

# Scénarios bas-carbone à l'horizon 2050 pour la Région de Bruxelles-Capitale

Février 2017



## TABLE DES MATIÈRES

Liste des figures .....	3
Liste des tables.....	5
Glossaire.....	6
I. La transition bas-carbone .....	7
II. Objectifs de l'étude.....	8
III. Scénarios envisagés pour la Région.....	9
IV. La Région de Bruxelles-Capitale.....	11
V. Analyses et messages clés des scénarios de réduction .....	16
A. Transversal .....	16
B. Bâtiment.....	20
C. Transport.....	34
D. Energie.....	39
E. Déchets.....	44
F. Alimentation.....	46
A. Biens et services importés.....	49
VI. Conclusion.....	51
Annexe I. Méthodologie .....	52
A. OPEERA.....	52
B. Les leviers .....	54
C. Les scénarios .....	55
D. Les émissions indirectes.....	56
E. Les consultations.....	57
Annexe II. Liste des leviers .....	58

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Multiples possibilités de scénarios de l'outil.....	9
Figure 2 - Périmètre géographique de l'étude .....	12
Figure 3. Consommation d'énergie et émissions de la RBC en 2013 .....	12
Figure 4. Importance des émissions indirectes liées aux activités de la RBC en 2013 .....	13
Figure 5. Historique des émissions de GES en RBC .....	14
Figure 6. Evolution des émissions territoriales en RBC dans le scénario de référence.....	14
Figure 7. Emissions historiques de GES de la RBC et illustration de l'objectif de réduction de 80-95% à l'horizon 2050 [tCO <sub>2</sub> e] .....	16
Figure 8. Evolution des émissions territoriales en RBC dans le scénario -95% (ambition globale).....	17
Figure 9. Evolution des émissions directes et indirectes dans le scénario -95% (ambition globale).....	19
Figure 10. Consommation énergétique des secteurs résidentiel et tertiaire en 2013 (Source : BEN2013) .....	20
Figure 11. Consommation d'énergie dans le résidentiel (Source : BEN 2013).....	21
Figure 12 - Consommation moyenne d'électricité des ménages [MWh/ménage] (source: BEN 2012) .....	24
Figure 13 - Consommation des appareils électriques en RBC (scénario – 95%) .....	25
Figure 14. Rénovation des bâtiments résidentiels en RBC à l'horizon 2050 (Scénario -95%).....	26
Figure 15. Evolution des besoins en chauffage dans les bâtiments résidentiels (Scénario -95%) .....	26
Figure 16. Consommations d'énergie du secteur tertiaire (Source : BEN 2013).....	28
Figure 17. Evolution de la demande en surface du secteur tertiaire en RBC (Scénario -95%) .....	31
Figure 18. Evolution des besoins en chauffage dans le secteur tertiaire (Scénario -95%).....	31
Figure 19. Effet des différents leviers sur la réduction des émissions dues aux bâtiments en RBC (valeurs relatives).....	32
Figure 20. Emissions relatives au transport routier à Bruxelles.....	34
Figure 21. Types de parcours considérés dans le secteur transport .....	35
Figure 22. Consommation et fourniture d'énergie en RBC en 2013 (Source : BEN 2013) .....	39
Figure 23 - Demande en énergie finale en RBC (scénario -95%).....	40
Figure 24 – Approvisionnement en énergie primaire de la RBC (scénario -95%) .....	43
Figure 25. Echelle de Lansink (Source : Trotec.be).....	44
Figure 26. Evolution des déchets disponibles en RBC [tonnes] dans le scénario -95%.....	45
Figure 27. Description d'un régime équilibré dans le scénario -95% .....	47
Figure 28. Empreinte carbone de différents types de viandes et substituts .....	48
Figure 29. Evolution du gaspillage dans le scénario -95%.....	49
Figure 30 - Niveaux d'ambition appliqués à un levier .....	53
Figure 31. Degrés d'ambition des principaux scénarios.....	56



## LISTE DES TABLES

Table 1. Réduction des émissions directes par secteur entre 2013 et 2050 en RBC (scénarios 80-95%).....	18
Table 2. Hypothèses considérées pour la demande dans le secteur résidentiel (scénarios 80-95%).....	22
Table 3. Besoin net de chaleur des logements après rénovation (scénarios 80-95%).....	25
Table 4. Répartition de la technologie pour répondre à la demande de chauffage et ECS dans le résidentiel (scénarios 80-95%) .....	27
Table 5. Estimation de la surface de bâtiments tertiaires, en 2013 et 2050 (scénarios 80-95%) .....	29
Table 6. Surface et performance des constructions et rénovations modélisées dans le tertiaire (scénarios 80-95%).....	30
Table 7. Répartition de la technologie pour répondre à la demande de chauffage dans le tertiaire (scénarios 80-95%).....	32
Table 8. Répartition modale du transport des Bruxellois [% en passager.km] (scénarios 80-95%).....	36
Table 9. Répartition modale du transport des navetteurs [% en passager.km] (scénarios 80-95%).....	36
Table 10. Répartition modale du transport de marchandises [% en tonnes.km] (Scénarios 80-95%) .....	37
Table 11. Fourniture d'énergie en RBC [TWh] (Scénarios 80-95%).....	40
Table 12. Production d'énergie sur le territoire [GWh] (Scénarios 80-95%).....	41
Table 13. Evolution de la quantité de déchets produite et importée en RBC [1000 tonnes] (Scénarios 80-95%) .....	45
Table 14. Hypothèses utilisées pour définir un régime alimentaire bas-carbone (scénario 95%).....	46

## GLOSSAIRE

BEN	Bilan Energétique de la RBC
CO <sub>2</sub> e	Unité utilisée dans l'expression des émissions de gaz à effet de serre (« CO <sub>2</sub> équivalent »)
CoBrACE	Code Bruxellois de l'air, du climat et de la maîtrise de l'énergie
DECC	Department of Energy and Climate Change. Administration publique du Royaume-Uni en charge des dossiers liés à l'énergie et au changement climatique. Le DECC a développé un modèle de simulation qui permet de créer différents scénarios d'évolution des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050.
EC	Economie Circulaire
ECS (SHW)	Eau chaude sanitaire (Sanitary Hot Water)
Émissions indirectes	Emissions de gaz à effet de serre ayant lieu hors du territoire considéré mais nécessaire pour l'activité sur ce territoire. <i>Exemples :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- émissions liées à la production d'électricité pour les bâtiments et industries situés sur le territoire par des centrales électriques situées hors de ce dernier,</li> <li>- émissions liées à la production de nourriture ou de matériaux hors du territoire mais qui y sont destinés, etc.</li> </ul>
EV	Véhicule Electrique (Electric Vehicle)
FCV	Véhicule à pile à combustible (Fuel Cell Vehicle)
GES	Gaz à Effet de Serre
HVAC	Heating, ventilation and air conditioning
IBSA	Institut Bruxellois de Statistiques et d'Analyse
ICE	Internal Combustion Engine
PAC	Pompe à Chaleur
PACE	Plan Air-Climat-Energie
PAEE	Plan d'Action Efficacité Energétique
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
PRDD	Plan Régional pour le Développement Durable
PREC	Programme Régional en Economie Circulaire
RBC	Région de Bruxelles-Capitale
SER	Source d'Energie Renouvelable

## I. LA TRANSITION BAS-CARBONE

Le monde fait face à une série de défis sociétaux parmi lesquels figure le changement climatique. Un large consensus reconnaît que les émissions de gaz à effet de serre liées aux activités humaines sont responsables des changements observés de la température terrestre.

C'est dans ce contexte que l'ensemble des Parties à la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques reconnaît la nécessité de diminuer les émissions de gaz à effet de serre pour limiter l'accroissement de la température moyenne globale à des valeurs bien en-dessous de 2°C par rapport à l'ère préindustrielle. L'Accord de Paris, adopté en décembre 2015 et entré en vigueur en novembre 2016, formalise cet objectif.

L'Union européenne a montré sa détermination à faire face à ces défis et à ouvrir la voie en indiquant les moyens de parvenir à l'objectif. Lors de sa réunion d'octobre 2014, le Conseil européen a adopté un nouvel objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2030 : au moins -40% à l'horizon 2030 par rapport à 1990.

La Commission a également lancé un projet d'Union européenne de l'énergie<sup>1</sup>. Cette Union vise à garantir aux citoyens et aux entreprises de l'UE une énergie sûre, respectueuse de l'environnement et à un prix abordable.

Le Conseil européen a par ailleurs fixé un objectif d'au moins 27% d'énergie de source renouvelable dans sa consommation et une amélioration de l'efficacité énergétique d'au moins 27 %<sup>2</sup> en 2030.

Ces objectifs s'inscrivent dans le suivi de la décision du Conseil européen de réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'Union européenne à plus long terme, à raison de 80 à 95% d'ici 2050 par rapport au niveau de 1990<sup>3</sup>.

A cette fin, le Gouvernement Fédéral et les entités fédérées ont commandé des études visant à identifier des trajectoires vers une économie faible en carbone et à en comprendre les implications techniques et économiques<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> [https://ec.europa.eu/priorities/energy-union-and-climate\\_fr](https://ec.europa.eu/priorities/energy-union-and-climate_fr).

<sup>2</sup> Dans la proposition de révision de la Directive 2012/27 relative à la promotion de l'efficacité énergétique, la Commission a proposé un objectif européen de 30% d'amélioration de l'efficacité énergétique.

<sup>3</sup> Conclusions de la Présidence du 4 février 2011 :

[http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms\\_data/docs/pressdata/en/ec/119175.pdf](http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/ec/119175.pdf)

<sup>4</sup> Le site du SPF Environnement reprend la plupart de ces initiatives <http://www.climat.be/fr-be/>

## II. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'objectif premier de cette étude est de doter la Région de Bruxelles-Capitale (RBC) d'un outil et de scénarios lui permettant d'établir sa « *stratégie bas-carbone à l'horizon 2050* ». La finalité est donc de permettre à la Région d'avoir une vision plus fine des implications comportementales et techniques de diverses trajectoires, et d'ainsi être en mesure de mener une politique long terme dans chacun des secteurs, en ayant une vision globale et partagée des enjeux liés à la transition bas-carbone.

Par ailleurs, une telle étude permettra à la Région de répondre à ses obligations européennes et notamment à l'article 4 du règlement 525/2013 exigeant aux Etats Membres de réaliser une « *stratégie de développement à faible intensité de carbone* ». C'est à cette fin que le Gouvernement Fédéral et les entités fédérées ont commandé des études visant à identifier des trajectoires vers une économie faible en carbone.

Un objectif complémentaire de cette étude spécifique à la RBC a été de réaliser une estimation des sources d'émissions de gaz à effet de serre causées par ses activités mais survenant en dehors du territoire bruxellois. Ces émissions sont appelées « *émissions indirectes* » dans la suite de ce document. La modélisation des émissions indirectes est justifiée par deux raisons principales. Premièrement, considérer les émissions indirectes est important pour assurer la pertinence globale des stratégies bas-carbone<sup>5</sup>. En effet, dans le contexte actuel de mondialisation, la production de biens et services consommés sur un territoire comme celui de la RBC a majoritairement lieu sur d'autres territoires, il en va de même pour les émissions qui y sont liées. La deuxième raison de modéliser les émissions indirectes est de montrer l'impact positif qu'ont sur celles-ci certaines stratégies développées par Bruxelles Environnement dans le cadre de ses compétences. La stratégie GoodFood<sup>6</sup> et le Programme Régional d'Economie Circulaire<sup>7</sup> (PREC) en sont des illustrations concrètes. Un tel élargissement du périmètre considéré ouvre donc la possibilité d'envisager des stratégies de gouvernance collaboratives, mutuellement bénéfiques entre régions.

Pour répondre à ces différents objectifs, la Région de Bruxelles-Capitale a fait le choix de s'aligner sur l'outil développé pour le Gouvernement fédéral et les autres régions c'est-à-dire d'utiliser l'outil de simulation développé à partir du modèle OPEERA (voir Annexe I) en l'adaptant aux spécificités de la RBC, notamment en y considérant les projections rapportées au niveau européen dans le cadre du « Greenhouse gas Monitoring Mechanism Regulation » (règlement N°525/2013).

Cette étude a été réalisée entre octobre 2015 et février 2017. Elle a été menée en collaboration étroite avec le comité d'accompagnement et l'équipe de Bruxelles Environnement.

Le rapport est accompagné d'une part d'un outil Excel et d'autre part d'annexes techniques disponibles à Bruxelles Environnement qui complètent ce rapport.

<sup>5</sup> Voir par exemple Davis et Caldeira, « *Consumption-based accounting of CO2 emissions* », Department of Global Ecology, Stanford.

<sup>6</sup> <http://www.goodfood.brussels/>

<sup>7</sup> <http://www.environnement.brussels/thematiques/economie-durable/programme-regional-en-economie-circulaire>

### III. SCÉNARIOS ENVISAGÉS POUR LA RÉGION

L'outil développé pour cette étude (basé sur l'outil OPEERA) permet de construire différents scénarios d'évolution des émissions de GES pour la Région d'aujourd'hui à 2050.

La modélisation en scénarios est fréquemment utilisée dans les études nationales et internationales (IEA, Bureau Fédéral du Plan, GIEC, OCDE...). Elle permet de montrer plusieurs pistes pour atteindre les réductions nécessaires et d'en comprendre les implications.

L'approche par scénarios permet de montrer l'impact principal des choix des acteurs du territoire pour les différents secteurs, que ce soit au niveau politique (normes et mesures), au niveau des organisations (bâtiments, mobilité, transport, énergie, déchets) et des habitants (comportement, rénovation, mobilité, alimentation). Les scénarios permettent de tester différentes évolutions et de refléter différentes sensibilités. Ils facilitent ainsi les discussions et les débats.

Tel qu'expliqué à l'Annexe I, les données et hypothèses sur lesquelles est basé le modèle ont été collectées au cours de consultations rassemblant de nombreux experts pour chaque secteur. Les interactions avec les parties-prenantes et acteurs de terrain ont ainsi été centrales dans la réalisation de cet outil.

Les détails du fonctionnement de l'outil, de ses spécificités, des différents scénarios réalisés, et de la méthodologie utilisée se trouvent en annexe. Les différents types de scénarios qui reviendront dans la suite du rapport sont succinctement décrits ici.

Le premier scénario est le **scénario de référence**. Il illustre l'évolution des émissions de GES dans un fonctionnement régional « as usual » c'est-à-dire considérant la poursuite des tendances actuelles dans les différents secteurs.

En parallèle à ce scénario de référence, la flexibilité du modèle permet de définir des nombreux scénarios contrastés. Dans le cadre de ce projet, la volonté a été de développer des scénarios par la combinaison de trois paramètres, afin d'en faire ressortir les implications majeures. La réalisation de tels scénarios est schématisée à la Figure 1.



Figure 1. Multiples possibilités de scénarios de l'outil

Le premier paramètre est l'atteinte d'un **objectif de réduction** des émissions<sup>8</sup>. Les scénarios ainsi formés représentent l'incidence d'une modification du système énergétique bruxellois qui vise à atteindre cette réduction d'émissions en 2050. Dans cette étude, **les scénarios -80% et -95% ont été analysés** et seront détaillés dans la suite du rapport. Le scénario -95% implique d'accorder le niveau d'ambition le plus élevé à tous les leviers.

Le second paramètre est le **périmètre de l'ambition** : la dynamique de réduction des émissions se limite-t-elle aux émissions territoriales (**focus territorial**) ou des politiques d'ambition similaire sont-elles mises en place pour réduire les émissions indirectes (**effort global**) ?

Le dernier paramètre est le **type de leviers activés** : les changements concernent-ils la demande ou l'offre proposée en réponse à cette demande ? Concernant **la demande**, l'évolution relève essentiellement des changements de comportement de l'ensemble des acteurs, qu'ils soient des particuliers ou des entreprises, et a trait à la demande de mobilité, de confort thermique, de surface d'habitat, d'alimentation, etc. Quant à **l'offre**, les changements qui s'y rapportent concernent plutôt des éléments tels que le système de mobilité en place, l'efficacité énergétique des appareils et services proposés, les technologies de production d'énergie disponibles, les performances du bâti bruxellois, etc. Cette offre s'inscrit dans un contexte marqué notamment par des avancées techniques, un climat économique, des choix politiques et un cadre réglementaire et juridique. La liste complète des leviers modélisés se trouve à l'Annexe II.

La suite de ce rapport présente tout d'abord la Région de Bruxelles-Capitale et le scénario de référence qui esquisse son évolution selon une approche « Business as Usual ». La suite de l'analyse sera structurée par secteurs plutôt que par scénarios. Les résultats de différents scénarios de réduction seront néanmoins exploités au cas par cas afin de développer et illustrer les principaux messages-clés qui ressortent de l'étude. Tandis que les scénarios de réduction (avec ambition globale) de -80 et -95% seront détaillés dans chaque section, le paramètre « Demande » et « Offre » sera essentiellement utilisé dans l'analyse du secteur du bâtiment.

---

<sup>8</sup> Le calcul de cette réduction est réalisé sur les émissions territoriales, par souci de cohérence avec les différents exercices de rapportage au niveau européen et mondial.

#### IV. LA RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE

La Région de Bruxelles-Capitale est confrontée à de nombreux enjeux qui définissent le contexte et le cadre dans lesquels s'établira la transition de la Région. Parmi ceux-ci, on peut citer la forte hausse démographique et l'évolution à la baisse de la composition des ménages, qui se traduit par la nécessité d'une densification accrue du territoire. L'ambition de la RBC est de proposer à tous des logements décents, une mobilité fluide, un cadre de vie et une économie favorables, dans le respect des objectifs environnementaux.

Le présent document reprend la démarche effectuée par la Région de Bruxelles-Capitale pour identifier et modéliser les enjeux liés à la transition bas-carbone pour la RBC. A ce titre, il complète les autres travaux de la Région et notamment :

- Le **Plan Intégré Air-Climat-Energie** adopté en juin 2016<sup>9</sup>, qui concerne notamment la qualité de l'air, les changements climatiques, l'efficacité énergétique et la production d'énergie à partir de sources renouvelables. Ce plan inclut également la participation de la RBC à la Convention des Maires, dans le cadre de laquelle la Région s'est fixé l'objectif de réduire ses émissions de 30% à l'horizon 2025.
- Le **Plan Régional de Développement Durable**<sup>10</sup> décliné autour (i) du développement de nouveaux quartiers et la production ambitieuse de logements adaptés, (ii) du développement d'équipements et d'un cadre de vie agréable, durable et attractif, (iii) du développement de secteurs et de services porteurs d'emplois, d'économie et de formation et (iv) de l'amélioration de la mobilité comme facteur de développement urbain durable
- Le **Code Bruxellois de l'Air, du Climat et de la maîtrise de l'Energie** (COBRACE)<sup>11</sup>, adopté en 2013, qui comprend de nombreuses mesures en matière d'efficacité énergétique, de développement des sources d'énergie renouvelable, de transport, de qualité de l'air et de climat.
- Le **Programme Régional d'Economie Circulaire** adopté en mars 2016 qui vise à redynamiser l'économie bruxelloise en lien avec l'environnement<sup>12</sup>
- La stratégie **GoodFood**<sup>13</sup> (2016-2020) qui vise à placer l'alimentation au cœur de la dynamique urbaine, en l'abordant dans toutes ses dimensions, économiques, sociales et environnementales.
- Le **Plan d'Action en Efficacité Energétique**, dont la dernière version (2017) ne vise plus uniquement la consommation finale d'énergie, mais toute la chaîne énergétique.
- Le **Plan Régional de Mobilité** adopté en 2010 et actuellement en révision, qui définit la politique de mobilité régionale. Il établit les mesures à prendre afin de réduire la charge de trafic de 20% en 2018 par rapport à l'année 2001.

La Région de Bruxelles-Capitale comporte des spécificités par rapport aux autres Régions : Ville-région, elle se caractérise notamment par la densité très élevée de l'habitat, un flux de navetteurs très important, la présence d'une activité économique tertiaire en croissance, la faible présence de l'industrie et de l'agriculture.

<sup>9</sup> <http://www.environnement.brussels/thematiques/air-climat/laction-de-la-region/air-climat-et-energie-vision-integree>

<sup>10</sup> <http://www.prdd.brussels/> Ce plan est soumis à enquête publique du 13 janvier 2017 au 13 mars 2017.

<sup>11</sup> [http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi\\_loi/change\\_lg.pl?language=fr&la=F&table\\_name=loi&cn=2013050209](http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&table_name=loi&cn=2013050209)

<sup>12</sup> <http://www.environnement.brussels/thematiques/economie-durable/programme-regional-en-economie-circulaire>

<sup>13</sup> <http://www.goodfood.brussels/fr/content/strategie-good-food>

Le périmètre géographique considéré dans cette étude est le territoire des 19 communes de la Région de Bruxelles-Capitale illustré à la Figure 2. Il correspond à la Région de Bruxelles Capitale et au domaine de compétence de Bruxelles Environnement.

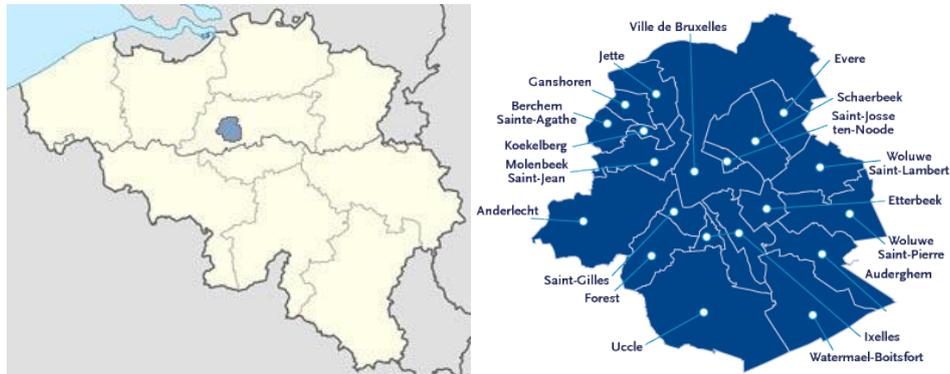
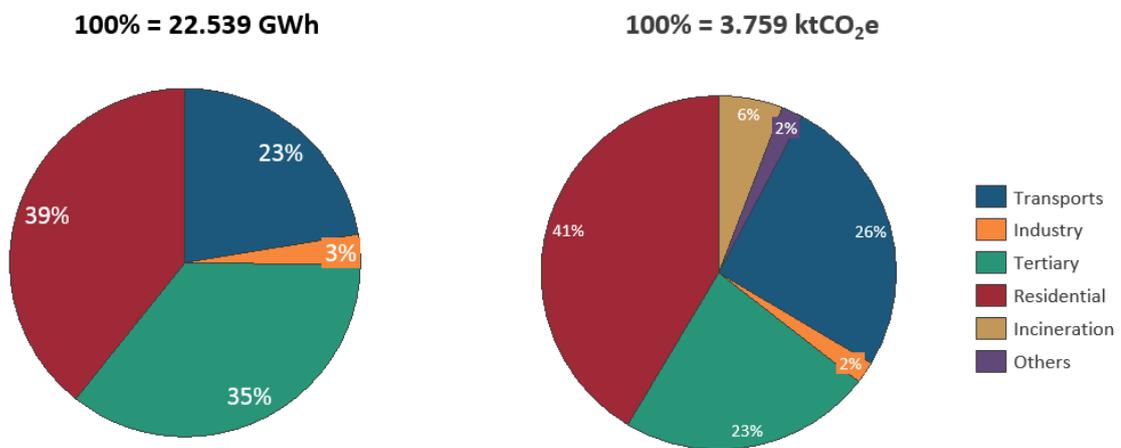


Figure 2 - Périmètre géographique de l'étude

Les particularités de la Région de Bruxelles-Capitale ont été prises en compte lors de la modélisation des émissions. Par exemple, les secteurs du logement et du transport étant les premières sources d'émissions territoriales et de consommation d'énergie de la Région (cf. Figure 3), ils ont été modélisés de manière plus fine<sup>14</sup>. Le bilan énergétique et le bilan des émissions territoriales de GES de la Région rapportés au niveau européen en 2013 sont disponibles à la Figure 3.

Final energy consumption in Brussels territory  
[% in 2013]

GHG emitted on Brussels territory<sup>(i)</sup>  
[% in 2013]



Source: Bruxelles Environnement

(i) Not corrected for climate effect, LULUCF and fluorinated gas not considered

Figure 3. Consommation d'énergie et émissions de la RBC en 2013

<sup>14</sup> Par exemple, les réalités liées au transport en RBC ont été prises en compte notamment en mettant en évidence l'impact des navetteurs qui viennent travailler quotidiennement à Bruxelles, et en distinguant les hypothèses utilisées pour les navetteurs et pour les Bruxellois

Les émissions territoriales de la RBC représentent environ 3,5 % des émissions territoriales de la Belgique. Cependant, une part importante des émissions dues aux activités de la Région trouve son origine en dehors des émissions territoriales. En effet, l'importance relative des émissions indirectes augmente si on considère un territoire de petite taille et orienté vers des activités de services, deux caractéristiques de la Région de Bruxelles-Capitale. La comparaison entre les émissions territoriales et les émissions indirectes de la RBC est visible à la Figure 4.

#### Emissions directes et indirectes de la RBC en 2013 [MtCO<sub>2</sub>e]

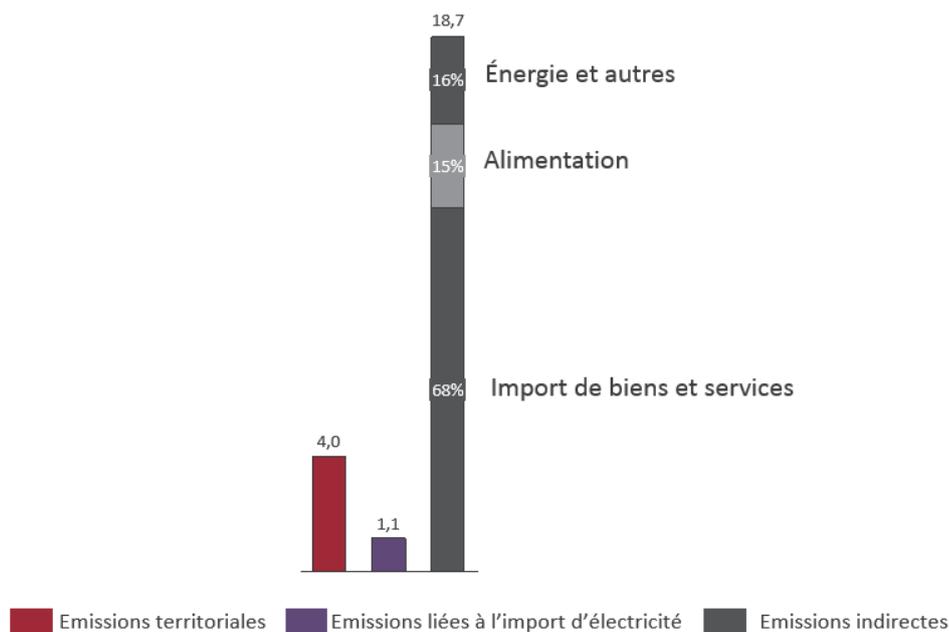


Figure 4. Importance des émissions indirectes liées aux activités de la RBC en 2013

Notons que l'estimation des émissions indirectes nécessite d'utiliser un nombre important d'hypothèses dont toutes ne peuvent pas être vérifiées et qui présentent dès lors un niveau d'incertitude plus important. Néanmoins, la prise en compte de ces émissions indirectes permet de donner un ordre de grandeur aux émissions liées à la consommation et au mode de vie des Bruxellois et permet ainsi à la Région de les influencer, au travers des politiques et mesures mises en place.

Les catégories considérées sont la production de biens et services importés sur le territoire de la région (biens de consommation, meubles, accessoires, électroménagers...), la production de nourriture et de produits agricoles importés à Bruxelles, la production et l'acheminement des vecteurs énergétiques consommés à Bruxelles (extraction, transformation et transport du gaz, pétrole, électricité...), les matériaux de construction, et finalement le transport des Bruxellois hors de la RBC.

En se limitant à présent à la vision territoriale, l'historique des émissions de GES<sup>15</sup> depuis 1990 (c'est-à-dire l'année de référence pour le calcul de la réduction des émissions) est représenté à la Figure 5.

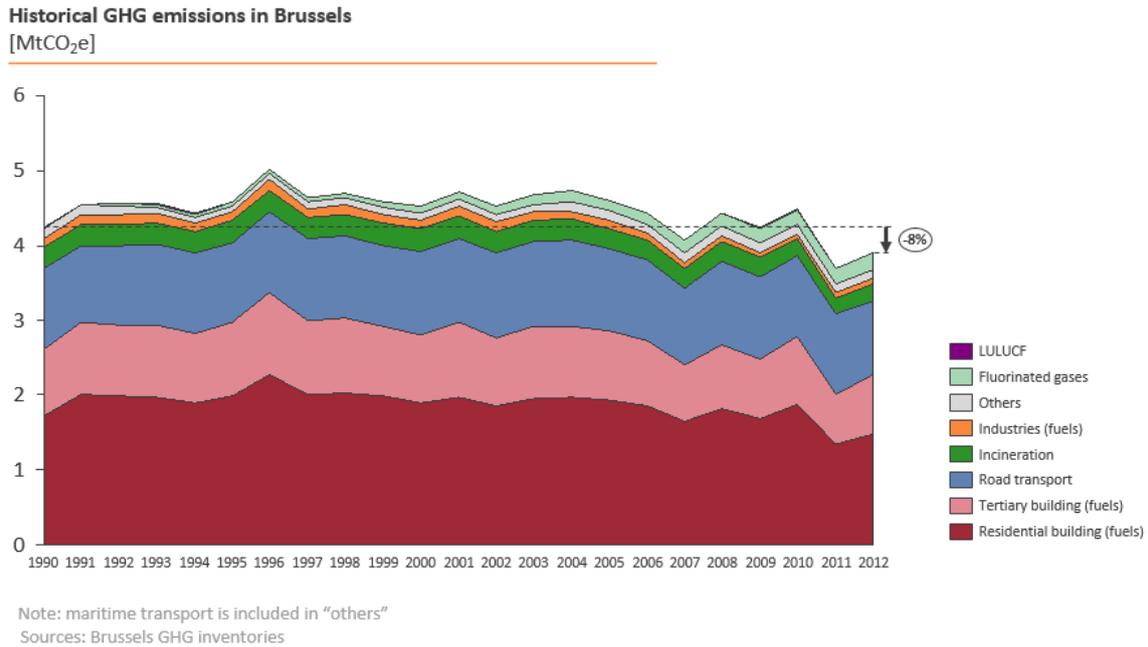


Figure 5. Historique des émissions de GES en RBC

Le scénario de référence estime l'évolution de ces émissions de GES à l'horizon 2050 faisant suite à une poursuite de l'activité et des tendances actuelles de la Région. C'est ce profil qui est pris comme scénario de référence dans le reste de l'étude.

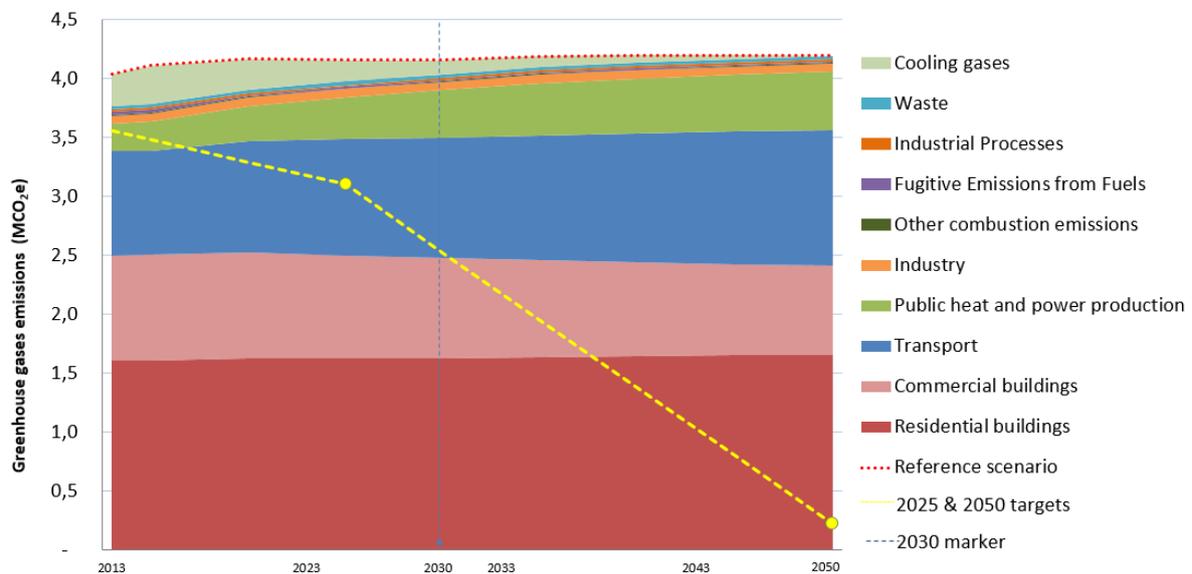


Figure 6. Evolution des émissions territoriales en RBC dans le scénario de référence

<sup>15</sup> Emissions renseignées à climat réel

Il est à noter que ce scénario de référence (ainsi que les autres scénarios de réduction) considère une évolution démographique de la Région de +13% à l'horizon 2050, tel que projeté par le Bureau Fédéral du Plan dans son analyse "Projections 2060".

Par ailleurs, l'impact de l'évolution des degrés-jours sur les consommations énergétiques n'est pas considéré dans l'outil, le profil de cette évolution étant largement incertain.

Comme représenté sur la Figure 6, sans changement d'orientation dans l'évolution de l'offre et la demande des différents secteurs, la Région verrait ainsi ses émissions augmenter de 5% d'ici à 2050. Une telle augmentation des émissions territoriales serait tout d'abord induite par une évolution démographique importante ; celle-ci ayant ici plus d'impact que dans les autres scénarios puisqu'elle ne serait pas accompagnée par des changements de comportement ni par une évolution de l'offre de biens et services disponible pour répondre aux besoins de cette population. Par ailleurs, l'augmentation de l'activité attribuée à la Région, en termes de nombre d'emplois et de valeur ajoutée générée sur le territoire, est également à la base d'une augmentation de la consommation et donc des émissions liées. Un dernier élément majeur induisant une hausse des émissions dans le scénario de référence est l'installation massive de cogénérations au gaz naturel, de manière à atteindre le potentiel maximal de cogénération estimé pour la Région<sup>16</sup>.

Un tel scénario illustre donc le besoin urgent de repenser le fonctionnement de la Région, secteur par secteur, et transversalement, de manière à ce que la RBC devienne actrice de la transition bas-carbone.

---

<sup>16</sup> ICEDD, Potentiel technico-économique de la cogénération en Région de Bruxelles Capitale

## V. ANALYSES ET MESSAGES CLÉS DES SCÉNARIOS DE RÉDUCTION

Cette section se concentre sur les principaux messages de l'étude, eux-mêmes organisés selon les secteurs déterminants de la région.

### A. TRANSVERSAL

*Les changements de comportement sont indispensables pour atteindre les objectifs de réduction d'émissions territoriales. Il est crucial que ces changements soient portés par un contexte politique approprié à l'ambition et qui mette à disposition les cadres financier, technologique et juridique nécessaires. De tels changements doivent également devenir un des éléments déterminants pour la planification territoriale. Pour atteindre une réduction de 80% des émissions, les différents secteurs doivent revoir la façon dont ils répondent aux besoins de la Région, notamment avec le prisme de l'économie circulaire. Une réduction de 95% implique quant à elle une rupture dans les modes d'organisation de la société.*

L'étude illustre qu'une réduction de 80 à 95% des émissions territoriales de GES est théoriquement possible à l'horizon 2050. Tel que représenté à la Figure 7, cela implique d'accélérer de manière significative les réductions de GES actuelles (via une réduction de 4 à 7% par an selon l'objectif considéré dans la fourchette 80 à 95% de réduction), et de poser des choix très forts notamment en termes de politique de rénovation, d'aménagement du territoire, de transport, de réduction et gestion des déchets et de développement de l'autoproduction d'énergie renouvelable.

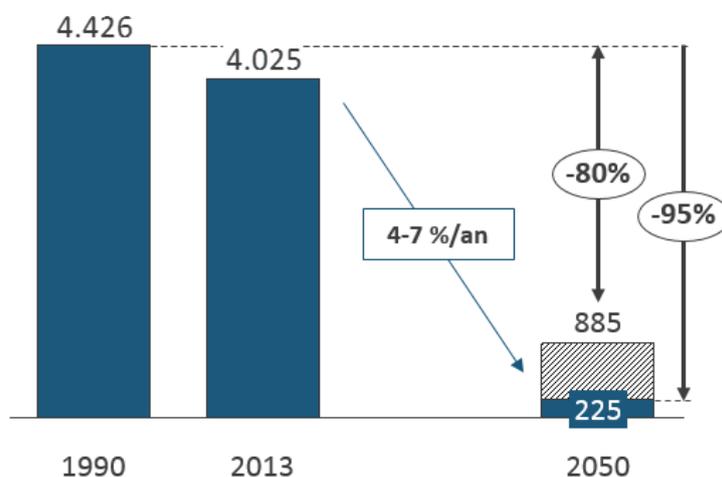


Figure 7. Emissions historiques de GES de la RBC et illustration de l'objectif de réduction de 80-95% à l'horizon 2050 [tCO2e]

Plusieurs trajectoires de réduction sont possibles, atteignant des objectifs de réduction différents<sup>17</sup> (-80%, -95%). Dans tous les cas, l'ensemble des secteurs doit contribuer pour atteindre de tels niveaux de réduction.

Le scénario parvenant à une réduction de -95% implique l'activation de tous les leviers au niveau maximum, la trajectoire des émissions à l'horizon 2050 est représentée à la Figure 8. Une telle réduction nécessite des prises de décision très ambitieuses qui impliquent non seulement des changements comportementaux, techniques ou de modèles économiques mais également des changements disruptifs concernant le fonctionnement des différents secteurs, afin que ceux-ci répondent de manière plus efficace et rationnelle aux différents besoins (de transport, de logement, de loisirs, ...) de la Région.

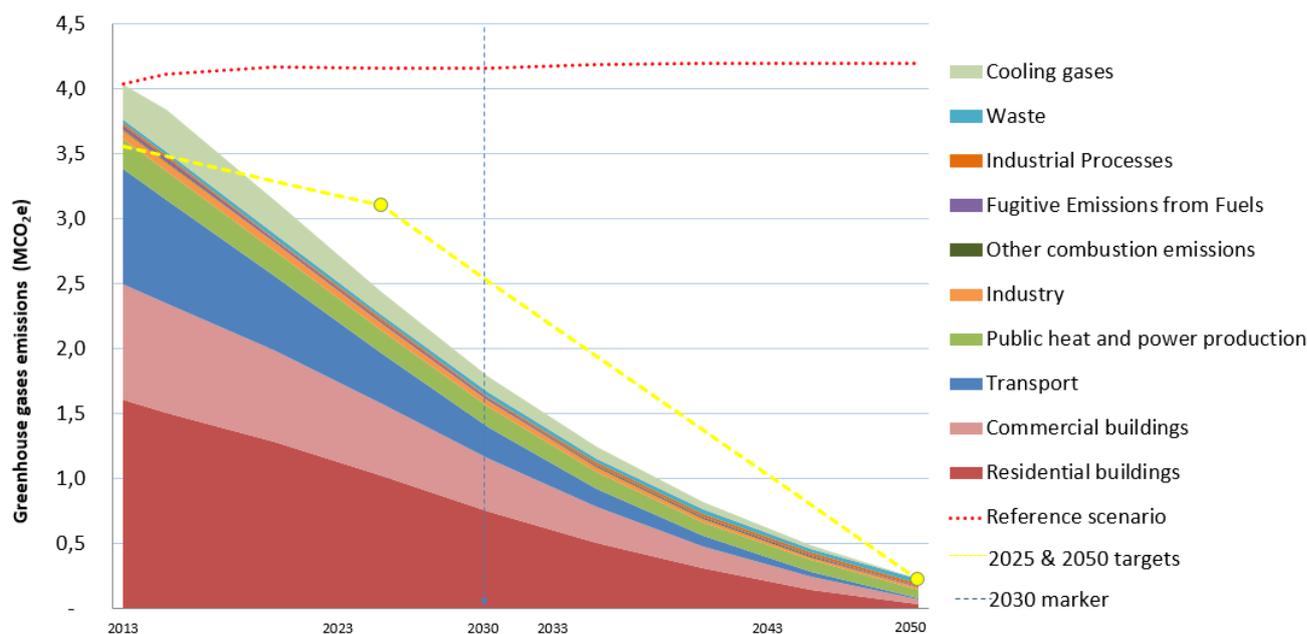


Figure 8. Evolution des émissions territoriales en RBC dans le scénario -95% (ambition globale)

Une réduction de -95% de GES concerne tous les secteurs sans exception. Les évolutions des principaux secteurs (bâtiments, transport, énergie, déchets pour le scope direct, ainsi qu'alimentation et import de biens et services pour le scope indirect) sont détaillées dans la suite du document. Certaines sources d'émissions ne seront pas abordées en détails, à savoir les émissions issues des industries, car faiblement représentées en RBC, de même que les émissions issues des stations d'épuration, de l'offroad ou des systèmes de refroidissement. L'annexe I reprend les hypothèses utilisées pour ces postes d'émissions.

La Table 1 reprend les réductions attendues dans les différents secteurs pour atteindre une diminution de 80-95% des GES à l'horizon 2050. Dans les tableaux qui suivent, les valeurs à l'horizon 2050 seront exprimées pour les scénarios -80 et -95% respectivement.

<sup>17</sup> Le calcul de cette réduction est réalisé sur les émissions territoriales, par souci de cohérence avec les différents exercices de rapportage au niveau européen et mondial.

	2013	2050	Réduction <sup>18</sup> p/r 2013
Combustion de carburant	3.680	844 – 164	77 – 96%
<i>Production de chaleur et d'électricité</i>	223	141 – 62	38 – 73%
<i>Transport</i>	886	102 – 13	88 – 99%
<i>Bâtiments tertiaires</i>	889	225 – 33	75 – 96%
<i>Bâtiments résidentiels</i>	1.609	343 – 36	79 – 98%
<i>Industrie</i>	70	28 – 14	60 – 80%
Autres combustions de carburant (offroad)	5	5	-
Emissions fugitives des carburants <sup>19</sup>	30	11	63%
Procédés <sup>20</sup>	18	18	-
Stations d'épuration	30	30	-
Systèmes de refroidissement	269	0	100%
<b>TOTAL</b>	<b>4.025</b>	<b>906 – 225</b>	<b>78 – 94%</b>

Table 1. Réduction des émissions directes par secteur entre 2013 et 2050 en RBC (scénarios 80-95%)

***La Région a choisi de considérer également l'impact de ses activités sur les émissions indirectes, afin de se donner les moyens d'avoir une vue plus globale, au-delà de son territoire, et d'ainsi pouvoir poser des choix cohérents au regard des objectifs collectifs.***

Le second message-clé transversal porte sur ce qui fait la particularité du modèle bruxellois : la prise en compte des émissions indirectes. Comme expliqué précédemment, ces émissions indirectes représentent des émissions n'ayant pas lieu sur le territoire bruxellois, mais causées par les activités de la Région. La réduction de ces émissions est donc dépendante de choix réalisés sur le territoire de la RBC, concernant notamment l'alimentation, la consommation de biens & services, le transport extraterritorial, etc.

Parallèlement à la Figure 6, la Figure 9 reprend quant à elle l'évolution des émissions de la Région à l'horizon 2050 en y intégrant à présent les émissions indirectes. L'évolution est celle observée dans le scénario -95% « ambition globale », c'est-à-dire en accordant une ambition maximale dans tous les secteurs impactant les émissions territoriales, tout en mettant en place des politiques ambitieuses pour réduire les émissions indirectes. Une telle vision globale mène ainsi à une réduction de 95% des émissions territoriales et à 60% des émissions indirectes. Pour comparaison, la courbe du scénario -95% « Brussels focus » (cf. les pointillés en orange sur le graphe) représente une ambition maximale pour réduire les émissions territoriales, sans attention particulière pour réduire les émissions indirectes.

<sup>18</sup> Ce pourcentage de réduction est exprimé par rapport à 2013, il est donc normal que le total diffère légèrement de la dénomination des scénarios puisque l'objectif global de ceux-ci est calculé par rapport à 1990.

<sup>19</sup> Emissions générées par les fuites sur les réseaux de transport et de distribution de la Région, ainsi que par la distribution d'essence

<sup>20</sup> Émissions générées par des usages de solvants, d'enduits, de cire, de paraffine, d'aérosols, etc.

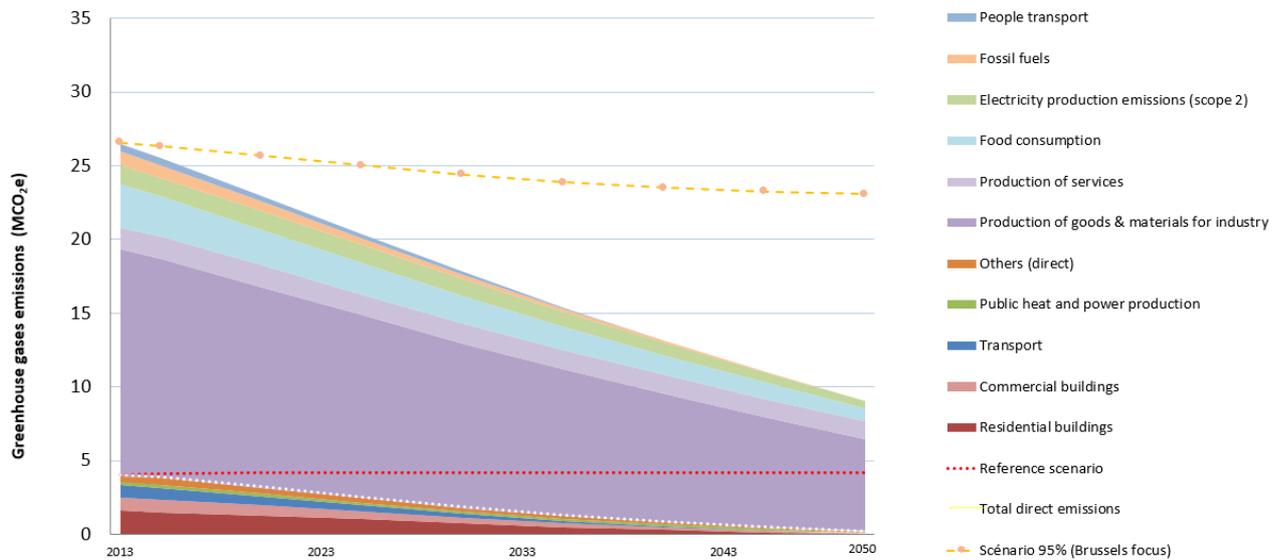


Figure 9. Evolution des émissions directes et indirectes dans le scénario -95% (ambition globale)

A l'inverse, certaines décisions prises par d'autres entités (entités belges ou autres pays) conditionnent les trajectoires bruxelloises. Les changements de consommation des Bruxellois peuvent mener à une demande plus soutenable, et la Région peut développer sur son territoire une offre durable pour répondre partiellement aux besoins des Bruxellois, mais une partie de l'offre sera probablement toujours issue d'autres Régions. Il est ainsi important que la volonté de développer une offre efficace et bas-carbone soit partagée entre les territoires.

De même, certaines politiques et mesures mises en place en RBC ne sont cohérentes que si cette vision est partagée avec les Régions voisines. La décarbonation du transport par l'électrification en est un exemple : celle-ci n'est cohérente que si l'électricité importée est neutre en carbone.

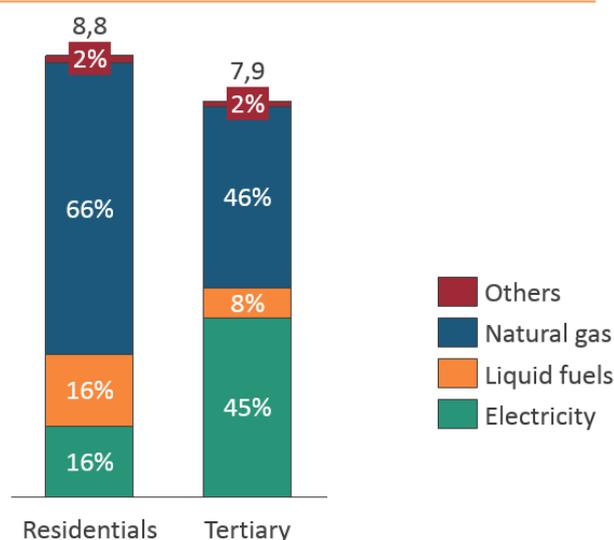
La transition bas-carbone devra ainsi inévitablement s'inscrire dans une vision partagée et une dynamique collective.

## B. BÂTIMENT

*Pour décarboner les secteurs résidentiel et tertiaire, il est indispensable que la totalité du bâti soit performante, c'est-à-dire aussi bien les nouvelles constructions que le stock actuel de bâtiments. Au vu de la densité et de l'âge du stock de bâtiments bruxellois, une stratégie induisant une accélération forte du taux de rénovation est donc indispensable. Cette rénovation devra inévitablement s'accompagner d'une décarbonation de l'approvisionnement en chaleur et d'une optimisation de la gestion et de l'usage du bâtiment.*

Le secteur du bâtiment représente la principale source d'émissions territoriales à Bruxelles avec 68% du total en 2013, soit 2,5 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>e. Dans cette étude, on distingue les bâtiments résidentiels : maisons et appartements (logements) et les bâtiments tertiaires (commerces, services et bureaux). Ces deux catégories ont des caractéristiques et des profils de consommation différents, tel que visible à la Figure 10.

Shares of the energy vectors for residential and tertiary sectors  
[shares in % and total in TWh, in 2013]



Note : Others includes : coal, butane/propane, heat pumps & solar and wood for residentials – cogeneration for tertiary

Figure 10. Consommation énergétique des secteurs résidentiel et tertiaire en 2013 (Source : BEN2013)

Le secteur du bâtiment étant la première source d'émissions de la RBC, il est logique qu'il contribue de manière significative à une transition bas-carbone. Les scénarios de 80 et 95% de réduction dessinent la trajectoire d'une réduction de respectivement 77 et 97% des émissions liées aux bâtiments de la Région (secteurs résidentiel et tertiaire confondus) impliquant un approvisionnement de chaleur grâce à des énergies renouvelable. Une telle réduction nécessite de nombreuses transformations, notamment en termes d'habitudes individuelles, d'avancées techniques, urbanistiques et réglementaires, et particulièrement concernant la rénovation du parc de bâtiments et des systèmes d'apport de chaleur<sup>21</sup> (HVAC et SHW).

<sup>21</sup> HVAC = Heating, ventilation and air conditioning - SHW = Sanitary Hot Water

## 1. SECTEUR RÉSIDENTIEL<sup>22</sup>

Selon le bilan énergétique de la Région, le secteur des bâtiments résidentiels représente les 550.000 foyers. Il n'existe pas de cadastre précis du logement et on estime à 46 millions de m<sup>2</sup> la surface de logement existante.

Le secteur du logement a consommé 8,8 TWh en 2013 et a émis 1,6 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>e d'émissions. Les émissions indirectes sont principalement liées à la consommation d'électricité, à la production et au transport des combustibles utilisés et aux matériaux de construction utilisés dans les nouvelles constructions. Les foyers nécessitent de l'énergie pour deux majeures applications :

- la production de chaleur : chauffage et la climatisation (HVAC), ainsi que production d'eau chaude sanitaire (ECS/SHW)
- les appareils et services électriques<sup>23</sup> : petits et gros électroménagers, cuisson et éclairage

Tel que représenté sur la Figure 11, le chauffage représente 71% de l'utilisation d'énergie dans le logement en 2013, tandis que la production d'eau chaude sanitaire représente 15%. La climatisation est presque inexistante en 2013. En termes de performance de l'enveloppe, le besoin net de chaleur est estimé à 108 kWh/m<sup>2</sup> en moyenne en 2013<sup>24</sup>. Les consommations relatives consistent principalement en des consommations de gaz et mazout.

La consommation des appareils et services électriques représente quant à elle 14% des consommations totales du logement en 2013, parmi lesquels 35% pour les gros électroménagers, 28% pour les petits électroménagers, 27% pour la cuisson et 10% pour l'éclairage. En 2013, ces consommations sont principalement électriques à l'exception de la cuisson qui s'effectue également au gaz.

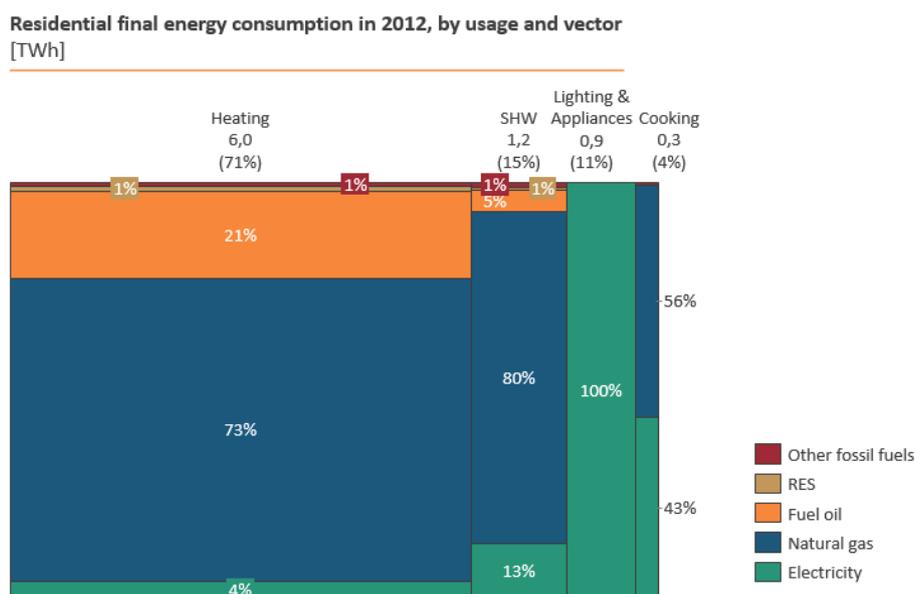


Figure 11. Consommation d'énergie dans le résidentiel (Source : BEN 2013)

<sup>22</sup> Les données de contexte du secteur résidentiel de ce chapitre sont essentiellement issues du Bilan Énergétique de la RBC

<sup>23</sup> Sont considérés comme gros électroménagers : frigo, machine à laver, lave-vaisselle, etc. – Sont considérés comme petit électroménager : télévision, ordinateur, bouilloire, grille-pain, radio, décoration, etc.

<sup>24</sup> Sans correction climatique

En vue de réduire les consommations d'énergie et donc les émissions de GES du secteur du logement, deux dynamiques complémentaires doivent être activées. D'une part, la demande des résidents doit évoluer vers une plus grande durabilité (en termes de surface et confort thermique, de demande d'appareils et services électriques, etc.) et d'autre part, l'offre de logement doit tendre vers une plus grande efficacité (performances des logements, technologie et efficacité des appareils électriques et des systèmes de chauffage). Ces deux types de leviers permettent de calculer la consommation d'énergie des ménages, et ainsi les émissions de GES qui y sont liées.

## A) UNE DEMANDE SOUTENABLE

Au niveau de la demande, les leviers activables sont la taille des nouveaux logements, la demande de confort thermique et la demande en appareils et services électriques. Ces leviers sont donc associés essentiellement à des choix individuels et de comportement. Dans les scénarios de réduction (80 et 95%), ces trois leviers sont considérés en diminution à l'horizon 2050, tel que détaillé à la Table 2.

		2013	2050
Taille des logements			
Maison	m <sup>2</sup>	174	134 – 122
Appartement	m <sup>2</sup>	76	59 – 53
Demande de confort thermique par ménage			
Chauffage	(relatif à 2013)	1	0,95 – 0,84
Eau chaude sanitaire	(relatif à 2013)	1	0,7 – 0,5
Climatisation	(relatif à 2013)	1	25 – 1,17
Demande appareils et services électriques par ménage	MWh	2,11	1,94 – 1,6

Table 2. Hypothèses considérées pour la demande dans le secteur résidentiel (scénarios 80-95%)

Concernant la **surface des logements**, plusieurs éléments peuvent favoriser sa réduction, parmi lesquels :

- Préférer le petit collectif aux maisons individuelles, de manière à réduire la surface des logements neufs et rénovés
- Développer des pratiques d'habitat partagé, permettant de mutualiser des espaces communs comme les chambres d'amis, la laverie, le garage, le jardin
- Développer des espaces publics de manière à répondre à certains besoins auxquels ne pourront plus répondre les espaces privés de surface limitée

Selon l'ADEME<sup>25</sup>, « les tailles des ménages se réduisant structurellement, la tendance à l'augmentation de la taille des logements en m<sup>2</sup> résulte sans doute plus de l'augmentation du niveau de vie et du choix d'investir dans son espace privatif. Il semble qu'avec des solutions d'habitat partagé, on puisse aller vers des surfaces en moyenne plus petites par personne, sans pour autant réduire le confort individuel et même en améliorant l'accès à de nouvelles fonctions des logements. » Des réflexions autour de l'aménagement du territoire sont donc ici centrales, bien que n'étant pas abordées dans le cadre de cette étude.

La **demande de confort thermique** influence également la consommation d'énergie et donc les émissions. Cette demande impacte l'usage des systèmes de chauffage, de climatisation et d'eau chaude sanitaire. A la Table 2, l'apport nécessaire de chaleur évolue de manière relative à 2013, en fonction de la température souhaitée et de l'optimisation de son contrôle. En effet, s'il est bien connu que baisser son thermostat d'1°C suffit déjà à réduire significativement sa consommation d'énergie, le réglage optimal de cette température de consigne est également crucial. En effet, dans les logements équipés des dernières technologies de chauffage, le contrôle des installations étant parfois davantage centralisé et complexe, le risque est que le réglage ne soit pas optimal et qu'il résulte en une température plus élevée que ce qui est réellement souhaité par les utilisateurs à cette période de la journée ou de l'année.

Parmi les bonnes pratiques<sup>26</sup> en vue de diminuer la demande en confort thermique, rappelons notamment le fait de porter un pull en hiver, régler la température optimale dans chaque pièce selon la fréquentation et l'exposition naturelle, couper le chauffage la nuit et en cas d'absence, tenir les éléments de chauffe entretenus et découverts, valoriser le soleil en hiver, s'en protéger en été, privilégier les douches courtes, en diminuer le débit et interrompre le jet durant le savonnage, etc... Rappeler ces bonnes pratiques et donner aux utilisateurs des installations les moyens de les mettre en application sont donc deux aspects cruciaux.

Comme expliqué plus haut, la **demande en appareils et services électriques** peut être décomposée selon les différents usages : petit et gros électroménager, cuisson et éclairage. L'effet rebond est un point d'attention concernant cette thématique ; celui-ci est défini comme « l'augmentation de consommation liée à la réduction des limites à l'utilisation d'une technologie, ces limites pouvant être monétaires, temporelles, sociales, physiques, liées à l'effort, au danger, à l'organisation... »<sup>27</sup>. En effet, on observe que le volume de consommation des ménages est souvent corrélé aux dépenses consacrées à ces consommations. Par exemple, si l'amélioration de l'efficacité énergétique réduit la facture d'électricité d'un ménage, l'effet rebond pourrait se manifester par l'augmentation de l'usage des applications électriques, de telle sorte que la facture d'électricité soit finalement constante. Une demande croissante d'appareils et services électriques annulerait ainsi tout effet de l'amélioration de l'efficacité énergétique de ceux-ci.

C'est ce qu'on observe dans le scénario -80%, l'augmentation de la demande en électroménager par ménage y contrebalance l'amélioration de l'efficacité énergétique. Dans le scénario -95% par contre, la demande en électroménager par ménage est considérée constante entre 2013 et 2050, ce qui signifie que la pénétration des dernières technologies se stabilise. Dans ce cas, la réduction de la consommation totale des électroménagers par ménage est donc due à une augmentation de l'efficacité énergétique de ces appareils sans aucun effet rebond. La demande en cuisson (four et plaque de cuisson) et éclairage est quant à elle considérée constante dans les deux scénarios.

<sup>25</sup> [http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ademe-alleger-empreinte-environnement-2030\\_rapport\\_28112014.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ademe-alleger-empreinte-environnement-2030_rapport_28112014.pdf)

<sup>26</sup> Bruxelles Environnement, 100 conseils pour économiser l'énergie, 2006

<sup>27</sup> Définition parue dans la revue « The Ecologist »

## B) UNE OFFRE RATIONNALISÉE

Afin de répondre à cette demande (cf. point A ci-dessus) de manière efficace et rationalisée, les différents leviers à activer sont l'efficacité des appareils électriques, le type de système d'alimentation en chaleur (HVAC & SHW) et les performances du bâtiment (notamment liées au taux de rénovation).

La consommation électrique des appareils et services électriques des ménages est modélisée grâce à deux leviers : le premier levier étant l'évolution de la demande en appareils et services électriques, présenté plus haut et le deuxième levier étant **l'efficacité énergétique de ces appareils électriques**. La consommation électrique moyenne des ménages a cru entre les années 1990 et 2000 (environ +50%), a connu un pic aux alentours de 2005 et est maintenant en décroissance (cf. Figure 12). Ceci s'explique principalement grâce à l'augmentation de l'efficacité des éclairages et appareils, notamment soutenu par l'étiquetage énergétique obligatoire pour les appareils électriques et l'interdiction de vente des lampes à incandescence.

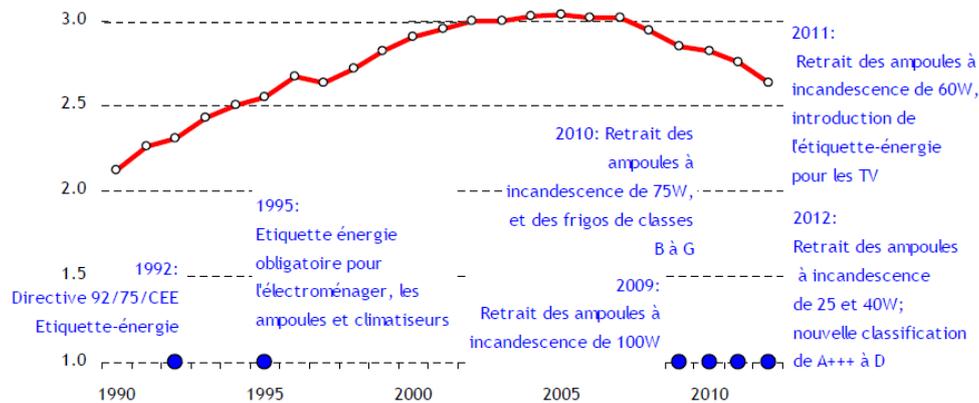


Figure 12 - Consommation moyenne d'électricité des ménages [MWh/ménage] (source: BEN 2012)

Dans les deux scénarios -80 et -95%, l'efficacité des appareils électriques<sup>28</sup> est considérée comme s'améliorant de 25% en 2050 par rapport à 2013. L'utilisation optimale de ces nouveaux appareils est cruciale pour obtenir dans les faits des performances égales aux performances théoriques. Le rôle de l'information encadrant l'usage de ces nouveaux appareils est donc non-négligeable, de manière à ce que l'utilisateur puisse s'approprier la maintenance et la régulation optimales de l'équipement.

La Figure 13 représente l'évolution de la consommation totale des appareils et services électriques dans le résidentiel en RBC. L'effet de la croissance démographique y contrebalance l'effet de l'efficacité énergétique, ce qui résulte en des émissions de GES qui ne diminuent pas malgré l'amélioration des performances.

<sup>28</sup> Dans le scénario -95%, la cuisson est considérée totalement électrique

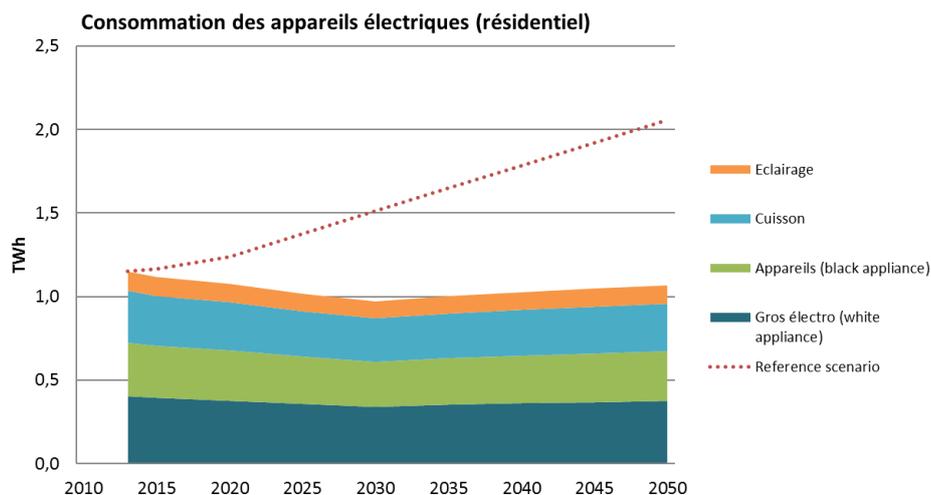


Figure 13 - Consommation des appareils électriques en RBC (scénario – 95%)

Le **taux de rénovation et la performance** du bâtiment après rénovation ont un impact prépondérant dans la consommation énergétique des logements vu l'âge et l'intensité du stock actuel des bâtiments résidentiels en RBC. Autrement dit, si des normes de plus en plus exigeantes sont imposées aux nouvelles constructions, cela ne suffira pas à garantir une réduction des émissions suffisante, compte tenu des faibles performances des bâtiments existants et de la faible surface disponible pour des nouvelles constructions. La stratégie de rénovation de la RBC est en cours d'élaboration par Bruxelles Environnement. Le scénario -80% prévoit un taux de rénovation de 4% pour les logements occupés par leur propriétaire et de 2% pour les logements loués<sup>29</sup>, tandis que le scénario -95% considère pour les propriétaires et pour les locataires, des taux de 5 et 2,6 % respectivement. Les performances obtenues après rénovation sont détaillées ci-dessous par type de rénovation.

		2013	2050
UN (Unité neuve)	kWh/m <sup>2</sup> /an	30	15
UAN (Unité assimilée à du neuf)	kWh/m <sup>2</sup> /an	30	18
URL (Unité rénovée lourdement)	kWh/m <sup>2</sup> /an	108	51 – 27
URS (Unité rénovée simplement)	kWh/m <sup>2</sup> /an	108	83 – 76
Sans permis	kWh/m <sup>2</sup> /an	108	83 – 76

Table 3. Besoin net de chaleur<sup>30</sup> des logements après rénovation (scénarios 80-95%)

<sup>29</sup> La distinction est faite entre logements occupés par leurs propriétaires ou par des locataires en termes d'investissements qui seront réalisés. Le ratio propriétaires/locataires est également un levier considéré.

<sup>30</sup> Les performances de l'enveloppe sont quantifiées par le besoin en énergie pour le chauffage (besoin net de chaleur)

De telles rénovations mèneraient à un stock de logement à l'horizon 2050 tel que représenté sur la Figure 14.

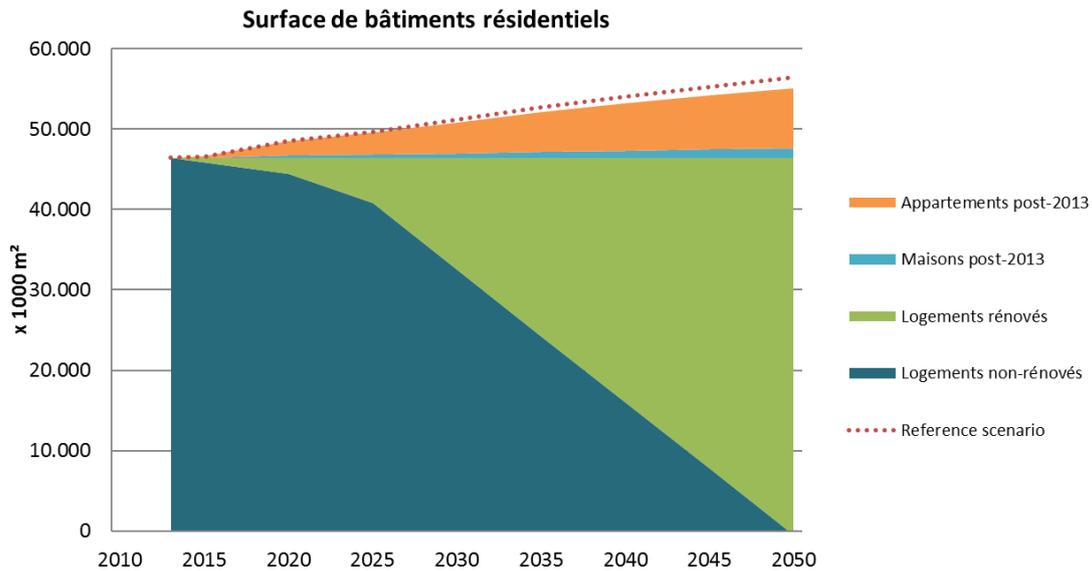


Figure 14. Rénovation des bâtiments résidentiels en RBC à l'horizon 2050 (Scénario -95%)

Vu l'amélioration des performances tel que détaillé à la Table 3 et l'augmentation des surfaces rénovées illustrée à la Figure 14, les besoins en chauffage dans le résidentiel sont en nette réduction à l'horizon 2050 (cf. Figure 15). De telles transformations mènent à une réduction d'environ 30% des émissions liées au logement dans le scénario -95%.

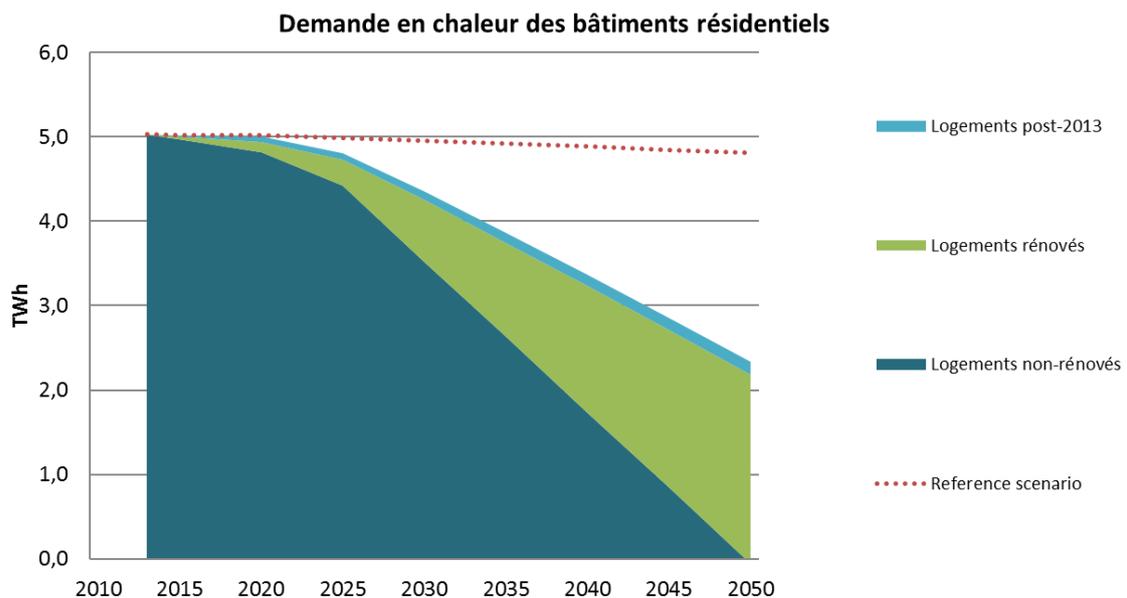


Figure 15. Evolution des besoins en chauffage dans les bâtiments résidentiels (Scénario -95%)

Un facteur supplémentaire ayant une forte influence sur le taux de rénovation est l'occupation du logement par **des locataires ou des propriétaires**. Dans un cas ou dans l'autre, la dynamique en termes d'investissements effectués dans le bâtiment sera très différente. Dans le cas d'une location, on parle de « split incentives » pour désigner cette situation où celui qui réalise les investissements ne sera pas le bénéficiaire des retombées positives (augmentation du confort, diminution de la facture, etc.). En 2013, à Bruxelles, le taux de propriétaires occupant leur logement est estimé à seulement 40 ce qui explique le taux de rénovation différent considéré dans le modèle selon le fait que le logement soit occupé par des propriétaires ou par des locataires.

Les **systèmes de chauffage** (HVAC & SHW) représentent un levier indispensable à la réduction des émissions liées au secteur. Répondre à la demande de chaleur par des sources d'énergie renouvelables est indispensable à l'horizon 2050. Si un faible approvisionnement au gaz naturel subsiste dans le scénario -80%, celui-ci a totalement disparu dans le scénario -95%. Dans les deux cas, la majeure partie de la demande en chauffage est assurée par des pompes à chaleur (air-air ou sol-air) et par un approvisionnement en biomasse. Cette biomasse est solide, liquide ou gazeuse ; la dernière option étant par exemple mise en place via une distribution de biogaz à grande échelle. Les principaux points d'attention liés à l'usage de la biomasse sur le territoire sont repris dans le chapitre « Energie ».

La possibilité de mutualisation fait également son apparition dans les systèmes de chauffage, via des systèmes de cogénération communautaires qui pourraient être mis en commun pour un ensemble d'individus et/ou de bâtiments. De tels scénarios ambitieux (illustrés à la Table 4) nécessitent des changements d'installations pour la quasi-totalité des habitations d'ici à 2050 et confirment dès lors la nécessité de l'élaboration d'une stratégie de rénovation ambitieuse et concertée avec les acteurs du secteur. Les trajectoires européennes appuient de tels changements, comme le laisse penser le dernier objectif proposé par la Commission Européenne dans le cadre du Clean Energy Pack for All Europeans (30/11/2016) prévoyant une hausse de 1%/an de chaleur renouvelable entre 2021 et 2030 au niveau national.

	2013	2050
Chaudière au gaz naturel (vieux modèle)	58%	19 – 0 %
Chaudière au gaz naturel	15%	5 – 1%
Chaudière biomasse	2%	6 – 8%
Chaudière au fuel	21%	7 – 0,5%
Chauffage résistif	4%	4 – 4%
Pompe à chaleur (air-air)	-	25 – 38%
Pompe à chaleur (sol-air)	-	15 – 23%
Géothermie	-	2 – 4%
Community-scale CHP (gaz naturel)	-	1 – 3%
Community-scale CHP (biomasse)	-	14 – 2%

Table 4. Répartition de la technologie pour répondre à la demande de chauffage et ECS dans le résidentiel (scénarios 80-95%)

## 2. SECTEUR TERTIAIRE

Le secteur tertiaire reprend l'ensemble des bâtiments qui ne sont pas résidentiels ou industriels. En pratique, cela concerne les commerces, les immeubles de bureaux, les établissements HoReCa, les hôtels, les écoles, les hôpitaux, les salles de spectacle, etc.

Ce secteur représente en 2013 une consommation d'énergie de 7,6 TWh et des émissions de 0,9 million de tonnes de CO<sub>2</sub>e. Par rapport au logement, il s'agit d'une surface 20% plus petite, d'une consommation 14% plus faible et d'émissions 44% plus réduites. Comme illustré sur la Figure 16, les consommations d'énergie sont dues au chauffage (48%), à la production d'eau chaude sanitaire (5%) et au refroidissement (4%), ainsi qu'aux consommations d'appareils et services électriques (43%).

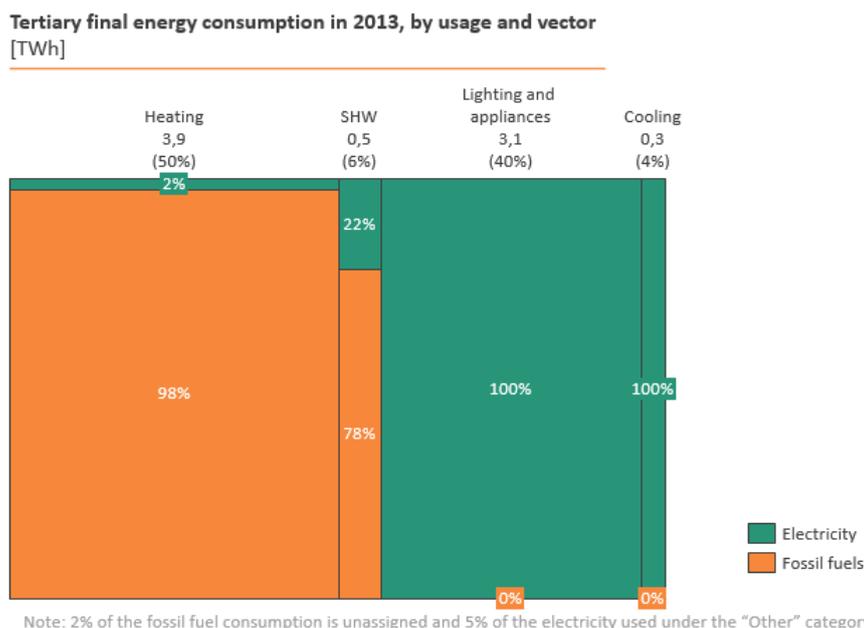


Figure 16. Consommations d'énergie du secteur tertiaire (Source : BEN 2013)

Dans le secteur tertiaire également, la réduction des émissions est liée à la réduction des consommations d'énergie. Ces consommations dépendent, comme pour le résidentiel, de l'évolution de nombreux paramètres rassemblés en deux catégories : la demande et l'offre.

### A) UNE DEMANDE SOUTENABLE

Les éléments qui déterminent la demande sont identiques à ceux du résidentiel, à savoir la surface des bâtiments, la demande de confort thermique (chauffage et climatisation) et la demande en appareils et services électriques (l'éclairage, les équipements électriques, ...). La manière d'estimer ces variables diffère par contre de la méthode utilisée dans le secteur résidentiel.

Concernant le **besoin de surface**, le modèle considère que la surface des bureaux<sup>31</sup> est directement liée au nombre d'emplois et à la surface par employé, tandis que la surface nécessaire au reste de l'activité tertiaire (commerces, hôpitaux, écoles, HoReCa, etc) est liée à la valeur ajoutée générée par les secteurs économiques correspondants. Les données utilisées sont représentées dans la Table 5.

<sup>31</sup> regroupant les activités tertiaires Transport & Communications, Banques & Assurances et Administrations publiques

		2013	2050
Nombre d'employés	-	383.000	512.000
Surface par employé	m <sup>2</sup> /employé	34	18 – 14
<b>Surface tertiaire (bureaux)</b>	millions m <sup>2</sup>	13	9 – 7
Evolution de la valeur ajoutée (en relatif) <sup>32</sup>	-	1	2,33
<b>Surface tertiaire (non-bureaux)</b>	millions m <sup>2</sup>	22	51

Table 5. Estimation de la surface de bâtiments tertiaires, en 2013<sup>33</sup> et 2050 (scénarios 80-95%)

Le besoin **de chauffage** est modélisé en distinguant les bureaux et les autres surfaces tertiaires. Pour les bureaux, une consommation spécifique (kWh/m<sup>2</sup>) différente est attribuée aux surfaces occupées et non-occupées. On considère par ailleurs que les bureaux neufs ou ayant subi une rénovation énergétique sont occupés en priorité, ce qui correspond aux observations de terrain (les rénovations et constructions sont directement occupées, laissant des surfaces vides disponibles de bâtiments anciens).

Pour les bâtiments hors-bureaux, cette demande de chauffage va dépendre d'une part de la création de valeur ajoutée affectée au secteur, et d'autre part d'un facteur d'évolution de l'efficacité des activités. Ce facteur d'évolution correspond donc à l'évolution du besoin d'énergie par unité de valeur ajoutée, et est fonction de paramètres similaires à ceux qui déterminent le besoin de chauffage dans le résidentiel (demande de confort thermique, réglage optimal des installations de chauffage, etc.).

La demande d'énergie liée à **l'eau chaude sanitaire et au refroidissement** est modélisée de manière identique pour l'ensemble du secteur tertiaire. Le besoin d'eau chaude sanitaire y est proportionnel à l'évolution de la valeur ajoutée générée par le secteur tertiaire. Quant au système de climatisation, il dépend du taux de pénétration de la technologie de climatisation dans les espaces tertiaires. Pour tous les scénarios, un taux de remplacement de 5% par an des systèmes existants vers des systèmes plus efficaces est considéré.

La modélisation de la demande totale en **appareils et services électriques** évolue selon la valeur ajoutée générée par le secteur tertiaire d'une part, et de la demande de services électriques par unité de valeur ajoutée<sup>34</sup> d'autre part. La demande de service par unité de valeur ajoutée devrait varier en 2050 de -1% à +10% par rapport à 2013, après un pic à environ +25% en 2030<sup>35</sup>. Dans tous les scénarios, l'augmentation de la valeur ajoutée sur le territoire étant considérée plus forte que la baisse de la demande en services électriques par unité de valeur ajoutée, la demande totale en électricité pour les appareils et services électriques est à la hausse à l'horizon 2050.

<sup>32</sup> La valeur ajoutée devrait croître significativement sur le territoire bruxellois entre 2013 et 2050, d'un facteur entre 2,2 et 2,5 d'après l'Institut Bruxellois de Statistiques et d'Analyse (IBSA)

<sup>33</sup> Source : IBGE, fichier Excel « DB20151209\_Hypothèses modèles de projections »

<sup>34</sup> Cette « demande de services électriques par unité de valeur ajoutée » dans le tertiaire est l'équivalent du levier « demande en appareils et services électriques » dans le résidentiel

<sup>35</sup> European Commission, 2013. EU energy, transport and ghg emissions – Trends to 2050 – Reference scenario 2013

## B) UNE OFFRE RATIONNALISÉE

En réponse à cette demande, les leviers principaux qui peuvent être actionnés de manière à proposer une offre efficace sont similaires à ceux du résidentiel, à savoir l'efficacité des appareils électriques, la rénovation du bâtiment (taux de rénovation et performance énergétique après rénovation) et le type de système de chauffage.

L'évolution de l'**efficacité énergétique** des appareils électriques est identique à celle considérée dans le résidentiel. Elle s'améliorera d'environ 25% dans les scénarios de réduction de -80 et -95. Cette amélioration n'entraîne néanmoins pas de réduction de la consommation totale pour les appareils électriques, car elle est contrecarrée par la hausse de la demande en appareils et services électriques (voir la section « Une demande soutenable »).

Concernant les **performances des bâtiments tertiaires**, différents enjeux apparaissent. La surface totale du parc de bâtiments, modélisée proportionnelle à la valeur ajoutée, augmente significativement dans les scénarios. Il est donc crucial de concevoir ces nouvelles surfaces avec une vision long terme et durable (compacité, efficacité énergétique, mixité des usages, ...). Les rénovations et réaffectations d'anciens bâtiments en surface de bureaux devront également répondre à des normes exigeantes en matière de performances énergétique. Le développement du télétravail, et d'espaces multi-usages, modulaires, flexibles et compacts sont des tendances qui devront être intégrées dans l'aménagement futur du bâti, de manière à garantir une quantité suffisante de surfaces performantes, et d'ainsi permettre le développement de l'activité économique de la Région. La Figure 17 représente l'évolution du bâti tertiaire compte tenu du taux de rénovation considéré dans le scénario -95%. La Figure 18 illustre quant à elle les performances du bâti tertiaire, s'améliorant considérablement dans le scénario -95%, suite à la rénovation de l'enveloppe des bureaux pré-2013. Les données utilisées dans les scénarios 80 et 95% sont détaillées à la Table 6.

		2013	2050
Surface rénovée	1000 m <sup>2</sup> /an	245	444 – 525
Surface nouvellement construite	1000 m <sup>2</sup> /an	160	58 – 27
Besoin net de chaleur des bureaux rénovés <sup>36</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	70	49 – 25 (dès 2025)
Besoin net de chaleur des bureaux neufs	kWh/m <sup>2</sup>	35	15 (dès 2015)

Table 6. Surface et performance des constructions et rénovations modélisées dans le tertiaire (scénarios 80-95%)

<sup>36</sup> Concernant le bâti tertiaire, les normes vont évoluer d'ici la fin de l'année 2017. Les performances minimales attendues pour un bâtiment neuf ou rénové ne seront plus exprimées par kWh/m<sup>2</sup> mais plutôt exprimées relativement à un bâtiment de référence, propre à l'usage du bâtiment concerné (école, hôpital, bureaux, etc.).

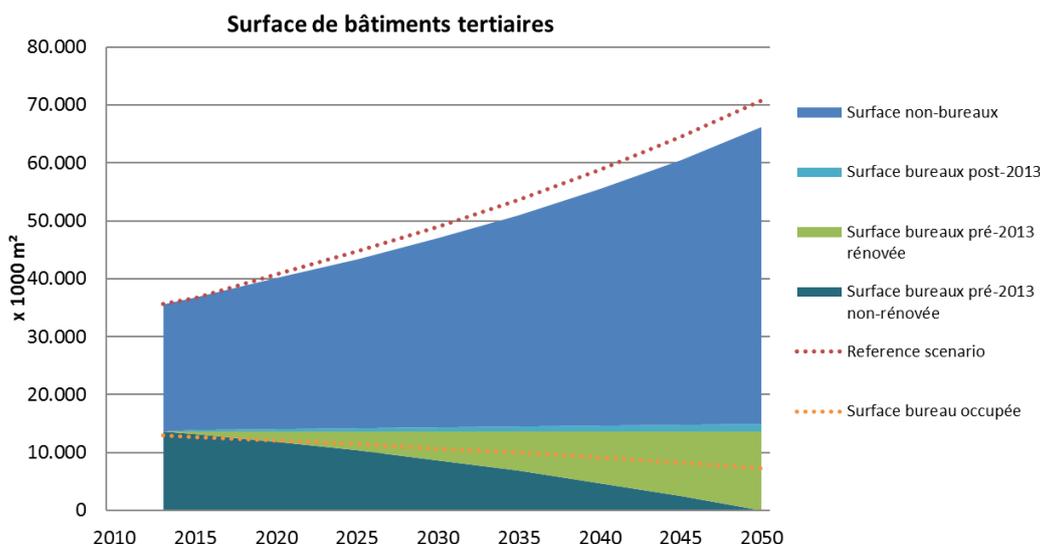


Figure 17. Evolution de la demande en surface du secteur tertiaire en RBC (Scénario -95%)

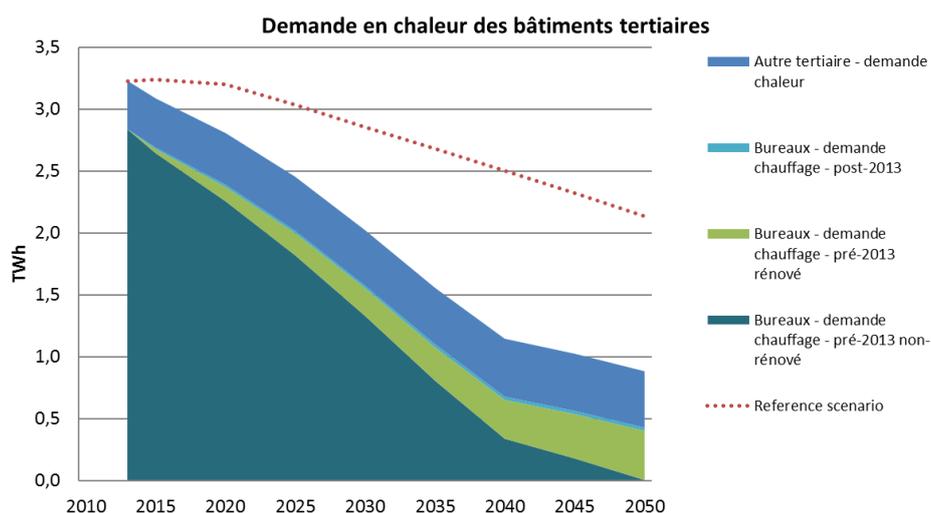


Figure 18. Evolution des besoins en chauffage dans le secteur tertiaire<sup>37</sup> (Scénario -95%)

Le **mix technologique** utilisé pour répondre au **besoin de chauffage** du secteur tertiaire en 2050 est détaillé dans la Table 7. La majorité de l'apport de chaleur est assurée par des pompes à chaleur, ainsi que par des chaudières, des cogénérations et trigénérations, essentiellement alimentées par de la biomasse. Tout comme dans le résidentiel, cette biomasse peut être solide, liquide ou gazeuse. Cet approvisionnement nécessite une stratégie transversale et réfléchie sur l'usage de la biomasse. Différents éléments à ce propos sont discutés dans le volet « Energie » de ce rapport.

<sup>37</sup> En 2040, le modèle considère qu'une part des bureaux pré-2013 non-rénovés cesse d'être occupée (au profit des bureaux rénovés), ce qui explique la discontinuité de la courbe à cet endroit

	2013	2050
Chaudière au gaz naturel (vieux modèle)	-	-
Chaudière au gaz naturel	82%	28 – 0,5%
Chaudière biomasse	-	5 – 8%
Chaudière au fuel	5%	2 – 0,5%
Chauffage résistif	13%	7 – 4%
Pompe à chaleur (air-air)	-	24 – 35%
Pompe à chaleur (sol-air)	-	16 – 24%
Géothermie	-	2 – 3%
Community-scale CHP (gaz naturel)	-	1 – 2%
Community-scale CHP (biomasse)	-	8 – 12%
Trigénération	-	7 – 10%

Table 7. Répartition de la technologie pour répondre à la demande de chauffage dans le tertiaire (scénarios 80-95%)

### 3. LA NÉCESSITÉ D'UNE STRATÉGIE LONG TERME

La Figure 19 représente l'impact des différents leviers sur les émissions dues aux bâtiments (en valeur relative par rapport à 2013).

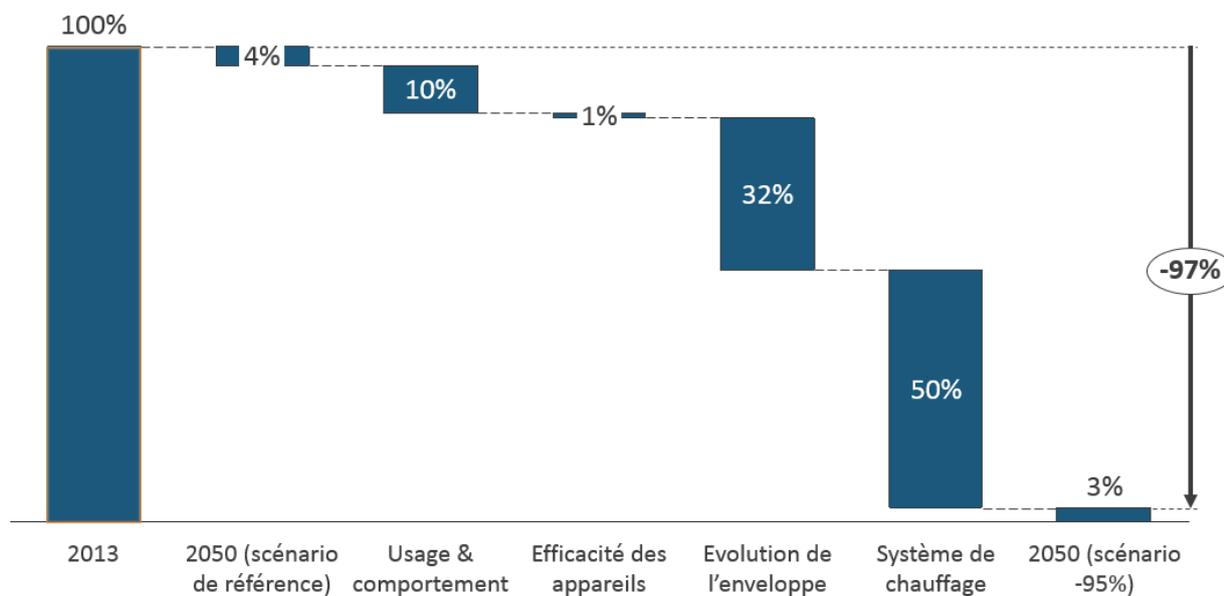


Figure 19. Effet des différents leviers sur la réduction des émissions dues aux bâtiments en RBC (valeurs relatives)

Cette cascade de réduction illustre bien la nécessité d'un changement concernant les comportements et les différents usages prenant place dans les bâtiments bruxellois (en termes de chauffage, d'éclairage, de cuisson et d'électroménager). Néanmoins une réduction significative des émissions nécessite inévitablement une stratégie de rénovation induisant une augmentation forte du taux de rénovation, aussi bien au niveau de l'enveloppe que du système de chauffage.

Cette stratégie de rénovation nécessite une étude approfondie permettant notamment d'établir un système de financement innovant et efficace, une stabilité et prévisibilité du cadre réglementaire et de soutien, ainsi que des règles d'arbitrage visant à améliorer la performance tout en préservant la mise en valeur du patrimoine bruxellois.

Une telle stratégie serait par ailleurs bénéfique en de nombreux points tels que l'emploi, l'amélioration de la qualité de l'habitat et la lutte contre la précarité (notamment énergétique).

De plus, il est possible de minimiser l'impact de la rénovation sur les ressources utilisées grâce au développement de l'économie circulaire. L'utilisation efficiente des ressources porte sur les ressources énergétiques mais également sur les ressources matérielles. Des changements en termes d'usage matériel dans la construction seront observés à l'horizon 2050.

Concernant le type de rénovation, l'analyse de l'impact des différentes alternatives (rénovation ou démolition/reconstruction) devrait être affinée afin de pouvoir poser les choix les plus efficaces dans chaque cas de figure.

A propos du type de matériaux, plusieurs caractéristiques vont entrer en ligne de compte lors de la conception, telles que l'empreinte environnementale des matériaux, leur provenance et logistique, leur résistance et durée de vie, leurs possibilités de modularité et d'usages multiples, leur faculté de « réversibilité » en vue de la déconstruction, etc.

Le recyclage des matériaux de construction est par ailleurs au centre des réflexions actuelles, notamment dans le PREC. Certains freins apparaissent encore, parmi lesquels<sup>38</sup> le manque de faisabilité technique du démontage sélectif, le défaut d'information concernant le tri sélectif, le fait que la disponibilité de l'offre est non-prévisible et que la demande impose des délais courts, la non-uniformité des matériaux, la difficulté de réaliser une description technique ou encore l'absence de garanties de performance de ces matériaux recyclés.

Néanmoins, de nombreuses initiatives dans ce domaine ont déjà vu le jour à Bruxelles. Parmi celles-ci, citons :

- la base de données Opalis de l'ASBL Rotor qui répertorie des matériaux issus de la déconstruction,
- le projet européen BAMB (Buildings as Material Banks) dont Bruxelles Environnement gère la coordination et qui cherche à optimiser l'utilisation de ressources et plus spécifiquement de matériaux tout au long du cycle de vie des bâtiments, que ce soit en rénovation ou en construction neuve,
- le projet MMG (Milieugerelateerde Materiaalprestatie van Gebouwelementen) qui consiste à développer un outil d'évaluation des Performances Environnementales des Matériaux de Construction, pour les 3 Régions, afin d'aider les concepteurs à orienter leur choix vers des matériaux de construction ayant le moins d'impacts sur leur environnement,
- la réflexion menée par le Port de Bruxelles concernant le transport de déchets de construction par voie fluviale.

---

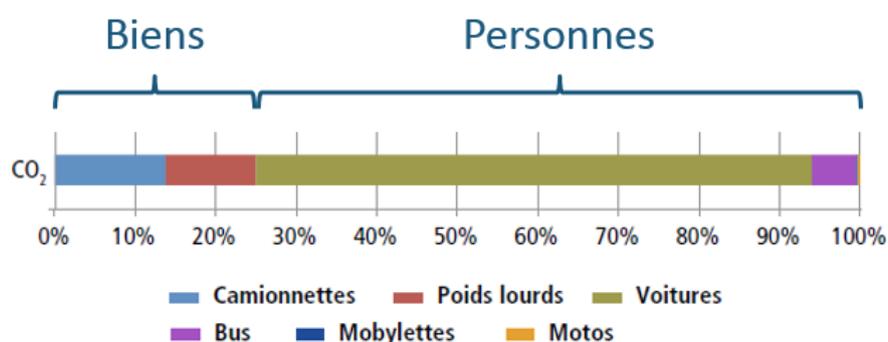
<sup>38</sup> Gobbo, Emilie. Déchets de construction, matières à conception : analyse des stocks et flux de matières dans le cadre des opérations de rénovation énergétique en Région de Bruxelles-Capitale.

## C. TRANSPORT

**Le transport est un levier majeur de réduction d'émissions pour Bruxelles. La décarbonation du transport à l'horizon 2050 requiert l'intégration d'un objectif de réduction de la demande en transport dans les choix en matière d'aménagement du territoire et d'organisation du travail, ainsi que des changements concernant la part des modes de transport actifs et en commun et le taux d'électrification du parc de véhicules.**

Le caractère « Ville-Région » de Bruxelles-Capitale lui confère une densité d'activité très élevée pour une taille de territoire réduite. En 2013, le transport en Région de Bruxelles-Capitale représentait ainsi, tous modes de transports confondus, plus de 3 millions de déplacements journaliers et intervenait au total pour 0,9 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>e sur l'ensemble du territoire, soit autant que le secteur du bâtiment tertiaire. La consommation d'énergie annuelle était de 6,2 TWh, soit 29% de l'ensemble des secteurs. Trois grandes catégories correspondant aux spécificités de la RBC ont été analysées (voir également la Figure 20) :

- le transport de personnes habitant de la Région de Bruxelles-Capitale ou « *mobilité des Bruxellois* » (570 ktCO<sub>2</sub>e),
- le transport de personnes habitant hors de la Région ou « *mobilité des navetteurs* » (130 ktCO<sub>2</sub>e)
- le *transport de biens* (190 ktCO<sub>2</sub>e).



Source: Lebeau & Macharis, based on data from Brussels Mobility (2014)

Figure 20. Emissions relatives au transport routier à Bruxelles

Différents parcours sont ainsi considérés (cf. Figure 21), qu'ils concernent des déplacements dans, depuis, vers ou à travers la Région Bruxelles Capitale. Seules les émissions liées à la part intra-territoriale de ces parcours sont considérées dans les émissions internes de la RBC. La part extraterritoriale de ces parcours impacte par contre les émissions indirectes. L'import de la construction des voitures des Bruxellois est compris dans la catégorie « import des biens et services », mais l'impact de la construction des véhicules utilisés par les non-Bruxellois n'est par contre pas pris en compte.

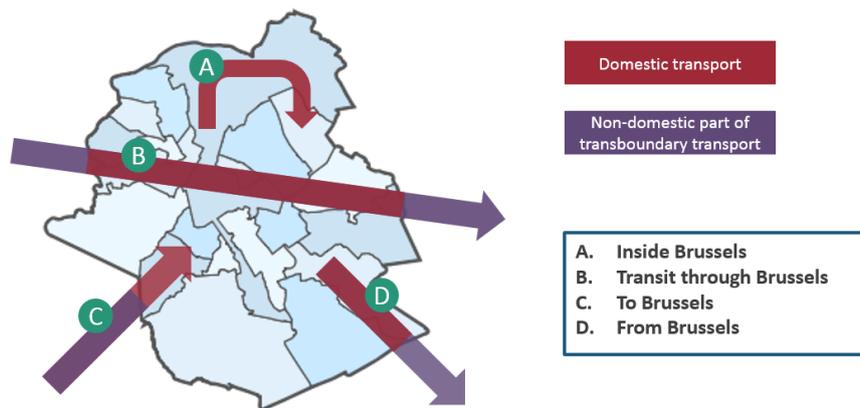


Figure 21. Types de parcours considérés dans le secteur transport

## 1. MOBILITÉ DES BRUXELLOIS

La mobilité des Bruxellois est le contributeur le plus important en termes d'émissions de gaz à effet de serre issues du secteur du transport. Les 1,15 millions de Bruxellois effectuent en moyenne 3 trajets par jour (tout transport confondu), et on considère qu'en moyenne 75% de la distance de ce trajet a lieu sur le territoire de la région. Les leviers considérés sont :

- La quantité et la distance moyenne des trajets,
- Le mode de transport (part des modes actifs -vélo, marche- et des transports publics),
- Le taux d'occupation des véhicules,
- Les technologies des véhicules.

Ces leviers permettent une importante réduction des émissions liées à la mobilité. La combinaison de la réduction de la demande, du déplacement vers des modes de transport actifs et publics et d'une électrification significative de tous les véhicules restants permet d'arriver à une quasi décarbonation du transport, en considérant la disponibilité d'une électricité totalement décarbonée.

Concernant la **réduction de la demande**, les scénarios 80 et 95% considèrent que le nombre de trajets par habitant et par jour diminue de 13 et 20% respectivement. Différentes mesures opérationnelles peuvent être davantage actionnées, concernant par exemple le co-voiturage ou encore l'organisation du travail (télétravail, ...) Néanmoins, afin de réduire significativement le besoin de transport, c'est l'aménagement du territoire<sup>39</sup> qui doit être repensé de manière à rationaliser les trajets des Bruxellois. Cette réflexion touche des questions profondément ancrées dans les modes de vie des Bruxellois, telles que où vivent-ils, où travaillent-ils, où font-ils leurs courses ou pratiquent-ils leurs loisirs, etc.

<sup>39</sup> La question de l'aménagement du territoire est une thématique qui ne faisait pas partie du cadre d'analyse de cette étude. Néanmoins, dans plusieurs secteurs, elle est primordiale pour permettre une transition bas-carbone à l'horizon 2050.

Dans les scénarios de réduction, la répartition du parcours des Bruxellois entre les **modes de transport** présentée à la Table 8 a été considérée afin d'atteindre les objectifs de réduction. Cette répartition représente le total du transport des Bruxellois, dont 75% est considéré en RBC (émissions territoriales) et 25% est considéré hors de la Région (émissions indirectes).

	2013	2050
Voiture <sup>40</sup> et moto	56 %	20 – 12%
Transports en commun	26 %	45 – 48 %
Transports actifs	18 %	35 – 40 %

Table 8. Répartition modale du transport des Bruxellois [% en passager.km] (scénarios 80-95%)

De nombreuses mesures peuvent être prises dans le but de favoriser le choix des Bruxellois vers des modes de transport bas-carbone, telles que le renforcement des zones basses-émissions (LEZ)<sup>41</sup> progressivement plus restrictives jusque 2050, la mise à disposition de moyens de transport partagés en libre-service, l'apparition ou le renforcement d'infrastructures permettant l'usage de véhicules électriques, ou la pratique sécurisée du vélo, le développement de nouvelles lignes de métro et de tram, la création de parkings de dissuasion, une meilleure coordination entre les opérateurs de transport (STIB, SNCB, De Lijn, TEC) de manière à permettre des interconnexions aisées et efficaces, etc. L'étude de l'impact de ces mesures dépasse le cadre de cette étude. Soulignons néanmoins l'impact positif qu'auraient de telles actions sur les problèmes de congestion et de qualité de l'air.

## 2. MOBILITÉ DES NAVETTEURS

La mobilité des navetteurs représente les trajets des 370.000 personnes qui viennent chaque jour travailler à Bruxelles et des 290.000 autres personnes qui viennent sur le territoire pour d'autres raisons (tourisme, études, culture, shopping, ...). Pour cette catégorie également, un taux de décarbonation proche de 100% est possible, conditionné par le renforcement des déplacements multi-modaux (train + vélo par exemple), ceci permet une utilisation plus importante des modes de transport actifs (marche, vélo, trottinette ou autre), tel que représenté à la Table 9. La répartition telle qu'exprimée inclut donc les transports multi-modaux.

	2013	2050
Voiture <sup>42</sup>	25 %	7 – 2 %
Transports en commun	57 %	58 – 58 %
Transports actifs	18 %	35 – 40 %

Table 9. Répartition modale du transport des navetteurs [% en passager.km] (scénarios 80-95%)

<sup>40</sup> Comprenant 14% ICE, 22% PHEV, 51% EV, 13% FCV dans le scénario -80% et 80% EV, 20% FCV dans le scénario -95% (ICE pour Internal Combustion Engine, PHEV pour Plug-in Hybrid, EV pour Electric Vehicle, FCV pour Fuel Cell Vehicle)

<sup>41</sup> <http://www.lez.brussels/>

<sup>42</sup> Comprenant 14% ICE, 22% PHEV, 51% EV, 13% FCV dans le scénario -80% et 80% EV, 20% FCV dans le scénario -95% (ICE pour Internal Combustion Engine, PHEV pour Plug-in Hybrid, EV pour Electric Vehicle, FCV pour Fuel Cell Vehicle)

Dans ces scénarios, des parkings dissuasifs en bordure de la ville et des connexions efficaces avec des transports actifs ou publics permettent aux navetteurs de circuler de manière fluide à Bruxelles. La fréquentation du mode ferroviaire se verrait également augmenter par le développement du RER. L'installation de bornes de recharge permettrait à la part restante de voitures circulant en RBC de fonctionner à l'électricité.

### 3. TRANSPORT DES BIENS

Le transport de biens est fort différent du transport de personnes. Les cahiers de la mobilité de Bruxelles-Mobilité ainsi que le Bureau Fédéral du Plan quantifient la demande de transport de biens à 1,5 milliard de tonnes.km sur le territoire de la RBC. Il y a trois modes de transport principaux : la route (63%), la voie d'eau (32%) et la voie ferrée (5%).

Afin de garantir une décarbonation du transport de la capitale à l'horizon 2050, le transport des biens doit également être réorganisé. En effet, bien que représentant une plus faible part dans le transport en termes de véhicules.km, le transport de marchandises contribuait en 2013 pour un cinquième des émissions de GES affectées au transport en RBC. Le transport de marchandises impacte lui aussi les émissions de NOx et de particules fines, et renforce la congestion de la ville.

En cohérence avec le Plan Stratégique pour le transport de marchandises en Région de Bruxelles-Capitale<sup>43</sup> développé dans le cadre du plan Iris 2<sup>44</sup>, une diminution de près de 100% des émissions liées à cette part du secteur transport est également visée dans le scénario -95% à l'horizon 2050. Cet objectif est défini sur la base de l'objectif de la Commission Européenne en ce qui concerne la qualité de l'air. Afin d'atteindre cet objectif, la répartition modale détaillée à la Table 10 est considérée à l'horizon 2050.

	2013	2050
ROUTE Diesel	63%	18 – 0%
ROUTE CNG	0%	13 – 0 %
ROUTE Electrique	0%	18 – 45%
RAIL Diesel	4%	1 – 0%
RAIL Electrique	1%	5 – 7%
NAVIGATION	32%	46 – 48%

Table 10. Répartition modale du transport de marchandises [% en tonnes.km] (Scénarios 80-95%)

Une telle réduction implique une conversion profonde de la logistique au sein de la région. Le PREC donne le ton dans sa série de mesures sectorielles concernant la logistique.

Cela passe tout d'abord par une diminution de la demande de transport, notamment via le regroupement des livraisons, l'optimisation du remplissage des camions, la mise en place de la logistique inverse, et une rationalisation de l'aménagement du territoire.

<sup>43</sup> Publié par Bruxelles Mobilité et adopté par le Gouvernement de la RBC le 11 juillet 2013

<sup>44</sup> <http://www.bruxellesmobilite.irisnet.be/articles/la-mobilite-de-demain/plan-transport-de-marchandises>

En parallèle, la manière de répondre à cette demande de transport devra être revue en développant davantage le transport fluvial ou ferroviaire, ainsi que par une évolution des technologies et carburants des véhicules.

Pour ce dernier levier, on peut envisager des camions hybrides ou électriques, ou encore un système multi-modal dans lequel les chargements sont déposés aux portes de la ville, à partir d'où les derniers km de distribution sont assurés par des modes de transport électriques ou actifs. Le projet Mobil2040 explore divers modes de transport pour Bruxelles à l'horizon 2040.<sup>45</sup>

Un exemple de réorganisation totale de la logistique peut être observé à La Rochelle, sous le projet Elcidis. Les camions déposent leurs marchandises dans les entrepôts situés en périphérie du centre urbain. Le système informatique centralisé se charge ensuite de répartir les colis entre les différents véhicules électriques, afin d'optimiser leurs courses.

D'autres exemples de réorganisation logistique dans la logique des Centres de Distribution Urbaine (CDU) peuvent être observés dans de nombreuses villes européennes<sup>46</sup>, telles que Lille, Monaco, Bordeaux, ou encore Poitiers avec son projet Vélomail<sup>47</sup>. Un tel projet pilote est également en cours à Bruxelles, sur le site du centre TIR, sous la coupole de Bruxelles-Mobilité et du Port de Bruxelles<sup>48</sup>.

Une réglementation stricte liée aux émissions en zone urbaine s'appliquerait également aux véhicules de transit. Une réflexion devra être menée pour aboutir à une vision partagée et cohérente avec les pays limitrophes et concernant le transport de marchandises interterritorial. L'évolution des technologies de transport (hybride, voire électrique) est à appréhender davantage. L'amélioration de la qualité de l'air et la réduction de la congestion seraient des co-bénéfices majeurs découlant de la mise en place de réglementations urbaines strictes.

Le Port de Bruxelles a également un rôle important à jouer dans cette transition vers un transport décarboné. La voie fluviale est en effet au cœur de cette transition et le Port de Bruxelles est actif dans la mise en place de partenariats et projets pilotes, notamment pour le transport de déchets, pour la stimulation de l'usage du mode fluvial dans le transport de marchandises ou encore via la revalorisation du centre TIR et du TACT (infrastructure régionale actuelle pour la logistique routière), notamment en y développant des services de mutualisation et en y intégrant les principes de l'économie circulaire.

---

<sup>45</sup> [http://www.espaces-mobilites.com/resource/static/files/mobil2040\\_fiche-projet-em.pdf](http://www.espaces-mobilites.com/resource/static/files/mobil2040_fiche-projet-em.pdf)

<sup>46</sup> <https://www.logistique-seine-normandie.com/uploads/media/files/pdf/2-plaquette-tmv-ok.pdf>

<sup>47</sup> <http://www.ort-poitou-charentes.asso.fr/wp-content/uploads/2015/06/FBP14.pdf>

<sup>48</sup> Voir PREC

D. ENERGIE

*La part de renouvelable doit significativement augmenter dans la production bruxelloise d'électricité et de chaleur, mais la concentration de la consommation sur un territoire réduit et urbain rend la coopération extraterritoriale indispensable, dans une vision bas-carbone partagée.*

En 2013, la demande en énergie finale en RBC est de 22 TWh (cf. Figure 22). Cette demande provient des bâtiments, des transports, et minoritairement de l'industrie. Il est à noter qu'en 2013, près de 3 TWh additionnels étaient nécessaires pour combler les pertes de conversion et de distribution du système.

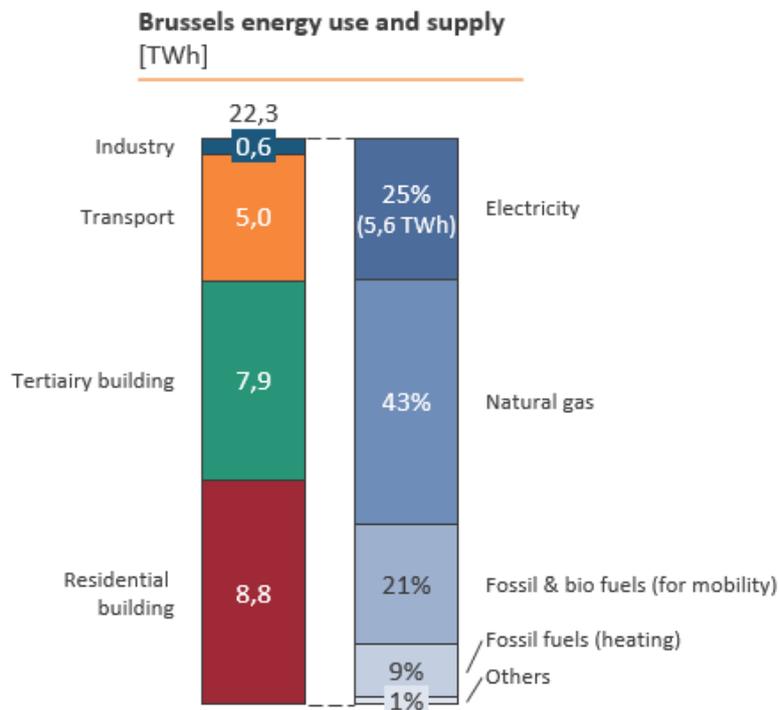


Figure 22. Consommation et fourniture d'énergie en RBC en 2013 (Source : BEN 2013)

Cette demande d'énergie est principalement satisfaite par les importations de gaz, de produits pétroliers et d'électricité. 97% de l'énergie nécessaire au fonctionnement de la région est donc importée. Les 3% de production locale proviennent de la chaleur environnementale grâce aux pompes à chaleur, de la combustion de déchets et de panneaux solaires (photovoltaïque et thermique). La part d'énergie renouvelable s'élève ainsi à 2,4% du total.

Dans un scénario de réduction de 80-95% des émissions à l'horizon 2050, la demande en énergie finale est réduite de 20 à 30% (voir évolution sur la Figure 23), et l'approvisionnement est prévu comme développé à la Table 11.

	2013	2050
Solaire (Photovoltaïque + thermique)	0,0	1,5 – 1,7
PAC	0,4	2 – 2,1
Déchets organiques	0,1	0,1 – 0,1
<b>Production locale d'énergie primaire (renouvelable)</b>	<b>0,6</b>	<b>3,6 – 3,9</b>
Déchets non-organiques	0,2	0,1 – 0,1
<b>Production locale d'énergie primaire (non-renouvelable)</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1 – 0,1</b>
Importation de gaz	9,9	2,5 – 0,3
Importation de produits pétroliers	7,3	0,9 – 0,1
<b>Importation d'énergie primaire (non-renouvelable)</b>	<b>17,2</b>	<b>3,4 – 0,5</b>
Importation d'électricité	6,4	10,4 – 9,9
<b>Importation d'électricité</b>	<b>6,4</b>	<b>10,4 – 9,9</b>
<b>Fourniture totale (excl. exports)</b>	<b>24,4</b>	<b>17,4 – 14,3</b>

Table 11. Fourniture d'énergie en RBC [TWh] (Scénarios 80-95%)

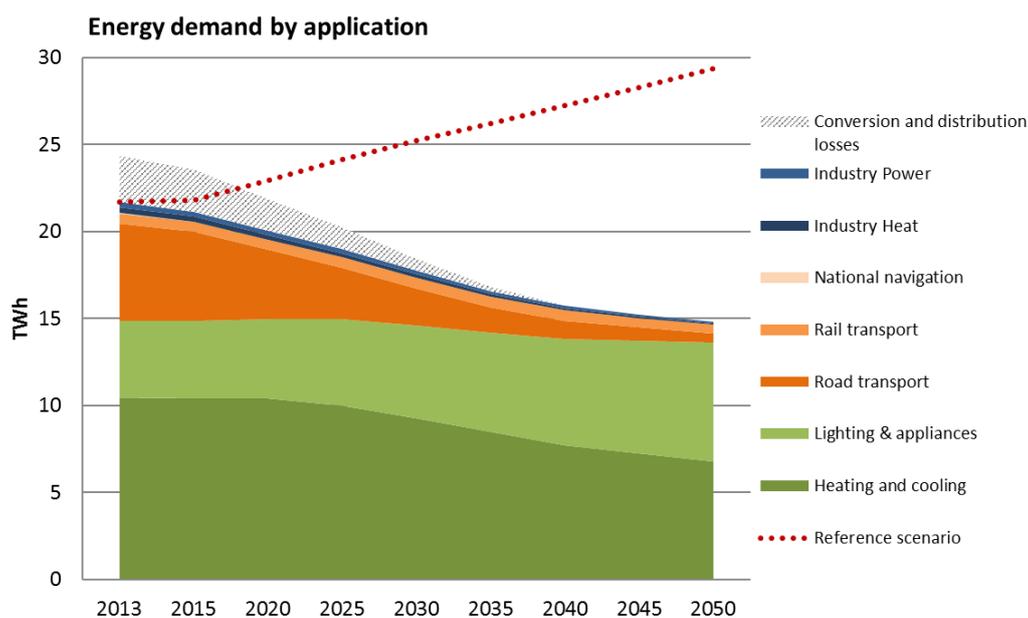


Figure 23 - Demande en énergie finale en RBC (scénario -95%)

## 1. AUTOPRODUCTION SUR LE TERRITOIRE

Un enjeu pour la région est de réduire la part d'importations dans son mix énergétique. Une proportion élevée d'importations implique une dépendance de la région d'une part aux pays producteurs de pétrole, gaz et d'autre part aux producteurs d'électricité. Cette dépendance implique des risques d'instabilité des prix de ces vecteurs et des risques de sécurité d'approvisionnement. De plus, lorsque l'électricité est massivement importée, son caractère renouvelable dépend de choix non-territoriaux et est donc plus complexe à garantir.

Pour augmenter l'autonomie énergétique de la RBC, les sources d'énergie qui peuvent être développées sur le territoire de manière significative à l'horizon 2050 sont le solaire (photovoltaïque et thermique) et la valorisation énergétique optimale des déchets (potentiel théorique maximal de 0,3 TWh électrique dont 0,1 TWh renouvelable). La part organique des déchets actuellement incinérés pourrait être biométhanisée, cette solution est en cours d'étude de faisabilité technico-économique. Par ailleurs, le potentiel territorial de biomasse est minime (environ 0,01 TWh) et le potentiel éolien (petites et grandes installations) a été reconnu comme négligeable par les parties prenantes.

Les scénarios 80-95% nécessitent d'atteindre environ 4 TWh d'énergie autoproduite tel que détaillé à la Table 12.

	2013	2050
Solaire photovoltaïque	39	880 – 1120
Solaire thermique	10	580 – 620
Incinération (déchets non-organiques)	248	64 – 64
Biométhanisation (déchets organiques)	0	66 – 75
Chaleur environnementale (PAC)	400	2020 – 2100

Table 12. Production d'énergie sur le territoire [GWh] (Scénarios 80-95%)

### Energie solaire

La production d'énergie solaire présente un potentiel important dans un milieu urbain. 39% du territoire de la région sont couverts de toits<sup>49</sup>, ce qui représente une surface de 62km<sup>2</sup>. Après adaptations pour prise en compte des toits plats et inclinés, déduction des ombrages, obstacles et bâtiments non exploitables, une surface maximale de 14 km<sup>2</sup> peut être équipée de modules. Les toits peuvent être équipés de panneaux solaires thermiques (production de 400 kWh/m<sup>2</sup>/an thermiques) ou de panneaux solaires photovoltaïques (production de 110 kWh/m<sup>2</sup>/an électriques). La surface totale permettrait donc, si tout le potentiel était atteint, de produire 5,6 TWh thermiques ou 1,5 TWh électriques. En répartissant les surfaces entre les deux technologies et en intégrant un facteur de sécurité<sup>50</sup>, le potentiel technique de solaire thermique serait de 0,77 TWh et le potentiel électrique de 0,85 TWh. Des développements supplémentaires pourraient apparaître et augmenter ce potentiel, ils ne sont pas pris en compte dans cette étude. Il s'agit par exemple de l'intégration des panneaux à d'autres éléments des bâtiments comme les façades, les vitrages (cellules transparentes intégrées) et les toitures (sous forme de tuiles/ardoises photovoltaïques). Ces solutions existent à l'état de pilote et si elles se développent de manière intensive pourront augmenter significativement le potentiel.

<sup>49</sup> Cette estimation et les suivantes proviennent de l'étude réalisée par 3<sup>E</sup> en 2008 « Hernieuwbaar energie in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest »

<sup>50</sup> Notamment suite aux consultations du secteur

## Incinération des déchets

La RBC génère de l'électricité en récupérant la chaleur de l'incinération des déchets depuis plusieurs années. L'électricité produite à partir de chaleur générée par la combustion des déchets d'origine organique est considérée comme renouvelable et reçoit dès lors des certificats verts. Depuis janvier 2016, un réseau de chaleur<sup>51</sup> permet de récupérer la chaleur résiduelle de la combustion des déchets. À long terme, la gestion des déchets et leur valorisation est une thématique complexe. L'Europe impose de gérer les déchets selon l'échelle de Lansink (prévention leur formation, réutilisation, recyclage, valorisation et élimination). La Région développe une stratégie ambitieuse en termes de prévention, réutilisation et recyclage, notamment au moyen du Programme Régional d'Economie Circulaire. La stratégie GoodFood vise également à la réduction de 30% des déchets alimentaires en 2020. Ces stratégies devraient faire diminuer le gisement de déchets à terme, poursuivant ainsi la tendance observée sur les dernières années (décroissance depuis 1990 pour les déchets organiques et depuis 2000 pour les autres déchets ménagers).

Parallèlement avec la tendance de réduction de la quantité de déchets, le traitement de ceux-ci va être réalisé de manière de plus en plus adaptée au type de flux (recyclage, compostage, biométhanisation de la partie organique, ...). La quantité de déchets incinérée se verrait ainsi réduite fortement. Une exportation de ces déchets résiduels pour une incinération extérieure au territoire n'est a priori pas envisagée, cela ne faisant que reporter les émissions sur le scope indirect de la région.

## Biométhanisation

Une alternative à l'incinération des déchets organiques est leur biométhanisation<sup>52</sup>. L'installation d'une unité de biométhanisation est envisagée depuis plusieurs années et permettrait de générer du biogaz à partir des déchets organiques. Le biogaz ainsi produit peut être valorisé sous forme de production d'électricité et/ou peut également être injecté dans le réseau de distribution ou comme combustible pour les véhicules. Le processus génère en bout de course un digestat qui peut être valorisé dans les secteurs agricole et horticole.

La production d'énergie renouvelable à partir de l'incinération de la part organique des déchets de la Région était de 67 GWh en 2013. La RBC a lancé en 2016 un ramassage sélectif de ces déchets organiques, temporairement biométhanisés hors de la région, en attendant l'étude de l'implantation d'une centrale sur le territoire, ainsi que la stabilisation du flux et de sa qualité. A terme, le potentiel de déchets biométhanisables pourrait être augmenté en important des déchets organiques de régions voisines.

## Eolien

L'éolien a un potentiel négligeable en région bruxelloise. Le territoire de la région n'est pas adapté pour l'installation d'éoliennes de grande taille (proximité de l'aéroport et des habitations et zones protégées Natura 2000) de manière significative. D'après les acteurs du secteur, le petit éolien a un potentiel négligeable également en ville, où le vent turbulent et les bâtiments ne rendent pas cette technologie intéressante et rentable. Des installations de test ont été réalisées sur plusieurs bâtiments bruxellois sans résultats probants.

<sup>51</sup> Source : site Bruxelles Energie : <https://www.bru-energie.be/production-energie.php>

<sup>52</sup> Les émissions liées à la valorisation de biomasse (y compris les déchets organiques) ne sont pas considérées dans le modèle, car estimées équivalentes à la quantité de CO<sub>2</sub> absorbée durant leur durée de vie

En définitive, la superficie de la région, son caractère urbain et ses consommations importantes rendent la coopération extraterritoriale indispensable. Une part non-négligeable de l'énergie primaire sera toujours importée, tel que représenté sur la Figure 24. Il est ainsi indispensable que les régions intègrent une vision bas-carbone commune lors de l'étude des flux interrégionaux

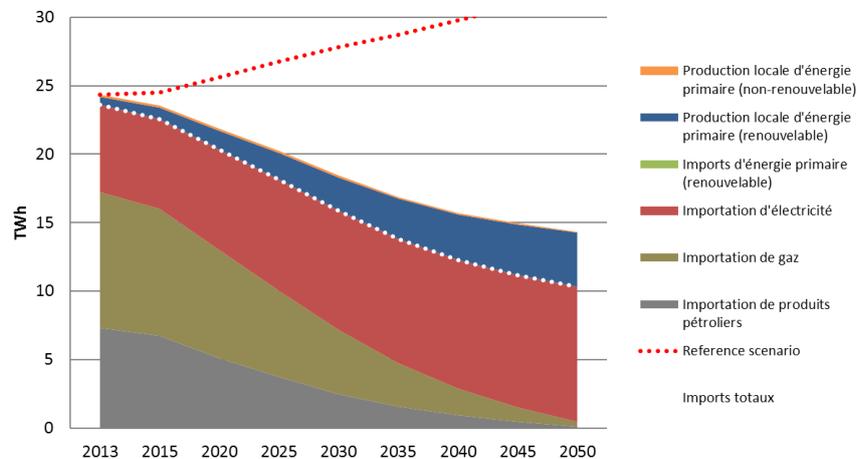


Figure 24 – Approvisionnement en énergie primaire de la RBC (scénario -95%)

## 1. IMPORTATIONS DE COMBUSTIBLES RENOUVELABLES

Les importations de combustibles d'origine organique (hors combustibles fossiles) comme le bois-énergie, les pellets, les plaquettes, le biogaz ou les biocarburants liquides permettent également de réduire les émissions de GES de la Région<sup>53</sup> mais ne diminuent pas sa dépendance envers les territoires producteurs.

La **biomasse bois** est une ressource utilisée par d'autres secteurs économiques (papier, construction, mobilier, etc.), ce qui peut également créer une compétition à l'accès de ces ressources. Pour assurer un impact climatique neutre, il est nécessaire que le stock des forêts d'origine du bois soit constant (ce qui est le cas en Europe avec une forêt en croissance). De plus, la combustion de bois en zone urbaine nécessite l'utilisation de combustibles et de technologies de combustion de qualité afin de minimiser la portée négative sur la qualité de l'air par l'émission de particules fines.

Les **biocarburants et bioliquides** permettent dans une certaine mesure de remplacer les combustibles fossiles (essence et diesel pour la mobilité, mazout de chauffage, gaz naturel). Ils sont intéressants dans la mesure où ils permettent d'utiliser l'infrastructure et les équipements existants avec des adaptations mineures. Par exemple, depuis 2017, l'essence disponible en Europe est de la Super95 E10 qui comprend 10% d'éthanol d'origine végétale. L'utilisation de biocarburants avancés (à distinguer des biocarburants de première génération qui entrent en concurrence avec les usages alimentaires) permet de limiter les surfaces de culture requises, et n'entrent dès lors pas en conflit avec la production de nourriture. Le biogaz importé sous forme liquide (LNG) issu de la biométhanisation peut ailleurs être envisagé afin de remplacer le gaz naturel dans l'alimentation du réseau de gaz bruxellois ou sur un site en particulier après un processus de regazéification.

<sup>53</sup> La comptabilité des émissions considère que la combustion de biomasse dégage des émissions de CO<sub>2</sub> équivalentes à ce que les plantes ont absorbé durant leur vie. Le modèle ne considère donc pas d'émissions liées à ces combustibles issus de la biomasse. L'importation de biomasse n'est dès lors pas modélisée dans l'outil.

## 2. IMPORTATIONS D'ÉLECTRICITÉ

Les importations d'électricité sont indispensables vu que le territoire urbanisé de la Région ne permet pas facilement de produire l'électricité nécessaire à ses activités. Les importations représentent 92% de la demande en 2013. La Région est intégrée dans le réseau de transport belge géré par Elia et possède son propre réseau de distribution géré par Sibelga. L'électricité fournie sur le réseau d'Elia provient de grandes centrales belges, d'unités décentralisées belges et des interconnexions avec les pays voisins (actuellement la France, les Pays-Bas et l'Allemagne). Lorsque de l'électricité est importée, il n'est pas possible de déterminer son origine. Pour l'estimation des émissions indirectes liées à la production d'électricité importée par la Région, les émissions moyennes du mix de production belge (mix estimé à partir de 2015) ont été considérées et celles de l'électricité fournie par les interconnexions (dont l'origine et donc les émissions ne sont pas quantifiables) ont été négligées.

## E. DÉCHETS

*La réduction et le traitement optimal des différents flux de déchets (compostage, biométhanisation, ...) sont deux leviers activables pour une transition vers un système durable. Ils contribuent par ailleurs à l'objectif de réduction du volume de déchets incinérés et ainsi des émissions qui y sont associées.*

Diverses mesures visent à **réduire la quantité de déchets** produite sur le territoire. Cette logique de réduction s'inscrit dans les premiers échelons de l'échelle de Lansink, à savoir la prévention et la réutilisation (cf. Figure 25).



Figure 25. Echelle de Lansink (Source : Trotec.be)

En termes de « prévention », un des drivers principaux de la production de déchets est la consommation (alimentaire, de biens textiles, mobiliers, électroniques, de construction et de véhicules). La prévention consiste donc ici notamment à rationaliser cette consommation de biens, la fréquence de leur remplacement, à réduire les emballages (par exemple en utilisant des contenants réutilisables), etc. A propos de l'échelon « réutilisation », il est attendu une généralisation des pratiques de réparation, réemploi, etc. De telles évolutions sont portées par la logique d'économie circulaire et par le PREC. Dans le scénario le plus ambitieux, une réduction de 70% de la quantité de déchets non-organiques produite par habitant est considérée à l'horizon 2050. De plus, la lutte contre le gaspillage portée actuellement par le programme « GoodFood » est considérée comme menant à une réduction de 30% des déchets organiques produits par habitant.

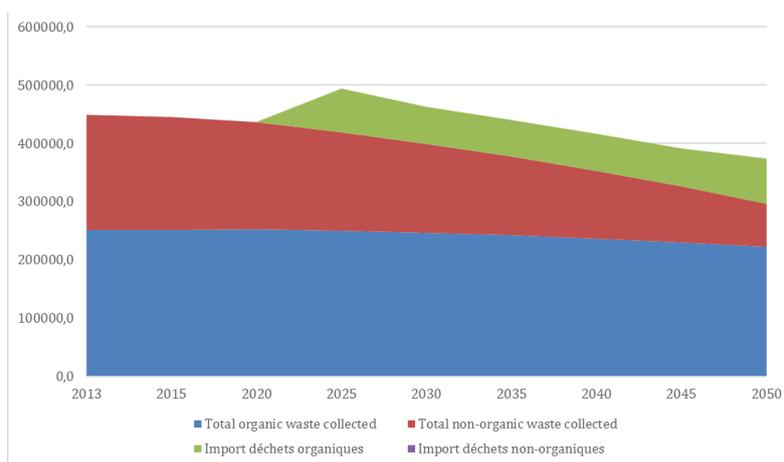
Concernant le **traitement adapté des différents flux de déchets**, les actions relatives sont le renforcement du tri sélectif jusqu'à une réduction considérable des déchets à incinérer, une meilleure connaissance des différents flux et de leurs caractéristiques afin de permettre une circulation des déchets plus rationnelle, et le choix optimal du type de traitement des déchets (recyclage, compostage, biométhanisation, incinération).

De tels projets sont actuellement à l'étude, aussi bien concernant la réduction de la quantité (via le PREC), que le traitement adapté (via étude de caractérisation de chaque flux et faisabilité technico-économique des différentes solutions de traitement).

Dans le scénario 80-95%, les flux de déchets détaillés à la Table 13 et à la Figure 26 sont considérés à l'horizon 2050.

	2013	2050
Collecte de déchets organiques	250	240 – 220
Collecte de déchets non organiques	200	100 – 75
Import déchets organiques	-	35 – 75

**Table 13. Evolution de la quantité de déchets produite et importée en RBC [1000 tonnes] (Scénarios 80-95%)**



**Figure 26. Evolution des déchets disponibles en RBC [tonnes] dans le scénario -95%**

Dans ces scénarios, après tri de la part recyclable des déchets, l'ensemble des déchets non-organiques restants est incinéré, tandis que les déchets organiques collectés et importés sont biométhanisés. Des détails concernant la biométhanisation sont disponibles dans le chapitre « Energie ».

Notons que le compostage n'intervient pas dans le modèle (étant considéré comme neutre en carbone) mais est également une des filières de valorisation à l'étude par la Région.

Une autre catégorie de déchets à l'origine d'une part des émissions territoriales est composée des déchets des stations d'épuration. Cette quantité de déchets est, quant à elle, considérée constante, mais représente dès lors une part non-négligeable des émissions de la RBC à l'horizon 2050. Ce levier d'action est en cours d'étude au sein de Bruxelles Environnement.

## F. ALIMENTATION

***Le passage des Bruxellois à une alimentation locale, de saison et fournissant les apports nécessaires en protéines via davantage de denrées végétales qu'animales induirait une réduction notable des émissions indirectes liées à la consommation de nourriture.***

L'alimentation est l'une des sources d'émissions indirectes causées par l'activité des Bruxellois. Le régime alimentaire semble parfois un levier difficilement activable. Le régime alimentaire d'un Bruxellois est pourtant largement différent de celui de ses grands-parents ou d'un habitant d'un pays voisin. L'évolution de ce régime est donc constante et en partie inconsciente, il convient donc de le faire désormais évoluer vers une situation plus durable.

Les éléments considérés ici pour estimer l'empreinte carbone de l'alimentation sont :

- le type de régime alimentaire
- le lieu de production des aliments
- le fait que les produits frais soient de saison, cultivés sous serres chauffées, conservés par réfrigération ou congélation.
- le fait que l'apport nécessaire en protéines soit d'origine animale ou végétale
- la part de nourriture gaspillée

Une alimentation « équilibrée, locale, de saison et fournissant les apports nécessaires en protéines via davantage de denrées végétales qu'animales » implique une ambition maximale sur chacun des leviers, tel qu'explicité dans la Table 14. Ces efforts combinés mènent à une réduction de 68% des émissions indirectes liées à la consommation de nourriture.

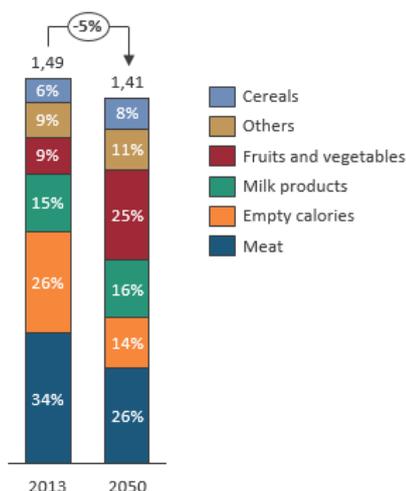
	2050
Équilibré	tel que défini par le National Food and Health Plan + réduction de 50% des sucres
Local	80% issus de Belgique
De saison	45% frais de saison, 50% réfrigéré, 5% congelé
Apport en protéines <sup>54</sup>	75% végétales, 25% animales

Table 14. Hypothèses utilisées pour définir un régime alimentaire bas-carbone (scénario 95%)

L'évolution du **régime alimentaire** en vue d'être considéré **équilibré** est illustré sur la Figure 27. Il se base sur la description du régime équilibré tel que défini par le « National Food and Health Plan » et en y ajoutant une réduction de 50% des sucres (empty calories sur le graphe).

<sup>54</sup> Basé sur les recommandations de « Nature et Progrès »

**Food consumption GHG emissions following the balanced character of an omnivorous diet in the -95% scenario**  
[kgCO<sub>2</sub>e/pers/day]



Note: - In this display, the "others" category includes fish, eggs and potatoes. Remaining food categories are considered in "empty calories"

**Figure 27. Description d'un régime équilibré dans le scénario -95%**

Le **caractère local** influe sur l'énergie et les émissions liées au transport des aliments. Le scénario -95% considère que 80% des aliments mangés en RBC sont issus de Belgique.

Notons par ailleurs que la volonté d'un système alimentaire sain et transparent favorise naturellement les denrées produites localement. Dans cette optique, citons la dynamique d'agriculture urbaine notamment portée par le Programme GoodFood, et prônant les potagers collectifs, le développement d'espaces « Incredible Edible », les cultures de terrasses et balcons, etc.

Les GAC (Groupement d'Achat en Commun) permettent quant à eux de mettre les consommateurs directement en contact avec des producteurs locaux.

Concernant le transport des aliments, l'ADEME estime que le trajet entre le lieu d'achat du produit final et son lieu de consommation représente souvent la plus grande part de l'impact environnemental lié au transport des denrées alimentaires<sup>55</sup>, le mode de transport de ce trajet « domicile-magasin » n'est donc pas non plus à négliger.

Le **caractère « de saison »** d'un aliment a également un impact important sur son empreinte carbone car il concerne l'énergie nécessaire à créer les conditions propices à la culture lorsque les conditions normales ne le permettent pas (les serres chauffées par exemple) et l'énergie nécessaire à la conservation de l'aliment. Le scénario -95% considère que parmi les produits frais, 45% sont frais de saison, 50% ont été conservés par réfrigération et seulement 5% ont été conservés par congélation. Ce scénario considère par ailleurs une consommation nulle d'aliments produits sous serres chauffées.

<sup>55</sup> ADEME, Alléger l'empreinte environnementale de la consommation des Français en 2030

Concernant la conservation (par réfrigération), elle peut se faire par stockage dans des caves, des greniers ou des frigos. Il est à noter que la conservation en frigo est généralement moins énergivore que le transport longue distance. A titre d'exemple, Bruxelles Environnement<sup>56</sup> estime que :

- 1 kg de pommes belges mangées en avril (après avoir été conservées) représente 0,15 kgCO<sub>2</sub>e
- 1 kg de pommes chiliennes importées par bateau représente 0,55 kgCO<sub>2</sub>e

Un levier complémentaire concerne le **type d'aliments utilisés comme source de protéines**. Le scénario -95% considère que 75% de l'apport nécessaire en protéines sont issus de denrées végétales (légumineuses, lentilles, etc.), tandis que 25% proviennent de produits animaux. Réduire la consommation d'aliments nécessitant un élevage animal a un impact considérable sur la réduction des émissions liées à l'alimentation (cf. Figure 28). Une telle réduction de l'élevage animal permettrait également de diminuer les quantités d'eau et les surfaces de terrain nécessaires.

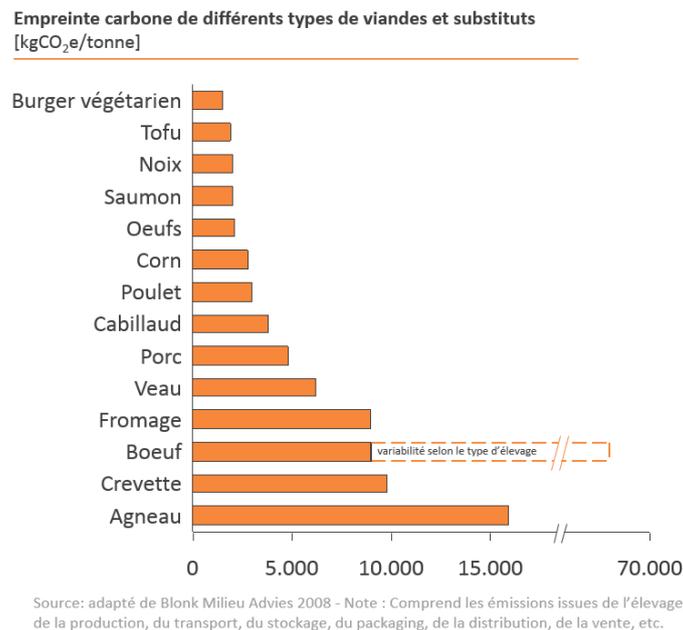


Figure 28. Empreinte carbone de différents types de viandes et substituts

Finalement, le dernier levier considéré dans l'estimation de l'impact carbone de l'alimentation est le **gaspillage**. Dans le scénario -95% (cf. Figure 29), le gaspillage se verrait réduire de 60% entre 2013 et 2050, en incluant la revalorisation (non-énergétique) des sous-produits alimentaires dans le contexte d'économie circulaire, par exemple par le compostage. L'initiative GoodFood est particulièrement active en RBC sur ce plan-là.

<sup>56</sup> Bruxelles Environnement, Calendrier des fruits & légumes locaux, de saison et hors serre, 2016

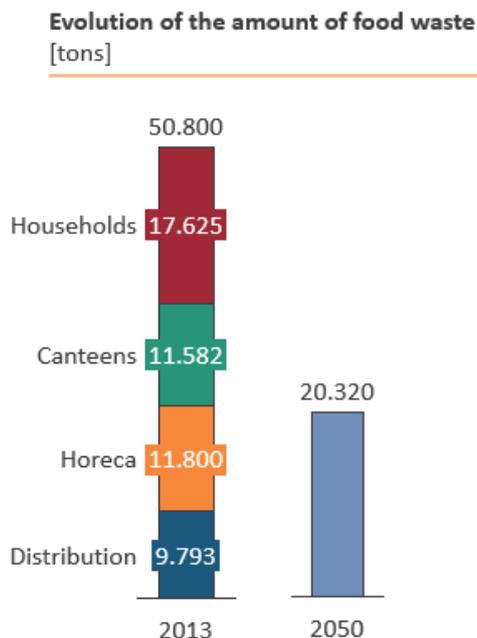


Figure 29. Evolution du gaspillage dans le scénario -95%

## A. BIENS ET SERVICES IMPORTÉS

***Le développement de l'économie circulaire devrait réduire fortement la part de biens et services importés, notamment via une diminution de la demande (éco-conception et allongement de leur durée de vie, usage partagé, réemploi et recyclage), et via un ancrage local de l'offre de biens et services (circuits courts, échanges de services...)***

L'importation de biens et services a des répercussions sur les émissions indirectes de la Région, celles-ci étant générées au lieu de production de ces biens et services. Concernant les biens importés, il s'agit principalement des produits métalliques (véhicules, produits en fer & acier, appareils et équipements) ainsi que de produits textiles, chimiques, en papier & carton, ou des denrées à destination de l'industrie alimentaire<sup>57</sup>. L'estimation des services importés est, quant à elle, basée sur les données de flux financiers des statistiques de la Banque Nationale de Belgique.

Ce poste d'émissions se retrouve au cœur de la thématique d'économie circulaire. Sa réduction à l'horizon 2050 peut se faire via deux approches complémentaires : en diminuant la demande et en ancrant la production localement.

La demande se verra diminuer suite à la généralisation des concepts d'éco-design qui permettent d'allonger la durée de vie des produits, mais également via le réemploi, la réparation, l'usage partagé ou l'économie de la fonctionnalité.

<sup>57</sup> Denrées non-consommées sur le territoire

Si l'obsolescence programmée est souvent pointée du doigt comme à la source d'une durée de vie très courte des produits, les effets de mode ne sont pas à négliger à ce niveau-là. En effet, l'envie de renouvellement constant a un impact important sur la demande en produit. Une manière d'enrayer ce phénomène pourrait être notamment de mettre en place des incitants qui rendraient la réparation plus intéressante que l'achat d'un neuf.

Concernant l'ancrage local de l'offre de biens et services, les circuits courts sont un levier, de même que les réseaux d'échange de services. Un tel ancrage local permet de créer de la valeur sur le territoire, tout en minimisant les émissions liées à la logistique.

A titre d'exemple, mentionnons les divers modèles proposés par le Réseau de Consommateurs Responsables<sup>58</sup>, notamment les SEL (Système d'Echange Local) et RES (Réseau d'Echange de Savoirs) qui sont déjà actifs dans la Région, ou encore les Repair Cafés, les donneries, le développement de surfaces de vente de produits locaux, etc.

Le concept d'économie de la fonctionnalité ouvre également la porte à une multitude de nouvelles opportunités, basées sur la mise à disposition d'un « produit en tant que service ». Un tel shift entre la possession et l'usage d'un bien présente plusieurs avantages parmi lesquels :

- Le fabricant a intérêt à concevoir un produit dont la longévité est la plus longue possible,
- Le fabricant reste propriétaire du bien, et donc responsable de son entretien et de sa fin de vie,
- Le fabricant a une vision intégrée et long terme sur le service vendu, et sur le meilleur moyen de répondre au besoin qui est à la base de celui-ci,
- Le service offert est complet, et de lui résulte alors la satisfaction du client. Cela mène à des services intégrés, réactifs, flexibles, personnalisés, voire co-crésés avec le client.

Un exemple de service basé sur ce nouveau type de business models sont les plateformes en ligne facilitant l'usage partagé de matériel dont l'utilisation est irrégulière et ponctuelle.

Ces différentes thématiques font l'objet du PREC, et sont notamment soutenues via l'appel à projets « be.Circular »<sup>59</sup>.

---

<sup>58</sup> Voir leur site internet : <http://www.asblrcr.be>

<sup>59</sup> <http://www.circularprojects.brussels/>

## VI. CONCLUSION

***Pour transformer la transition bas-carbone en opportunité économique et sociétale, il est indispensable de donner à tous les acteurs une visibilité à long terme sur les objectifs et d'associer les secteurs à la construction de scénarios affinés, inclusifs et crédibles.***

Cette étude dresse un portrait de la Région de Bruxelles-Capitale au cœur d'une dynamique de réduction de l'ordre de 80-95% de ses émissions de GES à l'horizon 2050. Secteur après secteur, l'analyse a montré qu'une telle réduction était envisageable. C'est néanmoins un défi ambitieux, compte tenu des spécificités de la RBC et notamment de l'évolution démographique importante sur un territoire densifié.

Différents scénarios permettent d'atteindre ces réductions. L'ensemble des secteurs doit y contribuer et certainement le secteur du transport et le secteur du bâtiment. L'alimentation et le traitement des déchets jouent également un rôle important.

Réduire les émissions de GES en RBC présente, au-delà des bénéfices environnementaux, des co-bénéfices économiques et sociaux importants et notamment (i) la réduction de la facture énergétique pour les ménages et les entreprises, (ii) l'amélioration de la santé, au travers de la réduction de la pollution de l'air, (iii) la création d'emplois additionnels (par ex., pour la rénovation des bâtiments), (iv) l'amélioration de la balance commerciale de la Région et sa meilleure résilience.

Une vision politique claire et long-terme est nécessaire pour réaliser cette transition. Elle s'accompagne de politiques et mesures, dont certaines déjà en place (PACE, PREC, GoodFood, Plan régional Mobilité...) pourraient être renforcées.

L'étude vise à contribuer au débat. La méthodologie, au travers des très nombreuses consultations, a permis d'ancrer les analyses quantitatives dans le réel et d'identifier les obstacles et les éléments facilitateurs avec le support des experts. Elle s'inscrit et complète les autres plans régionaux de la RBC et notamment le plan régional air-climat-énergie, le PREC et le projet de PRDD.

Le développement de l'outil de modélisation et son appropriation par les équipes de Bruxelles Environnement et par les autres opérateurs actifs dans la planification territoriale et sectorielle permettront à ces acteurs de disposer du cadre pour poursuivre le développement des politiques et mesures nécessaires à moyen et long terme. L'approche innovante menée pour modéliser les émissions indirectes permet de compléter ces réflexions et de considérer l'impact des choix opérés par la RBC sur les autres régions.

La transition vers une société bas-carbone devra se faire avec l'assentiment et la participation des citoyens. Elle nécessitera également des innovations et de nouvelles approches, notamment au niveau de la gouvernance, de la problématique des propriétaires/locataires, des enjeux socio-culturels, des formules de financement ou encore de l'aménagement du territoire.

## ANNEXE I. MÉTHODOLOGIE

## A. OPEERA

Le modèle utilisé dans le cadre de ce projet est inspiré du modèle OPEERA (Open Source Prospective Energy and Emissions Roadmap tool), développé par CLIMACT en collaboration avec le Department of Energy and Climate Change du Royaume-Uni (DECC)<sup>60</sup>. Il modélise l'évolution des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050<sup>61</sup>. La prise en compte d'autres polluants atmosphériques (particules fines, ozone atmosphérique...) n'est pas prévue. De plus, les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O ainsi que les émissions liées à la biomasse<sup>62</sup> (biométhanisation, combustion de bois, etc) sont traitées selon la méthodologie de l'inventaire des émissions.

Le modèle utilisé dans le cadre de ce projet est un modèle de simulation, il permet de tester facilement et rapidement l'impact de différents leviers sur le système énergétique et les émissions de gaz à effet de serre<sup>63</sup>. L'objectif est de modéliser l'évolution d'un grand nombre de paramètres à long terme et d'envisager des scénarios contrastés.

La modélisation est basée sur des leviers, représentant des paramètres du système énergétique. Les leviers sont :

- soit des éléments externes sur lesquels la Région n'a pas ou peu d'influence, tels que la population ou le coût de du baril de pétrole,
- soit des variables d'activité d'un secteur tels que le taux d'isolation ou l'efficacité des véhicules,
- soit des paramètres de production des différents vecteurs énergétiques.

Pour chaque levier, quatre niveaux d'ambition ont été définis, d'un niveau d'ambition faible (niveau 1) à un niveau d'ambition maximal (niveau 4), comme illustré à la Figure 30. Le niveau 1 correspond à une évolution 'business as usual' qui servira de référence auquel les autres niveaux seront comparés. Le niveau maximal (4) 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.

<sup>60</sup> Le modèle est basé sur une architecture utilisant Excel qui assure une flexibilité et une simplicité d'utilisation maximale. Cela permet de s'appropriier le modèle, tester différents scénarios et de mettre à jour les paramètres sur la base de nouvelles informations voire de développer des fonctionnalités complémentaires.

<sup>61</sup> Les gaz à effet de serre considérés sont les 7 types de gaz repris dans la dernière version du protocole de Kyoto. Il s'agit du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), du méthane (CH<sub>4</sub>), du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), des hydrofluorocarbures (HFC), des perfluorocarbures (PFC), de l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) et du trifluorure d'azote (NF<sub>3</sub>). Dans le modèle, les émissions sont transformées et additionnées en équivalent CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>e) en utilisant leur Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) à 100 ans tel que calculé par le GIEC.

<sup>62</sup> Émissions dès lors considérées comme nulles dans le modèle

<sup>63</sup> La distinction est souvent faite entre les modèles de simulation et les modèles d'optimisation qui visent, quant à eux, à optimiser un paramètre (p.ex. le coût total du système énergétique) sous différentes contraintes. Les modèles d'optimisation présentent l'avantage d'optimiser le système, mais ils sont en règle générale plus lents et moins transparents, réservés à des experts. L'utilisation d'un modèle d'optimisation reste néanmoins complémentaire et pourrait faire l'objet de futurs projets.

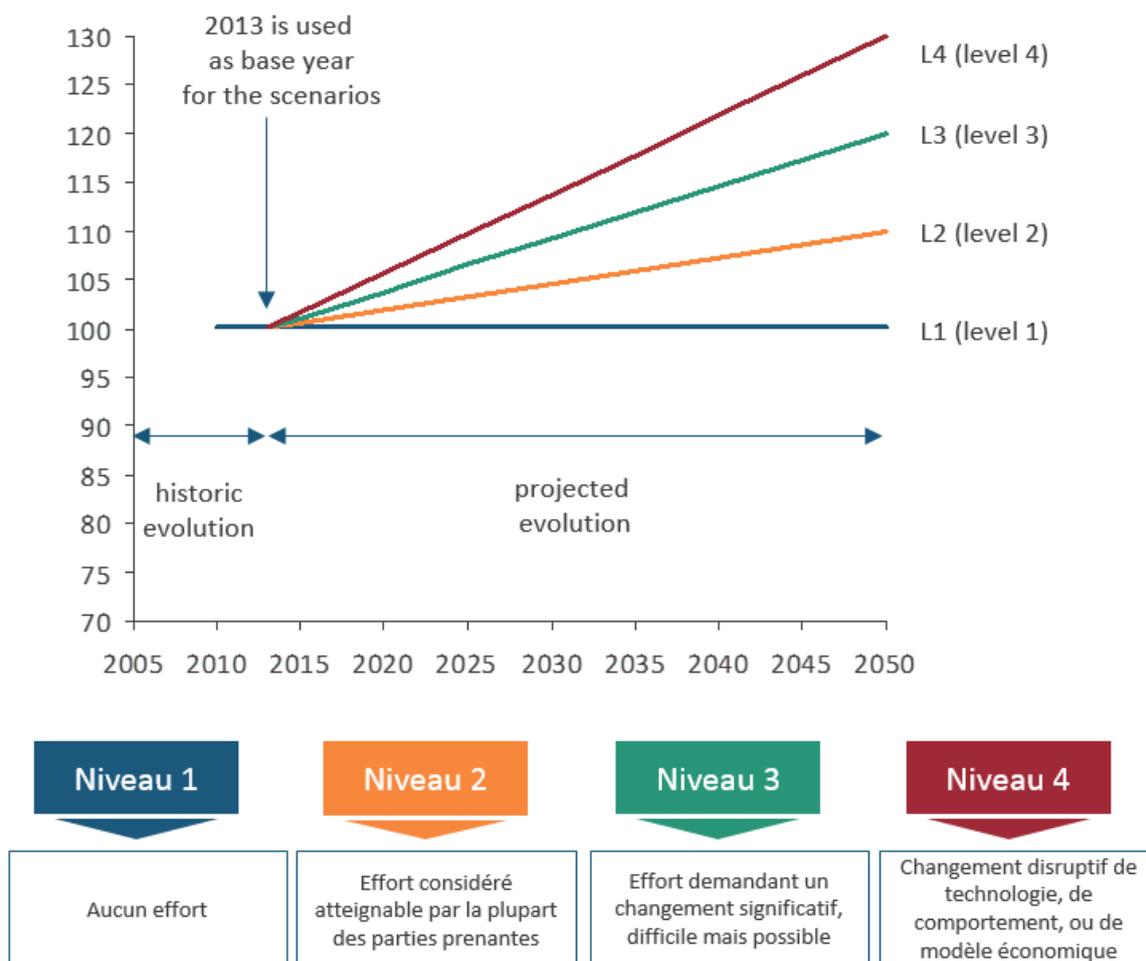


Figure 30 - Niveaux d'ambition appliqués à un levier

Le développement de l'outil et des scénarios a suivi les étapes suivantes :

- Adaptation du modèle OPEERA au système énergétique de la Région de Bruxelles-Capitale,
- Élaboration de leviers et de niveaux d'ambitions sur base de la littérature,
- Discussion des leviers et niveaux d'ambition avec les acteurs du secteur lors des différentes consultations,
- Présentation de scénarios contrastés et discussion avec un panel d'acteurs multisectoriels.

La modélisation est basée sur une approche « bottom-up »<sup>64</sup> permettant d'estimer d'une part la demande énergétique régionale, et d'autre part l'offre énergétique de la RBC. Le modèle étudie en détail la demande en énergie des différents secteurs (bâtiment, transport, déchets, industrie). L'évolution de cette demande est modélisée à l'horizon 2050 sur base des leviers reflétant les possibilités futures prévues pour les secteurs. L'offre régionale de production d'énergie est également modélisée à l'aide de leviers et complétée

<sup>64</sup> 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.

par des imports. Les émissions de GES étant principalement liées à l'utilisation d'énergie en Région bruxelloise, le modèle calcule les émissions sur base du modèle énergétique et les complète avec d'autres émissions (p.ex. les émissions fugitives des systèmes de climatisation).

L'année 2013 a été choisie comme année de référence, car c'est l'année la plus récente avec des chiffres disponibles. Le modèle est aligné sur les émissions rapportées par la RBC dans le cadre des reporting internationaux pour l'année de référence. L'évolution des émissions est modélisée de 2015 à 2050, par intervalles de 5 ans.

Les autres niveaux de pouvoir (fédéral, wallon, flamand) de l'état belge ont commandé des études comparables présentant des scénarios bas-carbone à partir d'un modèle similaire. Les principes de base du modèle sont similaires d'une étude à l'autre. Le modèle a été adapté lors de chaque étude aux objectifs spécifiques du commanditaire de l'étude en prenant des hypothèses (définition des niveaux d'ambition) et des horizons de temps parfois différents. Par ailleurs, les études précédant celle de la RBC n'ont pas pris en considération les émissions indirectes.

## B. LES LEVIERS

Le choix des leviers a été réalisé de manière à pouvoir mettre en évidence certains choix qui impacteraient les secteurs qui génèrent la majorité des émissions dans la Région (bâtiments et transports essentiellement) et pour refléter les compétences de Bruxelles Environnement (énergie, rénovation, déchets, économie circulaire, alimentation...).

La liste des leviers modélisés dans l'outil est disponible en Annexe II. Pour chacun de ces leviers, 4 trajectoires à l'horizon 2050 ont été définies selon les 4 niveaux d'ambition (cf. Figure 30). Le modèle dispose ainsi de nombreux degrés de liberté, ce qui offre à l'utilisateur du modèle une large gamme de combinaisons possibles pour la réalisation de ses scénarios.

Notons néanmoins que certaines sources d'émissions n'ont pas été modélisées via des leviers, car représentant une part minoritaire des émissions, où dont la trajectoire a été fixée a priori.

Parmi celles-ci, les émissions liées aux fuites de gaz réfrigérants représentent moins de 7% des émissions territoriales en 2013 et sont du ressort du gouvernement fédéral. Les états signataires du protocole de Montréal ont signé en 2016 un accord pour la fin progressive de l'utilisation des hydrofluorocarbures d'ici à 2050<sup>65</sup>. Il a donc été décidé de ne pas modéliser l'utilisation de ces gaz avec un levier mais de considérer leur élimination linéaire jusqu'à une disparition totale d'ici 2050.

Les autres sources d'émissions représentant moins de 1% des émissions ont été considérées comme constantes jusqu'en 2050. Il s'agit des émissions liées au transport de gaz, au transport off-road, aux applications médicales, aérosols, au compost et au traitement des eaux usées.

Les émissions issues de l'industrie, peu présente en RBC, ne font pas l'objet d'un levier en tant que tel, mais le niveau d'ambition qui leur est appliqué est défini par le levier « Performances après rénovations » du secteur tertiaire. La réduction des émissions issues des processus de combustion dans le secteur industrie est considérée égale à 60 et 80 % par rapport aux émissions de 2013 dans les scénarios -80 et -95% respectivement.

<sup>65</sup> [http://www.lemonde.fr/planete/article/2016/10/15/premier-pas-vers-la-suppression-des-hydrofluorocarbones-supergaz-a-effet-de-serre\\_5014205\\_3244.html](http://www.lemonde.fr/planete/article/2016/10/15/premier-pas-vers-la-suppression-des-hydrofluorocarbones-supergaz-a-effet-de-serre_5014205_3244.html)

## C. LES SCÉNARIOS

L'outil permet la modélisation d'un grand nombre de scénarios. En accord avec le commanditaire et le comité d'accompagnement, les implications de plusieurs scénarios ont été analysées en détails. Ces implications ont ensuite été rassemblées dans les messages-clés repris à la section V.

Tel qu'expliqué à la section III sur les scénarios envisagés pour la Région et à la Figure 1 qui s'y réfère, les scénarios ont été créés par combinaison de trois paramètres : le niveau d'ambition, le périmètre de l'ambition et l'activation des leviers propres à l'offre et/ou à la demande. Les scénarios détaillés ci-dessous ont ainsi permis de faire ressortir les messages clés de l'étude.

### 1. SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE

Le scénario de référence est un scénario où tous les niveaux d'ambition sont fixés à 1 (correspondant à une approche 'business as usual'). Bien qu'il diffère en certains points du scénario WEM (With Existing Measures) du modèle de projection de Bruxelles Environnement qui montre l'évolution probable des émissions entre 2013 et 2030, le scénario de référence a été calibré pour être cohérent et proche de celui-ci.

### 2. SCÉNARIOS DE RÉDUCTION

Pour chaque **objectif de réduction** des émissions (réduction de 80 ou 95% des émissions de GES à l'horizon 2050 par rapport au niveau de 1990), deux types de scénarios ont été élaborés.

- Les scénarios **ambition globale** montrent l'impact d'une modification du système énergétique bruxellois qui vise à atteindre l'objectif de réduction d'émissions au niveau territorial en 2050, tout en mettant en place des politiques d'ambition similaire pour réduire les émissions indirectes.
- Les scénarios **focus territorial** représentent les résultats d'une ambition de réduction à 2050 en RBC mais sans attention particulière aux émissions indirectes.

Les niveaux d'ambition de chaque levier dans les différents scénarios se trouvent à la Figure 31.

			Reference	-80% (global effort)	-80% (Brussels focus)	-95% (global effort)	-95% (Brussels focus)	
<b>Demande</b>	<b>Demographie</b>		Evolution démographique		20	20	20	
	<b>Bâtiments</b>	<b>1 Drivers</b>	(i) Taux de propriétaires	10	33	33	40	40
		<b>2 Demande de confort</b>	(i) Taille des nouveaux foyers (m <sup>2</sup> /foyer)	10	33	33	40	40
			(ii) Demande de confort climatique (chaleur et froid)	10	33	33	40	40
			(iii) Demande en appareils électriques (électro, cuisson, éclairage)	10	33	33	40	40
		<b>3 Evolution de l'enveloppe</b>	(i) Taux de rénovations	10	33	33	40	40
			(ii) Performance après rénovations	10	33	33	40	40
		<b>4 Efficacité des technologies</b>	(i) Technologies de chauffage	10	33	33	40	40
			(ii) Efficacité des appareils électriques (électro, cuisson, éclairage)	10	33	33	40	40
		<b>5 Drivers</b>	(i) Emploi dans le secteur des services	20	20	20	20	20
		<b>6 Demande de confort</b>	(i) Taille des bureaux (m <sup>2</sup> /employé)	10	33	33	40	40
			(ii) Demande de refroidissement	10	33	33	40	40
			(iii) Demande de services électriques	10	33	33	40	40
	<b>7 Evolution de l'enveloppe</b>	(i) Taux de rénovation	10	33	33	40	40	
		(ii) Performance après rénovations	10	33	33	40	40	
		(iii) Taux de nouvelles constructions	10	33	33	40	40	
		(iv) Taux de conversion de bureaux en foyers	10	33	33	40	40	
	<b>8 Efficacité des technologies</b>	(i) Technologies de chauffage	10	33	33	40	40	
		(ii) Efficacité des appareils électriques (électro, IT, éclairage)	10	33	33	40	40	

Demand	Transport	Matériaux de construction	9 Matériaux de construction							
				(i) Type et quantité de matériaux	10	33	10	40	10	
			(ii) Taux de réutilisation	10	33	10	40	10		
Demand	Domestique	XII.a Mobilité des bruxellois								
		(i) Demande de transport (# trajets/personne)	10	33	33	40	40			
		(ii) Distance moyenne des trajets	10	33	33	40	40			
		(iii) Part des modes actifs (marche, vélo)	10	33	33	40	40			
		(iv) Part des transports publics	10	33	33	40	40			
		(v) Taux d'occupation	10	33	33	40	40			
			(vi) Technologies et efficacité des véhicules	10	33	33	40	40		
	Navetteurs	XII.b Mobilité des navetteurs								
		(i) Nombre de navetteurs (# trajets)	10	33	33	40	40			
		(ii) Distance intra-Bxl des navetteurs (km/trajet)	10	33	33	40	40			
		(iii) Part des modes actifs (marche, vélo)	10	33	33	40	40			
		(iv) Part des transports publics	10	33	33	40	40			
		(v) Taux d'occupation	10	33	33	40	40			
			(vi) Technologies et efficacité des véhicules	10	33	33	40	40		
	Biens	XII.c Transport de biens								
		(i) Demande de transport de biens	10	33	33	40	40			
		(ii) Taux de remplissage	10	33	33	40	40			
		(iii) Parts modales	10	33	33	40	40			
		(iv) Mix technologique et carburants	10	33	30	40	30			
			(v) Efficacité énergétique	10	33	33	40	40		
Indirect	XII.d Emissions indirectes									
	(i) Voyages en avion (professionnels et privés)	10	33	10	40	10				
	(ii) Mobilité des Bruxellois hors Bruxelles (p.km = passager.km)	10	33	10	40	10				
	(iii) Trajets induits par Bruxelles (tourisme, visites) (p.km)	10	33	10	40	10				
		(iv) Transport de biens de/vers Bruxelles	10	33	10	40	10			
Demand	Indirects	Alimentation	1 Alimentation							
			(i) Régime équilibré	10	33	10	40	10		
			(ii) Substitution de viande par d'autres produits protéinés	10	33	10	40	10		
			(iii) Consommation de produits de saison	10	33	10	40	10		
			(iv) Consommation de produits locaux	10	33	10	40	10		
			(v) Réduction du gaspillage alimentaire	10	33	10	40	10		
			2 Biens et services importés							
			(i) Quantité	10	33	10	40	10		
			(ii) Durée de vie	10	33	10	40	10		
			(iii) Design bas-carbone	10	33	10	40	10		
		(iv) Utilisation de matériaux recyclés pour la fabrication	10	33	10	40	10			
Supply	Prix de l'énergie		Trajectoires de prix de l'énergie							
			20	20	20	20	20			
	Electricité	Production	IV Renouvelables							
					(i) Solaire PV	10	33	33	40	40
					(ii) Solaire thermique	10	33	33	40	40
				I.a Non-renouvelable						
				(i) Cogénération	10	33	33	40	40	
		Imports	3 Imports							
				(i) Mix de production belge	10	33	20	40	20	
	Déchets	Déchets	VI Déchets							
				(i) Quantité de déchets organiques (hors gaspillage alimentaire)	10	33	33	40	40	
				(ii) Quantité de déchets non-organiques	10	33	33	40	40	
				(iii) Imports de déchets	10	33	10	40	10	
				(iv) Capacité de biométhanisation de déchets	10	33	33	40	40	
		(v) Capacité d'incinération de déchets	10	30	40	30	40			

Figure 31. Degrés d'ambition des principaux scénarios

## D. LES ÉMISSIONS INDIRECTES

La Région de Bruxelles-Capitale a choisi de modéliser l'influence des scénarios bas-carbone sur les émissions indirectes. Il s'agit de montrer l'impact de choix dans les différents secteurs (bâtiments, transport, gestion des déchets...) sur les émissions hors du territoire de la Région. Par exemple, une politique d'électrification du chauffage dans les bâtiments réduit les émissions sur le territoire, mais génère une demande d'électricité supplémentaire qui est susceptible d'engendrer des émissions selon le mode de production.

Intégrer les émissions indirectes présente un niveau d'incertitudes plus élevé : il s'agit d'identifier des évolutions liées le plus souvent à des leviers sur lesquels la RBC a peu voire pas de moyens d'action. Les données sources pour les émissions indirectes sont moins disponibles, moins précises et fiables que pour les émissions directes.

Parmi les hypothèses utilisées lors de l'estimation de ces émissions indirectes, signalons :

- Les flux de matière ont été estimés sur base de l'étude du métabolisme urbain (Ecores sprl, ICEDD, BATir (ULB), 2015) qui quantifie les flux de matières et d'énergie pour l'année 2011. Les émissions indirectes qui en découlent ont été calculées en approximant les matières constituant ces flux et en leur appliquant le facteur d'émission correspondant (Base Carbone de l'ADEME).
- Les flux financiers liés aux services ont été quantifiés via les statistiques de la Banque Nationale de Belgique sur les importations réalisées à partir des déclarations TVA. Cette approche présente des limites (uniquement les flux internationaux et les grosses entreprises sont considérées) mais elle permet de fixer un premier ordre de grandeur sur ces services. Un facteur d'émission des services faiblement matériels calculé par l'ADEME dans la Base Carbone<sup>66</sup> leur a été attribué.
- Pour les flux énergétiques, le Bilan Énergétique de la région a été utilisé. Le facteur d'émission pour la production d'électricité en Belgique a été estimé à 208 tCO<sub>2</sub>e/GWh, calculé sur base des données de production d'électricité belge (80 TWh, Eurostat) et les émissions du secteur de production d'électricité (16,67 MtCO<sub>2</sub>e, EEA<sup>67</sup>).

## E. LES CONSULTATIONS

Les hypothèses de définition des leviers ont été construites au départ d'une revue extensive de la littérature. Elles ont également bénéficié des travaux antérieurs, réalisés tant en Belgique qu'à l'étranger.

La méthodologie développée par CLIMACT vise à consulter les principales parties prenantes et à les impliquer au travers de groupes de travail<sup>68</sup>. Un travail préparatoire conséquent a été organisé préalablement à la consultation de ces groupes de travail d'une part pour identifier et encourager la participation des parties prenantes et d'autre part pour élaborer le document et permettre aux parties prenantes de se positionner. Deux consultations ont été organisées pour le secteur des bâtiments et s'assurer de pouvoir refléter l'ensemble des aspects techniques (par exemple, quel est le niveau d'isolation à atteindre par type de bâtiment) et l'ensemble des autres aspects (par exemple, quel est le rôle des changements de comportement, quel rôle pour la formation, etc.). Des consultations spécifiques pour le transport, l'énergie et l'alimentation ont également été organisées. Des analyses complémentaires ont été effectuées à la suite de ces consultations.

La présentation des scénarios et de leurs implications a également fait l'objet d'une consultation et a notamment renforcé la nécessité d'élaborer le scénario -95%.

Les différentes consultations ont été un succès tant en quantité qu'en qualité. Elles ont contribué significativement à la qualité des travaux.

<sup>66</sup> <http://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil/>

<sup>67</sup> <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/national-emissions-reported-to-the-unfccc-and-to-the-eu-greenhouse-gas-monitoring-mechanism-11#tab-european-data>

## ANNEXE II. LISTE DES LEVIERS

Demand	<b>Démographie</b>		Evolution démographique
	Bâtiments	Résidentiels	<b>Drivers</b>
			(i) Taux de propriétaires
			<b>Demande de confort</b>
			(i) Taille des nouveaux foyers (m <sup>2</sup> /foyer)
			(ii) Demande de confort climatique (chaleur et froid)
			(iii) Demande en appareils électriques (électro, cuisson, éclairage)
		<b>Evolution de l'enveloppe</b>	
		(i) Taux de rénovations	
		(ii) Performance après rénovations	
<b>Efficacité des technologies</b>			
(i) Technologies de chauffage			
(ii) Efficacité des appareils électriques (électro, cuisson, éclairage)			
Tertiaires	<b>Drivers</b>		
	(i) Emploi dans le secteur des services		
	<b>Demande de confort</b>		
	(i) Taille des bureaux (m <sup>2</sup> /employé)		
	(ii) Demande de chaleur et refroidissement		
	(iii) Demande d'appareils électriques		
	<b>Evolution de l'enveloppe</b>		
	(i) Taux de rénovation		
	(ii) Performance après rénovations		
(iii) Taux de nouvelles constructions			
(iv) Taux de conversion de bureaux en foyers			
<b>Efficacité des technologies</b>			
(i) Technologies de chauffage			
(iii) Efficacité des appareils électriques (électro, IT, éclairage)			
Matériaux de construction	<b>Matériaux de construction<sup>69</sup></b>		
	(i) Type et quantité de matériaux		
(ii) Taux de réutilisation			
Transport	Domestique	<b>Mobilité des bruxellois</b>	
		(i) Demande de transport (# trajets/personne)	
		(ii) Distance moyenne des trajets	
		(iii) Part des modes actifs (marche, vélo)	
		(iv) Part des transports publics	
		(v) Taux d'occupation	
(vi) Technologies et efficacité des véhicules			
Navetteurs	<b>Mobilité des navetteurs</b>		
	(i) Nombre de navetteurs (# trajets)		
(ii) Distance intra-Bxl des navetteurs (km/trajet)			

<sup>69</sup> La modélisation de ces leviers pourrait être affinée afin d'approfondir l'analyse sur les émissions indirectes

Supply	Indirects	Indirect	(iii) Part des modes actifs (marche, vélo)
			(iv) Part des transports publics
			(v) Taux d'occupation
			(vi) Technologies et efficacité des véhicules
			<b>Transport de biens</b>
			(i) Demande de transport de biens
	Indirects	Biens	(ii) Taux de remplissage
			(iii) Parts modales
			(iv) Mix technologique et carburants
			(v) Efficacité énergétique
<b>Emissions indirectes<sup>70</sup></b>			
(i) Voyages en avion (professionnels et privés)			
Indirects	Alimentation	(ii) Mobilité des Bruxellois hors Bruxelles (p.km = passager.km)	
		(iii) Trajets induits par Bruxelles (tourisme, visites) (p.km)	
		(iv) Transport de biens de/vers Bruxelles	
		<b>Alimentation</b>	
		(i) Régime équilibré	
		(ii) Substitution de viande par d'autres produits protéinés	
Indirects	Biens et services importés	(iii) Consommation de produits de saison	
		(iv) Consommation de produits locaux	
		(v) Réduction du gaspillage alimentaire	
		<b>Biens et services importés</b>	
		(i) Quantité	
		(ii) Durée de vie	
Energie	Production	(iii) Design bas-carbone	
		(iv) Utilisation de matériaux recyclés pour la fabrication	
		<b>Prix de l'énergie</b>	
		Trajectoires de prix de l'énergie	
		<b>Renouvelables</b>	
		Solaire PV	
Energie	Imports	Solaire thermique	
		<b>Non-renouvelable</b>	
		(i) Cogénération	
		<b>Imports</b>	
		(i) Mix de production belge	
		Déchets	Déchets
(i) Quantité de déchets organiques (hors gaspillage alimentaire)			
(ii) Quantité de déchets non-organiques			
(iii) Imports de déchets			
(iv) Capacité de biométhanisation de déchets			
(v) Capacité d'incinération de déchets			

<sup>70</sup> Cf. note précédente