

SORTIE DES VÉHICULES THERMIQUES : IMPACT SUR LES ÉMISSIONS DU TRANSPORT

1. CONTEXTE

En vue d'améliorer la qualité de l'air en Région bruxelloise et de respecter les objectifs climatiques de l'accord de Paris, le 31 mai 2018, le Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale (RBC) a décidé de lancer une concertation avec les parties prenantes et les secteurs concernés, avec pour objectif **l'interdiction des véhicules diesel au plus tard en 2030**, l'interdiction **des véhicules essence dans une étape suivante**, et le **développement à court et moyen terme des technologies alternatives** (notamment celles déjà disponibles comme les véhicules électriques, hybrides essence et roulant au CNG). Cette ambition a été confirmée dans la [Déclaration de politique générale 2019-2024](#), qui vise une sortie du diesel au plus tard pour 2030, et de l'essence et du LPG au plus tard pour 2035. Cette décision sera rappelée sous la désignation de « **thermic ban** » dans la suite du document.

Pour définir comment atteindre ces objectifs, Bruxelles Environnement a donc consulté les acteurs concernés de septembre 2018 à avril 2019¹. Elle a permis de dégager des questions devant être approfondies par le biais de différentes études destinées à préciser l'impact de la sortie du thermique en RBC :

- **Une étude d'impact sur les émissions du transport ;**
- Une étude d'impact sur le budget des flottes des pouvoirs publics bruxellois ;
- Une étude d'impact sur la santé (réalisée par le VITO) ;
- Une étude d'impact sur la mobilité, sur les aspects économiques et sociaux et sur l'énergie (réalisée par STRATEC - VUB).

En se fondant sur l'ensemble de la consultation et des études d'impact, une feuille de route (« Roadmap ») précisant la mise en œuvre la plus souhaitable pour la RBC sera présentée au Gouvernement afin de guider l'opérationnalisation du **thermic ban**.

Le présent rapport constitue l'étude d'impact sur les émissions du transport. Il a pour but d'évaluer l'impact de la sortie des véhicules thermiques sur les émissions de gaz à effet de serre et polluants atmosphériques. Il évalue également l'impact sur les objectifs régionaux en la matière. Pour ce faire, ce rapport se fonde sur la modélisation de différents scénarios d'évolution de la mobilité et du parc de véhicules d'ici 2030 et 2035. A noter que, dans un souci de cohérence, les scénarios utilisés dans ce rapport sont les mêmes que ceux utilisés dans les autres études d'impact évoquées ci-dessus mais aussi dans l'étude sur les effets attendus de la zone de basses émissions (LEZ)². Pour l'impact sur la qualité de l'air, le rapport reprend les résultats de la modélisation réalisée par Cellule Interrégionale de l'Environnement (CELINE) pour l'étude d'impact santé³.

Ce rapport a été rédigé par Bruxelles Environnement. Il applique les lignes directrices européennes en vigueur concernant la comptabilisation, les projections et le reporting des émissions de polluants (gaz à effet de serre et autres polluants atmosphériques).

¹ Cf. [rapport de conclusion de la consultation](#).

² Cette étude est disponible [ici](#).

³ Van de Vel K., Buekers J. (2021), Interdiction progressive des véhicules thermiques dans la Région de Bruxelles-Capitale : impact sur la santé, étude réalisée pour Bruxelles Environnement.

2. METHODOLOGIE DE MODELISATION ET HYPOTHESES DE CALCUL

Le modèle de projection utilisé pour évaluer l'évolution attendue des émissions de gaz à effet de serre est le modèle officiel bruxellois, utilisé par Bruxelles Environnement dans le cadre de ses obligations internationales. Il est calé sur les projections de mobilité issues du modèle MUSTI (de Bruxelles Mobilité), qui constitue la référence en matière de modélisation des déplacements routiers en Région de Bruxelles-Capitale.

Le modèle de projection est basé sur l'approche suivante :

- L'année de base du modèle est 2015 (année pour laquelle l'inventaire d'émissions a été soumis en 2017⁴) ;
- Les données de parc de véhicules et de déplacements (en véhicules-km) sont issues de la soumission officielle 2017 des inventaires d'émissions (gaz à effet de serre et polluants affectant la qualité de l'air)⁵ ;
- Le parc de véhicules est réparti entre les catégories de l'outil COPERT de calcul des émissions du transport routier⁶ ;
- Pour chaque catégorie de véhicules, un taux de croissance annuel des véhicules-km, en termes relatifs, a été appliqué⁷ ;
- Les véhicules-km obtenus pour 2030 sont ensuite recalés sur les projections de mobilité pour les différents scénarios ;
- Le parc est ensuite déduit en divisant les véhicules-km par le nombre de km parcourus annuellement (mileage), sur base des valeurs de mileage en 2015.

Cette méthodologie de base a été complétée par un certain nombre d'**hypothèses de calcul** :

- Le mileage par catégorie de véhicules est considéré comme constant et égal aux valeurs calculées pour 2015 dans la soumission d'inventaires 2017. Dans certains cas, ce paramètre a néanmoins été utilisé comme variable d'ajustement, de façon à respecter la contrainte de véhicules-km totaux. Dans ce cas, l'ajustement a été appliqué de façon uniforme par catégorie de véhicules, et est resté limité.
- En plus de la composition du parc de véhicules et de la mobilité, le calcul des émissions du transport routier dans COPERT se base sur une série d'autres paramètres, tels que la longueur et le temps moyens des trajets, les caractéristiques des carburants, la surconsommation liée à l'usage de la climatisation, etc. Tous ces paramètres ont été considérés comme constants et égaux aux valeurs de 2015. Les variables sur base desquelles les scénarios à analyser doivent être définis sont donc uniquement **la composition du parc de véhicules et la (demande en) mobilité**.
- Certaines catégories de véhicules dont la proportion dans le parc va augmenter au cours des prochaines années ne sont pas reprises dans l'outil COPERT 4 utilisé pour le modèle de BE, notamment les véhicules électriques et les normes EURO les plus récentes. Pour ces véhicules, les émissions sont calculées comme suit :
 - Véhicules 100% électriques : pas d'émissions exhaust (liées à l'échappement), prise en compte des émissions non-exhaust (usure des freins, des pneus et de la route) pour les émissions de particules fines ;
 - Véhicules hybrides essence CS⁸: les nouveaux véhicules sont assimilés aux véhicules hybrides CS EURO 4 ;

⁴ Il y a toujours 2 années de décalage entre les données d'émissions et les inventaires.

⁵ Il s'agissait des données les plus récentes disponibles au début du processus de modélisation (septembre 2018).

⁶ L'outil Copert est utilisé pour la réalisation des inventaires d'émissions. Ce choix permet d'assurer la cohérence entre les inventaires et les projections d'émissions, d'utiliser les fonctions d'émissions de COPERT (disponibles pour de nombreux polluants), et d'intégrer facilement les mises à jour de l'outil COPERT. Le modèle BE est basé sur la version COPERT 4.

⁷ Ce taux de croissance est dérivé des modèles TREMOVE et INRETS (pour les catégories de véhicules COPERT non reprises dans le modèle TREMOVE).

⁸ Hybride dont les batteries se chargent en électricité en roulant (notamment en récupérant l'énergie du freinage), ce qui les différencie des hybrides rechargeables type plug-in (PHEV) dont la batterie doit être rechargée via une source

- Véhicules hybrides diesel et essence plug-in : assimilés aux véhicules diesel et essence conventionnels ;
- Véhicules légers EURO 6 diesel : pour les nouveaux véhicules mis en circulation à partir de 2020, le facteur d'émission de NO_x considéré dans la version de base du modèle de projection est la norme théorique (80 mg/km pour les voitures) multipliée par un facteur de conformité de 1.5. Cette valeur est maintenue jusqu'en 2030. Cette hypothèse a été mise à jour dans la version la plus récente du modèle de projection, qui se base sur les FE Tier 2 du Guidebook 2019⁹ pour les véhicules diesel EURO 6D, soit 170 mg/km pour les voitures et 248 mg/km pour les camionnettes.

Le modèle fournit en guise de résultat (output) les émissions pour les différents polluants pris en compte par COPERT, ainsi que les consommations de carburants, pour toutes les catégories de véhicules.

Il est important de préciser que pour des raisons de limites méthodologiques, on parle ici uniquement d'émissions directes des véhicules en RBC. Les émissions indirectes, liées notamment à la production d'électricité ou aux processus industriels en dehors de la RBC ne sont pas incluses dans cette analyse. Or, on sait que l'augmentation du nombre de véhicules électriques peut peser sur les émissions indirectes de polluants atmosphériques et GES, à la fois au niveau de la production de véhicules et de la production d'électricité pour alimenter ces véhicules¹⁰.

3. SCENARIOS

Les scénarios suivants ont été élaborés pour évaluer l'impact de la mise en œuvre du thermique ban :

1. Le scénario de référence (Business as usual - BAU) ;
2. Le scénario Good Move ;
3. Les scénarios Thermic ban.

L'horizon de projection a été fixé à 2030 et 2035, et les résultats sont calculés par pas de 5 ans. Cet horizon correspond à celui de Good Move (2030) et de la décision du gouvernement relative à la sortie du diesel et de l'essence (2030 pour le diesel, 2035 pour l'essence)¹¹.

Ces scénarios se focalisent sur les **véhicules légers** (voitures et camionnettes), qui réalisent la plus grande partie des déplacements et qui sont responsables de la plupart des émissions en Région de Bruxelles-Capitale. Les politiques modélisées ne visent pas les poids lourds (plus de 3.5 tonnes) pour lesquels la transition vers des carburants alternatifs aux carburants fossiles semble plus lente¹². Ces véhicules continuent donc à rouler au diesel. Pour les bus et cars, les bus urbains de la STIB sont considérés comme zéro-émissions exhaust (liées à l'échappement) à partir de 2030 dans tous les scénarios. Les autres flottes de bus et cars continuent à rouler au diesel.

extérieure d'électricité. Les hybrides charge sustaining (CS) ont des facteurs d'émissions plus faibles que les hybrides plug-in (rechargeables) puisque si la batterie n'est pas rechargée sur une source de courant, ces véhicules se comportent comme des véhicules thermiques classiques, auxquels ils sont donc assimilés (voir plus haut). Pour les scénarios de modélisation, les hybrides CS ont donc été choisis comme alternative de transition. COPERT 4 ne fournit des facteurs d'émission que pour les hybrides essence CS.

⁹ <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-i/view>

¹⁰ A l'heure actuelle, il n'existe pas encore de cadre méthodologique pour comptabiliser les émissions indirectes de gaz à effet de serre en RBC. La définition d'un tel cadre est prévue pour l'année 2021.

¹¹ Structurellement, le modèle permet de calculer des scénarios pour des horizons postérieurs à 2030, mais la difficulté dans ce cas est d'obtenir des données de calage suffisamment fiables pour les déplacements (véhicules-km) et pour la composition du parc de véhicules.

¹² A l'exception du scénario « thermique ban plus » élaboré pour l'étude impact santé, mentionné plus bas sous « impact attendu sur la qualité de l'air ».

3.1 LE SCENARIO DE REFERENCE (BAU) = SCENARIO LEZ

Le scénario de référence considéré ici inclut l'impact de la LEZ, tel que décidé en 2018, c'est-à-dire dont le calendrier a été fixé de 2018 à 2025. Il est donc nommé **scénario LEZ**¹³. Il y est considéré que la LEZ a un impact sur la composition du parc jusqu'en 2025 (en fonction du calendrier actuel d'interdiction progressive des véhicules basée sur le type de carburant et la norme EURO) mais pas sur la mobilité.

Un taux de non-application de la LEZ a été utilisé pour tenir compte des dérogations et du non-respect des conditions de la LEZ. Ce taux est de 25%¹⁴.

Concrètement, l'exclusion d'une norme EURO de la LEZ entraîne un report de 75% de la mobilité des véhicules exclus vers les catégories autorisées, de façon proportionnelle à la mobilité observée dans ces dernières avant le report. Le parc résultant est obtenu en divisant les véhicules-km par le mileage pour chaque catégorie.

3.2 LE SCENARIO GOOD MOVE

Le scénario Good Move intègre les mesures modélisées par Bruxelles Mobilité dans le cadre du nouveau plan régional de mobilité. Les mesures en question ont un impact sur la mobilité (véhicules-km) uniquement et non sur le parc de véhicules pour lequel les données du scénario de référence (donc de la LEZ) sont utilisées.

L'impact mobilité a été calculé avec le modèle MUSTI, par catégories de véhicules, pour l'année 2030 ainsi que pour l'année 2018 (année de référence).

3.3 LES SCÉNARIOS THERMIC BAN + GOOD MOVE

Plusieurs scénarios Thermic ban ont été élaborés afin d'évaluer l'impact supplémentaire (par rapport au scénario Good Move, d'où la spécification « + Good Move ») de la mise en œuvre de l'interdiction des véhicules essence et diesel, mais aussi de comparer cet impact en fonction des différentes modalités de mise en œuvre et du report envisagé vers les autres technologies pour les voitures (électriques, CNG et hybrides essence CS) et les camionnettes (électriques).

Par ailleurs, une analyse de sensibilité est proposée pour intégrer un pourcentage de dérogations, non-respect/fraudes ou de recours au day pass (qui réduisent les effets attendus du thermic ban mais qui correspondent sans doute mieux à la réalité de la mise en œuvre de la LEZ).

La décision de thermic ban est considérée comme sans impact sur la mobilité (les véhicules-km parcourus). Elle influence uniquement le parc de véhicules¹⁵.

3.3.1 Le scénario Thermic ban + Good Move

Ce scénario applique la décision du thermic ban telle que définie dans ses grandes lignes dans la déclaration de politique générale (sans restriction sur les technologies alternatives). A cela s'ajoute un certain nombre d'hypothèses, nécessaires à l'évaluation des impacts de la mesure.

Voici les principales hypothèses prises dans ce scénario :

- Véhicules légers (voitures et camionnettes) :
 - Interdiction totale des véhicules diesel en 2030
 - Interdiction totale des véhicules essence en 2035, excepté pour les hybrides essence CS ;
 - Décroissance linéaire des véhicules essence classiques entre 2018 et 2035 (pas de report massif vers ces véhicules lié à la sortie du diesel)

¹³ Dans l'étude impact santé dont les conclusions sont reprises plus bas, ce scénario est intitulé « BAU ».

¹⁴ Ce chiffre résulte de l'analyse de TML, 2011. A noter que dans le cadre de l'analyse de sensibilité du scénario Thermic ban, ce taux a été réévalué à 20% (voir plus loin) pour mieux coller à la réalité de terrain.

¹⁵ Cette hypothèse a été confirmée par l'étude de STRATEC – VUB 2020, qui prévoit un impact sur le modal shift d'à peine 1%.

- Voitures : report des véhicules-km des véhicules exclus vers des véhicules zéro-émissions (électriques) à 62%, des véhicules CNG à 23% et des véhicules hybrides essence CS à 15% ;
- Camionnettes : report des véhicules-km des véhicules exclus vers des véhicules zéro-émissions (électriques) à 100%
- Bus et autocars :
 - Bus STIB : 100% zéro-émissions en 2030
 - Autres : continuent à rouler au diesel¹⁶
- 2-roues motorisés essence : décroissance calquée sur celle des véhicules essence classiques ;
- Pas de dérogations, de fraude ou de recours au day pass (scénario « maximaliste »).

3.3.2 Le scénario Thermic ban NO CNG + Good Move

Ce scénario supprime le report vers des voitures CNG (possible dans le scénario thermic ban), et permet donc, en comparaison avec le scénario thermic ban, d'évaluer l'impact supplémentaire d'une interdiction du CNG en 2035, comme préconisé dans l'étude STRATEC – VUB.

Voici donc les principales hypothèses prises dans ce scénario :

- Voitures :
 - Interdiction totale des véhicules diesel en 2030 ;
 - Interdiction totale des véhicules essence en 2035, excepté pour les hybrides essence CS ;
 - Interdiction totale des CNG en 2035 (vu la faible part actuelle du CNG (<1% du parc), ce scénario prévoit une décroissance linéaire du CNG dès 2018, qui atteint déjà 0 en 2030) ;
 - Report des véhicules-km des véhicules exclus vers des véhicules zéro-émissions (électriques) à 85% et des véhicules hybrides essence CS à 15% ;
 - Décroissance linéaire des véhicules essence classiques entre 2018 et 2035 (pas de report massif vers ces véhicules lié à la sortie du diesel) ;
- Pour les véhicules autres que les voitures, les hypothèses restent les mêmes que pour le scénario thermic ban.
- Pas de dérogations, de fraude ou de recours au day pass (scénario « maximaliste »).

3.3.3 Le scénario Thermic ban NO CNG NO hybrides CS 2035 + Good Move

Ce scénario supprime le report vers les véhicules hybrides essence CS en 2035 et applique donc une stricte interprétation du thermic ban, à savoir la suppression de tous les véhicules thermiques. Pour l'horizon 2030, les hypothèses sont identiques au scénario précédent.

Voici donc les principales hypothèses prises dans ce scénario :

- Voitures:
 - Interdiction totale des véhicules diesel en 2030
 - Interdiction totale des véhicules essence en 2035, y compris les hybrides essence CS ;
 - Interdiction totale des CNG en 2035 ;
 - Décroissance linéaire des véhicules essence classiques entre 2018 et 2035 (pas de report massif vers ces véhicules lié à la sortie du diesel)
 - Report des véhicules-km des véhicules exclus vers des véhicules zéro-émissions (électriques) à 100% en 2035.
- Pour les véhicules autres que les voitures, les hypothèses restent les mêmes que pour le scénario thermic ban.
- Pas de dérogations, de fraude ou de recours au day pass (scénario « maximaliste »).

¹⁶ Il s'agit là d'une différence avec le scénario « Thermic Ban » de l'étude du VITO, pour lequel l'ensemble des bus et autocars diesel sont considérés être interdits en 2030. Hormis cette différence (qui concerne une très faible partie du parc en circulation), les hypothèses listées ici sont identiques à celles du scénario « Thermic Ban » de l'étude du VITO.

3.3.4 Le scénario Thermic ban + Good Move (+ marge 20%) - analyse de sensibilité

Ce scénario intègre dans le scénario Thermic ban une marge de 20% de non-respect/fraude, dérogations ou de recours au pass d'une journée.¹⁷ Cette analyse de sensibilité permet de simuler les effets de la mesure dans une situation plus proche de la réalité. Cette trajectoire n'atteint que 80% de la baisse des émissions escomptée dans le scénario Thermic ban en 2030 et 2035, par rapport au scénario Good Move.

4. CADRE GENERAL REGIONAL

4.1 CLIMAT

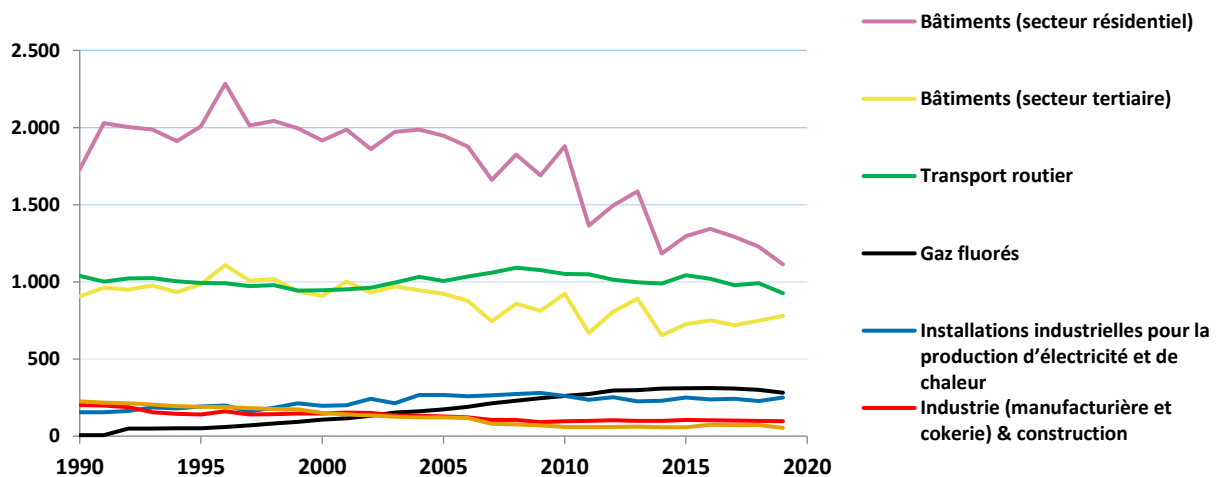
4.1.1 Sources des émissions directes de gaz à effet de serre et évolution depuis 1990

En 2019, les principales sources d'émissions directes de gaz à effet de serre régionales étaient :

- La combustion dans les **bâtiments** résidentiels et tertiaires (principalement pour le chauffage), à hauteur de 54% ;
- Le **transport routier**, qui représentait **26%** des émissions de gaz à effet de serre de la Région.

En 2019, les émissions directes totales de gaz à effet de serre de la Région de Bruxelles-Capitale avaient diminué de 18% par rapport à 1990 (et de 23% par rapport à 2005). La figure suivante illustre l'évolution des émissions par secteur de 1990 à 2019.

Figure 1 : Evolution des émissions directes de gaz à effet de serre de la Région de Bruxelles-Capitale (kt CO₂ eq)



¹⁷ Dans cette série de calculs effectués fin 2020 on utilise un taux de non-respect plus faible (20% au lieu de 25%) qui s'explique par les observations des données de trafic provenant des caméras de la LEZ. On y voit en effet que le nombre de véhicules qui continuent à circuler malgré l'interdiction est très faible (autour de 1% en 2020). Même si ce taux pourrait fortement augmenter les futurs jalons de la LEZ et le thermic ban, l'hypothèse initiale d'un taux de non-respect de 25% semble à priori surestimé.

L'évolution des émissions depuis 1990 montre que **les émissions directes du transport routier sont relativement stables depuis 1990**, tandis que celles des bâtiments résidentiels et tertiaires affichent une tendance générale à la baisse depuis le milieu des années '90.

La réduction globale actuelle des émissions est donc principalement imputable au secteur du bâtiment. Le secteur du transport n'a quant à lui pas encore contribué aux efforts climatiques régionaux jusqu'à aujourd'hui.

Il existe trois leviers pour réduire les émissions directes du transport routier :

1. Diminuer la demande de mobilité,
2. Développer le transfert modal (marche, vélo, transports en commun, véhicules partagées, etc.)
3. Evoluer vers des véhicules zéro-émissions directes et/ou plus légers.

4.1.2 Objectifs climatiques régionaux pour les émissions directes

Le Gouvernement de la Région de Bruxelles Capitale a pris des engagements climatiques ambitieux¹⁸ à plus ou moins long terme : il entend réduire les émissions directes de gaz à effet de serre de la Région d'au moins 40% en 2030 par rapport à 2005 (et d'au moins 67% en 2040), et de 90% en 2050 pour viser la neutralité climatique.

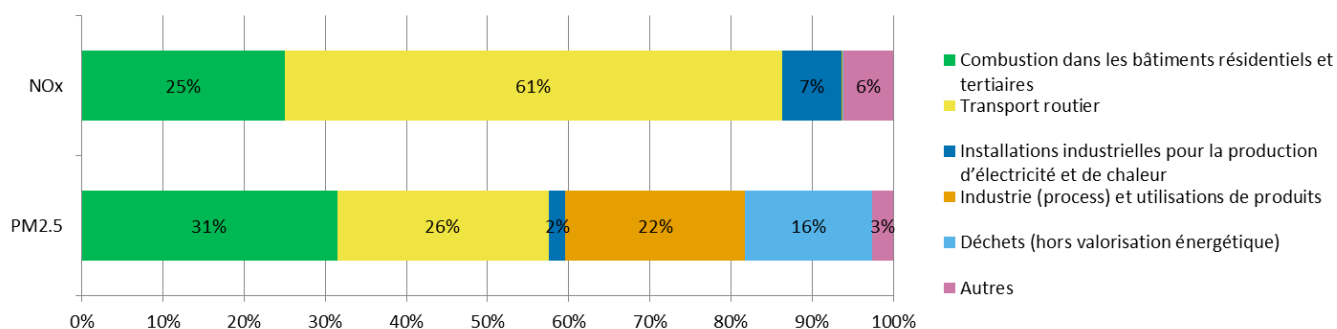
Ces objectifs n'ont pas été déclinés par secteur : il n'y a donc pas d'objectif spécifique à atteindre pour le transport.

4.2 AIR

4.2.1 Sources d'émissions régionales

La figure suivante illustre les sources d'émissions de polluants atmosphériques en 2019 (source : Bruxelles Environnement).

Figure 2 : Distribution sectorielle des émissions de polluants atmosphériques en Région de Bruxelles-Capitale, 2019



Les sources principales d'émissions de NO_x en 2019 sont le transport routier (61%) et la combustion dans les bâtiments résidentiels et tertiaires (25%). La production d'énergie émet 7% et la catégorie « Autres » 6%.

¹⁸ Ces engagements ont été progressivement formulés, voire affinés, dans les documents suivants :

- La déclaration de politique générale (18/07/2019) ;
- La contribution bruxelloise au Plan National Energie Climat – PNEC (adoptée le 24/10/2019) ;
- La contribution bruxelloise à la stratégie nationale de réduction des émissions de gaz à effet de serre sur le long terme (adoptée le 7/11/2019) ;
- Le projet d'ordonnance « climat », adopté en deuxième lecture par le Gouvernement le 10/12/2020.

A noter que d'autres objectifs liés au climat ont été adoptés, mais ne sont pas liés à la problématique soulevée dans cette note : l'élaboration d'une stratégie de résilience urbaine, ou la création d'un comité d'experts scientifiques indépendants sur le climat.

La combustion dans les bâtiments résidentiels et tertiaires est la source principale d'émissions de PM_{2.5} (31%), suivie par le transport routier (26%). Les procédés industriels et les utilisations de produits émettent 22% dont 20% correspondant à la consommation de tabac. La gestion des déchets (hors valorisation énergétique) représente 16% des émissions. La production d'énergie émet 2% et la catégorie « Autres » représente 3% des PM_{2.5}.

Les résultats de l'inventaire des émissions font apparaître des émissions de polluants en baisse entre 1990 et 2019: -65% pour les NO_x, et -75% pour les émissions de PM_{2.5}.

4.2.2 Objectifs régionaux pour les émissions de polluants

La directive 2016/2284/EU sur la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques fixe des objectifs de réduction d'émissions pour 2030 par Etat membre pour cinq polluants, dont les oxydes d'azote (NO_x) et les particules fines d'un diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 2,5 µm (PM_{2.5})¹⁹. Ces objectifs de réduction ont été répartis entre les différentes Régions²⁰ mais pas par secteur. Il n'y a donc pas d'objectif d'émissions spécifique au secteur du transport.

Le tableau suivant indique les plafonds bruxellois pour 2030 (en kt), mais également les émissions totales en 2005 et en 2019, et celles du secteur du transport routier en 2019 (dernier inventaire disponible) pour les NO_x et les PM_{2.5}, de façon à mieux refléter l'effort éventuellement encore nécessaire.

Polluant	Plafond 2030 (kt)	Emissions 2005 totales	Emissions 2019	Emissions 2019 transport routier
NO _x	3,4	8,22	4,07	2,49
PM _{2.5}	0,5	0,66	0,39	0,10

Le tableau permet en effet de relativiser les efforts attendus de la Région en termes d'émissions : pour les NO_x, les émissions en 2019 dépassaient encore le plafond 2030 de 0.7 kt, mais pour les PM_{2.5}, le plafond 2030 était déjà respecté.

4.2.3 Objectifs régionaux de qualité de l'air (concentrations en polluants)

La Région bruxelloise est tenue de respecter les normes européennes définies dans la directive 2008/50 sur la qualité de l'air.

Par ailleurs, selon la déclaration de politique générale, le Gouvernement a pour ambition d'aligner et de faire converger ses seuils fixés pour les polluants vers les valeurs recommandées par l'OMS²¹. Ceci dit, dans un avenir proche, l'OMS a exprimé son intention de revoir les seuils recommandés²², et il semble que le seuil annuel pour le NO₂ pourrait être réduit à 20 µg/m³. Notons par ailleurs que le seuil de 20µg/m³ est celui recommandé par l'ANSES France et Santé Canada, et qu'il est utilisé dans le « MER-richtlijnenboek Mens-Gezondheid » en Flandre. Ce cas de figure a donc été analysé dans ce rapport.

¹⁹ Les autres polluants visés par la directive, à savoir les oxydes de soufre (SO_x), les composés organiques volatils à l'exclusion du méthane (COVNM) et l'ammoniac (NH₃), ne posent pas de problème en RBC, donc ils ne sont pas traités dans ce rapport.

²⁰ Voir l'Accord de coopération du 24 avril 2020 entre l'État fédéral, la Région flamande, la Région wallonne et la Région de Bruxelles-Capitale relatif à l'exécution de plusieurs dispositions de la Directive 2016/2284 du Parlement européen et du Conseil du 14 décembre 2016 concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques, modifiant la directive 2003/35/CE et abrogeant la directive 2001/81/CE.

²¹ Dans le cadre du Green deal, la Commission européenne a également proposé de réviser les normes en matière de qualité de l'air afin de les aligner davantage sur les recommandations de l'OMS Green Deal.

²² Voir rapport « [Health risks of air pollution in Europe](#) » de l'OMS.

Le tableau suivant résume les principales normes européennes et les valeurs recommandées de l'OMS pour les polluants analysés dans ce rapport.

Polluant	Norme EU de concentration annuelle	Recommandation OMS	Probable future recommandation OMS
PM _{2,5}	25 µg/m ³	10 µg/m ³	10 µg/m ³
Dioxyde d'azote NO ₂	40 µg/m ³	40 µg/m ³	20 µg/m ³

En l'état actuel des choses, depuis 2019, la Région de Bruxelles-Capitale respecte les normes européennes pour le NO₂ et les PM_{2,5} dans toutes les stations du réseau bruxellois qui sont rapportées officiellement auprès de la Commission européenne²³.

Par contre, la valeur recommandée par l'OMS pour les PM_{2,5}, ainsi que la future valeur recommandée probable pour les NO₂ ne l'est pas.

5. RESULTATS DE LA MODELISATION

5.1 IMPACT CLIMAT

5.1.1 Impact attendu sur les émissions régionales de gaz à effet de serre du transport

Le tableau suivant reprend l'évolution attendue des émissions de gaz à effet de serre (totales) régionales du secteur du transport pour les différents scénarios :

Emissions de GES (kt CO ₂ eq)	2005	2015	2030	2035
LEZ (2025)	911,0	960,3	896,4	896,4
LEZ + Good Move (2030)		960,3	688,7	688,7
Thermic ban + Good Move		960,3	327,4	294,6
Thermic ban + Good Move (+ marge 20%)		960,3	417,4	390,9
Thermic ban NO CNG + Good Move		960,3	212,0	171,2
Thermic ban NO CNG NO hybrids CS (2035) + Good Move		960,3	212,0	125,5

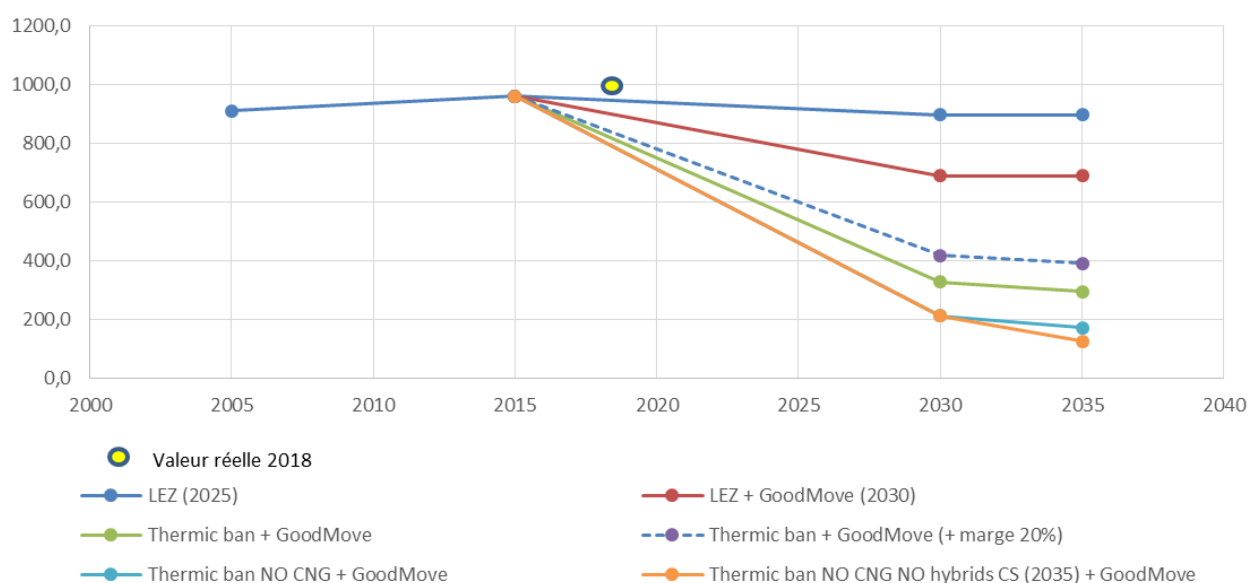
²³ La Région fait cependant encore l'objet d'une procédure d'infraction pour non-respect de la norme NO₂, procédure entamée en 2016, lorsque la concentration annuelle de NO₂ était en effet dépassée dans au moins une station bruxelloise.

Afin d'apporter un éclairage complémentaire à ce tableau, voici un tableau résumant la répartition des émissions de gaz à effet de serre (totales) par catégories de véhicules pour certains scénarios en 2030 et 2035. Ce tableau permet de mettre en évidence les catégories de véhicules responsables des reliquats d'émissions dans les scénarios Thermic ban.

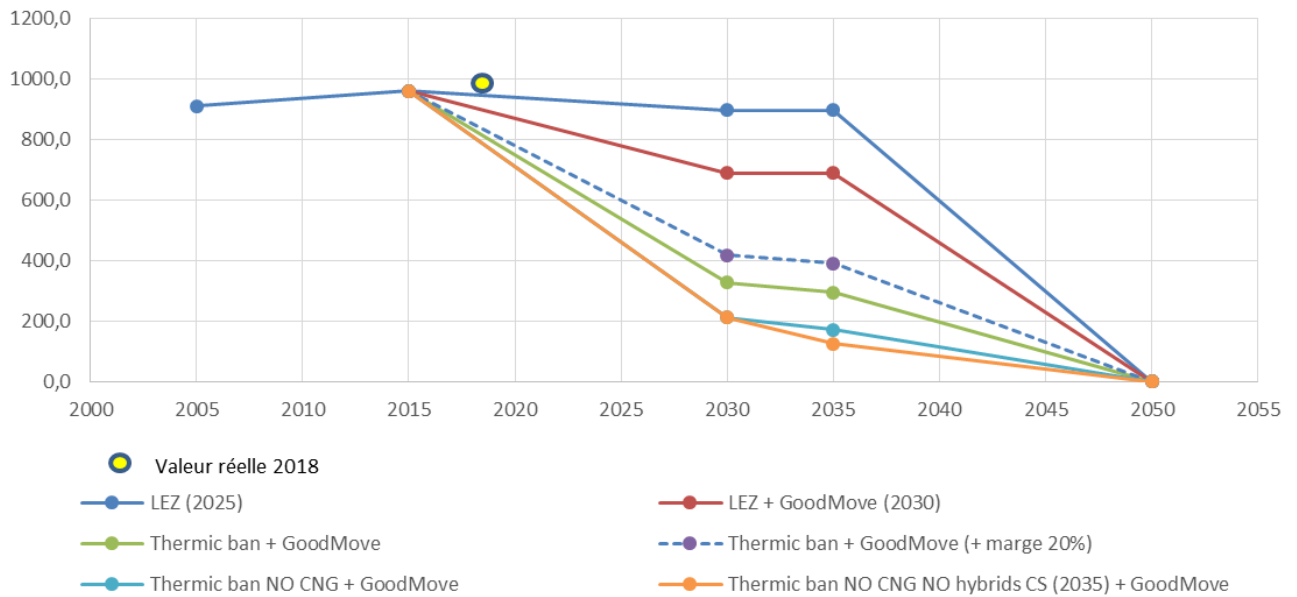
Emissions de GES (kt CO ₂ eq)				
	2030	2030	2030	2035
	LEZ	Good Move	Good Move + Thermic ban	Good Move + Thermic ban
Voitures	650,5	488,7	200,4	169,1
Camionnettes	116,0	70,1	0,2	0,0
Poids-lourds	106,4	106,4	106,4	106,4
Buses & autocars	19,0	19,0	19,0	19,0
Cyclomoteurs & motocyclettes	4,5	4,5	1,3	0,0
TOTAL	896,4	688,7	327,4	294,6

La figure suivante illustre l'évolution attendue des émissions directes de gaz à effet de serre (totales) régionales du secteur du transport pour les différents scénarios d'ici 2035 (et la situation « réelle » en 2018, d'après les inventaires) :

Figure 3 : Emissions de GES par le transport routier en RBC (kt CO₂ eq)



La figure suivante illustre en complément l'évolution qui sera nécessaire dans les différents scénarios pour atteindre l'objectif régional de neutralité carbone en 2050. Pour la facilité des calculs, l'objectif 2050 est assimilé à une suppression des émissions directes de gaz à effet de serre du secteur du transport. L'impact sur les émissions indirectes n'est pas considéré à ce stade (voir point 7.2.).

Figure 4 : Emissions de GES par le transport routier en RBC (kt CO₂ eq)


Voici les principaux constats que l'on peut tirer des données qui précèdent :

- Pour le **scénario Thermic ban** :
 - La mise en œuvre du thermic ban permet de réduire en 2030 les émissions régionales de gaz à effet de serre du secteur du transport de **65% par rapport au scénario LEZ, et de 67% en 2035** ;
 - Le gain supplémentaire en 2030 par rapport au scénario Good Move est de 40%, et de 44% en 2035 ;
 - Si on tient compte de la marge de sensibilité de 20%, le gain par rapport au scénario LEZ est de 54% en 2030 et 57% en 2035 (dont 30% supplémentaire à Good Move en 2030 et 33% en 2035) ;
- Pour le **scénario Thermic ban NO CNG**
 - L'interdiction des véhicules au CNG à partir de 2035 (avec une décroissance linéaire du CNG dès 2018, qui atteint déjà 0 en 2030) permet de :
 - réduire en 2030 les émissions de **75% par rapport au scénario LEZ, et de 79% en 2035** ;
 - réduire en 2030 et 2035 les émissions de **13% supplémentaires** par rapport au scénario Thermic ban ;
- Pour le **scénario Thermic ban NO CNG NO hybrides CS**
 - L'exclusion des véhicules hybrides essence à partir de 2035 permet de
 - réduire en 2030 les émissions de **75% par rapport au scénario LEZ, et de 84% en 2035** ;
 - réduire les émissions d'environ 18% supplémentaires en 2035 par rapport au scénario Thermic ban, et de 5% par rapport au scénario Thermic ban NO CNG.

Le scénario permettant de réduire au maximum les émissions de gaz à effet de serre régionales du secteur du transport est donc celui qui exclut le report vers les CNG et vers les hybrides essence CS en 2035. Les résultats des modélisations permettent de chiffrer ce « bonus » par rapport à la simple mise en œuvre du thermic ban à près de 20% en 2035. C'est également le scénario qui permet de rapprocher le plus la Région de son objectif 2050.

5.1.2 Impact sur l'atteinte des objectifs régionaux

L'objectif de réduction de 40% des émissions de gaz à effet de serre en 2030 par rapport à 2005 est non seulement un objectif, mais aussi une projection, qui résulte de la mise en œuvre de toutes les mesures du [Plan Energie-Climat 2030 \(PNEC\)](#), y compris le plan Good Move et le thermique ban dans le secteur du transport (mais également toute une série d'autres mesures dans le secteur des bâtiments). C'est donc le scénario Thermic ban (sans marge d'erreur de 20%) qui a été utilisé pour évaluer l'impact du PNEC sur les émissions de gaz à effet de serre²⁴. Les scénarios Thermic ban NO CNG et Thermic ban NO CNG NO hybrides CS n'ont donc pas été pris en compte.

Dans ces conditions, le tableau suivant (issu du PNEC) illustre la contribution des principaux secteurs émetteurs de gaz à effet de serre à l'objectif régional global pour 2030 (à l'issue de la mise en œuvre du PNEC) :

Secteur	2005	2030	Différence	Diminution (%)
Industrie	97,93	80,70	17,23	17,6%
Transport	1029,99	364,25	665,75	64,6%
Tertiaire	922,11	714,71	207,41	22,5%
Résidentiel	1947,91	1128,88	819,03	42,0%
Autres	508,31	412,00	96,30	18,9%
Total GES RBC	4506,25	2700,53	1805,71	40,1%

Le secteur du transport routier contribuerait à hauteur d'environ **37% de l'objectif régional de réduction des émissions de gaz à effet de serre**. Si on prenait en compte le scénario le plus ambitieux, qui inclut l'interdiction des véhicules au CNG et hybrides essence CS, **l'objectif transport représenterait 44% de l'objectif régional** (41% si on se limite à l'interdiction du CNG).

Toutes choses étant égales par ailleurs, l'objectif régional 2030 pourrait ainsi être relevé au-delà de 40%²⁵ en élargissant l'interdiction aux véhicules au CNG. L'interdiction des véhicules hybrides essence CS en 2035 permettrait en outre de rapprocher davantage la Région de son objectif de neutralité carbone de 2050 et des nouveaux objectifs climatiques décidés au niveau européen (voir infra).

Toutefois, il y a lieu de tenir compte d'une marge de sécurité, des systèmes de daypass ou de dérogations pourraient être mis en place (comme c'est le cas actuellement). Pensons par exemple à certains types de véhicules utilitaires, qui sont encore peu disponibles en zéro-émission à l'heure actuelle.

5.1.3 Impact sur l'atteinte de l'objectif régional rehaussé

Le 10/12/2020, le Conseil européen s'est mis d'accord pour rehausser son objectif de réduction des émissions en 2030 jusque 55%.

Le même jour, lors de son adoption en deuxième lecture de l'ordonnance climat, le Gouvernement bruxellois a chargé le Ministre de la Transition climatique de lui soumettre une note présentant un objectif bruxellois actualisé de réduction des émissions directes de gaz à effet de serre à l'horizon 2030, qui soit compatible avec la hausse de l'objectif européen et son implication sur l'effort de la Belgique et la part bruxelloise y afférente.

La répartition de l'objectif 2030 intrabelge ne faisant à l'heure actuelle pas encore l'objet d'un accord, nous ne pouvons que prendre l'hypothèse d'une répartition égale de cet objectif dans chaque entité, à savoir un objectif 2030 de -55% des émissions pour la RBC. Pour la facilité du calcul, et la

²⁴ Même si des corrections mineures sont intervenues dans le calcul des scénarios entretemps, dans une optique d'amélioration continue).

²⁵ Entre 42% (sortie du CNG en 2030) et 43% (sortie du CNG en 2030 et sortie de l'essence hybrides CS en 2035).

comparaison avec les données illustrées plus haut, et parce que la différence serait minime (voir figure 1 plus haut), il est décidé d'appliquer cet objectif à l'année 2005 au lieu de 1990.

Dans ce cas, toutes choses étant égales par ailleurs, il est estimé que la Région devrait faire un effort complémentaire par rapport aux mesures déjà prévues dans le PNEC de 14.9%, ce qui reviendrait à réduire ses émissions de 672.7 kt supplémentaires pour atteindre 2027,81 kt en 2030. Si la proportion de l'effort par secteur restait la même que dans le PNEC, le secteur du transport contribuerait à 37% de cet effort et devrait réduire ses émissions de 248.91 kt supplémentaires. Or il est estimé que l'interdiction des véhicules au CNG permettrait de gagner 115.4 kt supplémentaires par rapport au scénario Thermic ban en 2030. Près de la moitié de l'effort complémentaire du secteur du transport serait donc comblé.

5.2 IMPACT AIR

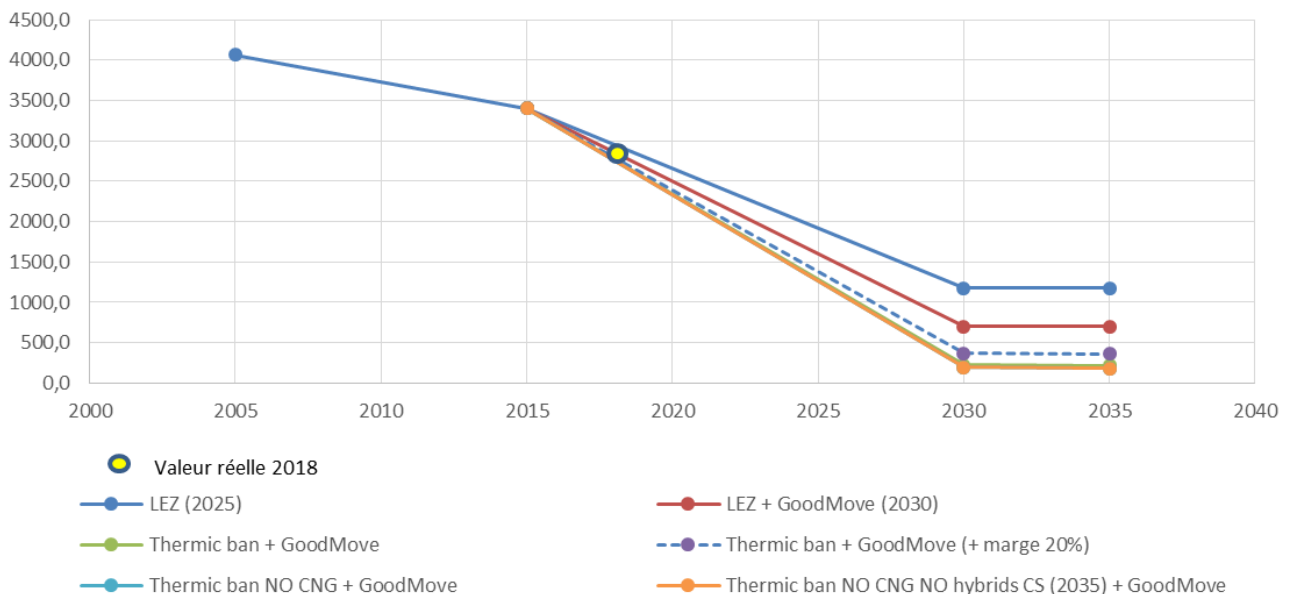
5.2.1 Impact sur les émissions de NO_x

Le tableau suivant reprend l'évolution attendue des émissions de NO_x régionales du secteur du transport pour les différents scénarios :

Emissions de NO _x (t)	2005	2015	2030	2035
BAU (LEZ-2025)	4067,4	3405,8	1179,3	1179,3
LEZ + Good Move (2030)		3405,8	697,0	697,0
Thermic ban + Good Move		3405,8	227,6	217,7
Thermic ban + Good Move (+ marge 20%)		3405,8	370,5	362,2
Thermic ban NO CNG + Good Move		3405,8	193,7	181,4
Thermic ban NO CNG NO hybrids CS (2035) + Good Move		3405,8	193,7	179,9

La figure suivante illustre l'évolution attendue des émissions de NO_x régionales du secteur du transport pour les différents scénarios d'ici 2035 (et la situation réelle en 2018) :

Figure 5 : Emissions de NO_x par le transport routier en RBC (t)



La mise en place de la LEZ permet déjà de réduire les émissions de NO_x de 71% en 2030 par rapport à 2005. La mise en place du plan Good Move permet de faire monter ce chiffre à 83%, et le thermique ban à 94% (91% avec la marge de 20%). Par ailleurs, vu le peu de véhicules encore autorisés entre 2030 et 2035 (voir plus haut), les résultats sont très similaires en 2035.

Dans le cas des NO_x, contrairement aux gaz à effet de serre, les gains supplémentaires de l'interdiction des véhicules CNG et des véhicules hybrides essence CS en complément du thermique ban sont limités : le gain monte à 95% en 2030 (1% de plus). Pour 2035, le constat est pratiquement le même (à 1% près).

Cela s'explique par le fait que les véhicules diesel constituent le principal émetteur de NO_x en Région bruxelloise. De ce point de vue, c'est la mise en place de la LEZ et l'interdiction progressive des véhicules diesel qui est la mesure la plus déterminante.

Remarque : dans le cadre de l'étude menée par le VITO (impact santé), le scénario « Thermic Ban + » permet d'étudier l'impact d'une généralisation de l'interdiction du diesel à tous les véhicules en 2030, poids-lourds compris. Ce scénario met en évidence une réduction accrue des émissions des polluants étudiés (NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, black carbon - BC), en particulier pour le NO_x. Le scénario « thermique ban + » permettrait ainsi une réduction supplémentaire des émissions de NO_x de 131 tonnes par rapport au scénario « thermique ban » en 2030 (soit -73% entre les deux scénarios). Ces données sont disponibles dans le rapport du VITO pour l'ensemble des polluants (section 5.2. tableau 16).

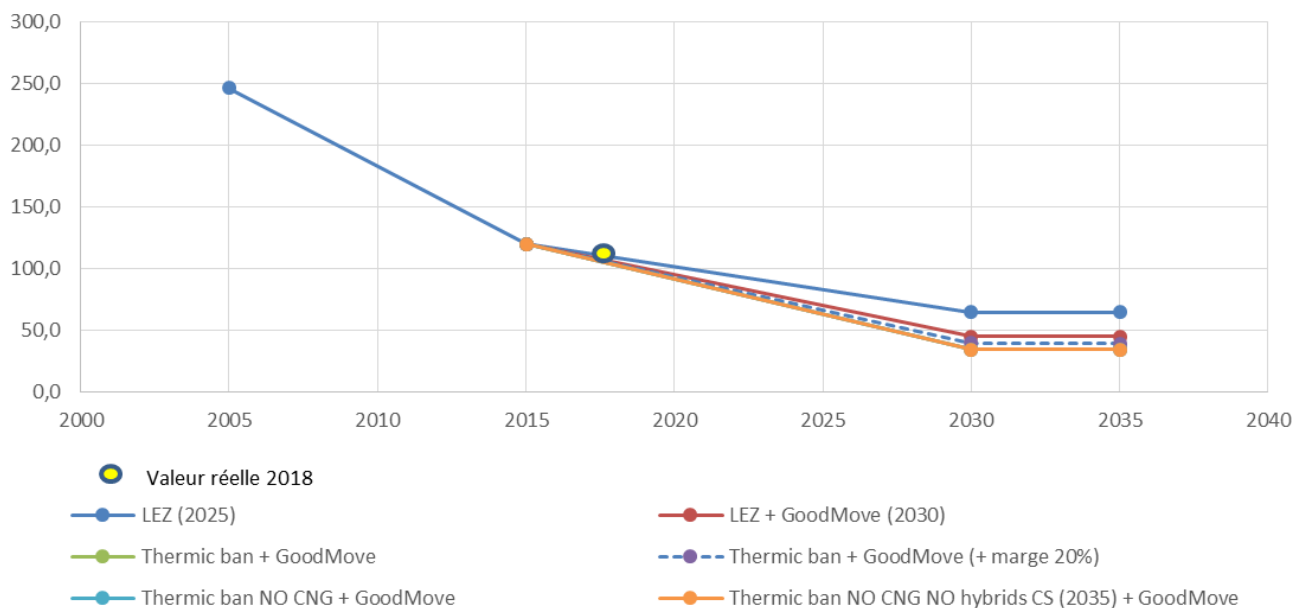
5.2.2 Impact sur les émissions de PM_{2.5}

Le tableau suivant reprend l'évolution attendue des émissions de PM_{2.5} régionales du secteur du transport pour les différents scénarios :

Emissions de PM _{2.5} (t)	2005	2015	2030	2035
BAU (LEZ-2025)	246,0	119,9	64,3	64,3
LEZ + Good Move (2030)		119,9	45,0	45,0
Thermic ban + Good Move		119,9	34,8	34,5
Thermic ban + Good Move (+ marge 20%)		119,9	39,3	39,0
Thermic ban NO CNG + Good Move		119,9	34,3	34,0
Thermic ban NO CNG NO hybrides CS (2035) + Good Move		119,9	34,3	34,0

La figure suivante illustre l'évolution attendue des émissions de PM_{2.5} régionales du secteur du transport pour les différents scénarios d'ici 2035 (et la situation réelle en 2018) :

Figure 6 : Evolution de PM_{2.5} par le transport routier en RBC (t)



Pour les PM_{2.5}, les constats sont similaires à ceux mis en évidence pour les NO_x : l'essentiel de la réduction des émissions est attribuable à la mise en place de la LEZ, qui permet déjà de réduire les émissions de 74% en 2030. Par ailleurs, vu le peu de véhicules encore autorisés entre 2030 et 2035, les résultats sont les mêmes.

5.2.3 Impact sur l'atteinte des objectifs régionaux en termes d'émissions

Comme l'illustrent les données, les émissions de NO_x du secteur du transport en 2030 (1179,3 pour le BAU et 193,7 t pour le scénario le plus ambitieux) seront dans tous les scénarios largement inférieures au plafond 2030 pour les émissions totales (3,4 kt, ou 3400 t). Le transport routier étant responsable de 61% des émissions totales de NO_x de la Région²⁶, il n'y a pas de risque de dépassement du plafond régional.

Ce constat peut être partagé pour les PM_{2.5}.

5.2.4 Impact attendu sur la qualité de l'air

Une étude d'impact de la sortie du thermique sur la santé a été réalisée par le VITO. L'impact sur la santé a été calculé pour 4 scénarii différents à l'horizon 2030 :

- Business as usual (BAU)²⁷ : mise en œuvre des mesures existantes jusqu'en 2030 ;
- Good Move (GM) : réduction du trafic motorisé suite à la mise en œuvre du nouveau plan régional de mobilité adopté en mars 2020²⁸;

²⁶ Données pour l'année 2019 (inventaire 2021).

²⁷ Plus haut aussi intitulé scénario LEZ

²⁸ Dans cette étude, l'impact de GM se traduit en une réduction de 24% du nombre de véhicules-kilomètres parcourus par des voitures en 2030 (par rapport à 2015).

- Thermic Ban (TB) : réduction du trafic motorisé (scénario GM) combinée à une suppression complète du diesel pour les véhicules motorisés (à l'exception des poids lourds) et une suppression de l'essence et du GPL déjà entamée²⁹;
- Thermic ban plus (TB+) : scénario TB, poids-lourds compris.

Afin de déterminer les effets sur la santé, pour chaque scénario, IRCELINE a réalisé des cartes de concentrations de différents polluants. Les quatre scénarios indiquent une amélioration de la qualité de l'air en 2030 par rapport à 2015 (tous polluants confondus) et une réduction de l'exposition de la population bruxelloise à ces polluants. Cela s'explique principalement par la transition vers un système énergétique plus durable.

- Dans le scénario BAU, l'exposition annuelle moyenne pondérée par la population pour les PM_{2.5} se situe juste au-dessus de la valeur recommandée de 10 µg/m³. Pour les autres scénarios, cette valeur baisse à environ 9,5 µg/m³. En examinant l'exposition individuelle de l'ensemble des habitants de la RBC, nous constatons que les deux scénarios Thermic Ban obtiennent les meilleurs résultats, avec seulement 3-4% de la population exposée à des concentrations de PM_{2.5} supérieures à 10 µg/m³.
- Pour les PM₁₀, l'exposition moyenne annuelle pondérée par la population est conforme à la limite recommandée de 20 µg/m³ dans tous les scénarios. Cependant, seuls les scénarios Thermic Ban permettent de respecter la limite pour l'ensemble de la population bruxelloise.
- Pour le NO₂, l'exposition moyenne annuelle pondérée par la population se situe également en dessous du seuil d'exposition recommandé (20 µg/m³) dans l'ensemble des scénarios. Dans le scénario BAU, cette valeur atteint 18 µg/m³, et elle diminue à environ 13 µg/m³ avec les scénarios Thermic Ban. Là encore, seuls les scénarios Thermic Ban permettent d'atteindre la valeur recommandée pour l'ensemble des habitants de la région.
- Pour la suie (mesurée sous forme de carbone noir - BC), il n'existe pas de valeurs indicatives, ni de normes légales, même si les émissions de suie des moteurs diesel sont considérées cancérigènes pour l'homme³⁰. L'exposition moyenne au BC dans le scénario GM est 10% inférieure à celle du scénario BAU, tandis que le scénario Thermic Ban permet une diminution de 30%. En termes d'exposition individuelle, les scénarios Thermic Ban permettent d'atteindre une exposition maximale de 0,12 µg/m³. Avec les scénarios BAU et GM, respectivement 54% et 20% de la population restent exposés à des valeurs supérieures à 0,12 µg/m³.

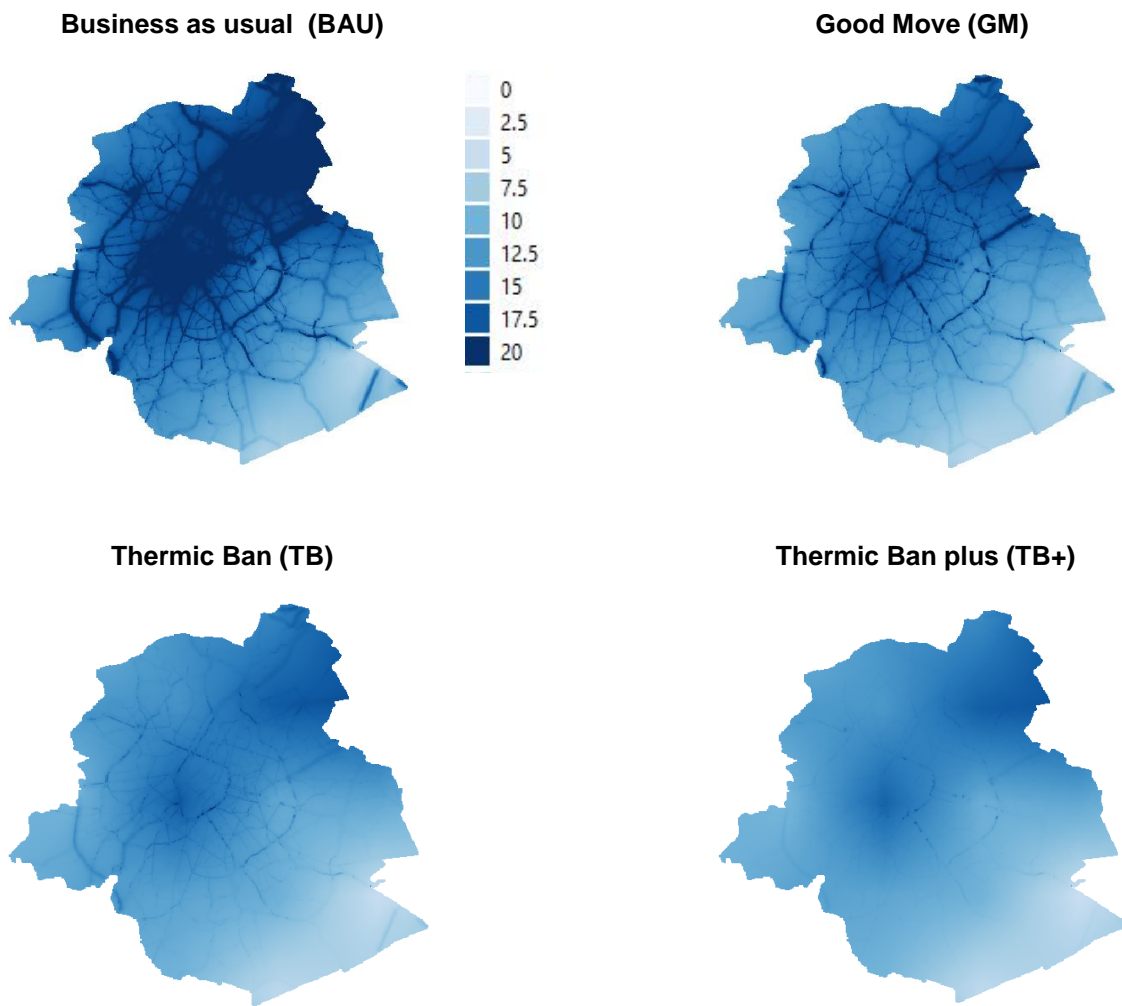
La réduction des concentrations est plus importante pour les polluants NO₂ et BC que pour les particules fines (PM). Il y a deux raisons à cela :

- La contribution des émissions du trafic aux émissions globales est beaucoup plus importante pour les NO_x et le BC que pour les PM. Par conséquent, les mesures de mobilité ont un impact plus important sur les niveaux d'émission et de concentration du NO₂ et BC que sur ceux des PM ;
- Les niveaux de concentration du NO₂ et BC sont dominés par les émissions locales, tandis que les niveaux de concentration des particules fines sont largement déterminés par des sources d'émission plus éloignées de la RBC.

²⁹ Réduction progressive vers une interdiction complète de l'essence et du LPG en 2035.

³⁰ IARC 2012 : https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr213_E.pdf

Figure 7 : Moyenne annuelle des concentrations de NO₂ pour les différents scénarios (source : IRCELINE et VITO)



La traduction des effets de chaque scénario sur la santé des bruxellois (en termes de mortalité, morbidité, et coûts) est disponible dans l'étude du VITO sur l'impact du thermic ban sur la santé.

6. CONCLUSION

La question de l'importance de la mise en œuvre des mesures sur le territoire de la Région au niveau du climat et des émissions de polluants atmosphériques est au cœur de ce rapport. Et la conclusion est que les mesures actuellement sur la table du Gouvernement bruxellois sont incontournables s'il veut respecter ses engagements actuels.

La question des modalités de mise en œuvre est importante également : le report des véhicules interdits dans la LEZ vers les autres véhicules a également des conséquences importantes sur les émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants. De ce point de vue, vu les engagements bruxellois déjà pris par le Gouvernement, qu'ils soient déjà actés ou en attente en raison de la rehausse de l'objectif climat 2030 au niveau européen, il est opportun d'engranger les réductions les plus importantes possibles.

Par ailleurs, le présent rapport rappelle que le secteur du transport n'a pas encore contribué à l'effort régional de réduction des émissions de gaz à effet de serre : depuis 1990, les émissions de gaz à effet de serre du transport sont restées stables, les mesures prises dans ce secteur étant restées beaucoup plus limitées que dans le secteur du bâtiment, cible prioritaire en raison de sa contribution majoritaire aux émissions régionales. Il est donc temps de « s'attaquer » aux autres secteurs émetteurs. C'est ce qui a guidé l'action régionale, en différentes étapes.

Le scénario BAU, qui n'intègre « que » l'impact de la LEZ, joue un rôle important pour réduire les émissions de polluants atmosphériques via son action sur les véhicules les plus polluants, mais il ne permet qu'une diminution marginale des émissions de gaz à effet de serre de la Région. La LEZ est donc insuffisante pour être compatible avec les engagements climatiques bruxellois.

L'implémentation du plan régional de mobilité Good Move en complément de la LEZ permettra par contre d'engranger une diminution substantielle des déplacements en 2030 (diminution de 26% des véhicules-km en 2030 comparé à 2015). Son impact sur les émissions de gaz à effet de serre est donc significatif et nécessaire.

Cependant l'exercice de modélisation réalisé dans ce rapport montre bien que seuls les scénarios Thermic ban permettent de cumuler la réduction de la mobilité avec la modification nécessaire du parc de véhicules, en évoluant vers un parc composé à près de deux tiers de véhicules électriques à l'horizon 2035. Le scénario qui explore les bénéfices d'une interdiction conjointe des véhicules CNG et hybrides essence, et qui privilégie donc une interprétation sensu stricto du thermic ban, est celui qui permet les réductions d'émissions de gaz à effet de serre les plus importantes. C'est le scénario à privilégier dans le contexte actuel, et c'est celui qui rapproche le plus la Région de son objectif de neutralité climatique en 2050.

Les carburants fossiles ne sont plus à considérer comme viables sur le moyen terme. Au contraire, il faudra progressivement les limiter aux secteurs ou aux véhicules pour lesquels il est beaucoup plus difficile de trouver des alternatives (comme par exemple le transport long distance).

Cependant, la présente analyse a ses limites : les impacts socio-économiques ne sont pas évalués, ni la disponibilité des alternatives. Pour ces éléments, nous renvoyons vers l'étude d'impact de la sortie du thermic sur la mobilité et sur les aspects socio-économiques de STRATEC - VUB, 2020 et l'analyse de l'évolution technologique faite par la VUB, 2020.

De même, en l'absence de méthodologie régionale, les émissions indirectes de gaz à effet de serre ne sont pas non plus évaluées. Et le report du transport automobile vers les véhicules électriques sera probablement problématique pour l'atteinte des objectifs du Gouvernement en termes d'émissions indirectes. La prise en compte de ces émissions dans l'action climatique régionale rappelle que c'est la réduction de la consommation énergétique du secteur du transport qui doit être visée, au-delà de la seule réduction des émissions directes.