

CLIMACT



Vers une Wallonie Bas-carbone en 2050

RÉSUMÉ EXÉCUTIF | 30 décembre 2011

Agence Wallonne de l'Air et du Climat
Avenue Prince de Liège, 7
5100 JAMBES
Tél. : 081 33 59 33
info-airclimat@wallonie.be

Ce document est téléchargeable sur le site Internet
<http://airclimat.wallonie.be>

Numéro vert de la Wallonie
0800 11 901
chaque jour ouvrable de 8 à 16 heures



Wallonie

Air  Climat
agence wallonne de l'air & du climat



Wallonie

Air  Climat
agence wallonne de l'air & du climat

Sommaire

Introduction – Contexte	p. 5
La méthodologie utilisée	p. 8
Les scénarii de décarbonation	p. 12
Les conséquences pour la société wallonne	p. 30
Un focus particulier sur la politique d'aménagement du territoire	p. 35
Conclusion	p. 36

Introduction

Cette étude a été réalisée par Climact, en collaboration avec la European Climate Foundation (ECF) pour l'Agence Wallonne de l'Air et du Climat (AWAC). L'étude identifie les trajectoires vers une économie sobre en carbone et analyse les implications d'objectifs de 'décarbonation' c'est-à-dire de réduction de 80% à 95 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) en 2050 par rapport à 1990.

L'étude a bénéficié du soutien d'un comité d'accompagnement organisé par l'AWAC ainsi que de nombreux experts. Nous les remercions de leurs contributions et de la diversité des points de vue exprimés dans un esprit de dialogue constructif. Les conclusions relèvent de la seule responsabilité de Climact bien que, dans la mesure du possible, les avis des différentes parties consultées aient été intégrés.

L'étude démontre qu'une décarbonation ambitieuse de la Wallonie est techniquement possible selon différents scénarii. Ces scénarii sont réalistes et construits sur base de leviers en grande majorité existants commercialement aujourd'hui. Elle implique cependant un niveau d'ambition élevé dans chacun des secteurs et construit sur quatre piliers complémentaires : la réduction de la demande énergétique, notamment au travers de changements de comportements et de l'amélioration de l'efficacité énergétique ; l'électrification et le recours à de la biomasse ou des biocarburants durables pour le bâtiment, le transport et certains secteurs industriels ; la production d'électricité à partir d'une combinaison de sources renouvelables ; et le recours à la capture et au stockage du carbone.

Ces mesures nécessitent des investissements importants. Elles permettent toutefois une réduction significative de la facture et de la dépendance énergétiques de la Wallonie. L'étude démontre également que le coût total d'une transition réussie vers une économie sobre en carbone peut se révéler moins élevé que le coût de l'inaction.

Cette étude est une étape importante de la décarbonation de la Wallonie puisqu'elle en analyse la faisabilité technique et les principales implications économiques. Elle appelle d'autres études complémentaires pour baliser adéquatement le chemin vers une Wallonie sobre en carbone en 2050.

Le résumé exécutif rend compte des principaux résultats de l'étude qui vise à vérifier la faisabilité d'une (quasi) décarbonation de la Wallonie en 2050 et à nourrir la réflexion politique Air-Climat. Il contient cinq parties : (1) le contexte de l'étude ; (2) la méthodologie utilisée ; (3) la synthèse des réductions nécessaires par secteur ; (4) la description de l'ampleur de l'effort et des leviers à mettre en œuvre par secteur et (5) la conclusion

1) La mission de Climact est de maximiser les réductions d'émission de gaz à effet de serre. Elle exerce son activité essentiellement au travers d'un soutien aux entreprises et aux autorités publiques.

2) Le coût total représente l'impact net des investissements et des coûts énergétiques. Il n'intègre ni le coût externe des émissions de GES lié à l'impact du changement climatique ni les externalités positives de la transition vers une économie sobre en carbone.

3) « COM (2011) 112 : A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 » finalisée en Mars 2011 (http://ec.europa.eu/clima/policies/roadmap/documentation_en.htm).

4) A contraster avec une approche « top-down » calculant l'évolution des besoins énergétiques sur base de paramètres macro-économiques comme le taux de croissance du PIB ou la consommation énergétique par unité de valeur ajoutée.

5) Une source de production est définie comme intermittente lorsqu'elle n'est pas continuellement disponible. L'éolien et le solaire font partie de ces sources d'énergie.

Contexte

→ L'Accord de Cancun, confirmé à Durban, consacre le consensus entre l'ensemble des Etats sur la nécessité d'une diminution substantielle des émissions mondiales de gaz à effet de serre pour **contenir l'élévation de la température moyenne de la planète en dessous de 2°C** par rapport aux niveaux préindustriels. Selon le quatrième rapport d'évaluation du GIEC, les émissions mondiales de GES devraient être réduites de moitié d'ici 2050 par rapport aux émissions en 1990. Compte tenu de la contribution historique importante aux émissions de GES des pays les plus industrialisés, ceux-ci devraient dans leur ensemble réduire de 80 à 95 % leurs émissions à l'horizon 2050. La répartition de l'effort entre les différents pays développés ne fait pas encore l'objet d'un consensus dans le cadre des négociations multilatérales. L'ampleur des réductions à accomplir par les pays développés devrait rester globalement inchangée, même dans l'hypothèse où, comme évoqué à Durban, les pays en développement s'engageraient à plafonner leurs propres émissions.

→ Malgré l'absence d'accord global sur la répartition de l'effort de réduction entre les pays, le Conseil européen a confirmé en février 2011 **l'objectif de l'Union européenne de réduire ses émissions de gaz à effet de serre à raison de 80 à 95% d'ici 2050** par rapport au niveau de 1990. Dans la foulée, la Commission européenne a présenté le 8 mars 2011 une Feuille de route vers une économie compétitive à faible intensité de carbone à l'horizon 2050 (la « Roadmap ») dont l'objectif est de guider l'action de l'Union jusqu'en 2050 pour atteindre le niveau de ré-

duction envisagé. Cette Roadmap est actuellement soumise au Parlement européen et au Conseil en vue de poser le cadre de la gouvernance climatique européenne à long terme.

→ C'est dans ce contexte que **la Wallonie a souhaité disposer de sa propre feuille de route**. L'AWAC a commandité à Climact et ECF une étude de support à l'élaboration de chemins de croissance à faible intensité de carbone à l'horizon 2050. Ainsi informée, la Wallonie est mieux à même d'influer positivement sur le processus d'élaboration du régime climatique européen et la répartition de l'effort de réduction entre les Etats membres, voire entre les régions.

→ L'étude considère **une approche « comptable » des émissions** : elle s'attache à la réduction des GES émis sur le territoire wallon et exclut les émissions liées aux importations (que ce soit de matières premières, d'énergie ou de produits finis) ainsi que l'utilisation de compensation ou de crédits d'émissions venant de l'étranger. Cette approche sous-entend que des efforts similaires et conjoints seront réalisés dans d'autres régions. Deux raisons motivent ce choix : d'une part, les autres implications positives, telle que la réduction de la facture et de la dépendance énergétiques pour la région constituent un objectif en soi ; d'autre part, à long terme les besoins de réduction des émissions seront tels au niveau global qu'il s'avèrerait hasardeux de dépendre des seuls efforts d'autres régions pour stabiliser le climat à un niveau acceptable.

→ Une transition réussie vers une économie sobre en carbone **nécessite une vision claire de l'objectif 2050**. Cet horizon offre la perspective nécessaire pour comprendre l'ensemble du chemin à parcourir et permet de prendre des actions à court terme ayant des implications à long terme : de nombreuses décisions prises aujourd'hui auront encore un impact dans 40 ans que ce soit pour l'industrie, le transport, les bâtiments, l'agriculture ou la production d'énergie.

→ Ce type d'analyse à long terme comporte inévitablement des **incertitudes**. Le modèle utilise des scénarii comparant une large gamme de futurs possibles pour clarifier l'étendue de cette incertitude et la limiter.

→ L'analyse porte sur les **possibilités techniques et les implications économiques** de la transition vers une économie wallonne sobre en carbone. Le large panorama qu'elle brosse,

dans un horizon temporel étendu, ne peut aborder toutes les questions : cette analyse appelle des études complémentaires pour informer les décisions politiques à adopter. Une attention particulière devrait être réservée à l'impact de la décarbonation envisagée sur la compétitivité régionale dans une économie globalisée.

→ Le projet a été mené de mars à décembre 2011. Il s'est basé sur les études existantes et sur un **travail intense de consultation** auquel ont participé de nombreuses parties prenantes : fédérations industrielles, organisations non gouvernementales, experts académiques et pouvoirs publics. L'étude est **indépendante et objective**. Elle ne vise pas à concilier tous les points de vue exprimés, ni à définir un scénario optimal. Plutôt qu'un chemin unique, plusieurs scénarii crédibles sont décrits avec les trajectoires des différents secteurs et les coûts associés, tant en termes d'investissements que de coûts opérationnels.



La méthodologie

La méthodologie est basée sur une approche de modélisation «bottom-up». Le modèle étudie en détail les besoins en énergie et les émissions de GES des secteurs (industrie, transport, bâtiment, agriculture, production d'énergie). Les évolutions de la demande et de l'offre énergétique sont modélisées à l'horizon 2050 sur base de paramètres détaillés pour chaque secteur et sous-secteur pertinent.

Le modèle a été élaboré conjointement avec le Département Energie et Changement Climatique du Royaume Uni (DECC UK). Son développement en MS Excel assure une flexibilité et une simplicité d'utilisation maximale. Le modèle permet de tester différents scénarii et de mettre à jour les paramètres sur la base de nouvelles informations.

Les paramètres du modèle sont répartis en **4 catégories** :

1. les paramètres fixes ;
2. les paramètres sur lesquels l'influence de la Wallonie est limitée (p.ex., l'évolution de la demande d'acier et donc de la production en Wallonie) ;
- 3 les paramètres de réduction de GES dans les secteurs de la demande énergétique sur lesquels la Wallonie a beaucoup d'influence, à savoir
 - les leviers comportementaux et d'organisation sociétale (par exemple, la limitation du besoin en transport par personne),
 - les leviers de réduction d'intensité carbone (efficacité énergétique, processus alternatifs dans l'industrie, combustibles alternatifs, etc.),

- les leviers d'électrification de la demande énergétique,
 - l'application de la capture et du stockage du carbone (CSC) dans l'industrie,
4. et enfin les paramètres de décarbonation de l'offre énergétique.

Pour chaque paramètre variable, quatre niveaux d'ambition ont été définis allant d'un niveau d'ambition faible (niveau 1) à un niveau d'ambition maximal (niveau 4). Le niveau faible correspond à une évolution "business as usual" qui servira de référence auquel les autres niveaux seront comparés. Le niveau maximal correspond au potentiel technique maximum pour le paramètre considéré. Les niveaux ont été définis pour chaque paramètre en tenant compte de la littérature existante et en intégrant les observations des nombreux experts consultés.

Le modèle analyse l'évolution de la balance énergétique de la Wallonie et s'assure que l'offre énergétique satisfait la demande. Il calcule d'abord l'évolution de la demande en énergie. Ce calcul se fait, d'une part, sur base de la demande de services (p. ex., sur base de l'évolution de la population) et de la production industrielle (p. ex., l'évolution de la production de chaux d'ici 2050). Ce calcul tient compte, d'autre part, du niveau de mise en œuvre des leviers de demande qui permettent la réduction des besoins énergétiques dans chacun des secteurs, (p. ex., l'évolution de l'isolation énergétique des bâtiments, ou l'électrification du transport). Il propose, ensuite, une offre énergétique qui réponde à cette demande d'énergie sur base d'un mix de production éner-

gétique composé le cas échéant de différentes sources (conventionnelles ou renouvelables de différents types), en combinant si nécessaire avec la capture et le stockage du carbone (CSC).

La flexibilité du modèle permet de définir des scénarii contrastés plausibles qui atteignent l'objectif de décarbonation. Le modèle n'optimise pas le réglage des paramètres décrits ci-dessus en fonction des coûts, compte tenu de l'incertitude liée à la projection des coûts à 40 ans.

Six scénarii ont été définis avec le comité d'accompagnement de l'AWAC et le comité d'experts pour explorer les questions

principales liées à la décarbonation de l'économie wallonne. Cinq scénarii permettent d'atteindre une réduction d'émissions de GES de 80% en 2050 par rapport à 1990. Le dernier scénario permet 95% de réduction. Ces six scénarii sont comparés à un scénario de référence qui intègre les politiques déjà décidées aux niveaux européen, belge et wallon.

Les cinq scénarii atteignant 80% de réduction des GES sont définis selon deux dimensions : l'évolution de la demande énergétique, d'une part, et la part de production intermittente dans l'offre électrique, d'autre part.

Ces deux dimensions ont été choisies car elles permettent d'aborder les enjeux principaux tant en ce qui concerne la demande que l'offre énergétique :

- **Demande énergétique :**
 - est-il possible de décarboner la Wallonie avec une forte demande de services et une forte production industrielle ?
 - quel est l'impact sur la demande énergétique et électrique ?
 - quel est l'impact d'un niveau plus ou moins fort d'efficacité énergétique sur la demande énergétique ainsi que sur les coûts de la transition bas carbone ?
- Part de production intermittente dans **l'offre électrique** : suivant en cela d'autres travaux, les analyses montrent qu'une décarbonation de l'économie de l'ordre de 80% à 95% nécessite une électrification importante. En conséquence, la production d'électricité est de plus en plus au cœur du système énergétique et soulève des questions :
 - quelles alternatives permettent de répondre à cette demande électrique ?
 - est-il possible de satisfaire cette demande électrique avec un mix fortement intermittent sans CSC ?
 - quelles sont les implications en terme de besoins en réseaux de transmission et en back-up ?
 - quelles sont les implications d'un mix électrique 100% renouvelable sur l'aménagement du territoire ?

Ces 5 scénarii sont équilibrés : ils mettent à contribution l'ensemble des secteurs en évitant de recourir aux niveaux d'ambition maximum pour un secteur particulier. D'autres scénarii, les «**scénarii spécifiques**», permettent des analyses de sensibilité additionnelles et étendent la gamme des évolutions possibles.

Le modèle a été utilisé pour **analyser ces scénarii** pour une économie sobre en carbone. Les différents paramètres variables du modèle ont été exploités :

- les trajectoires d'évolution de l'industrie (haute, moyenne, basse) sont utilisées pour, respectivement, les scénarii de demande haute, moyenne et basse,

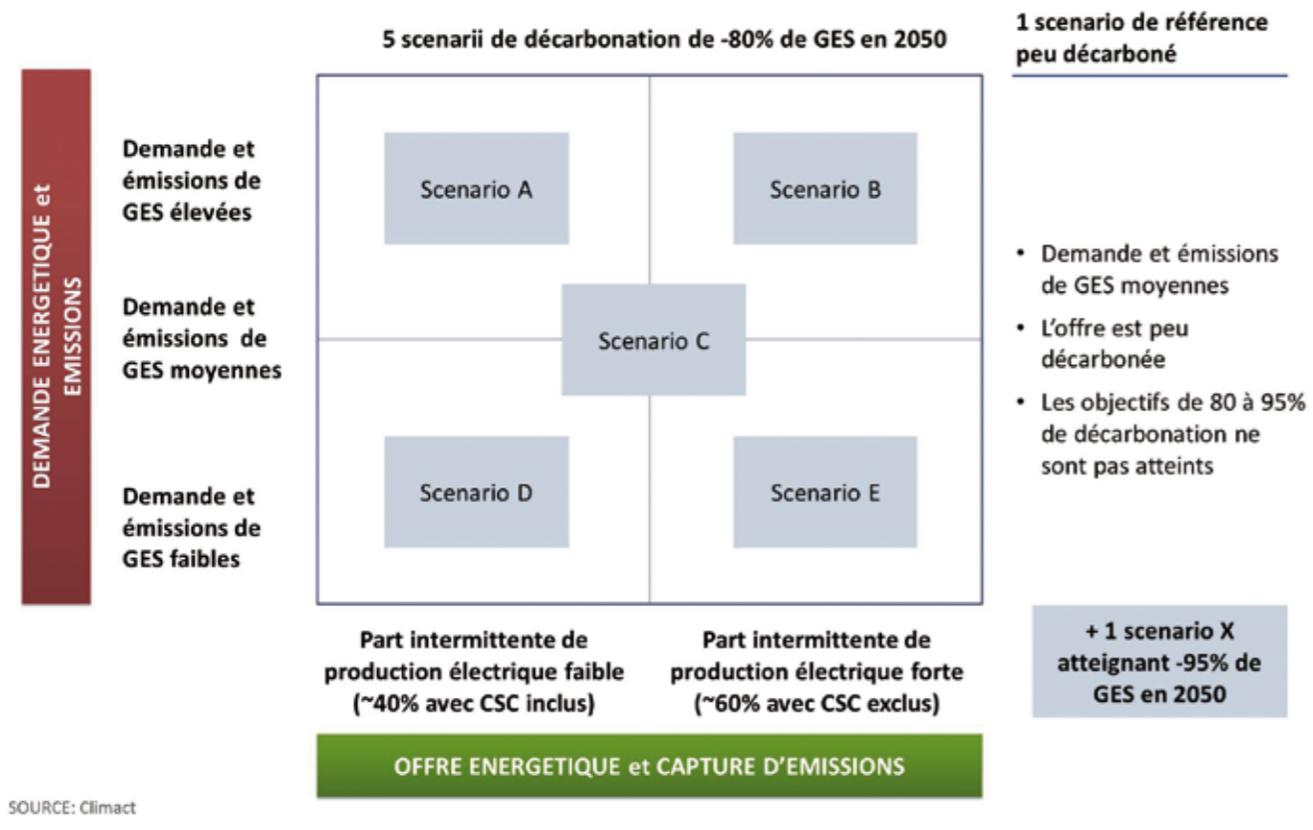


Figure 1. Positionnement des scénarii de décarbonation selon, d'une part, la demande énergétique et les émissions de GES et, d'autre part, la part intermittente de l'offre énergétique.



- les leviers de comportement et d'efficacité énergétique dans le transport et le bâtiment ont été exploités à différents niveaux, avec un minimum sans lequel les 80% de réduction ne sont pas atteignables,
- les leviers d'électrification de la demande ont été exploités en fonction des niveaux de demande et des besoins additionnels de décarbonation : plus la demande énergétique est élevée, plus il est nécessaire de développer une offre énergétique décarbonée,
- la CSC est utilisée dans l'industrie dans tous les scénarii équilibrés. La capture de quantités de carbone est très différente en fonction de l'ambition dans chaque secteur;
- enfin, l'offre énergétique est décarbonée jusqu'au niveau nécessaire pour atteindre les 80% de réduction de GES, avec des mix de production électrique variés.

L'objectif de cette étude n'est pas d'optimiser les technologies par secteur. D'une part, l'optimisation des coûts de ces technologies à un horizon de 40 ans est un exercice périlleux compte tenu des incertitudes sur l'évolution des technologies et du contexte dans lequel elles se déploient. D'autre part, ces choix ont d'autres impacts sociétaux importants pour lesquels la simple optimisation économique ne suffit pas.

Le secteur de production d'électricité a une dimension européenne forte. Il est important de maximiser les atouts et les synergies des Etats Membres pour mutualiser les efforts, minimiser les redondances et garantir un coût sociétal minimal. Une stratégie cohérente doit combiner la mise en place régionale et la vision et l'implémentation à l'échelle européenne. C'est pour ces raisons que les résultats de l'étude Roadmap 2050 réalisée par ECF ont été intégrés à notre analyse. Cette étude modélise l'impact d'une décarbonation complète du secteur de production d'électricité et optimise les besoins en réseau de transmission ainsi qu'en centrales de back-up à l'échelle européenne⁷. Les scénarii modélisés dans l'étude sont évalués selon leurs incidences variables sur trois aspects clés du développement de la Wallonie (Figure 2) :

- les impacts sur **l'environnement** : il s'agit essentiellement du niveau de réduction de GES, des besoins en énergie primaire non-renouvelable, de la nécessité et des implications du CSC, de l'impact sur l'aménagement du territoire, lié aux nécessités du déploiement des sources d'énergie renouvelable, des réseaux de transmission et de l'exploitation de la biomasse ;
- **les impacts socio-économiques** : dont l'acceptabilité de changements comportementaux et d'organisation sociétale, l'acceptabilité des énergies renouvelables et des technologies émergentes, les coûts de la transition vers une économie pauvre en carbone, les besoins en investissements supplémentaires ;
- les impacts sur la **sécurité énergétique** : dont principalement l'évolution de l'indépendance énergétique de la Wallonie, les niveaux et le type d'importation d'énergie nécessaire, la part de sources de production intermittentes.

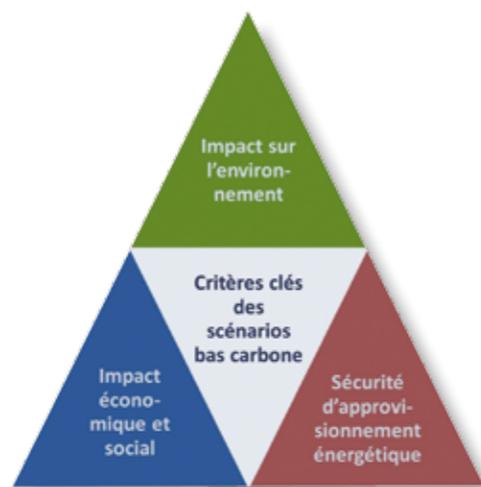


Figure 2. Evaluation des scénarii selon 3 axes. Ces implications sont illustrées pour les différents scénarii dans la dernière partie du résumé exécutif.

La Wallonie peut réduire ses émissions de 80% en 2050

Il ressort avec force de l'analyse qu'atteindre 80% de réduction des émissions de GES en 2050 par rapport à 1990 est possible. Cela nécessite toutefois un niveau d'ambition élevé, particulièrement dans les secteurs liés à la demande. Le tableau 1 ci-dessous reprend la fourchette minimale et maximale par secteur pour atteindre 80% de réduction de GES dans les 5 scénarii équilibrés.

Ces scénarii sont réalistes : la grande majorité des technologies nécessaires à la réalisation de ces réductions de GES est commercialisée aujourd'hui (par exemple les techniques de construction passive dans le bâtiment, les processus moins énergivores dans l'industrie, les techniques d'exploitation des sources d'énergie renouvelable, les véhicules hybrides et électriques,...).

La **capture et la séquestration des émissions de CO₂** liées aux procédés dans l'industrie permettent de 'limiter' le niveau d'ambition nécessaire dans les autres secteurs pour atteindre 80%.

Cette technologie qui n'est pas encore commercialisée fait l'objet de mesures de soutien significatives au niveau européen. Au-delà du CSC, la géothermie profonde est la seule autre technologie intégrée aux scénarii et particulièrement utile à la transition qui soit encore véritablement en développement. La recherche et le développement autour de ces technologies doivent être soutenus dans les années à venir, tant au niveau wallon qu'au niveau européen, pour se donner la possibilité d'envisager d'autres alternatives si nécessaire.

La rencontre de l'objectif de 95% est particulièrement ambitieuse, mais néanmoins réalisable. Elle exige une ambition maximale dans tous les secteurs de la demande assortie d'efforts comportementaux et d'organisation sociétale draconiens ainsi que l'exploitation du CSC dans l'industrie. Au vu des bouleversements technologiques de ces dernières décennies, il ne peut être exclu que des percées technologiques facilitent l'atteinte de cet objectif d'ici 2050.

Secteurs	Emissions de GES annuelles, MtCO ₂ e				Fourchette de réduction de 80% des émissions de GES (2050 par rapport à 1990) des 5 scénarii équilibrés
	1990	2008	2050		
Production d'énergie	6.7	2.9	0.6 à 1.7	-75% à -95%	1990 et 2008 incluent de 70 à 75% de production nucléaire, remplacée dans les scénarii
Industrie	25.8	20.9	4.3 à 5.5	-80% à -85%	CSC nécessaire dans tous les scénarii équilibrés
Transport	7.7	11.0	0.0 à 2.2	-70% à -100%	Secteurs aux potentiels d'efficacité énergétique et d'électrification importants
Bâtiment	8.1	8.3	0.0 à 0.4	-95% à -100%	
Agriculture	5.2	4.6	3.0 à 3.5	-30% à -40%	Technologies limitées, changements comportementaux nécessaires pour aller au-delà
Déchets	1.1	0.3	0.1	-90%	Déjà fortement réduit en 2008
Bioénergie	-1.1	-3.6	-6.2 à -8.6	Potentiel déjà inclus ci-dessus par secteur	Rajoute -11% à -16% par rapport à 1990 étalé sur différents secteurs
TOTAL	54.7	48.1	~11.0	-80%	

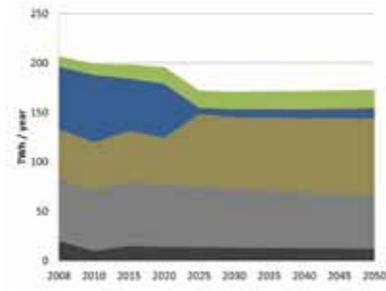
Tableau 1. Fourchettes de réduction par secteur dans les 5 scénarii équilibrés atteignant -80% de GES.

⁷ La méthodologie ainsi que toutes les hypothèses principales de cette étude sont publiques et peuvent être consultées sur le site web suivant : <http://www.roadmap2050.eu/>

Illustration : Scénario de référence et scénario décarboné

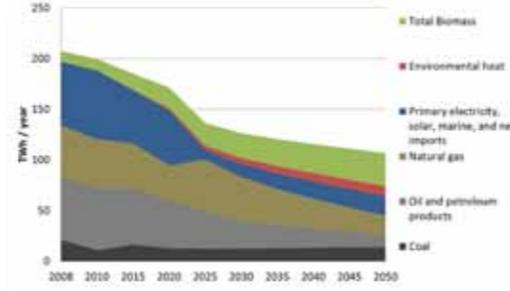
Production d'énergie primaire

Scénario de référence (Business as Usual)



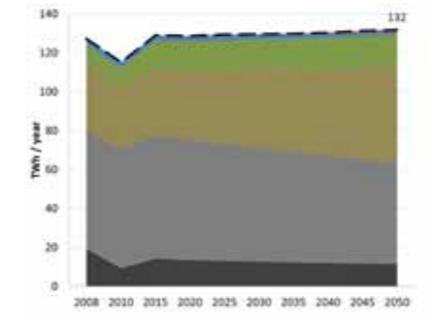
- Réduction limitée des besoins en énergie primaire
- Part importante des carburants fossiles

Scénario C (demande moyenne et offre avec une intermittence moyenne)

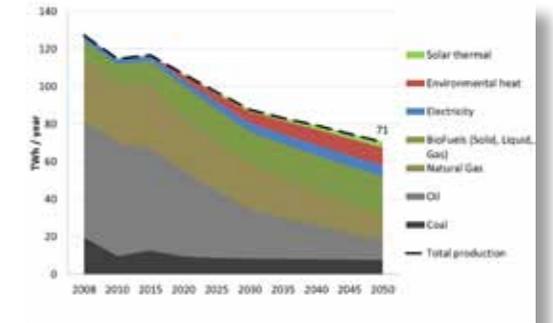


- Réduction de ~50% des besoins en énergie primaire
- ~50% du restant de l'énergie primaire est renouvelable

Production de chaleur

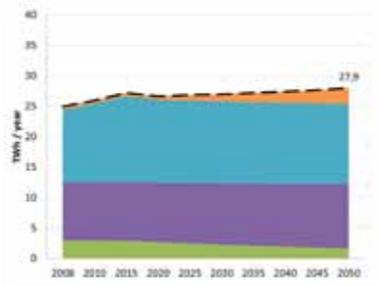


- Demande en chaleur stable se décarbonant légèrement avec le temps

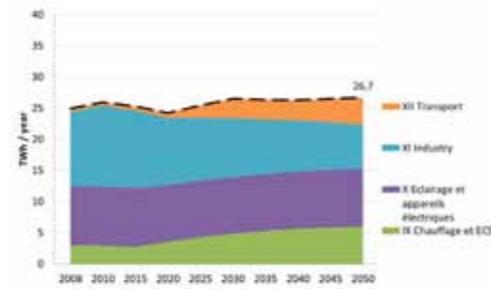


- Réduction de 25% des besoins en chaleur depuis 2010 avec ~50% des besoins en chaleur restant à base de renouvelable

Demande d'électricité

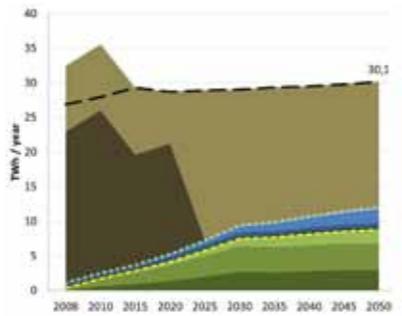


- Stabilisation des besoins en électricité
- Faible électrification

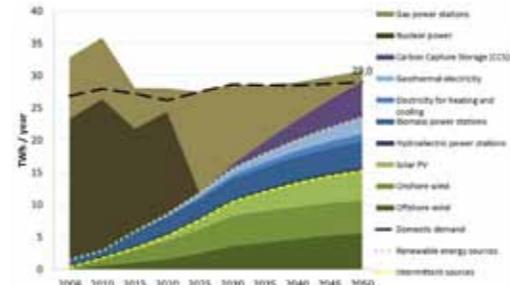


- Stabilisation des besoins en électricité résultant d'une réduction de la demande « traditionnelle » et d'une électrification relativement forte

Production d'électricité



- Arrêt du nucléaire, remplacé par des sources d'énergie renouvelables et des centrales au gaz
- La part de gaz sans CSC est remplacée par un déploiement plus fort des RES, ainsi qu'une part de CSC



- La part de gaz sans CSC est remplacée par un déploiement plus fort des RES, ainsi qu'une part de CSC



L'objectif est ambitieux et nécessite des efforts dans tous les secteurs

L'objectif ambitieux d'une décarbonation de 80% de l'économie wallonne à l'horizon 2050 est techniquement possible. Il requiert une approche volontariste dans tous les secteurs. Pour chacun des secteurs, l'ampleur de l'effort requis, les leviers principaux sur lesquels la Wallonie peut exercer une influence et les mesures indispensables pour atteindre les réductions envisagées en 2050 sont identifiés.

Les graphes ci-après synthétisent les informations suivantes : le scénario de référence (non-décarboné, ligne rouge dans les graphes) et le scénario du potentiel technique (décarboné

à 95%, ligne en pointillé) sont illustrés **pour les comparer aux scénarii décarbonés à 80%**. Ceux-ci sont illustrés par des zones vertes qui indiquent les trajectoires par lesquelles les scénarii doivent passer pour atteindre les objectifs de 80% de réduction : les 5 scénarii «équilibrés» en vert foncé et les scénarii «spécifiques» en vert clair. La Figure 3 montre qu'il est nécessaire d'atteindre moins de 36 MtCO₂e en 2030 pour atteindre les objectifs en 2050. Pour ne pas devoir exiger l'effort maximal dans certains secteurs, il s'agit d'atteindre moins de 30 MtCO₂e en 2030 (scénarii équilibrés).

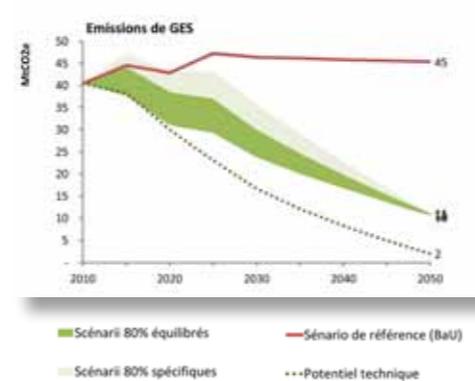


Figure 3. Trajectoires des scénarii modélisés pour atteindre l'objectif de 80% de réduction des GES en 2050.

Pour atteindre les objectifs, **la demande globale d'énergie primaire doit décroître d'au moins 25% par rapport au scénario de référence** au cours des 40 prochaines années. La demande d'électricité reste relativement stable autour du scénario de référence en combinant les économies d'énergie et l'électrification. La production d'électricité doit être massivement décarbonée. Enfin, la demande de chaleur doit décroître d'au moins 35% par rapport au scénario de référence (Figure 4).

Les efforts et leviers relatifs aux secteurs de la demande énergétique (Transport, Bâtiments et Industrie) sont analysés, puis les besoins relatifs à la production d'énergie et à la gestion de l'intermittence sont détaillés.

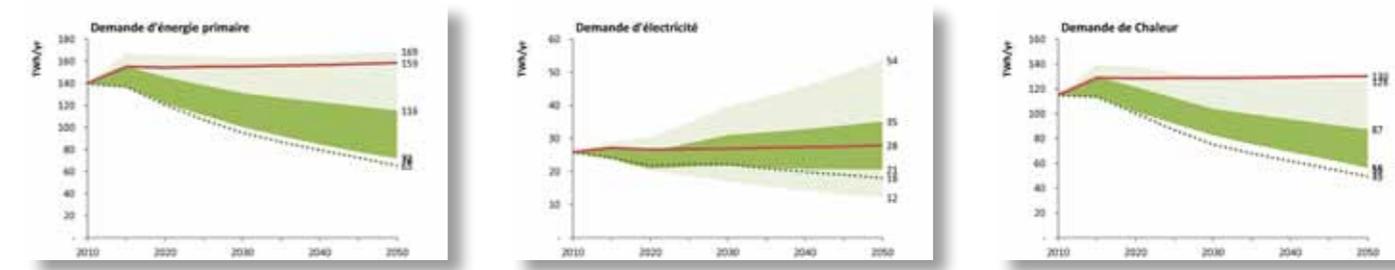


Figure 4. Trajectoires de demandes d'énergie totales pour atteindre 80% de réduction de GES.

Transport et Bâtiment

Ampleur de l'effort

Dans le domaine du **transport**, l'ampleur de la réduction de la demande énergétique à réaliser est de l'ordre de ~34 TWh en 2050 par rapport au scénario de référence, soit une **réduction de 67%** par rapport au scénario de référence. Pour les **bâtiments**, il faudrait atteindre un niveau de consommation entre 31 et 39 TWh en 2050, **soit une réduction de entre 27% et 43%** par rapport au scénario de référence.

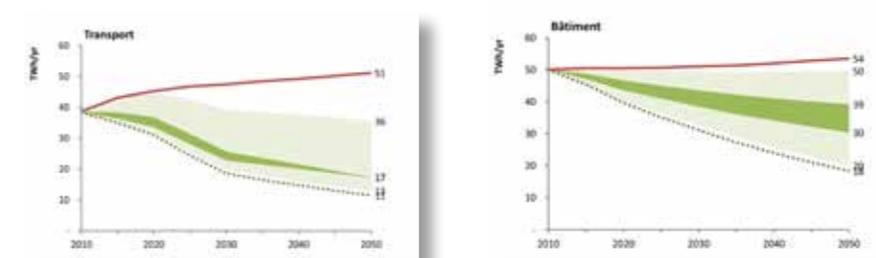


Figure 5. Demande énergétique dans le transport et le bâtiment.

Leviers principaux

Dans le modèle, les leviers d'actions suivants sont appliqués dans le transport et le bâtiment dans cet ordre :

- les changements comportementaux et d'organisation sociétale,
- l'efficacité énergétique,
- l'électrification, qui implique un changement de technologie de chauffage pour le bâtiment et de propulsion pour le transport. La Figure 6 illustre l'impact des différents leviers pour le transport et leur contribution en 2050.

- **limiter la hausse de la mobilité des personnes** entre 0 et 15% en 2050 par rapport à 2010, au lieu des 30% prévus dans le scénario de référence, prioritairement au travers d'une politique adéquate d'aménagement du territoire et en limitant les besoins de transport domicile-travail (par exemple, la promotion des technologies de communication du type télétravail ou vidéo-conférence, l'adaptation du prix des carburants ou des transports publics) ;
- **favoriser le report modal** de 5 à 15% des déplacements en voiture vers les modes doux et les transports publics, notamment par une politique visant à améliorer l'offre de transports publics ;
- **augmenter le taux d'occupation des véhicules** privés et publics de 10 à 60% (respectivement) par des mesures incitatives, une meilleure desserte et des infrastructures adaptées.

Ces évolutions nécessitent une meilleure organisation du transport aux échelles locale et régionale ainsi qu'une amélioration de l'offre de transports publics. Elles permettent de remplacer une augmentation attendue de 12% de la demande énergétique pour le transport par une réduction de 16% avec, au final, 25% de réduction des besoins énergétiques entre les scénarii de demandes haute et basse (Figure 6).

Bâtiment

Les changements comportementaux à promouvoir ont trait à :

- **la stabilisation de la température de confort** actuelle dans les bâtiments au lieu d'une augmentation attendue de +0.6 à +1.8°C d'ici 2050,



- la diminution des **besoins en eau chaude sanitaire**, en éclairage et en appareils électriques au lieu d'une légère augmentation prévue dans le scénario de référence.

L'augmentation prévue des coûts globaux de l'énergie pour les ménages aura directement un impact sur ces comportements. La Wallonie dispose de leviers indirects comme la fiscalité et les campagnes de sensibilisation pour accentuer de tels changements de comportements.

Renforcer l'efficacité énergétique

Le renforcement de l'**efficacité énergétique est une composante prioritaire et indispensable** pour atteindre les objectifs ambitieux de réduction d'émission de GES. Les mesures d'efficacité énergétique sont le plus souvent rentables à court/moyen terme grâce à la réduction de la facture énergétique. Elles nécessitent des investissements importants, particulièrement dans le bâtiment.

Dans le **secteur Transport**, il s'agit principalement d'**améliorer l'efficacité des véhicules**⁹. Il convient d'influencer la définition des normes qui favorisent l'efficacité énergétique dans le secteur du transport à l'échelon national et européen.

Pour le **secteur Bâtiment** de nombreux instruments existent déjà au niveau européen et sont utilement complétés par l'utilisation de leviers dont dispose la Wallonie tels que :

- l'amélioration significative de **l'isolation thermique du parc immobilier moyen** et de l'efficacité énergétique par habitation, au travers d'une politique renforcée de performance énergétique des bâtiments, assortie de mécanismes incitatifs,
- la promotion de **technologies de chauffages innovantes plus efficaces**, par des mécanismes incitatifs et la formation des installateurs,
- la contribution au **renforcement des normes de produits** liés à la consommation énergétique.

Si aucun levier d'efficacité énergétique n'est appliqué, l'électrification du transport et du bâtiment devra être plus forte et atteindre le maximum technique, de plus la capture du carbone dans l'industrie sera nécessaire sur toutes les installations industrielles de plus de 0.3 MtCO₂e (niveau 3 d'ambition).

La Figure 7 compare la demande d'électricité dans deux scénarii atteignant 80% de réduction de GES si les mesures comportementales et d'organisation sociétale ainsi que d'efficacité énergétique sont appliquées au niveau minimum (comme dans le scénario de référence) et au niveau maximum. **Cette comparaison démontre l'impact essentiel des mesures comportementales et d'organisation sociétale ainsi que celles d'efficacité énergétique.**

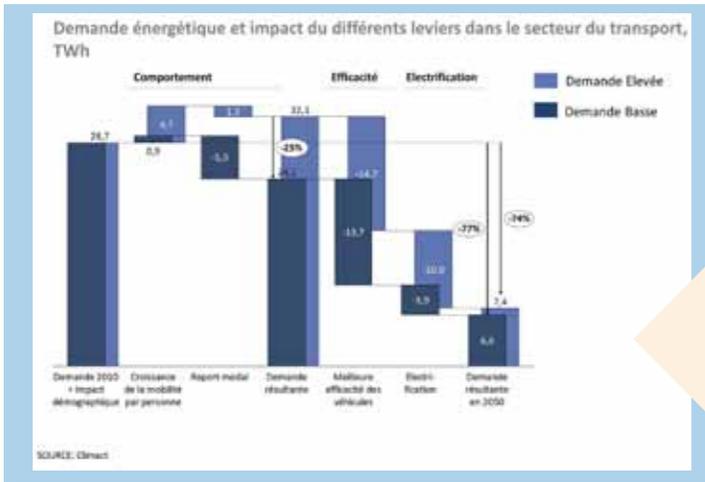


Figure 6. Impact des leviers de comportements, d'efficacité énergétique et de l'électrification sur la demande en énergie pour le secteur du transport : une demande élevée implique une électrification plus importante.

Favoriser les changements de comportements

Transport

Les **changements comportementaux et d'organisation sociétale** ont un impact particulièrement important sur la demande. Ils permettent de moins recourir à des leviers techniques⁸.

Les principaux leviers de comportement sur lesquels la Wallonie devrait se concentrer sont les suivants :

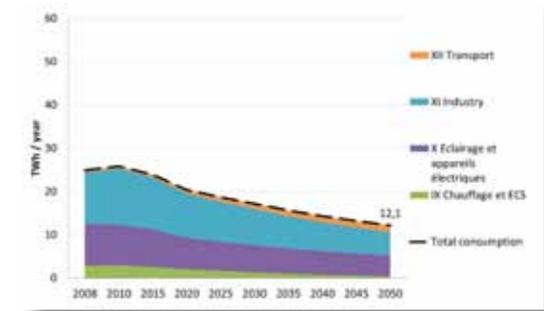
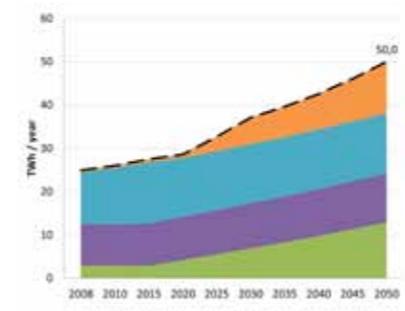


Figure 7. Scénario de référence : demande d'électricité sans mesures comportementales et d'efficacité énergétique (fig. gauche) et avec ces mesures au niveau maximal (fig. droite).

⁸ Les leviers comportementaux et d'organisation sociétale dans le transport ont des implications fortes sur d'autres dimensions socio-économiques fondamentales et entre autres, le désengorgement des espaces publics, la réduction des pertes de temps dans les embouteillages, la réduction des polluants atmosphériques, la réduction de la pollution sonore. Ces externalités positives évidentes ne sont pas quantifiées dans cette étude.

⁹ Cela inclut l'efficacité des moteurs, mais également le downsizing (réduction de la taille moyenne des véhicules) et le recours à des types de véhicules 2, 3 et 4-roues innovants.

Electrifier les secteurs Transport et Bâtiment

Ampleur de l'électrification nécessaire. L'électrification massive des transports et des bâtiments permet le passage d'un vecteur énergétique indissociable aux émissions de GES à un autre vecteur énergétique qui peut être décarboné. Pour le secteur du transport, il s'agit de faire évoluer la flotte d'une base ~100% thermique à une flotte de 60% à 80% électrique¹⁰ en 2050, soit multiplier par 3 la demande d'électricité pour ce secteur par rapport au scénario de référence (Figure 8¹¹). Pour le secteur du bâtiment, la demande en électricité varie d'une diminution jusqu'à ~2TWh/an en 2050 à une augmentation de ~5 à 8 TWh/an en 2050.

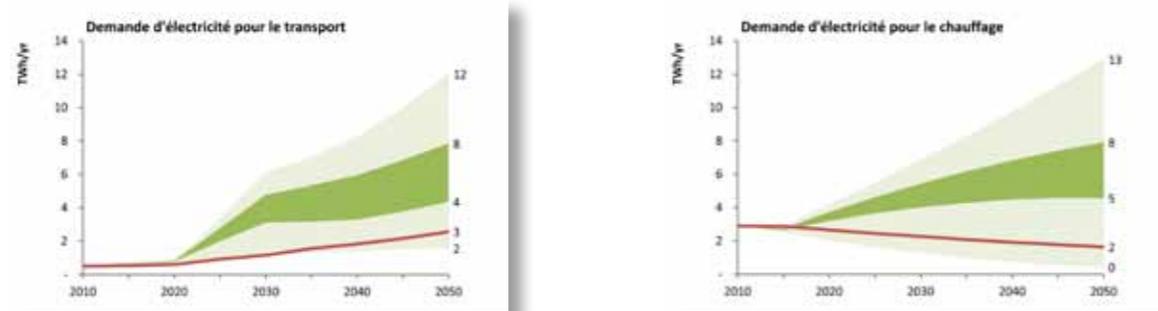


Figure 8. Trajectoires des demandes d'électricité pour le transport¹¹ et le chauffage.

S'agissant de l'électrification du transport, les leviers principaux dont dispose la Wallonie concernent la mise en place d'un cadre favorable au déploiement d'une infrastructure de stations de charge et la mise en place d'incitatifs pour le déploiement de véhicules électriques.

Pour l'électrification des bâtiments, la Wallonie devrait favoriser l'adoption de technologies de chauffage innovantes.

Industrie

Ampleur de l'effort

L'industrie, qui contribue à hauteur de 43% des émissions wallonnes en 2008, est un secteur clé dans une stratégie de décarbonation forte de la Wallonie. La production industrielle joue un rôle **fondamental** dans la demande énergétique en Wallonie.

Une partie significative des acteurs industriels est soumise au champ d'application du système d'échange de quotas d'émission (ETS). Pour les émissions non couvertes par l'ETS, la Décision de partage de l'effort assigne à la Belgique un objectif de réduction de 15%¹². La Wallonie doit valoriser les gains d'**efficacité**

énergétique. Dans cette optique, la Wallonie doit encourager les entreprises à rechercher des solutions innovantes. Des investissements ciblés en Recherche et Développement devraient contribuer à renforcer l'efficacité énergétique dans l'industrie. Les trajectoires de productions industrielles sont fortement **incertaines**. Elles ont été développées en consultation directe avec les industriels concernés et pourraient varier de ~+5% à ~- 50 % d'ici 2050 par rapport à 2008 (-15% à ~-60% par rapport à 1990). L'étude ne tire aucune conclusion macro-économique de ces trajectoires, le PIB et l'emploi wallon dépendant également d'autres secteurs non-industriels.

La demande énergétique résultante des scénarii décarbonés se situe entre **32 et 59 TWh** en 2050. En comparaison, le scénario de référence induit une demande de 54 TWh en 2050 (avec une trajectoire de production moyenne).

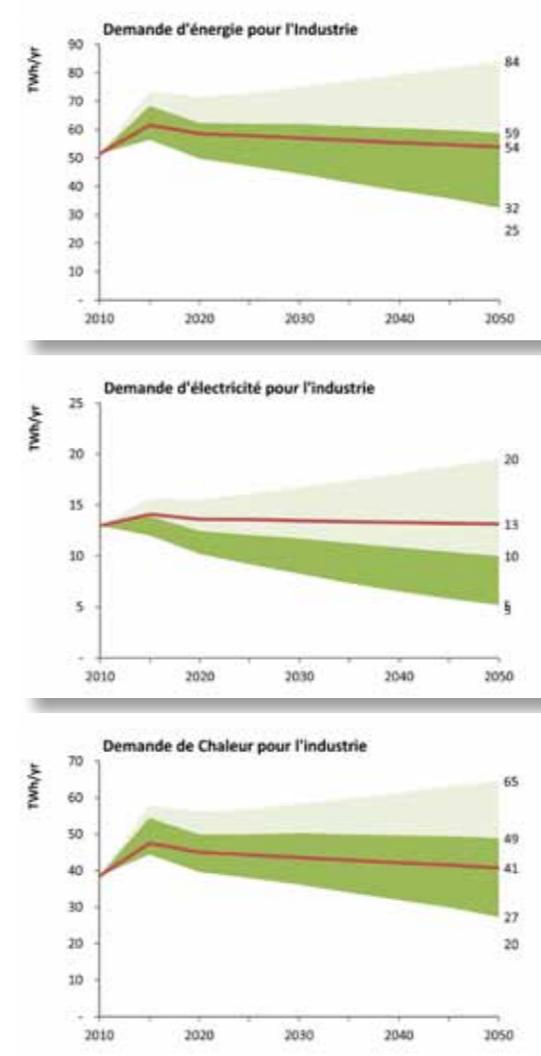


Figure 9. Demande énergétique de l'industrie.

Leviers principaux

Les leviers d'actions pour réduire les émissions de l'industrie sont :

- la diminution de l'intensité carbone de la production industrielle : l'intensité carbone est la quantité de GES produite par unité de production dans chacune des industries. Les mesures principales dans l'industrie comprennent l'optimisation du mix de produits, la réduction des pertes énergétiques, l'amélioration des processus et l'utilisation de combustibles alternatifs,
- la capture et le stockage des émissions industrielles résiduelles.

Ces mesures appliquées aux différentes trajectoires prévues de production industrielle permettent de réduire de 75 à 82% les émissions par rapport à 1990. Elles doivent être appliquées avec une ambition forte. (Figure 10)

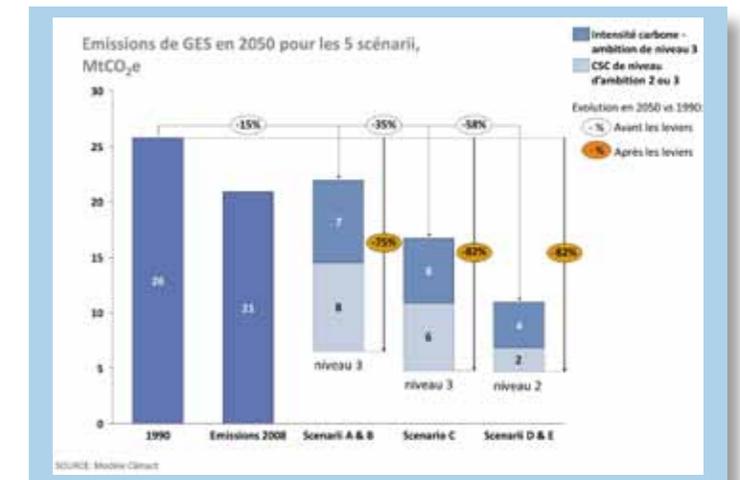


Figure 10. Impact des leviers dans l'industrie.

Diminuer l'intensité carbone

De nombreux leviers permettent aux différents secteurs industriels de diminuer fortement son intensité carbone. Un **investissement rapide et conséquent** des secteurs industriels dans les mesures identifiées pourrait permettre de réduire les émissions de l'industrie de ~45% à 60% par rapport à 1990.

¹⁰ Plug-in hybride ou pur électrique. Les contraintes indirectes du transport électrique telles que la dépendance aux métaux rares nécessaires aux batteries ou le recyclage de celles-ci n'ont pas été analysées.

¹¹ Plug-in hybride ou pur électrique. Les contraintes indirectes du transport électrique telles que la dépendance aux métaux rares nécessaires aux batteries ou le recyclage de celles-ci n'ont pas été analysées.

¹² Dans le cadre de la présente étude, il a été supposé que la Wallonie se verra fixer un objectif de réduction de ses émissions de 15% à l'horizon 2020.

L'utilisation du CSC dans l'industrie

Comme illustré en Figure 10, pour atteindre des réductions totales d'environ 75 à 80% (vs. 1990), sans l'émergence de processus de production véritablement alternatifs, **la technologie de capture et de stockage des GES** générés par les processus industriels **est incontournable**. Sans l'application du CSC dans l'industrie, les objectifs de réduction de 80% de GES peuvent être atteints mais nécessitent un niveau d'ambition maximal, proche des limites techniques dans la plupart des autres secteurs. De plus, au stade actuel du développement technologique, une réduction allant jusque 95% ne peut être réalisée sans CSC. Compte tenu des incertitudes liées à cette technologie, les éventuels risques qu'elle présente doivent être répertoriés et compris.

Production d'électricité et de chaleur

Ampleur de l'effort

Sur la base des leviers mis en place du côté de la demande, **les besoins énergétiques diminuent massivement de 25 à 55% en 2050** par rapport au scénario de référence. Cette réduction est possible malgré l'augmentation de la population de ~20% d'ici 2050. C'est le cœur de la décarbonation qui permet d'améliorer l'efficacité énergétique d'un facteur ~4 : le PIB double avec un besoin en énergie primaire divisé par 2.

La **demande électrique évolue de manière diamétralement opposée dans les différents scénarii** : dans le scénario de référence, la demande électrique en 2050 augmente de ~10% par rapport à 2010. Elle augmente de près de ~40% dans les scénarii de demande forte et diminue de ~20% dans les scénarii de demande faible. Cette variation s'explique par l'impact des mesures comportementales et d'efficacité énergétique sur le besoin en électrification.

La **demande en chaleur diminue de 35 à 60%** par rapport au scénario de référence grâce à la mise en place des leviers d'efficacité énergétique dans les secteurs de la demande. La production de cette chaleur devra être fortement décarbonée.

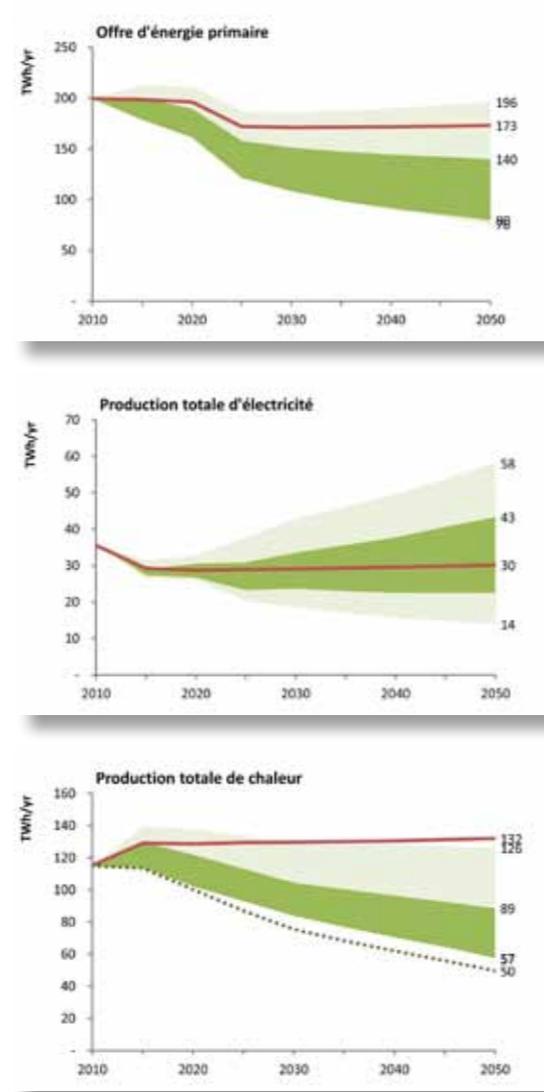


Figure 11. Trajectoires de production d'énergie.

Leviers principaux

L'atteinte des objectifs de réduction de 80 à 95% passe par la réduction de la demande énergétique et **par une décarbonation forte de l'offre énergétique**. La production d'électricité et de chaleur doit exploiter toutes les possibilités technologiques

disponibles, tant leurs spécificités sont complémentaires. Les différents leviers de cette décarbonation sont les suivants :

- décarbonation de la **production électrique** grâce à l'exploitation du potentiel d'énergie renouvelable et de la capture et stockage des émissions de centrales au gaz ou au charbon,
- décarbonation de la chaleur grâce à l'utilisation de biomasse, de réseaux de chaleur et de cogénération.

Grâce à la mise en place de ces leviers, **les différents scénarii atteignent une décarbonation de l'offre énergétique de 60 à 70% en 2050**, en incluant les sources d'énergie renouvelable et le CSC pour l'électricité. La part des énergies renouvelables dans l'offre énergétique se situe entre **55 et 65%** de la consommation finale en 2050. Pour 2020, le scénario de référence atteint 13% de cette consommation finale, en ligne avec l'objectif légal assigné par l'UE à la Belgique à l'horizon 2020. Les scénarii décarbonés atteignent quant à eux de 17 à 21% de sources d'énergie renouvelable en 2020, en ligne avec la déclaration de politique régionale wallonne de juillet 2009 (DPR¹³). Le scénario visant à 95% de réduction de GES atteint quant à lui près de ~25% de RES en 2020 et ~80% en 2050.

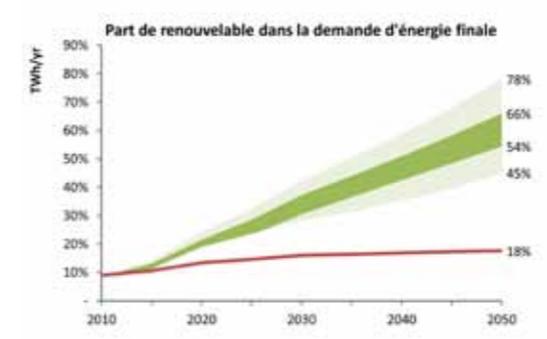


Figure 12. Part de renouvelable dans la demande d'énergie finale

Parmi les sources d'énergie renouvelable, **la filière biomasse est amenée à jouer un rôle important** en Wallonie. L'exploitation de

la biomasse à des fins énergétiques est un sujet particulièrement **débatu**¹⁴. L'étude ne prétend pas résoudre toutes ces questions mais soutient les points suivants :

- **l'exploitation de la biomasse pour l'énergie ne doit pas entrer en concurrence** avec les filières alimentaires et de valorisation matière, ni réduire la biodiversité en Wallonie ou dans le reste du monde. Le caractère durable de la biomasse doit être vérifié tout au long de la chaîne de production et d'utilisation tant pour la biomasse indigène qu'importée, tant pour les aspects directs qu'indirects,
- **la biomasse est indispensable** pour atteindre les objectifs de décarbonation ambitieux en 2020 et en 2050. Elle permet de décarboner des secteurs où d'autres solutions crédibles n'existent pas encore (transport de fret et aérien, certains secteurs industriels, une partie des besoins en chauffage). Elle permet d'intégrer une source d'électricité non-intermittente dans le système électrique, atout crucial vu la part prépondérance des sources intermittentes en Wallonie,
- l'approche retenue dans **la modélisation n'alloue pas directement le potentiel de biomasse à l'un ou l'autre secteur** mais soustrait le potentiel solide, liquide ou gazeux à leurs correspondants fossiles¹⁵.

Au total, entre 24 et 33 TWh de l'énergie primaire nécessaire pourraient provenir de la biomasse en 2050 (dont une grande partie dès 2020), dont plus du tiers devra être importée.



¹³ La DPR ambitieuse de « tendre à l'horizon 2020 [...] à 20 % de la consommation totale d'énergie par des sources renouvelables »

¹⁴ Plusieurs études sont en cours pour clarifier le potentiel exploitable et soutenable de biomasse pour l'énergie (biomasse locale et biomasse importée), et la meilleure allocation de subsides pour cette source d'énergie indispensable pour atteindre les objectifs de décarbonation.

¹⁵ Une estimation a été faite pour le secteur de l'électricité pour estimer correctement les besoins en flexibilité additionnelle.

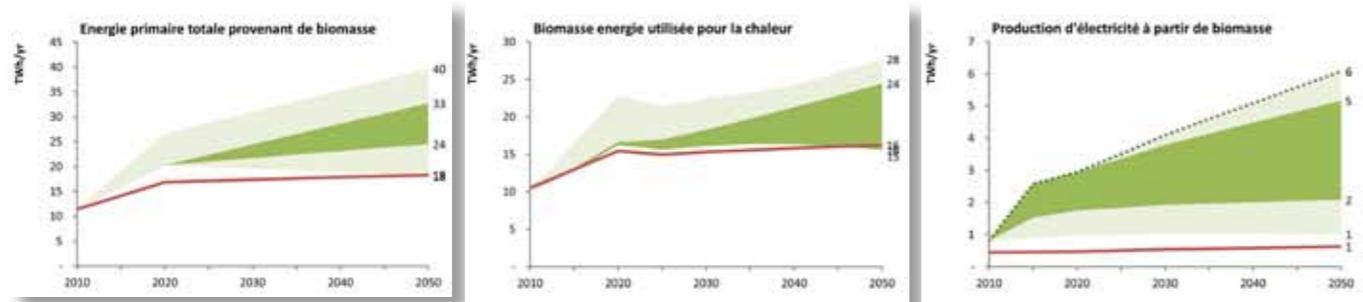


Figure 13. Biomasse : énergie primaire, chaleur et production d'électricité.

Le **mix de production électrique** est un sujet complexe, avec de nombreuses implications. Une analyse complète des mix optimaux de production électrique devrait être envisagée au-delà de cette étude.

Les mix définis dans les scénarii de cette étude contrastent des parts de production intermittente très différentes et montrent que :

- **il est possible de construire un mix basé sur le large potentiel de RES intermittent wallon.** Ce mix nécessite la mise en place de solutions robustes pour l'équilibrage du réseau sous la forme d'un déploiement du réseau de transmission très important, et de plusieurs centrales de « back-up » au gaz,
- **un mix à tendance moins intermittente et néanmoins renouvelable peut être construit.** Il nécessite l'exploitation forte de la biomasse locale pour la production de l'électricité ainsi que l'importation de biomasse additionnelle. Au-delà de l'utilisation de biomasse, la géothermie profonde pourrait limiter la part de production intermittente,
- **le CSC est une solution technique, non-intermittente, à envisager** pour éviter les émissions de la part non-renouvelable de la production qui pose plusieurs questions techniques et environnementales. La Wallonie doit continuer à étudier cette solution, en collaboration avec le reste de l'Europe, particulièrement vu l'importance du CSC pour l'industrie. L'étude fait l'hypothèse d'une part de CSC sur la base du gaz et du char-

bon, ceci pour des raisons de maîtrise des technologies, de possibilité de diversification de fuel, de réduction de risques géopolitiques et de logiques de marché qui peuvent être favorables au gaz ou au charbon,

- **l'énergie nucléaire** couvre actuellement une part importante de la production électrique wallonne (~70%). En ligne avec la requête explicite de l'appel d'offre auquel ce projet répond, les scénarii de référence et de décarbonation intègrent l'application de la loi de 2003 relative à la sortie du nucléaire.

Le potentiel de production d'électricité à partir de sources renouvelables et les principales implications pratiques sont illustrés en Figure 14 pour deux des scénarii. **La contribution de chaque source d'énergie renouvelable est directement liée à la construction des scénarii :**

- Le choix de la part intermittente contraint directement la quantité d'éolien onshore, offshore et de solaire photovoltaïque, qui sont implémentés à des niveaux similaires¹⁶. Le niveau de déploiement des RES reste loin sous les niveaux de déploiement technique maximums, et ce même dans les scénarii de demande électrique forte et permet de ne pas dépasser les 60% de part intermittente,
- pour la part non-intermittente, les 4 techniques de production disponibles sont implémentées à un niveau d'ambition (hydroélectricité, biomasse, géothermie et CSC).

Potentiel de production d'électricité RES et production effective, TWh

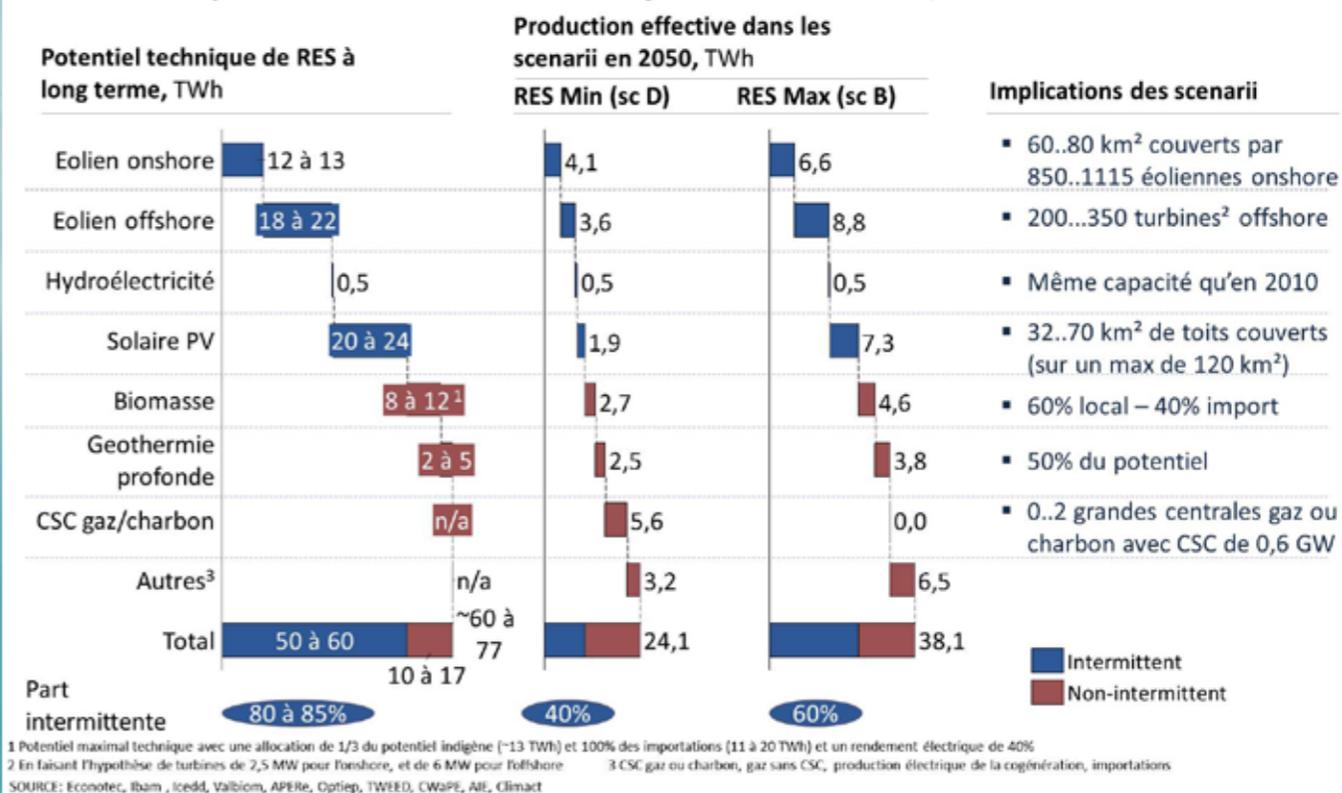


Figure 14. Potentiel de production d'électricité au départ de sources d'énergie renouvelable.

¹⁶ Un pourcentage similaire du maximum technique est atteint dans chaque filière.

Pour l'éolien, entre 8 et 15 TWh électriques devront être produits en 2050; soit 43% du potentiel technique, ce qui nécessite l'installation de 750 à 1400 turbines (onshore + offshore, proportionnellement à la part de la Wallonie dans l'offshore en Mer du Nord).

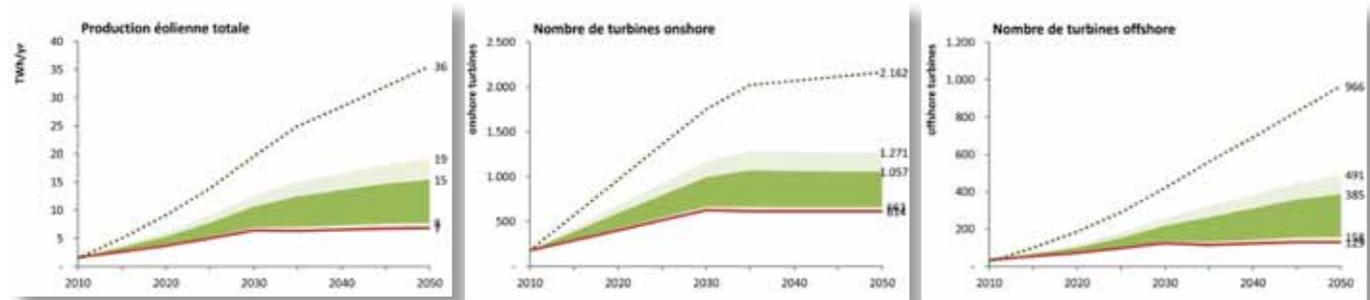


Figure 15. Besoins en production et capacité éoliennes.

Pour le solaire photovoltaïque, entre 2 et 7 TWh électriques sont exploités dans les scénarii équilibrés, avec 10 à 40 km² de surface de toitures nécessaires, soit au maximum près d'un tiers des toits disponibles.

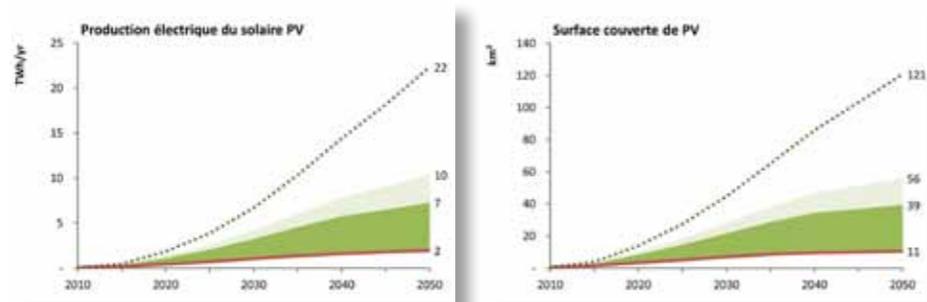


Figure 16. Besoins en production et capacité PV.

La production d'électricité sur base de biomasse comprend 2 types d'exploitations complémentaires : la production centralisée et décentralisée. L'analyse ne quantifie pas explicitement la part respective de ces deux approches, et privilégie leur complémentarité :

- la production centralisée, basée sur des centrales qui remplacent efficacement des centrales au gaz ou au charbon. La

biomasse locale ne permet pas l'approvisionnement de ces centrales qui doivent recourir à l'importation,

- la production décentralisée, basée sur de petites installations qui exploitent le potentiel de biomasse local autour de l'installation. Vu le potentiel significatif de biomasse de types variés identifié en Wallonie, il est utile de soutenir ce type d'installations.

Par ailleurs, le potentiel de 5 TWh de géothermie devra être exploré. Comme la biomasse, la géothermie permet de limiter la part intermittente de la production d'électricité.

Leviers politiques. Bien que des normes à moyen terme (2020) existent déjà au niveau de l'Union européenne, la Wallonie dispose de leviers propres qui permettent de contribuer à l'atteinte des objectifs de production d'énergie renouvelable en 2050. Ces leviers résident dans la mise en place ou le renforcement de :

- normes urbanistiques et d'aménagement du territoire compatibles avec le déploiement de technologies éoliennes, solaires et de géothermie profonde,
- normes garantissant le caractère durable de la biomasse locale et importée,
- mécanismes de soutien à la production d'énergie renouvelable,
- mécanismes de soutien à la recherche et au développement de ces technologies et des filières correspondantes.

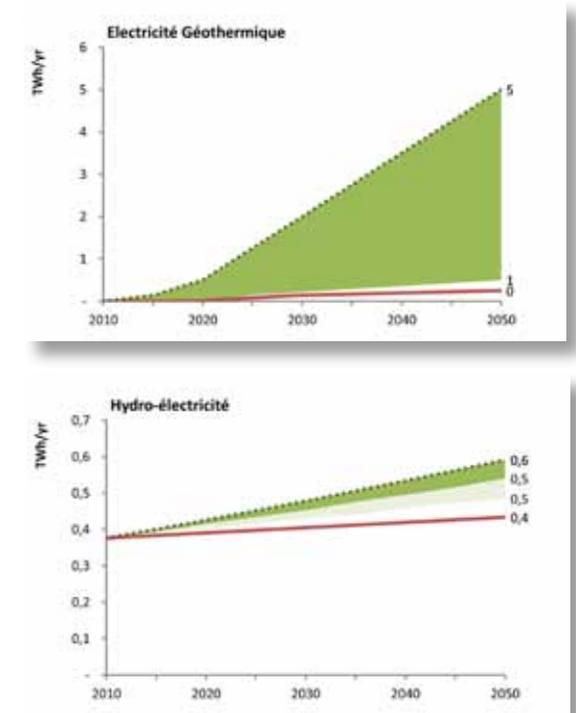
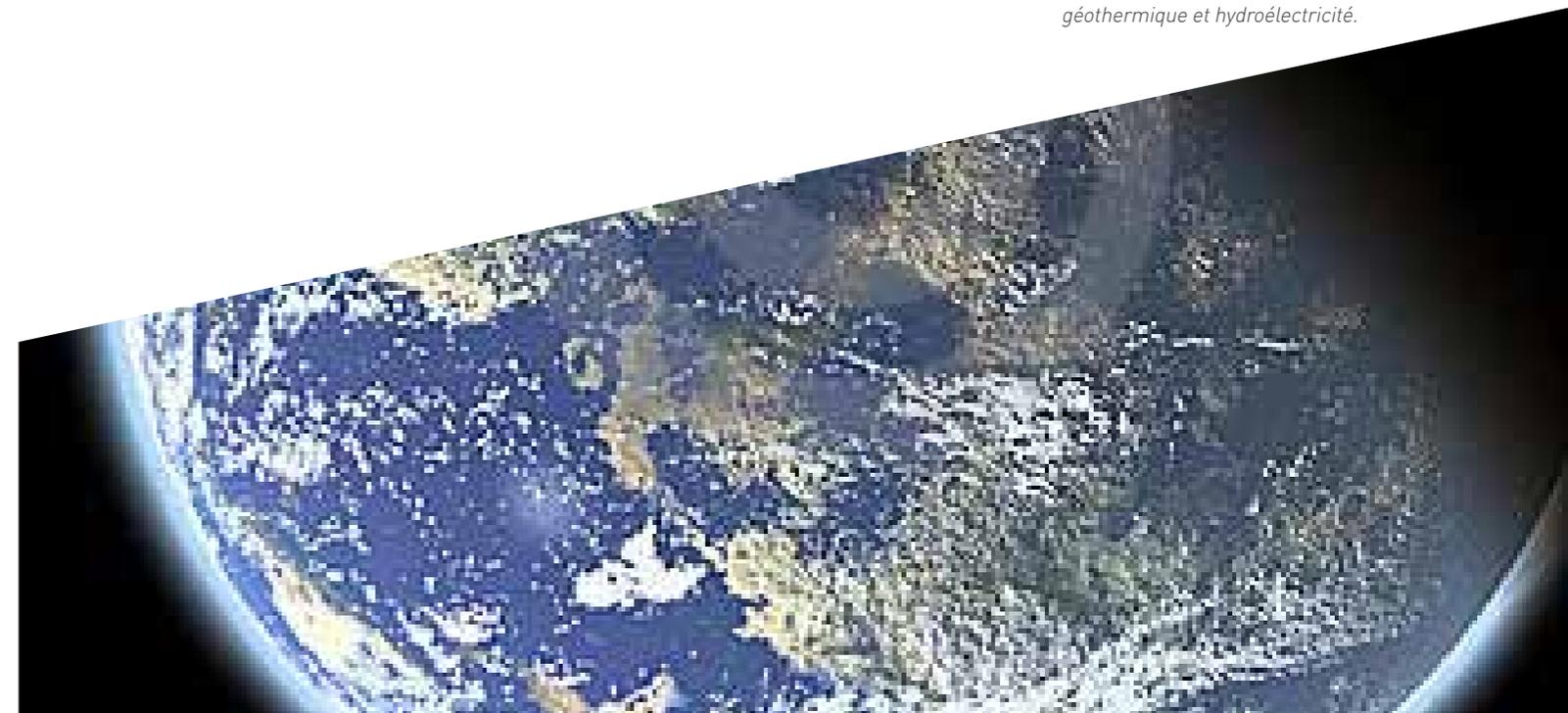


Figure 17. Besoins en production et capacité géothermique et hydroélectrique.



Gestion de l'intermittence des sources de production d'électricité

Ampleur de l'effort

L'énergie produite à partir de sources de production intermittentes représentait en 2008 environ 1% du total de l'énergie produite. Selon les scénarii envisagés, cette part intermittente pourrait représenter **jusqu'à 40 à 60% en 2050**. Aujourd'hui, ces sources intermittentes ne contribuent que très peu à la gestion de l'équilibre de la zone belge. Leur manque de flexibilité est actuellement compensé par d'autres sources de production flexibles. La croissance des sources intermittentes implique la mise en place de mécanismes permettant de gérer l'intermittence.

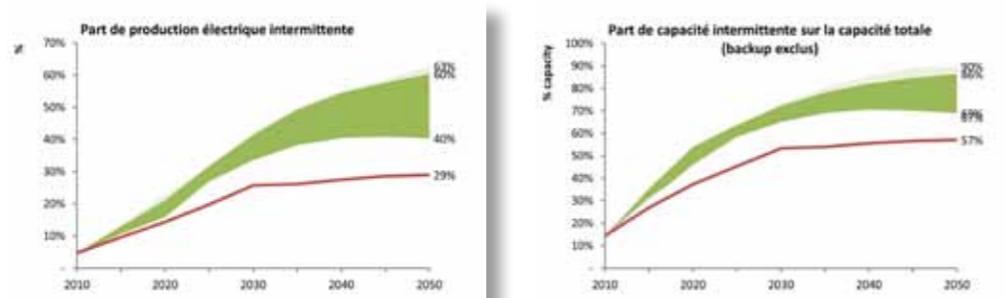


Figure 18. Part de production électrique intermittente.

Leviers principaux

Davantage de **sources de flexibilité** devront être exploitées à l'avenir. Elles se structurent autour de/du :

- centrales conventionnelles telles que les centrales à cycle combiné gaz-vapeur ;
- centrales de « back-up », au gaz, dont la fonction principale est de soutenir le réseau aux moments critiques et qui devraient être partagées avec les pays limitrophes,
- la flexibilité de la demande (gestion de la demande ou 'Demand Side Management' DSM),
- l'interconnexion de la Région aux pays limitrophes,
- stockage d'énergie qui peut être une alternative à ces centrales de back-up.

Le présent travail intègre l'impact de ces différentes solutions au travers des résultats d'études réalisées par ECF¹⁷. Le modèle

évalue le potentiel de DSM et le stockage au niveau européen. Il estime les besoins, d'une part, en capacité supplémentaire d'interconnexion du réseau de transmission et, d'autre part, en

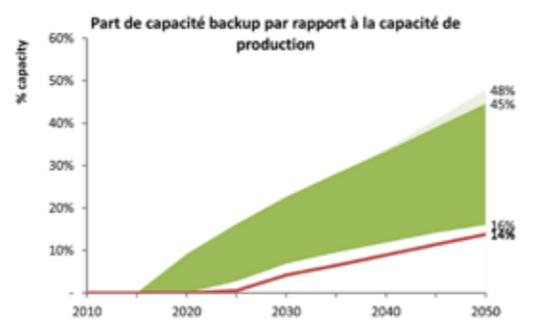


Figure 19. Part du back-up par rapport à la capacité de production.



centrales back-up au travers de l'Europe pour assurer l'équilibre de manière économiquement optimale.

Les résultats de ces études montrent que l'intégration d'une part élevée de sources intermittentes est **possible à un coût raisonnable**. Elle nécessite une augmentation drastique du réseau européen pour permettre une exploitation optimale des sources intermittentes et diminuer la variabilité de la demande¹⁸. Le développement très important du réseau de transmission constitue un élément clé à la mise en œuvre d'une solution optimale.

Selon les scénarii étudiés au niveau wallon, ces études montrent la nécessité d'au moins **tripler la capacité d'interconnexions** avec les pays voisins ainsi que de construire 1 à 4 GW de centrales back-up au gaz (2 à 9 turbines à gaz à cycle ouvert de 500 MW).

- les interconnexions aux pays limitrophes ont plusieurs objectifs : la sécurité d'alimentation, l'achat (ou la vente) d'électricité au meilleur prix et le transit à travers le réseau pour faciliter les échanges,
- les centrales back-up joueront un rôle important pour offrir un niveau adéquat de sécurité d'alimentation. L'investissement de backup représentera 5 à 15% des coûts totaux dans le secteur de

l'électricité. Pour sécuriser l'approvisionnement énergétique, le mécanisme de rémunération des centrales qui fourniront essentiellement de la puissance avec beaucoup de flexibilité devra être revu.

La gestion de la demande (DSM) jouera un rôle important pour limiter les besoins. Le développement du réseau intelligent ('smart-grid') peut permettre de capturer la majeure partie de la flexibilité qui existe au niveau des consommateurs. La gestion de la demande peut contribuer à une diminution de 25 à 40% des besoins supplémentaires en transmission et en back-up décrits plus haut.

Les solutions de développement optimal du réseau au niveau européen soulignent la situation géographique stratégique de la Belgique. La solution qui semble optimale du point de vue européen consiste à développer massivement le réseau de transmission en Belgique pour permettre le transfert d'électricité entre pays. Ce choix est une opportunité pour soutenir l'emploi en Belgique et en Wallonie via, la construction, l'entretien et l'exploitation de centrales de backup et d'un réseau de transmission et un défi en termes d'utilisation et de protection de l'espace naturel.

¹⁷ « Roadmap 2050 » et « Power Perspectives 2030 : on the road to a decarbonised power sector ».

¹⁸ Les pics de la demande électrique totale européenne sont moins prononcés que ceux de la demande individuelle de chaque région vu les décalages horaires et les différences culturelles.



Conséquences de cette transition pour la société wallonne

La transformation de la société wallonne à travers tous ses secteurs sera importante. Comme décrit dans la section « Méthodologie », les scénarii modélisés sont évalués selon leurs incidences variables sur trois aspects clés du développement de la Wallonie : les impacts sur l'environnement, le socio-économique et la sécurité énergétique (Figure 2). Nous illustrons ci-dessous – de manière non-exhaustive – certains des paramètres fondamentaux de ces 3 dimensions qui sont affectés par la transition.

Impact sur l'environnement

Energie primaire fossile. L'énergie fossile est une ressource non-renouvelable. Par la réduction de consommation d'énergie, les besoins en énergie primaire fossile en 2050 seront de 60 à 90% plus faibles qu'en 2008. (Figure 20, gauche)

Biomasse utilisée. Les ressources en biomasse sont limitées, au niveau régional, mais également au niveau global. Celle-ci doit être d'origine durable, notamment pour son bilan carbone et son impact indirect sur l'utilisation des terres. Tous les scénarii de décarbonation utilisent plus de biomasse que le scénario de référence. (Figure 20, droite)

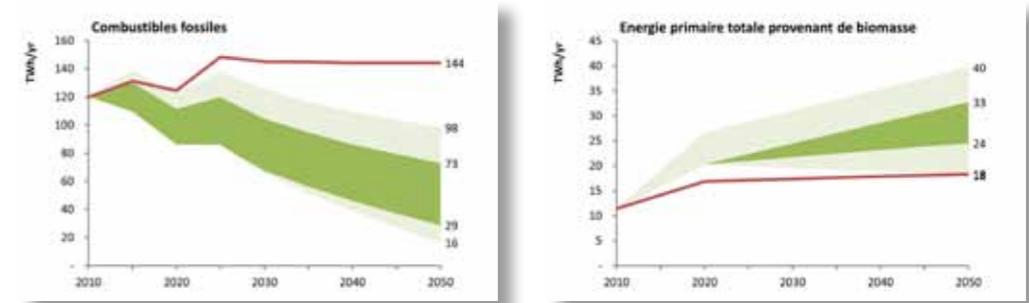
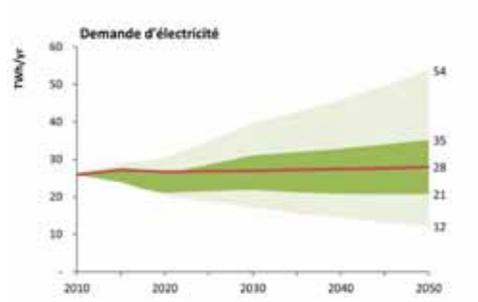


Figure 20. Evolutions de la demande en combustibles fossiles et en biomasse.

Demande d'électricité. L'impact sur l'environnement de la production électrique sera lié aux déploiements importants d'infrastructures nécessaires à sa décarbonation. Bien que d'incidences variables, aucun moyen de production de l'électricité n'est neutre pour l'environnement. Les scénarii de demande énergétique forte ont un besoin en électrification important qui peut aller jusqu'à doubler la demande actuelle. Dans les scénarii incluant une forte efficacité énergétique, le besoin en électricité pourra être plus faible que dans le scénario de référence. (Figure 21, gauche)



Emissions évitées par le CSC (industrie et électricité). Si de nouvelles technologies qui permettraient de réduire les émissions de l'industrie n'apparaissent pas, le CSC sera presque incontournable. Un scénario atteignant 80% de réduction sans CSC est cependant possible mais nécessite un niveau d'ambition presque maximal dans tous les autres secteurs. Les implications environnementales et socio-économiques du CSC doivent encore être analysées. (Figure 21, droite)

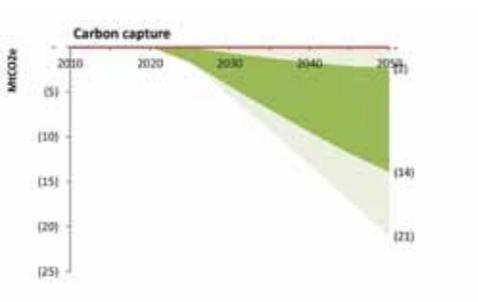


Figure 21. Evolutions de la demande en électricité et besoins de capture de carbone (industrie et électricité).

Impact socio-économique

Cette section explore le coût de la transition en comparant les différents scénarii atteignant au minimum 80% de réduction de GES au scénario de référence. Une description plus détaillée des coûts inclus et de leur modélisation se trouve dans le corps du rapport. Comme ci-dessus, les graphes repris dans cette section comparent en détail les scénarii équilibrés (les 5 scénarii principaux décrits dans la partie Méthodologie, en vert foncé) et les scénarii spécifiques (scénarii explorant des solutions plus extrêmes, en vert clair) au scénario de référence décrit ci-dessus (ligne rouge).

- Scénario de référence (BaU)
- Scénarii 80% - Équilibrés
- Scénarii 80% - Spécifiques

Les coûts totaux diminuent à long terme dans tous les scénarii équilibrés. Premier apprentissage fondamental : la Figure 22 illustre le fait que le coût total des scénarii bas-carbone est proche voire inférieur au scénario de référence non-décarboné dont le coût annuel augmente jusqu'à environ 40 Mias€/an d'ici 2050. Les changements nécessaires sont donc très importants dans chacun des secteurs, mais leurs coût total n'est pas prohibitif. Par habitant, ces coûts représentent 7000 à 9000€ dans les différents scénarii équilibrés, et donc jusqu'à 2000€ d'économie par an en 2050, grâce entre autre à l'impact positif de l'efficacité énergétique.

La Figure 22 a d'autres enseignements. Les scénarii équilibrés choisis reflètent déjà un spectre relativement large de transition possible : les scénarii A & B avec une demande énergétique plus forte qui nécessite plus d'électrification, et les scénarii D & E, dont la demande énergétique plus faible diminue la demande en électricité. **L'impact de ces variations sur les coûts de la transition n'est pas négligeable, avec une différence de ~30% en coût annuel en 2050 entre scénarii (28 à 38 Mias €/).**

- Ce résultat doit cependant être analysé avec précaution. En effet, les trajectoires d'évolution de la production industrielle ont un impact massif : des trajectoires basses amèneront des émissions de GES plus basses et donc un besoin moins fort d'implémentation des différents leviers de décarbonation. Cet

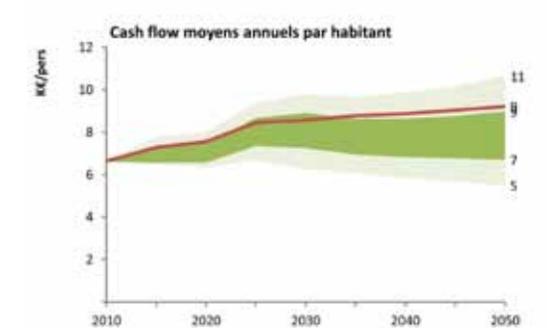
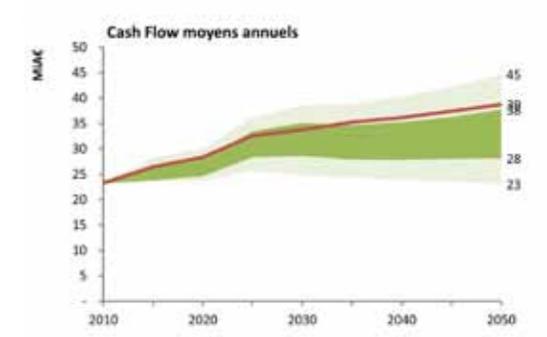


Figure 22. Comparaison des coûts moyens annuels entre les différents scénarii.

impact représente plus ou moins la moitié de la variation de coût des scénarios. Hors cette étude ne soutient en rien l'utilité d'une désindustrialisation de la Wallonie : non seulement une industrie wallonne forte aura d'autres impacts positifs, mais le déplacement de production wallonne à l'étranger n'amènera pas forcément de réduction dans les émissions de GES au niveau global.

- Toutefois, la différence supplémentaire de coût entre scénarii provient de l'impact important de la réduction de la demande de services (comportemental et efficacité énergétique) sur les coûts d'investissement et de combustibles. En effet, dans le transport par exemple, cette réduction se traduit directement en une diminution du nombre de véhicules nécessaires, ce qui représente un coût d'investissement et de maintenance important pour le consommateur.



Cette réduction des coûts totaux se traduit par des investissements plus élevés nécessaires et une réduction des coûts de carburants.

- La nature des cash-flows change fortement dans les scénarii décarbonés par rapport au scénario de référence. Les scénarii 80% équilibrés demandent au fur et à mesure des investissements de l'ordre de 0 à 5 Mias €/an plus élevé que le scénario de référence. Cette augmentation se fait particulièrement sentir à partir de 2020 avec la pénétration de plus en plus forte des voitures électriques.

- On remarque par contre que l'augmentation des prix des carburants fossiles se fait sentir dans l'ensemble des scénarii jusque 2025 (bien que plus fortement dans le scénario de référence que les décarbonés), mais que les scénarii décarbonés réussissent à inverser petit à petit cette tendance pour significativement réduire ces coûts de combustibles. Les coûts en combustibles seront largement réduits de 5 à 10 Mias€/an en comparaison avec ceux d'un scénario de référence qui augmenteront jusque ~16 Mias €/an (et donc de 20 à 40%).

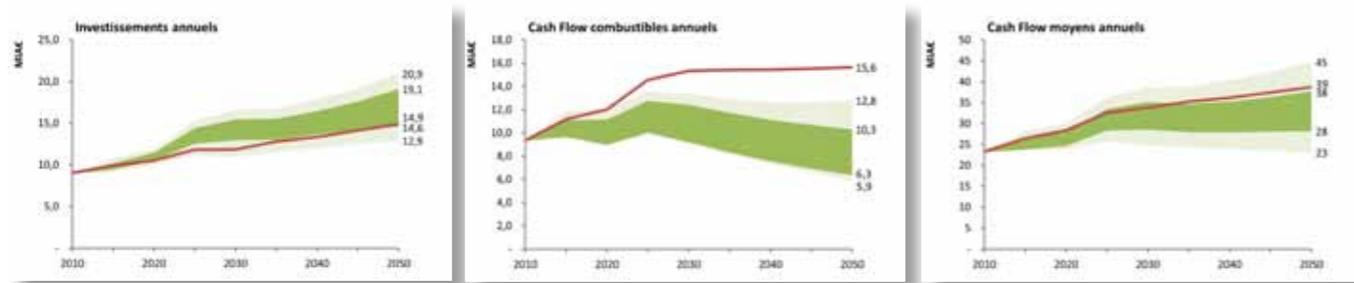


Figure 23. Investissement, coûts des combustibles et coûts totaux moyens annuels.

Coût de l'électricité. Le coût de l'électricité augmente avec la mise en place de nouvelles capacités de production plus chères dans les premières années jusque 2025 puis diminue graduellement autour de 80€/MWh dû à la réduction des coûts de certaines de ces technologies grâce aux effets d'échelle. Grâce à cela, en 2050, les cinq scénarii principaux retrouvent tous un coût de l'électricité du même ordre de grandeur que celui de référence.

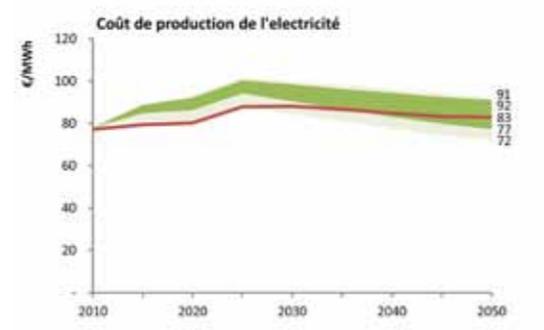


Figure 24. Comparaison de l'évolution des coûts de l'électricité entre les différents scénarii.

Impact sur la sécurité énergétique

Energie primaire importée. Le besoin en énergie primaire importée en 2050 sera de 45 à 75% plus faible qu'en 2008 dans les scénarii équilibrés, soutenant une meilleure balance de paiement. La part d'importations dans le total restera stable, les combustibles fossiles importés étant substitués par la biomasse.

Biomasse importée. La biomasse jouera un rôle important dans la production énergétique en 2050. La biomasse locale ne satisfera que les deux tiers des besoins et il faudra en importer le dernier tiers, en remplacement partiel des combustibles fossiles.

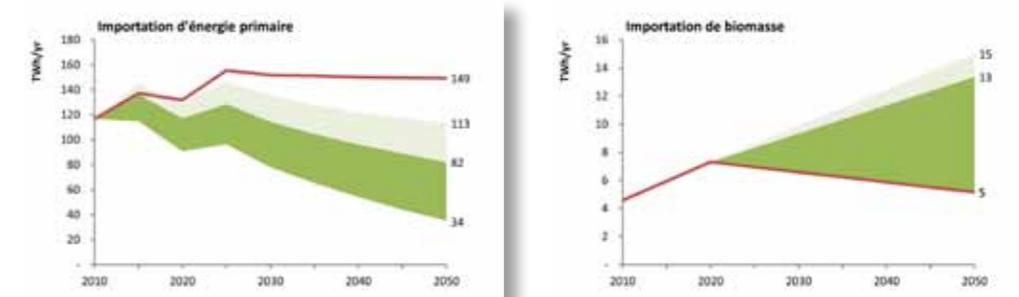


Figure 25. Evolution de l'importation d'énergie primaire et de biomasse.

Part intermittente de l'électricité. Une part importante de l'électricité sera intermittente (40 à 60%), avec les risques additionnels sur le réseau. Il s'agit de planifier les réseaux de transmission et les capacités de backup pour assurer la sécurité d'approvisionnement.

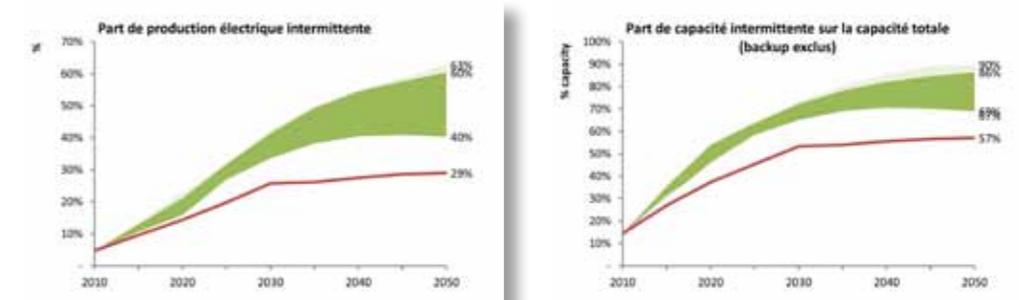


Figure 26. Part de production électrique intermittente.

Une politique incontournable : l'Aménagement du territoire

La perspective temporelle lointaine qu'offre cette étude permet de prendre en compte les impacts de l'aménagement du territoire sur les émissions de GES et d'en déduire des mesures pour favoriser la décarbonation de la société Wallonne. En effet, la politique d'Aménagement du Territoire nécessite des périodes très longues avant d'observer des modifications sensibles, à l'échelle de la Wallonie. Dès lors, il est impossible d'en évaluer l'impact dans les scénarii classiques dont l'horizon temporel est de l'ordre de la décennie.

L'aménagement du territoire impacte cependant fortement les émissions de gaz à effet de serre liés au transport de passagers et aux bâtiments. C'est la raison pour laquelle une seconde phase a été prévue pour la présente étude. Celle-ci concerne l'explicitation des impacts de l'aménagement du territoire sur les scénarii de décarbonation analysés et plus particulièrement doit permettre :

- De simuler l'impact des leviers urbanistiques sur les émissions de GES dans les secteurs des bâtiments et du transport à l'horizon 2050.
- De déduire les scénarios urbanistiques qui permettent d'atteindre 80 à 95% de réduction des émissions de GES en 2050.
- D'identifier certaines implications concrètes de la décarbonation de la région Wallonne sur l'aménagement du territoire comme les besoins d'installation d'éoliennes, de lignes de transmissions, d'infrastructure de transport, etc.

- D'identifier des mesures d'aménagement du territoire à mettre en place dans ce contexte de réduction des émissions de GES pour alimenter la mise à jour du SDER.

Les principaux leviers d'aménagement du territoire identifiés à ce stade comme ayant une action sur les émissions à long terme sont :

- La densité de population
- La distance à l'emploi
- La mixité fonctionnelle, les services disponibles dans un rayon défini
- Le taux de reconstruction du bâti.

Ces différents leviers peuvent être actionnés en vue de construire différents modèles de développement territorial, comme ceux analysés par la CPDT¹ au-delà d'un modèle de référence tendanciel :

- La ville métropole
- La ville polycentrique
- La ville compacte
- La ville diffuse

L'impact de ces quatre visions de l'aménagement du territoire à l'horizon 2050 sur les émissions de gaz à effet de serre sera ainsi modélisé en combinaison avec les 5 scénarios bas carbone équilibrés développés initialement.

Conclusion

L'étude explore les voies d'un renforcement de l'action face au changement climatique et identifie plusieurs scénarii qui démontrent que la réduction de 80% des émissions de GES par rapport à 1990 est possible en Wallonie, à un coût économique acceptable qui peut même se révéler inférieur au coût de l'inaction. C'est une première étape importante qui encourage à l'action ambitieuse.

Cette étude a été possible grâce à de nombreuses consultations et à l'engagement de nombreux experts et parties prenantes. Nous les remercions pour leurs contributions actuelles et à venir. La Wallonie sobre en carbone sera fondamentalement différente de la Wallonie actuelle. Tous les secteurs devront contribuer à la décarbonation et des changements majeurs seront nécessaires dans la manière dont l'énergie est utilisée, générée et distribuée. L'efficacité énergétique devra être significativement améliorée, les combustibles fossiles dans le transport, le bâtiment et certains secteurs industriels devront être remplacés par l'électricité et des biocarburants durables, la production d'électricité devra tendre vers le zéro émission grâce au renouvelable et au CSC. Des changements de comportement devront être incités, tant du point de vue des modes de vie [demande d'énergie, mobilité, urbanisme] que de l'acceptation des infrastructures nécessaires. Les scénarii développés dans cette étude intègrent le CSC et la géothermie, technologies qui ne sont pas encore mûres ou déployées à grande échelle. L'étude reconnaît des zones d'incertitudes, par exemple sur le déploiement de ces technologies, l'ampleur des efforts comportementaux, la disponibilité de

la biomasse durable ou l'évolution du coût des combustibles. L'analyse des coûts, qui a distingué les coûts d'investissement des coûts opérationnels et de combustible donne de premières indications sur le coût total de la transition, qui est du même ordre de grandeur que les coûts du scénario de référence. L'investigation des coûts pourrait être plus développée, en lien avec l'étude macro-économique, en intégrant l'emploi, en identifiant le partage des coûts pour la collectivité et pour les individus et en analysant l'impact de la tarification du carbone. Bien qu'elle ait couvert de nombreux sujets et permis le développement d'un modèle robuste, l'étude n'a pas eu l'ambition d'analyser les impacts macro-économiques ni de réaliser une étude plus fine du mix électrique le plus adéquat. Pour faciliter et accélérer la transition vers une société bas carbone, la Wallonie doit rendre prévisible à long terme les incitants économiques. Elle doit également renforcer sans tarder les mesures incitatives et planifier l'aménagement du territoire de manière appropriée. La Wallonie doit aussi développer les filières permettant d'atteindre cette sobriété énergétique, elle doit soutenir le développement de la recherche et de l'innovation, en étant présente sur le front des technologies nouvelles et en couplant ses ressources avec celles d'autres pays. Notre souhait est que cette étude aide les décideurs à prendre les meilleures options pour conjuguer ambition climatique et développement économique et social. Nous leur recommandons de mettre en place des instruments pour contrôler la performance et mesurer le progrès.

¹ CPDT, « Structuration du territoire pour répondre aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre », Octobre 2011