement cumulé de 2010 à 2050 pour le parc de production d'électricité, y compris les importations. L'application ou non d'une actualisation nécessite une clarification.

Annexe 11 - Analyse de la situation du Danemark

Objectifs à court terme

Le gouvernement danois a publié en 2011 son plan de stratégie énergétique *Energy strategy 2050*. Le Danemark prévoit ainsi de passer d'un mix énergétique reposant à près de 80% sur les énergies fossiles en 2010 à un mix intégralement renouvelable en 2050.

Les objectifs à 2020 :

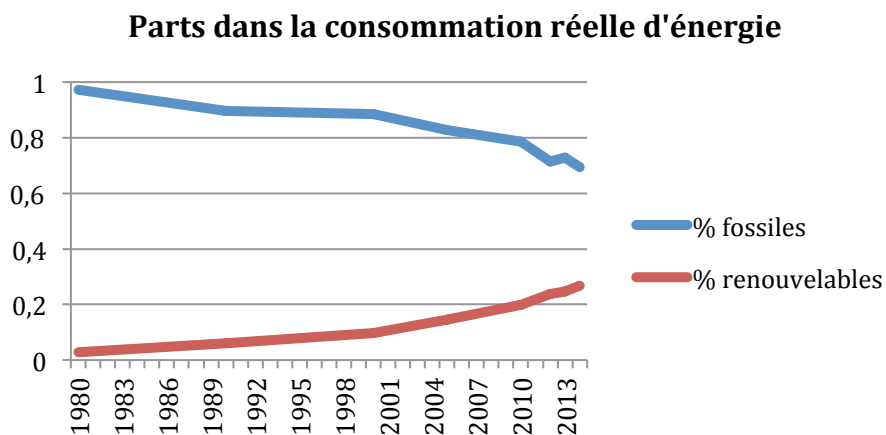
- 33% d'énergies renouvelables (énergie finale)
- -6% de la consommation d'énergie primaire (base 2006)
- -33% d'énergies fossiles dans le secteur de l'énergie (base 2009)
- plus de 60% d'EnR dans l'électricité

En 2012 (Danish Energy Agreement), le gouvernement a publié les objectifs suivants pour 2020 :

- plus de 35% d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie
- environ 50% d'éolien dans la consommation d'électricité
- 7,6% de réduction de la consommation brute d'énergie (base 2010)
- 34% de réduction des émissions de GES par rapport à 1990

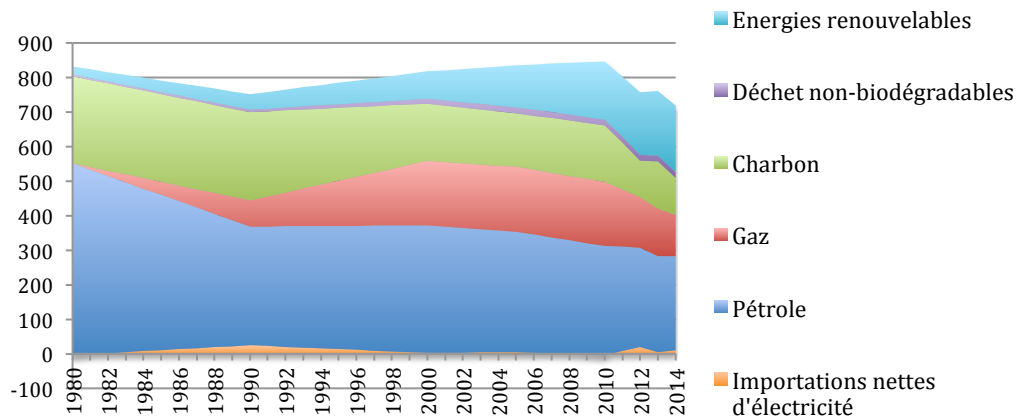
Evolution des années passées

Le Danemark a fortement augmenté la part des énergies renouvelables depuis le début des années 1990. De 6% de la consommation brute d'énergie en 1990, les énergies renouvelables sont passées à 27% en 2014.

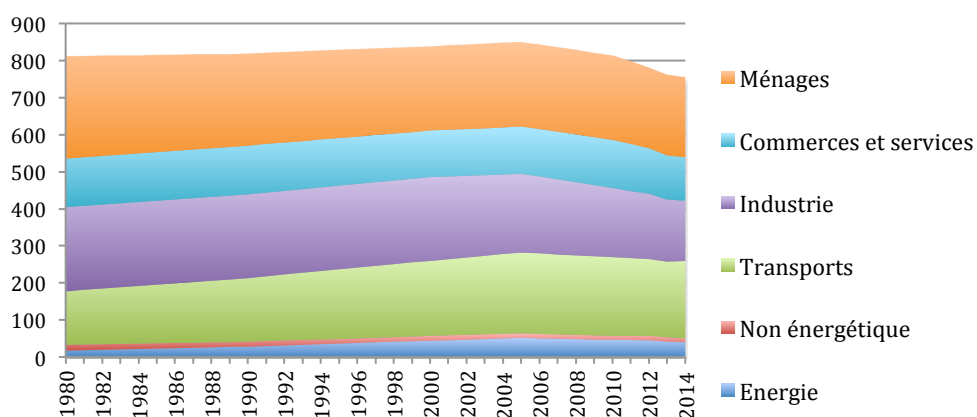


La consommation réelle d'énergie a connu une baisse importante ces dernières années : - 15% entre 2010 et 2014. Corrigée du climat, la baisse est un peu moins importante : un peu plus de 7% (7,8% depuis 1990).

Consommation réelle d'énergie par source (PJ)

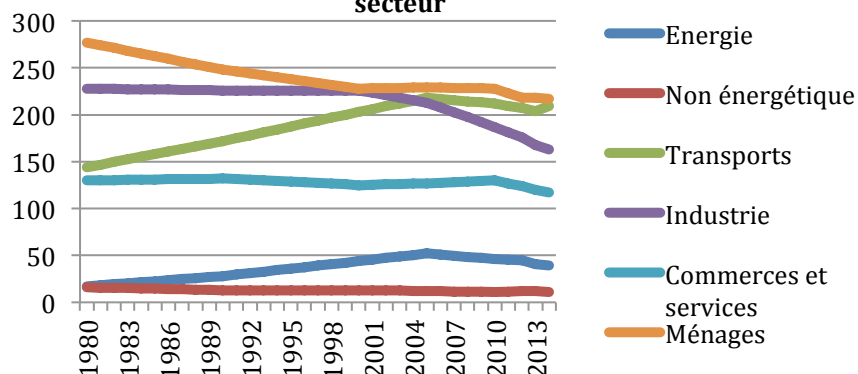


Consommation brute corrigée du climat d'énergie par secteur



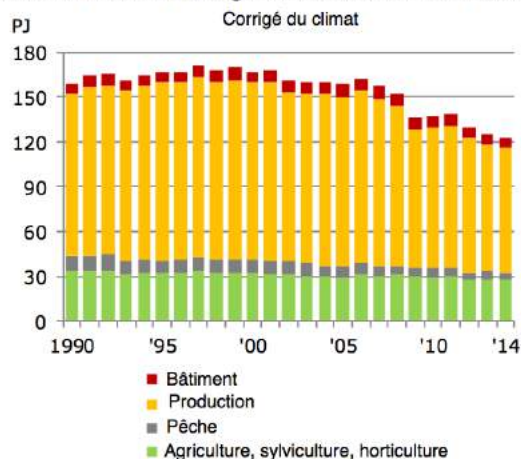
Cette baisse depuis 2005 est principalement due à une baisse de consommation de l'industrie et dans le secteur de l'énergie (qui peut s'expliquer par une hausse des importations d'électricité ces dernières années). Les transports sont également en baisse après une hausse importante jusqu'en 2005.

Consommation brute corrigée du climat d'énergie par secteur

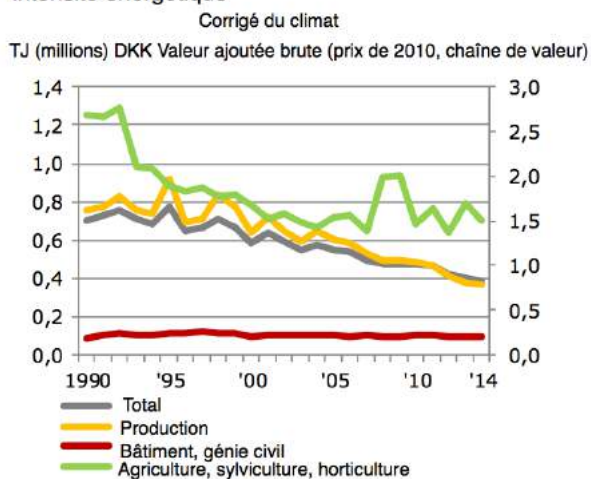


La baisse de la consommation de l'industrie a commencé au début des années 2000 (près de 30% de baisse entre 2000 et 2014) après une longue période stable. Cette baisse est principalement due à une baisse de l'énergie consommée dans le secteur de la production.

La consommation d'énergie dans le secteur de l'industrie



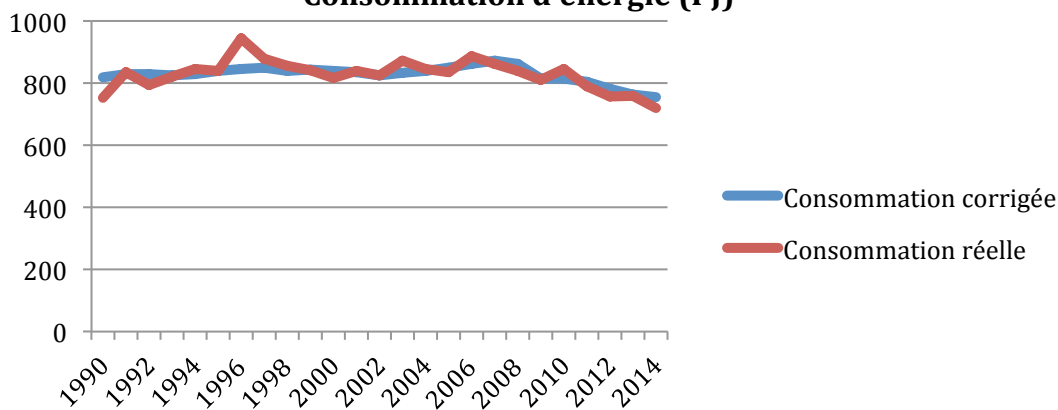
Intensité énergétique



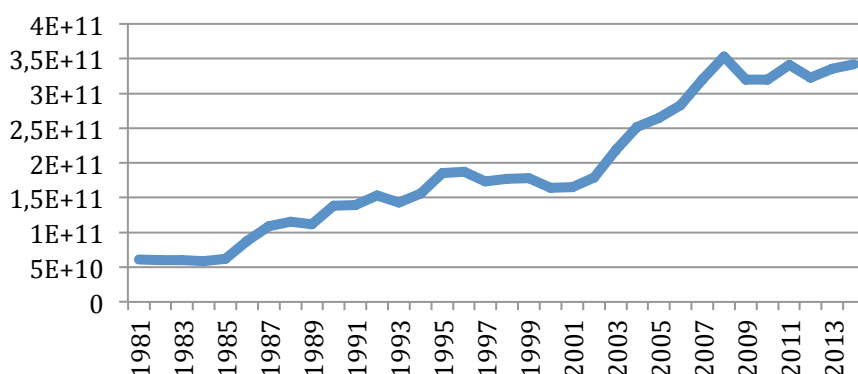
(échelle de droite pour l'agriculture)

Ce secteur a connu une forte baisse de son intensité énergétique au cours de la période considérée.

Consommation d'énergie (PJ)

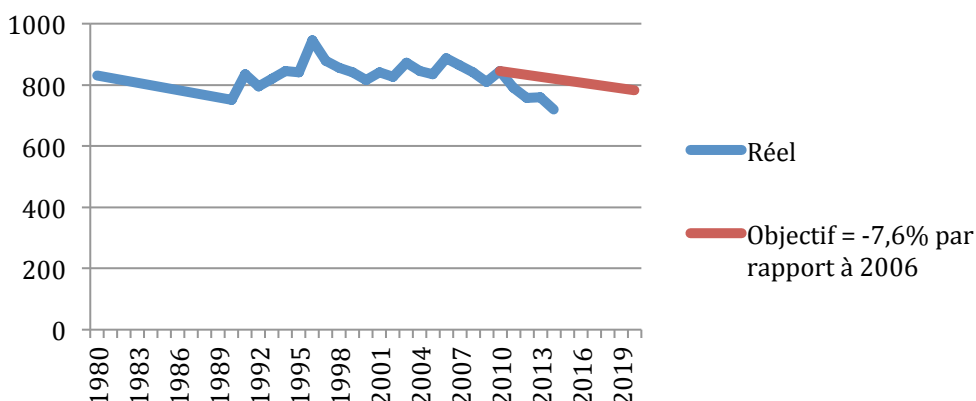


PIB (\$ courant)



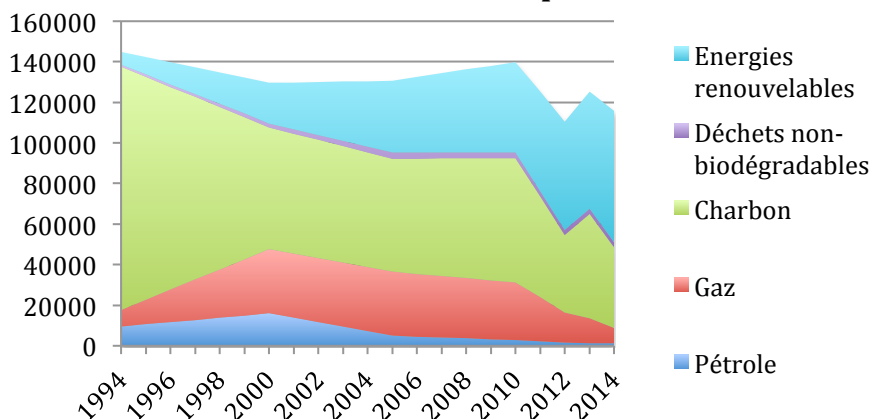
L'objectif d'une baisse de 7,6% de la consommation d'énergie primaire en 2020 par rapport à 2010 devrait être largement réalisé.

Consommation brute d'énergie



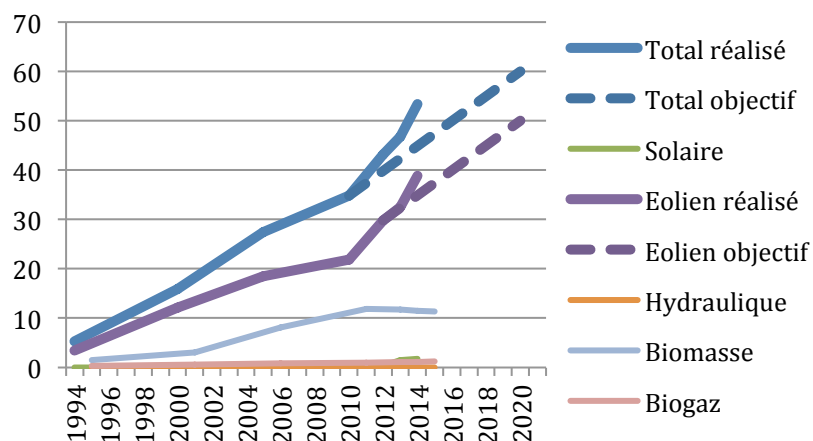
Concernant la production d'électricité, les énergies renouvelables se sont développées à partir de 1990. De moins de 6% de l'électricité produite en 1994, les énergies renouvelables représentaient plus de 53% de la production d'électricité en 2014.

Production d'électricité par source

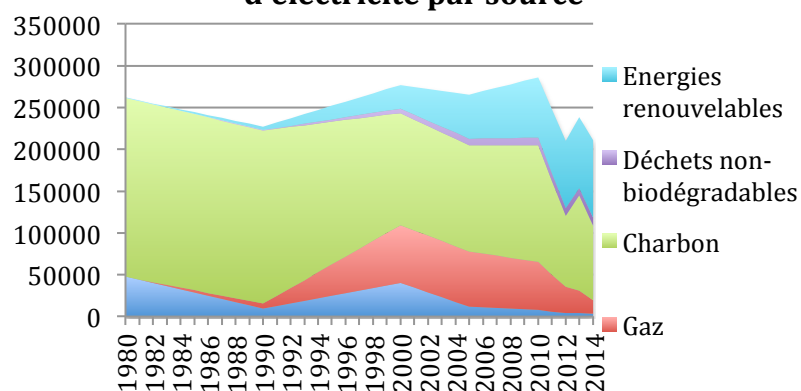


L'objectif de dépasser 60% d'énergies renouvelables dans la consommation d'électricité en 2020 devrait être atteint sans difficulté. De même, l'objectif de 50% d'éolien ne devrait pas poser de difficulté majeure (l'objectif est une part de la consommation, le graphe montre la part dans la production. Le Danemark est importateur net depuis 2011, mais pas d'informations sur la part d'énergies renouvelables et d'éolien dans les importations).

Part des EnR dans l'électricité (%)

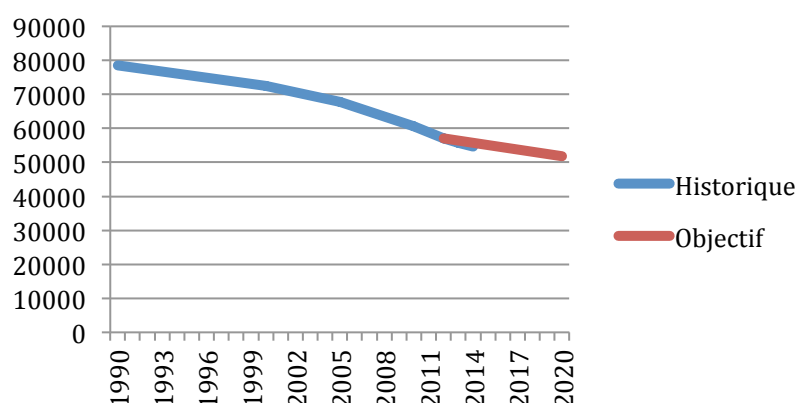


Consommation pour la production d'électricité par source



Le Danemark est également sur le bon chemin pour atteindre ses objectifs en termes d'émissions de GES. Il a déjà réduit de 30% ses émissions depuis 1990. Concernant le seul CO₂, il a connu une baisse de près de 33% des ses émissions corrigées du climat entre 1990 et 2014 (et plus de 12% entre 2010 et 2014).

Emissions totales corrigées du climat (kt)



Points à améliorer

Les transports : la consommation dans ce secteur a connu une forte augmentation de jusqu'en 2000. Depuis, le Danemark a réussi à stabiliser sa consommation, voir à la réduire un peu mais très faiblement.

Malgré une forte baisse jusqu'en 2000, les ménages restent le principal secteur de consommation. Depuis 2000, la réduction de consommation dans ce secteur est quasi nulle.

Le tertiaire n'a commencé à diminuer sa consommation que depuis 2010.

Dans l'industrie, la production, qui représente une grande partie de la consommation du secteur, a connu une grande amélioration de son intensité énergétique. Le secteur agricole, moins consommateur, n'améliore plus son intensité énergétique depuis les années 2000.

Une des principales interrogations porte sur l'électricité. Le Danemark est redevenu importateur net depuis 2011. Le volume des échanges a augmenté, ce qui accroît sa dépendance aux pays voisins.

Plus spécifiquement, le Danemark connaît des périodes importantes de surcapacité de production dûes à l'importance de son parc éolien et à la nécessité de maintenir, et de faire fonctionner pour les rentabiliser, des centrales thermiques indispensables à l'appoint dans les périodes de moindre production éolienne. Le Danemark alterne ainsi des périodes où il est exportateur, les pays voisins contribuant ainsi à rentabiliser les capacités de production de réserve dont il a besoin, et des périodes où il est importateur, s'appuyant là aussi sur les pays voisins pour assurer l'équilibre de son approvisionnement en électricité.

Bilan Import-Export (électricité, TWh)

