



Scénarios pour une Belgique climatiquement neutre d'ici 2050

Résumé

Mai 2021

SPF Santé publique - DG Environnement
Service Changements climatiques

Résumé

La neutralité climatique est le nouveau contexte politique dans lequel toute analyse prospective sociétale doit s'inscrire depuis l'adoption de l'accord de Paris et les récents développements au niveau européen. Ce travail sur les « Trajectoires pour une Belgique climatiquement neutre à l'horizon 2050 » apporte un nouvel éclairage sur les directions à suivre et les actions à mener pour atteindre la neutralité climatique d'ici 2050 en Belgique. À ce titre, il contribue à l'élaboration d'une vision d'ensemble quantitative de la transition en Belgique, tout en identifiant les transformations nécessaires. Il entend ainsi orienter la prise de décisions stratégiques.

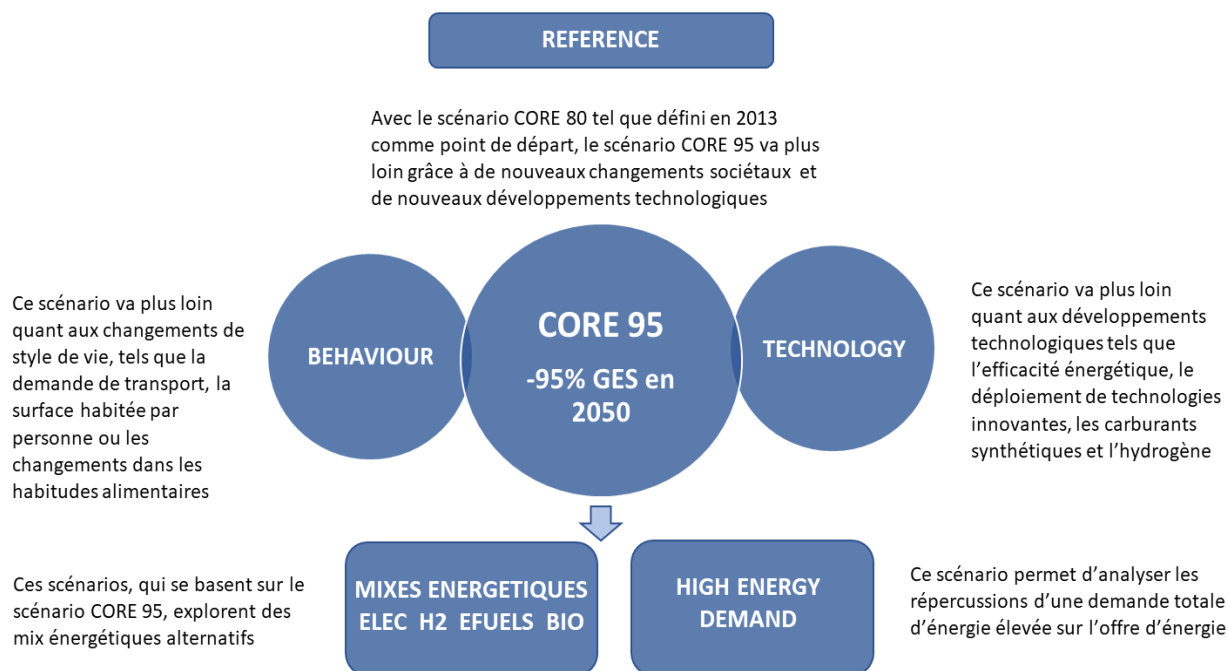
Une méthodologie innovante

Un ensemble de cinq scénarios principaux a été élaboré sur la base du « 2050 Pathways Explorer », un modèle de comptabilité énergétique étendu aux matériaux, produits, terres et systèmes alimentaires. Le modèle repose sur une série de leviers qui permettent des évolutions technologiques potentiellement importantes ainsi que des changements radicaux dans l'organisation sociétale et les modes de comportement. L'une des principales caractéristiques de ce modèle consiste à présenter toutes les options de décarbonation possibles, offrant ainsi une vue d'ensemble sur les défis liés à la transition, en particulier sur les différents compromis à réaliser entre les secteurs et entre les domaines d'activité. Compte tenu du fait que le modèle offre une vision large, certains aspects spécifiques de la transition doivent être explorés de manière plus approfondie et faire l'objet d'analyses de modélisation sectorielles complémentaires.

Outre un scénario « REFERENCE », correspondant à une évolution « *business-as-usual* », deux scénarios mettent en lumière les dimensions technologiques et comportementales qui sous-tendent les scénarios de neutralité climatique : le scénario « BEHAVIOUR » met l'accent sur les changements transformationnels dans la mobilité, le logement et les habitudes alimentaires, tandis que le scénario « TECHNOLOGY » s'appuie davantage sur les développements technologiques. Le scénario « CORE-95 » propose une approche équilibrée entre ces deux dimensions. Un quatrième scénario (« HIGH DEMAND ») vise à explorer les implications d'une trajectoire caractérisée par un niveau de demande énergétique nettement plus élevé que dans les autres scénarios de neutralité climatique et par des volumes de production industrielle constants en 2050 par rapport à 2015. Enfin, une série d'analyses de sensibilité sont effectuées sur la base du scénario « CORE-95 » afin d'évaluer les impacts de combinaisons énergétiques axées davantage sur l'électrification (« ELEC »), l'hydrogène (« H₂ »), les combustibles synthétiques (« E-FUELS ») ou encore la biomasse (« BIO »).

Figure 1. Scénarios illustratifs

Le scénario « Reference » se base sur des évolutions « *business-as-usual* »



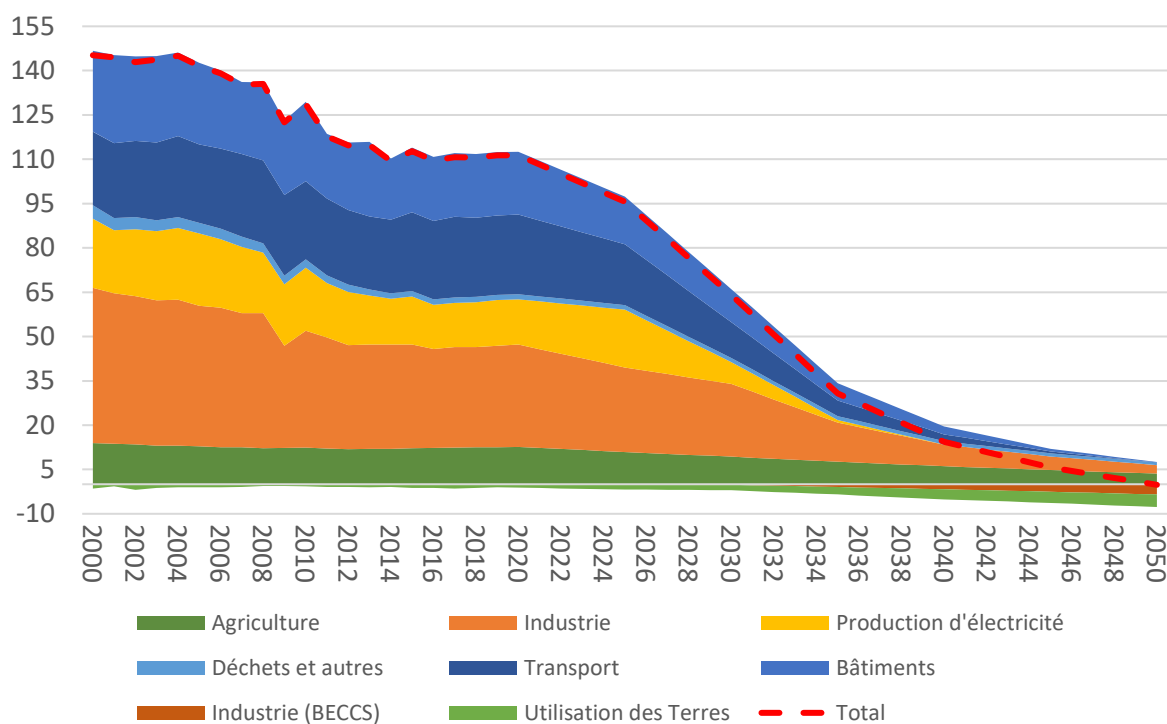
Les différents scénarios décrits ici ne sont pas de nature prescriptive. Ils doivent être considérés comme un ensemble de récits qui permettent de comprendre concrètement les implications possibles de la transition en Belgique, tout en invitant chacun à y réfléchir et à élaborer son propre scénario de transition.

Résultats transversaux

Atteindre la neutralité climatique en Belgique d'ici 2050 est techniquement réalisable, même si cela représente un défi majeur et nécessite des changements systémiques. De nouvelles technologies telles que l'hydrogène, les combustibles synthétiques, le captage direct du CO₂ dans l'air ou la bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECCS en anglais), ainsi que de nouveaux modes de consommation et de production sont nécessaires dans tous les scénarios. En outre, si les émissions de gaz à effet de serre (GES) peuvent être réduites à zéro dans les secteurs des bâtiments, des transports et de la production d'énergie, certaines émissions difficiles à éliminer dans les secteurs industriel et agricole subsisteront et devront être compensées par des émissions négatives grâce à l'utilisation des sols, au captage et au stockage direct dans l'atmosphère ou au BECCS. En 2050, ces émissions négatives devront représenter entre 7 et 11 MtCO₂e (8 MtCO₂e dans le scénario « CORE-95 », dont 4 MtCO₂e dans le secteur UTCATF¹ – cf. Figure 2).

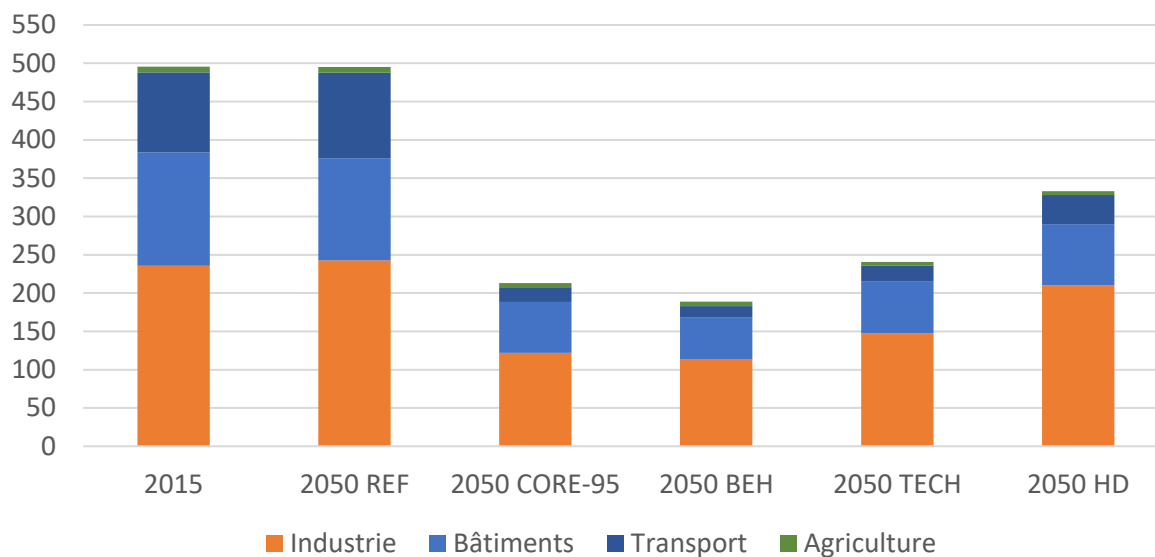
¹ Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF ou UTCAF), en anglais *Land use, land-use change, and forestry* (LULUCF).

Figure 2. Émissions GES – historiques et scénario CORE-95 (2000-2050, MtCO_{2e})



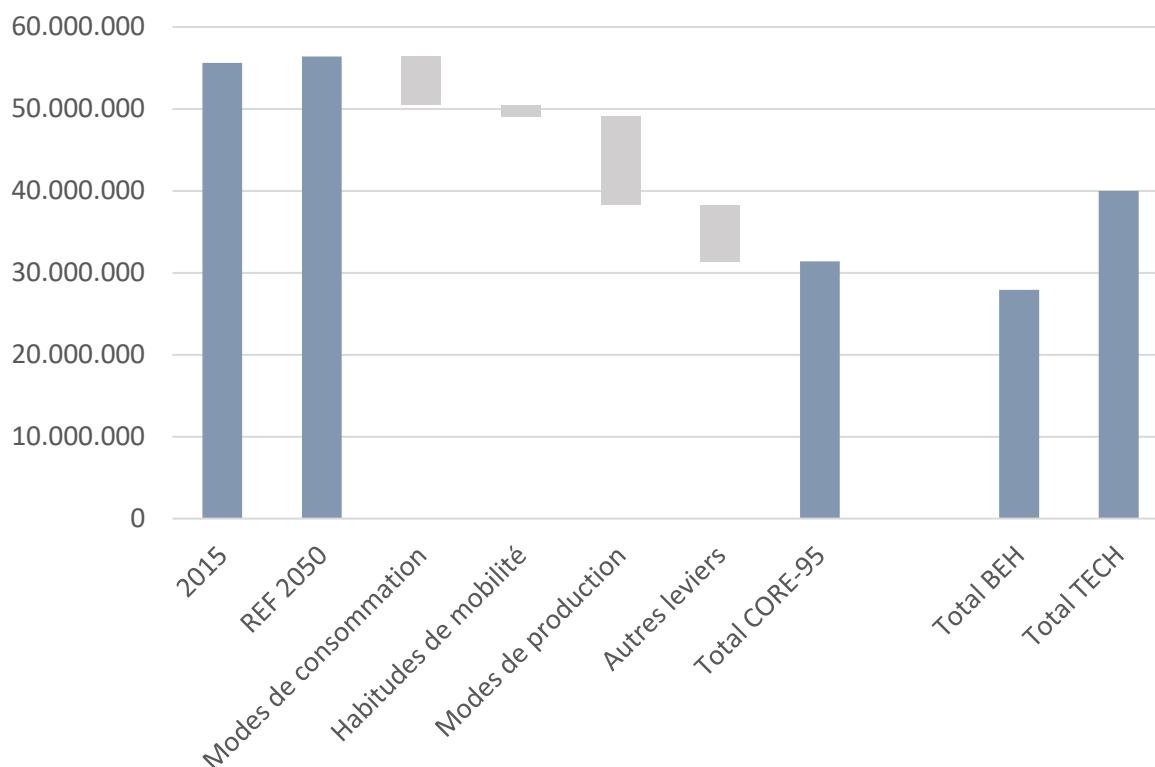
Dans tous les scénarios, la demande d'énergie diminue sensiblement et les combustibles fossiles sont progressivement éliminés grâce à l'électrification et à l'utilisation de combustibles neutres en carbone. Par rapport au scénario « REFERENCE », la baisse de la demande d'énergie finale s'élève en 2050 à 57 % dans le scénario « CORE-95 » (62 % dans le scénario « BEHAVIOUR » et 33 % dans le scénario « HIGH DEMAND » - cf. Figure 3). L'électrification des secteurs de la demande, associée à un système de production d'électricité reposant entièrement ou presque entièrement sur des sources d'énergie renouvelables, constitue la principale voie pour éliminer progressivement le recours aux combustibles fossiles. L'électrification n'étant pas possible pour toutes les consommations finales de l'énergie, elle doit être complétée par le déploiement de combustibles neutres pour le climat. La biomasse sera utilisée dans une certaine mesure mais son potentiel, bien qu'important, reste limité et est fortement lié aux choix d'affectation des sols. L'hydrogène et les combustibles synthétiques seront nécessaires pour combler l'écart, notamment pour être utilisés comme matières premières industrielles. Enfin, la faible quantité de combustibles fossiles résiduelle dans l'industrie doit être combinée avec du captage, du stockage ou de l'utilisation du carbone (CCUS en anglais).

Figure 3. Demande d'énergie finale totale et par secteur
(en TWh, « feedstocks » industriels inclus)



La demande de matériaux est bien inférieure aux niveaux actuels dans tous les scénarios de neutralité climatique. Exprimée en tonnes de matériaux, la baisse de la demande va de plus de 50 % dans le scénario « BEHAVIOUR » à moins de 30 % dans le scénario « HIGH DEMAND », en passant par 44 % dans le scénario « CORE-95 » (par rapport au scénario « REFERENCE » - cf. Figure 4). Cette évolution est portée par des changements draconiens des modes de consommation qui s'appuient fortement sur l'économie collaborative et sur l'économie de la fonctionnalité, ainsi que par des changements de comportement en matière de mobilité (réduction de la demande de déplacement, transfert modal, etc.), de logement (espaces de vie plus petits), d'alimentation et de déchets. Ces changements sont beaucoup plus prononcés dans le scénario « BEHAVIOUR ». Les changements dans les modes de production ont également des répercussions importantes sur la demande de matériaux. Il s'agit en particulier d'un usage plus efficace des matériaux (en améliorant la conception des produits, en utilisant des matériaux plus efficaces ou en réduisant les pertes de matériaux) et de changements de type de matériaux. L'évolution des régimes alimentaires entraîne également de profonds changements dans le secteur agricole, qui a à son tour une forte incidence sur l'utilisation des sols, en libérant des terres qui peuvent être utilisées pour stimuler l'absorption du carbone et, potentiellement, la biodiversité, selon la manière dont les terres libérées sont utilisées.

Figure 4. Répercussions de quelques groupes de leviers liés à l'économie circulaire sur la demande de matériaux en 2050 (en tonnes)



Des investissements supplémentaires dans les infrastructures sont nécessaires, mais peuvent être réduits, à mesure que les comportements changent et que l'économie circulaire se développe. Dans tous les scénarios de décarbonation, des dépenses d'investissement supplémentaires dans des infrastructures respectueuses du climat sont nécessaires dans tous les secteurs. Les dépenses d'investissement totales sont néanmoins considérablement réduites lorsque la demande d'activités, de produits ou de services consommateurs d'énergie diminue en raison des changements de comportement et de la transition vers une économie plus circulaire. Dans le scénario « BEHAVIOUR », ces investissements supplémentaires sont supérieurs d'environ 12 % à ceux du scénario « REFERENCE », tandis que cette augmentation s'élève à environ 26 % dans le scénario « TECHNOLOGY ». Les réductions du coût des combustibles tendent à compenser les augmentations des dépenses d'investissement. Bien que les dépenses en électricité augmentent dans tous les secteurs, les dépenses en combustibles fossiles sont pratiquement nulles à long terme. Le prix et les niveaux de consommation de l'hydrogène et des combustibles synthétiques, y compris pour leur utilisation comme matière première, deviennent donc un élément déterminant des dépenses totales en combustibles à l'avenir.

Résultats sectoriels

Bâtiments

Dans le secteur des bâtiments, le taux et l'ampleur des rénovations doivent augmenter radicalement et rapidement. Le taux de rénovation doit passer de 1 % à environ 2,5 à 3 % par an. L'ampleur de ces rénovations doit également évoluer de rénovations superficielles à des rénovations en profondeur dans la plupart des cas. Ces rénovations s'accompagnent d'un besoin accru de matériaux (environ 3 fois plus élevé que dans le scénario « REFERENCE »). Pour les nouvelles constructions, cependant, la demande de matériaux peut être considérablement réduite en limitant la surface des bâtiments résidentiels et non résidentiels, comme c'est le cas dans les scénarios « BEHAVIOUR » et « CORE-95 » où la demande de matériaux pour les nouveaux bâtiments est divisée par 3 environ, contre une réduction de seulement 20-25 % environ dans les scénarios « TECHNOLOGY » et « HIGH DEMAND ».

Dans le scénario « CORE-95 », les combustibles fossiles sont complètement éliminés dans le secteur des bâtiments et l'électricité devient le vecteur énergétique le plus important (80 % de la demande d'énergie finale). La biomasse, les combustibles synthétiques et l'hydrogène complètent le bouquet énergétique, principalement là où l'électrification est trop difficile ou trop coûteuse à mettre en œuvre. Enfin, les changements de comportement, notamment la maîtrise de la demande de refroidissement, sont essentiels pour maintenir la demande finale d'énergie en 2050 à des niveaux bien inférieurs à ceux d'aujourd'hui, soit entre -46 % et -63 % dans les scénarios « HIGH DEMAND » et « BEHAVIOUR », respectivement.

Transport

Dans le secteur des transports, la demande totale d'énergie peut être fortement réduite grâce à un ensemble de leviers comportementaux. Ces leviers peuvent être une diminution de la demande de transport par habitant plus faible, une augmentation du taux d'occupation des véhicules, une augmentation de la charge des camions ou un important transfert vers les transports publics et les modes actifs (pour les passagers), et vers le rail et les voies navigables intérieures (pour les marchandises). L'ensemble de ces leviers comportementaux conduit à une réduction de plus de 50 % de la demande d'énergie finale dans le scénario « CORE-95 » par rapport au scénario « REFERENCE » (de 64 % dans le scénario « BEHAVIOUR » et de 1 % dans le scénario « HIGH DEMAND »). Avec le développement de l'économie collaborative qui augmente le taux d'utilisation des véhicules, le nombre total de voitures et de camions immatriculés diminue considérablement dans tous les scénarios de décarbonation, et en particulier dans le scénario « BEHAVIOUR ».

Les changements technologiques, en particulier l'électrification, ont également des répercussions majeures sur la demande d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. L'électricité et les combustibles décarbonés permettent une décarbonation complète du secteur. Même si différentes combinaisons énergétiques peuvent être envisagées pour ce secteur, l'électrification (batteries) atteint toujours des niveaux très élevés dans le transport de passagers, tandis que l'hydrogène, les combustibles synthétiques et potentiellement les biocarburants devront probablement jouer un rôle plus important dans le transport de marchandises.

Industrie

L'industrie est un secteur difficile à décarboner car les gains d'efficacité énergétique résiduels y sont plus faibles que dans les autres secteurs et l'électrification ne peut y être stimulée dans la même mesure. Les combustibles neutres en carbone (hydrogène, combustibles synthétiques et biomasse)

devront être déployés là où l'électrification n'est pas possible, et comme matières premières industrielles. En outre, il faudra déployer le CCUS en bout de chaîne, en association avec le BECCS, dans une proportion allant de 7 MtCO_{2e} dans le scénario « BEHAVIOUR » en 2050 à 17 MtCO_{2e} dans le scénario « HIGH DEMAND ».

Les nouveaux modes de consommation et de production fondés sur une économie circulaire ont le potentiel de réduire considérablement la demande d'énergie et l'utilisation des ressources, et donc les émissions de gaz à effet de serre. Comme indiqué plus haut, l'évolution des modes de consommation, comme la réduction des emballages, du gaspillage alimentaire et l'adoption de modes de consommation plus durables, ainsi que l'évolution des modes de transport, comme les voitures partagées, l'allongement de leur durée de vie, une meilleure organisation de la demande des déplacements et l'amélioration de la logistique, ont une forte incidence sur la demande de matériaux. Si ces changements sont mis en œuvre à grande échelle, ils auront probablement des répercussions sur les volumes de production nationale de biens et de matériaux. En outre, l'évolution des modes de production, comme l'usage plus efficace des matériaux à travers la conception des produits, l'utilisation de matériaux plus efficaces, la réduction des pertes de matériaux et le passage à des matériaux qui émettent moins de GES, permet également de réduire les ressources et l'énergie nécessaires, et donc les émissions de GES. Alors que les volumes de production diminuent dans la plupart des scénarios illustrés, la valeur totale de cette production ne diminue pas nécessairement.

Énergie

La demande totale d'électricité sera sensiblement plus élevée qu'actuellement, avec une augmentation d'environ 25 % dans le scénario « BEHAVIOUR » et de 90 % dans le scénario « HIGH DEMAND » (38 % - atteignant 121 TWh dans le scénario « CORE-95 ») d'ici 2050, en supposant qu'environ 20 % de la demande intérieure d'hydrogène et de combustibles synthétiques soit produite au niveau national. L'augmentation de cette part de la production nationale d'hydrogène et de combustibles synthétiques accroît considérablement la demande totale d'électricité.

La production d'une électricité 100 % renouvelable est réalisable, même dans des scénarios de forte demande d'électricité, à condition que l'intermittence soit gérée de manière adéquate. Dans nos principaux scénarios, nous supposons un niveau d'importation d'électricité compris entre 20 et 30 % d'ici 2050, tout en reconnaissant que des niveaux plus élevés ou plus bas pourraient être fixés. Dans cette hypothèse, le potentiel d'énergie renouvelable est suffisant pour couvrir entièrement la demande d'électricité dans tous les scénarios, principalement grâce à une capacité installée en solaire photovoltaïque comprise entre 30 et 46 GW, une capacité d'énergie éolienne terrestre comprise entre 8 et 9 GW (11 GW dans le scénario de forte demande) et une capacité d'énergie éolienne *offshore* allant jusqu'à 6 GW dans les eaux belges, à laquelle s'ajouteraient 2 à 6 GW supplémentaires dans les eaux internationales de la mer du Nord.

Agriculture

Dans le secteur agricole, des changements progressifs, mais profonds des modes de consommation et des pratiques agricoles sont nécessaires pour atteindre la neutralité climatique d'ici 2050. En matière de demande, une série de leviers doivent être déployés pour réduire les émissions de GES, tels que des changements importants dans la consommation totale de calories (-34 % et -15 % par rapport aux niveaux actuels dans les scénarios « BEHAVIOUR » et « TECHNOLOGY », respectivement), le type de régimes alimentaires et le gaspillage alimentaire. En matière d'offre, certains compromis doivent être faits dans les pratiques agricoles (vers une utilisation moindre ou nulle d'engrais synthétiques et de pesticides chimiques), l'élevage intelligent et la gestion des sols afin de réduire davantage les émissions.

Les émissions résiduelles peuvent être compensées par une plus grande absorption naturelle. La transformation des pratiques agricoles et des modes de consommation, et la réduction du cheptel qui en découle, permettent de libérer une partie importante des terres qui peuvent dès lors être converties en prairies naturelles, en forêts ou en terres cultivées non alimentaires. Une telle réaffectation progressive des sols conduit à une absorption comprise entre 3,7 MtCO₂e (scénario « BEHAVIOUR ») et 4,9 MtCO₂e (scénario « TECHNOLOGY ») en 2050, contribuant ainsi à atteindre la neutralité climatique à cet horizon temporel.