



Mesure et Rapportage des émissions de GES



Soutenu par



Mis en œuvre par



Une partie de



Pour plus d'informations :

Secrétariat de MobiliseYourCity
Rue Archimède 61, 1000 Bruxelles, Belgique
www.MobiliseYourCity.net
email : Contact@MobiliseYourCity.net

Titre : « MobiliseYourCity – Mesure et Rapportage des émissions de GES »

Imprimé et distribué : Septembre 2020

Les auteurs : Secrétariat de MobiliseYourCity

Contributeurs : Anne Chaussavoine (AFD), Antoine Chèvre (AFD), Marie Colson (IFEU), Benoît Desplanques (Artelia), Frank Dünnebeil (IFEU), Tristan Laurent Morel (Espelia), Mateo Gomez Jattin (GIZ), Vincent Larondelle (Codatu)

Droits d'auteur :

Cette publication est soumise aux droits d'auteur du partenariat MobiliseYourCity et de ses partenaires contributeurs et auteurs. La reproduction partielle ou totale de ce document est autorisée à des fins non lucratives, à condition que la source soit mentionnée.

Décharge de responsabilité :

Le contenu présenté dans ce document représente l'opinion des auteurs et n'est pas nécessairement représentatif de la position des différents partenaires de MobiliseYourCity ou de la Convention-cadre des Nations unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC).

Septembre 2020

Contexte de la publication

Cette publication a été élaborée dans le cadre du partenariat MobiliseYourCity en collaboration avec le projet “*Advancing climate strategies in rapidly motorising countries*”, financé par le Ministère fédéral allemand de l'Environnement, de la Conservation de la Nature, de la Construction et de la Sécurité Nucléaire (BMU).

MobiliseYourCity est un partenariat qui promeut la planification intégrée de la mobilité urbaine dans les pays émergents et en développement au sein du Partenariat de Marrakech pour l'Action Globale pour le Climat (MP-GCA). MobiliseYourCity soutient et engage les gouvernements locaux et nationaux dans l'amélioration de la planification de la mobilité urbaine et de son financement en apportant un cadre méthodologique et de l'assistance technique, des activités de renforcement de capacité et en facilitant l'accès au financement au niveau local et national. Une attention particulière a été portée au développement des cadres méthodologiques pour les Politiques Nationales de Mobilité Urbaine (PNMU) et les Plans de Mobilité Urbaine Durable (PMUD) qui servent de socle pour les investissements et le développement de services de mobilité attractifs.

MobiliseYourCity est un partenariat multi-donneurs, co-financé par la DG Partenariats internationaux (DG INTPA), le Ministère français de la Transition Écologique (MTE), le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM), et le Ministère fédéral allemand de l'Environnement, de la Conservation de la Nature, de la construction et de la Sécurité Nucléaire (BMU). Le Partenariat est mis en œuvre par ses partenaires fondateurs, l'ADEME, l'AFD, le CEREMA, CODATU, et la GIZ.

En plus de ses contributions au processus international de lutte contre le changement climatique, le partenariat contribue par ses actions à la réalisation de l'agenda 2030 de l'ONU, plus spécifiquement l'Objectif de Développement Durable 11 (ODD11) : Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables.

Les objectifs

- Permettre une transition vers des villes plus inclusives, vivables et efficaces.
- Soutenir une approche plus complète, intégrée et participative de la mobilité urbaine, au niveau local comme national.
- Viser un objectif de réduction de 50% des émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur des transport dans les villes partenaires à l'horizon 2050.
- Renforcer le lien entre planification et investissements, avec la possibilité d'un recours à un soutien financier.
- Utiliser des techniques de planification innovantes ou issues du digital, et promouvoir les technologies de pointe en matière de mobilité et de transport.

Contenu

1.	Introduction	5
1.1.	Le Partenariat MobiliseYourCity	5
1.2.	Les indicateurs MobiliseYourCity	5
1.3.	Le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity (outil)	5
1.4.	Approche MRV	6
2.	Méthodologie pour mesurer et rapporter les émissions de GES liées au transport	9
2.1.	Méthodologie ASIF	9
2.2.	Évaluation ex ante et ex post des mesures PNMU et PMUD	10
3.	Limites du système pour la mesure et le rapportage des GES	11
3.1.	Type d'émissions	11
3.2.	Champ d'application géographique	13
3.3.	Modes de transport à prendre en considération	16
3.4.	Calendrier	16
4.	Calculer l'inventaire et les émissions de GES ex ante	18
4.1.	Inventaire de l'activité de transport actuelle et de la consommation de carburant	18
4.1.1.	Activité de transport	19
4.1.2.	Efficacité énergétique	31
4.2.	Scénario de maintien du statu quo pour l'activité future dans le domaine des transports	39
4.2.1.	Activité de transport	40
4.2.2.	Efficacité énergétique	41
4.3.	Scénario climatique et réduction prévue des émissions de GES	42
4.3.1.	Activité de transport	43
4.3.2.	Efficacité énergétique	47
5.	Mesure des émissions de GES et évaluation ex-post des effets des mesures	50
5.1.	Observatoire de la mobilité	50
5.2.	Évaluation ex-post des émissions de GES	52
6.	Une approche progressive de la mesure et du rapportage des GES	55
7.	Annexe	57
7.1.	Méthodologie de l'activité kilométrique dans le scénario climatique dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity	57
7.2.	Autres sources de données possibles pour les transports publics	58
7.3.	Part du transport urbain dans l'activité nationale de transport	59
7.4.	Références	61

1. Introduction

1.1. Le Partenariat MobiliseYourCity

MobiliseYourCity est un partenariat qui soutient les gouvernements locaux et nationaux des pays en développement dans la création de villes plus inclusives, vivables, compétitives sur le plan économique et plus résilientes face aux changements climatiques.

Pour ce faire, elle soutient l'élaboration et la mise en œuvre de Plans de Mobilité Urbaine Durable (PMUD) pour les villes individuelles ainsi que de Politiques Nationales de Mobilité Urbaine (PNMU).

En mettant en œuvre de tels plans, les villes membres de MobiliseYourCity visent à réduire de 50 % les émissions de GES liées au transport urbain d'ici 2050, par rapport au scénario statu quo.

1.2. Les indicateurs MobiliseYourCity

Les indicateurs sont des outils importants pour l'évaluation de l'impact des PMUD/PNMU et le suivi de leur implémentation. Les projets MobiliseYourCity suivent trois types d'indicateurs :

1. Indicateurs fondamentaux, ou *Core Indicators*, de MobiliseYourCity, qui doivent obligatoirement faire l'objet d'un rapportage.
2. Indicateurs supplémentaires de mobilité durable en fonction de la portée et de l'objectif de chaque PMUD/PNMU (certains sont déjà disponibles dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity)
3. Indicateurs de mise en œuvre selon le champ d'application des différents PMUD/PNMU

Le premier indicateur fondamental de MobiliseYourCity est "Réductions (projetée) des émissions de GES, en tCO₂eq, dans un scénario PMUD/PNMU, par rapport à un scénario de référence". Cet indicateur mesurant les niveaux absolus d'émissions de GES est lié à un indicateur spécifique "Émissions de GES dues à la mobilité urbaine par habitant".

Le second indicateur fondamental de MobiliseYourCity, également pertinent pour le présent document, est la "Répartition modale" indiquant la part des modes de transport respectueux du climat, soit principalement la marche, le vélo et les transports collectifs, par rapport au nombre total de déplacements.

Tous les indicateurs fondamentaux de MobiliseYourCity et leurs méthodes de calcul sont décrits dans le document *Core Indicators and Monitoring Framework*, disponible sur la plateforme de connaissances de MobiliseYourCity, à l'adresse suivante : <https://mobiliseyourcity.net/core-indicator-and-monitoring-framework>.

1.3. Le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity (outil)

Le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity est un outil Excel disponible en ligne¹, afin d'aider les pays et les villes membres de MobiliseYourCity à estimer et calculer les émissions de GES du transport

¹ Disponible à l'adresse suivante : <https://mobiliseyourcity.net/mobiliseyourcity-emissions-calculator>

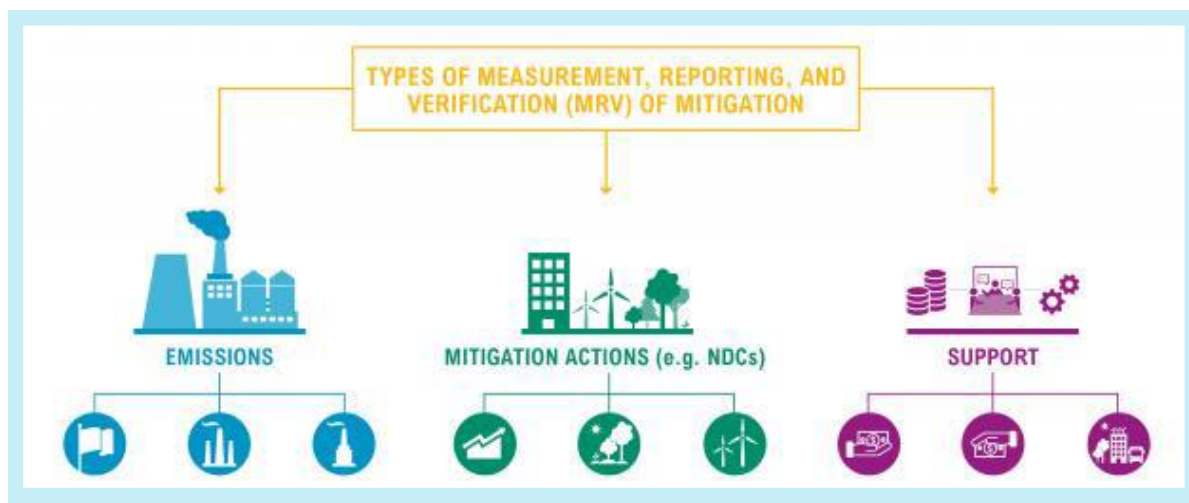
routier et ferroviaire. Cet outil est un modèle ascendant² pour les niveaux national et local. Il permet de calculer les inventaires d'émissions de GES des transports, de projeter un scénario « status quo », aussi appelé « business-as-usual » (BAU), ainsi qu'un scénario PMUD/PNMU. Les gouvernements peuvent donc calculer les effets environnementaux de la mise en œuvre des plans de mobilité urbaine nationaux et locaux. Par exemple, quel serait l'impact sur les émissions de GES d'un développement du réseau de transport public ? Quel serait l'impact des subventions pour les véhicules électriques ? L'étendue des émissions à prendre en compte est basée sur un principe territorial (voir chapitre 3) et fait référence au concept de "ville fonctionnelle" (voir section 3.2). Fondamentalement, tout le trafic à l'intérieur de la ville/du pays doit être pris en compte DANS la ville fonctionnelle (trafic des habitants, trafic entrant et sortant tel que les navetteurs, les touristes, les livraisons de marchandises, etc.)

Le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity peut également être utilisé pour suivre l'évolution des indicateurs fondamentaux de MobiliseYourCity. Les indicateurs 1 et 2 de MobiliseYourCity (émissions de GES et répartition modale (pkm)) sont calculés directement dans l'outil. Les autres indicateurs fondamentaux de MobiliseYourCity peuvent être saisis manuellement dans le tableau des KPI. Nous vous recommandons d'utiliser le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity pour rassembler ces indicateurs (dans l'onglet "overview of results").

1.4. Approche MRV

Un cadre appelé Mesure, Rapportage et Vérification (MRV), est le cadre dans lequel s'effectue l'évaluation des émissions de GES. Le concept de MRV a évolué à partir des principes de la CCNUCC visant à promouvoir l'adoption, le suivi et la communication des mesures climatiques d'atténuation et d'adaptation, telles que la diminution des émissions de GES anthropiques. Il est devenu au fil du temps un cadre solide (pour plus de détails, voir Wartmann, S. et al (2018)).

Figure 1 : Types de MRV



² Les calculs basés sur la consommation de combustible/énergie sont dits *descendants*, et les calculs basés sur la distance parcourue sont dits *ascendants*. Pour une comparaison entre les deux approches, voir *Bottom-Up GHG inventory and MRV of measures* (Vieweg-Mersmann, 2017) sur <https://www.changing-transport.org/publication/bottom-up-data-for-mrv/>

Source : MRV Africa <https://www.mrv africa.com/>

Les systèmes MRV s'appliquent aux émissions de GES, aux mesures d'atténuation et au soutien reçu (voir Figure 1). Ils comprennent trois éléments principaux :

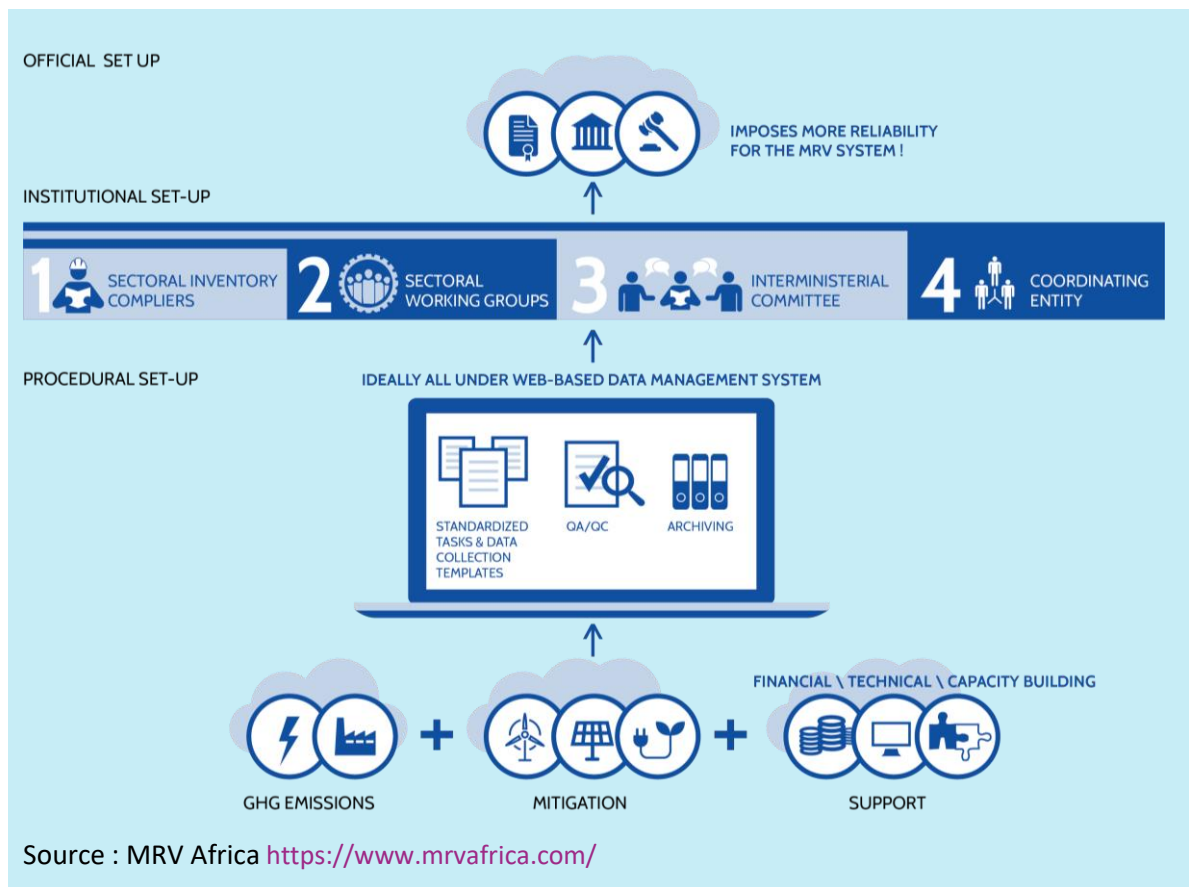
- **Mesure** : la mesure directe ou le calcul estimatif des émissions et des réductions d'émissions selon des orientations et des protocoles stricts, tels que les lignes directrices du GIEC et les méthodes du MDP. Cela peut inclure la mesure directe à l'aide de dispositifs ou l'estimation à l'aide de méthodes simples ou de modèles complexes.
- **Rapportage** : une documentation destinée à informer toutes les parties intéressées. Cela comprend des informations sur les méthodologies, les hypothèses et les données.
- **Vérification** : entend les procédures spécifiques ou les avis d'experts utilisés pour vérifier la qualité des données et des estimations. La vérification peut être interne ou externe.

Un système MRV complet doit être mis en place à trois niveaux (Figure 2) :

- Mise en place officielle
- Cadre institutionnel
- Mise en place de la procédure

La nécessité d'un cadre institutionnel approprié dans une approche MRV ne doit pas être sous-estimée. Cela peut inclure la création d'un comité de pilotage, d'une entité de coordination, l'identification d'un ou plusieurs coordinateurs techniques ou la mise en place de groupes de travail sectoriels.

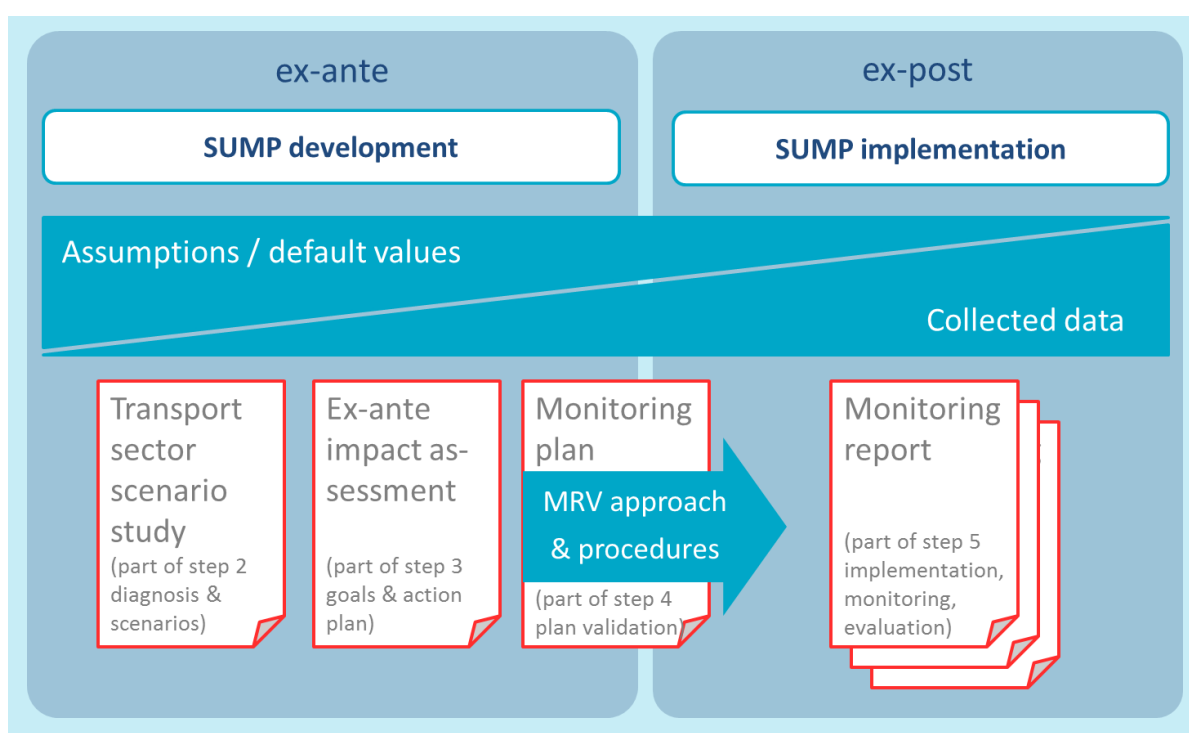
Figure 2 : Éléments clés de la mise en place du système MRV



De plus amples informations générales sur le système MRV sont disponibles sur le centre de ressources MRV Africa : www.mrvafrika.com.

Le présent document expose l'approche MRV spécifique des émissions de GES liées à la mobilité pour le partenariat MobiliseYourCity, qui comprend des évaluations ex ante et ex post ainsi que le suivi périodique des émissions de GES du secteur de la mobilité associées à l'élaboration et à la mise en œuvre des Plans de Mobilité Urbaine Durable (PMUD) et des Politiques et Programmes d'investissement Nationaux de Mobilité Urbaine (PMNU) (voir Figure 3).

Figure 3: Quantification des émissions lors de l'élaboration et de la mise en œuvre des PMUD ou PMNU

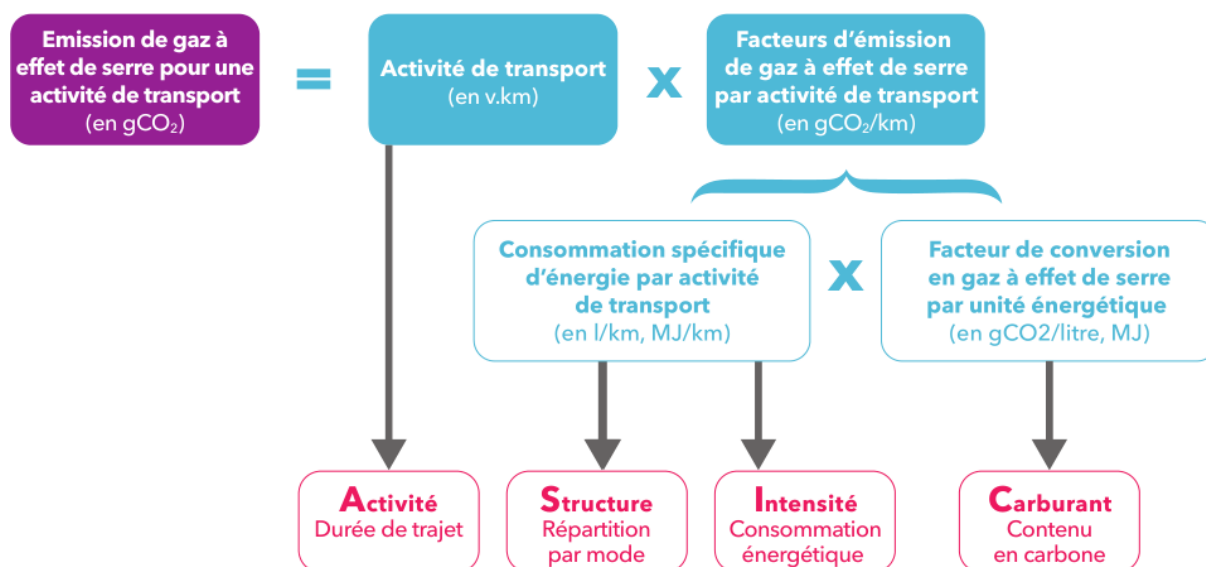


2. Méthodologie pour mesurer et rapporter les émissions de GES liées au transport

2.1. Méthodologie ASIF

L'approche de mesure et rapportage de MobiliseYourCity propose que les villes participantes suivent l'évolution des émissions de GES liées aux transports (CO_2 , CH_4 et N_2O) au niveau de la ville et du pays par calcul plutôt que par mesure. Tout d'abord, un inventaire des émissions de GES actuelles du secteur des transports doit être établi. Le total des émissions de GES liées aux transports dépend de plusieurs paramètres : la demande de transport (activité de déplacement par mode), la consommation d'énergie spécifique respective par mode et par activité de déplacement, et le facteur de conversion spécifique des GES par vecteur d'énergie et par mode. L'inventaire des émissions pour le secteur des transports est calculé selon une approche ascendante basée sur le cadre de l'ASIF tel que décrit dans la Figure 4.

Figure 4: Cadre de l'ASIF pour le calcul des émissions du secteur des transports



Idéalement, dans le cadre d'un PMUD, les valeurs des paramètres devraient être adaptées aux circonstances propres à chaque ville pour calculer les inventaires des émissions de GES des transports locaux. Cependant, la disponibilité des données et des ressources pour la collecte des données ne permet généralement pas un tel niveau de détail/adaptation locale pour tous les paramètres. En même temps, tous les paramètres ne dépendent pas de la même façon des contextes locaux. Par exemple, l'activité de transport et la répartition modale varient généralement beaucoup d'une ville à l'autre, en fonction de leur taille et de leur niveau d'urbanisation, ainsi que des aspects géographiques, économiques et démographiques. En revanche, la teneur en carbone des carburants échappe à l'influence des villes, ce qui signifie que des facteurs nationaux par défaut ou même des valeurs par défaut du GIEC peuvent être utilisés (IFEU, 2014). La méthode de calcul doit également tenir compte des capacités locales. En fonction de la disponibilité des données et des ressources locales, les inventaires peuvent être basés sur des calculs simples et des données plus agrégées, ou sur des approches de modélisation plus avancées qui permettent de surveiller de manière très détaillée les émissions de différentes sources.

2.2. Évaluation ex ante et ex post des mesures PNMU et PMUD

L'évaluation du PMUD doit être effectuée en deux étapes consécutives :

- Les évaluations ex ante sont par définition "avant l'événement", c'est-à-dire avant la mise en œuvre des PMUD/PNMU. Elles se concentrent sur les futures émissions de GES liées à la mobilité des mesures par rapport à un scénario de statu quo (BaU), c'est-à-dire l'évolution des émissions de GES sans ces mesures. Ce type d'évaluation ex ante permet d'estimer les réductions potentielles d'émissions de GES et permet ainsi a) de hiérarchiser les mesures ainsi que b) de rendre la mise en œuvre des PMUD/PNMU attrayante pour les bailleurs de fonds internationaux pour le climat.
- Ex-post signifie "après l'événement" ou, dans notre cas, l'estimation des effets réels des mesures PNMU/PMUD sur les émissions de GES liées à la mobilité, c'est-à-dire après la mise en œuvre. C'est un élément central de la phase de suivi et d'évaluation (voir le chapitre 5.2). Cette évaluation ex-post est comparée aux émissions de GES (par exemple, t d'équivalents CO₂ par an par habitant) estimées pour l'année de référence du PMUD/PNMU et comme prévu ex ante dans le PMUD/PNMU pour évaluer le succès réellement obtenu des mesures.

En principe, les calculs ex post suivent la même approche que les estimations ex ante. Dans une première approche simplifiée, les estimations ex-post pourraient se concentrer uniquement sur les paramètres d'émission affectés par les mesures PMUD/PNMU qui ont été effectivement mises en œuvre (voir chapitre 5.2). Par exemple, si aucune mesure n'a été mise en œuvre pour soutenir la modernisation/le renouvellement du parc automobile, dans une analyse ex post simplifiée, il est possible d'omettre une enquête précise sur la composition du parc automobile.

Pour l'analyse ex-post, des données du monde réel peuvent être recueillies pour tous les paramètres de calcul. Toutefois, pour les projections dans l'analyse ex ante, des hypothèses doivent être faites sur l'évolution future probable de certains paramètres tels que le PIB ou la population. Chaque fois que des hypothèses sont faites, il est important d'être transparent et de les énoncer explicitement afin de comprendre les résultats (voir Figure 4).

3. Limites du système pour la mesure et le rapportage des GES

Pour calculer les émissions de GES liées à la mobilité dans l'inventaire et les scénarios, plusieurs paramètres doivent être définis afin d'affiner le processus de comptabilisation, à savoir

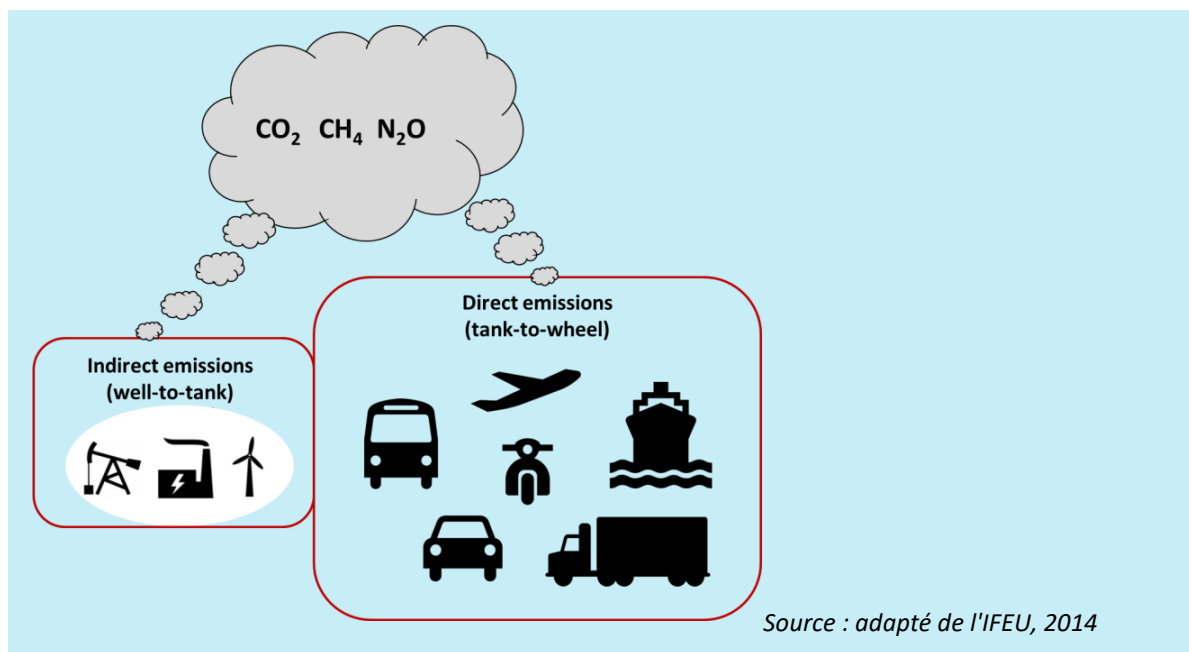
- le type d'émissions/gaz, qui sont comptabilisés
- la portée géographique du PMUD/PNMU
- les modes de transport couverts
- le calendrier de l'évaluation et l'intervalle de suivi

3.1. Type d'émissions

Les villes de MobiliseYourCity sont tenues de dresser des inventaires des émissions de GES liées à la mobilité urbaine, du puits à la roue : CO₂, CH₄ et N₂O en équivalents CO₂ (voir encadré 3) pour la ville fonctionnelle. Dans le cadre du GIEC, au contraire, les émissions de GES des transports du réservoir à la roue sont requises car les émissions en amont sont déjà comptabilisées dans d'autres secteurs tels que le secteur de l'énergie. Le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity permet de passer de l'un à l'autre.

Les émissions de GES du puits à la roue comprennent les émissions directes provenant de sources mobiles (du réservoir à la roue) pour tous les modes de transport, par exemple les voitures, les motos, les bus, etc. et les émissions indirectes provenant de l'utilisation de l'électricité et les émissions en amont des carburants (du puits au réservoir). L'approche "du puits à la roue" est recommandée pour assurer la comparabilité des systèmes de propulsion conventionnels et des véhicules électriques (pour lesquels les émissions ne se produisent qu'en amont), ainsi que d'autres options de changement de carburant. Dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity, les facteurs d'émission par défaut (g CO₂/MJ) pour les émissions du puits au réservoir liées au carburant sont mis en œuvre car ils sont largement indépendants des activités locales. Mais les émissions spécifiques liées à la production d'électricité doivent être entrées dans le calculateur par l'utilisateur afin de refléter les différences locales/nationales du mix électrique et les impacts environnementaux associés.

Figure 5 : Modes de transport et émissions inclus dans la surveillance des GES (cas idéal)



Ni les émissions de carbone noir (composant de la suie), libérées lors de la combustion du diesel, ni les polluants atmosphériques ne sont - jusqu'à présent - exigés.

Encadré 1 : Les émissions liées au transport et leur effet de réchauffement

Les émissions de GES et leur potentiel de réchauffement planétaire

Les GES émis par les transports sont principalement constitués de dioxyde de carbone (CO_2), en plus de petites quantités de méthane (CH_4) et d'oxyde nitreux (N_2O). Afin de comparer les effets de réchauffement des différents GES, on utilise le potentiel de réchauffement global (PRG). Le PRP met en relation la quantité de chaleur piégée dans l'atmosphère par un GES particulier avec la quantité de chaleur piégée par une masse similaire de CO_2 . De cette manière, la somme de toutes les émissions de GES peut alors être indiquée en équivalents CO_2 .

Les potentiels de réchauffement climatique (pour un horizon de 100 ans) du dioxyde de carbone, du méthane et de l'oxyde nitreux sont les suivants (Myhre G. & ale., 2019) :

CO_2 :	1
CH_4 :	28
N_2O :	264

Carbone noir (non calculé dans MobiliseYourCity)

Le carbone noir - un composant de la suie - est libéré par la combustion de la biomasse (poêles à bois et combustion de biomasse, ainsi que les feux de forêt naturels), du charbon et des carburants diesel. C'est un composant important des particules, qui contribue à la pollution atmosphérique et entraîne des maladies respiratoires comme l'asthme et le cancer du poumon. L'Organisation mondiale de la santé estime que la pollution de l'air extérieur a entraîné 3,7 millions de décès prématurés pour la seule année 2012, dont près de 90 % dans les pays à faible et moyen revenu (OMS, 2014). Un fait moins connu est que la suie a également un fort effet de réchauffement sur

le climat. En fait, elle est le deuxième plus grand contributeur au changement climatique d'origine humaine (Bond et al., 2013). La suie se réchauffe de deux façons :

1. Les particules dans l'air absorbent la lumière du soleil, ce qui génère de la chaleur dans l'atmosphère.
2. Les vents transportent les particules de suie vers l'Arctique et l'Himalaya, où elles se déposent sur la glace et la neige comme une couverture noire, empêchant la réflexion de la lumière du soleil. Au lieu de cela, le rayonnement est absorbé, accélère la fonte de la calotte glaciaire arctique et des glaciers himalayens, et intensifie encore le réchauffement climatique.

Contrairement au CO₂, qui reste dans l'atmosphère pendant des siècles, le carbone noir ne reste que quelques semaines. La réduction du carbone noir a donc un effet à court terme sur le changement climatique et un effet immédiat sur la qualité de l'air local. Les principaux contributeurs de carbone noir provenant du secteur des transports sont les véhicules diesel sans filtre à particules. Cela comprend les camions, les navires, les trains, les véhicules utilitaires et les machines de construction (Eckermann et al., 2015).

Le calcul de l'effet exact du carbone noir est une question complexe et scientifiquement contestée. MobiliseYourCity n'exige pas d'évaluation des effets du réchauffement du carbone noir. Elle peut cependant intéresser les villes qui souhaitent prendre en compte les particules en dehors des considérations de qualité de l'air. Dans ce cas, le nombre de particules peut également donner une indication d'ordre de grandeur sur l'évolution des émissions de carbone noir.

Les émissions liées à la construction de grands projets d'infrastructure tels que les métros ou les autoroutes ou les émissions en amont et en aval de la production de véhicules ne sont pas obligatoirement incluses. Toutefois, il est important de communiquer de manière transparente si ces sources d'émissions sont incluses ou exclues de l'approche MRV.

Encadré 2 : La comptabilisation des émissions de GES dans le cadre de MobiliseYourCity

Remarque : le suivi des émissions dans le cadre de MobiliseYourCity se concentre sur les émissions de GES, c'est-à-dire le CO₂, le CH₄ et le N₂O. Les émissions de polluants atmosphériques n'ont pas besoin d'être surveillées pour le rapport de MobiliseYourCity. Les villes intéressées par la surveillance de la qualité de l'air liée aux transports peuvent toutefois communiquer leurs données locales si des mesures sont effectuées régulièrement et si la qualité de l'air est surveillée.

3.2. Champ d'application géographique

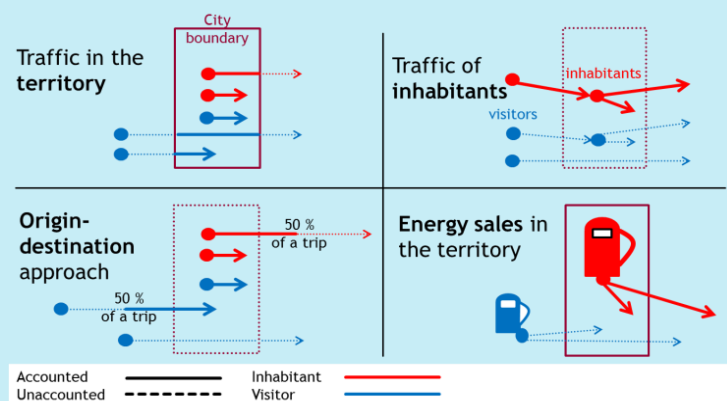
L'inventaire des émissions de GES pour le transport urbain est la somme de toutes les activités liées au transport qui peuvent être attribuées à la ville ou au pays. Cette attribution peut suivre différentes justifications (voir Dünnebeil et al. (2012) et l'encadré 3). L'initiative MobiliseYourCity suit une **approche territoriale**, qui inclut les émissions des habitants et des visiteurs, et s'adresse à tous les acteurs locaux qui influencent les transports sur le territoire de la ville (habitants, employeurs, services publics, industrie, commerce, etc.) (IFEU, 2014). Cette approche suit le principe européen de la ville fonctionnelle, qui englobe l'étendue économique et fonctionnelle des villes basée sur les mouvements quotidiens des personnes (voir Dijkstra L. & al).

Encadré 3 : Limites du système de comptabilisation des émissions dans les transports urbains et raisons d'une approche territoriale

Les activités de transport peuvent être attribuées à une zone de suivi en utilisant différentes approches. Cela a des conséquences sur la valeur informative et l'utilisation ultérieure des résultats du suivi. Les limites de système les plus courantes pour le suivi des émissions des transports urbains sont

- 1) **Territorial** : Toutes les activités de transport d'un moyen de transport à l'intérieur du territoire sont couvertes. Le territoire peut être défini de différentes manières, par exemple comme l'ensemble de la zone fonctionnelle d'une ville ou uniquement les quartiers de la ville. Avec cette approche, toutes les activités de transport dans la sphère d'influence politique du gouvernement municipal sont couvertes. Toutefois, d'autres différenciations (par exemple, trafic interne par rapport au trafic d'origine/de destination par rapport au trafic de transit) peuvent aider à comprendre les moteurs des flux et des volumes de trafic, et à identifier les domaines d'action.
- 2) **Les habitants** : Tout le trafic lié aux habitants de la ville est inclus, indépendamment du lieu où le trafic a lieu (par exemple, y compris les voyages en dehors de la ville ou les voyages en avion). Les contributions au trafic dans la ville des non-résidents (par exemple, les navetteurs, les touristes, le transport de fret entrant) ne sont *pas couvertes par* cette approche. Par conséquent, les éventuelles réductions des émissions de GES dans le trafic des navetteurs ou dans tout autre transport entrant ne sont *pas couvertes par* ce système de mesure. En même temps, l'approche des habitants inclut les activités de voyage qui ne peuvent pas être directement influencées par le gouvernement municipal, comme les voyages à longue distance.
- 3) **Approche origine-destination (OD)** : Tout le trafic ayant une origine et/ou une destination à l'intérieur du territoire de la ville est couvert (trafic transfrontalier : 50% des trajets longue distance sont comptés). Cette approche reflète très bien les activités de transport urbain, mais elle exige des niveaux élevés de disponibilité des données que seules quelques villes sont en mesure de respecter. En outre, elle inclut toujours 50% des trajets longue distance, sur lesquels les politiques des villes n'ont aucune influence. Le trafic de transit n'est pas couvert.

Figure 6 : Différentes limites de systèmes pour la comptabilisation des émissions des transports urbains



Source des chiffres : Dünnebeil et al., 2012

- 4) **Ventes d'énergie** : Les émissions sont calculées selon une approche descendante basée sur les statistiques des ventes de carburant dans la ville. Cette approche ne permet qu'une estimation approximative, car une approche purement basée sur les ventes ne fournit aucune information sur la quantité de carburant achetée qui est effectivement utilisée dans la ville. Elle ne fournit pas non plus de données sur les activités de transport réelles liées à la ville ou sur leurs causes (par exemple, les voitures par rapport aux camions) - informations nécessaires à la planification des transports. L'utilisation des seules données sur les ventes d'énergie ne permet pas de suivre de manière adéquate les effets des PMUD, mais elle peut être utilisée pour recouper les calculs ascendants.

Source : Dünnebeil et al., 2012

L'utilisation de l'ensemble du territoire de la ville comme unité d'évaluation se justifie par le fait que toute mesure mise en œuvre sur le territoire de la ville relève de la sphère d'influence du gouvernement local et peut donc être affectée par le PMUD. De cette façon, l'unité d'évaluation correspond directement à la zone géographique où le PMUD aura le plus grand impact attendu. L'approche territoriale est également recommandée par d'autres lignes directrices internationales, telles que le Protocole mondial pour les inventaires d'émissions de gaz à effet de serre à l'échelle communautaire (WRI, 2014a) ou la Convention des Maires,³ et est donc conforme aux meilleures pratiques internationales de pointe.

Dans le cadre des PNMU, il est recommandé de calculer les émissions globales du secteur national des transports (émissions liées à la mobilité urbaine, interurbaine et rurale) afin de

1. Comparer les résultats de l'évaluation ascendante à l'évaluation nationale descendante (c'est-à-dire comparer la consommation d'énergie basée sur la demande de transport et la composition du parc automobile dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity au bilan énergétique, c'est-à-dire aux ventes de carburants dans le pays). Cette comparaison peut être effectuée dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity sous la forme d'un contrôle de qualité.
2. Pouvoir utiliser les données nationales recueillies dans le cadre du PNMU pour l'inventaire et le rapport au GIEC

Les PNMU sont néanmoins axées sur la mobilité urbaine. C'est pourquoi la part de la mobilité urbaine dans la consommation nationale totale d'énergie liée au transport et dans les émissions de GES, devrait autant que possible être évaluée afin de ne pas surestimer les effets potentiels des mesures urbaines sur la réduction des GES (voir section 7.3 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). En outre, dans les cas d'un PNMU, il est recommandé de développer autant que possible des approches de MRV des GES à la fois au niveau national et au niveau local, au moins pour les principales villes, afin d'obtenir une image complète des émissions de GES liées à la mobilité urbaine dans le pays.

³ L'initiative de la Convention des maires pour le climat et l'énergie a été lancée en 2009. Elle rassemble des milliers de collectivités locales et régionales qui se sont volontairement engagées à mettre en œuvre les objectifs de l'UE en matière de climat et d'énergie sur leur territoire. http://www.covenantofmayors.eu/index_en.html

3.3. Modes de transport à prendre en considération

Dans l'idéal, **tous les modes de transport motorisés** (passagers et marchandises) sont inclus dans l'inventaire des émissions. Cela permet de dresser un tableau complet du profil d'émissions du secteur des transports dans chaque territoire. Cependant, les données peuvent ne pas être facilement disponibles pour tous les modes de transport. Une option pragmatique consiste à commencer par les modes qui sont pertinents pour le champ d'application de chaque PMUD/PNMU, c'est-à-dire les modes directement concernés par les mesures incluses dans le PMUD/PNMU. Dans la plupart des cas, cela signifie qu'il ne faut pas tenir compte des émissions de l'aviation (les émissions aux frontières territoriales ne comprennent que les décollages et les atterrissages) et des émissions de la navigation intérieure si elles ne sont pas touchées par le PMUD/PNMU et ne représentent qu'une petite partie des transports et des émissions. Cela dépend bien sûr du contexte spécifique de chaque ville. Si une ville possède un aéroport ou un port sur son territoire, ces émissions pourraient représenter une part importante des émissions liées au transport et il faut décider délibérément de les inclure ou non. Le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity ne prend en compte que les transports routiers et ferroviaires. Si elles sont importantes, les émissions dues à l'aviation et au transport maritime doivent être calculées séparément des calculs effectués avec le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity.

En outre, il est recommandé de différencier le profil d'émission des modes de transport qui sont sous l'influence des administrations locales (transport dans les limites de la ville ou ayant une origine/destination sur le territoire, y compris le transport de passagers et de marchandises) et de ceux qui sont à peine touchés par les mesures locales (trafic de transit, transports publics à longue distance, tels que le bus, le rail et l'aviation, ainsi que le transport de marchandises à destination et en provenance du rail) (IFEU, 2014). Une telle différenciation permet de comptabiliser toutes les émissions de chaque territoire, tout en mettant en évidence celles qui sont influencées par la PMUD/PNMU et en analysant leur évolution séparément (sur ce point, voir 4.3). De cette manière, le profil d'émission complet peut être communiqué et les réalisations du PMUD ou du PNMU peuvent être suivies.

3.4. Calendrier

MobiliseYourCity suggère un intervalle de surveillance des GES de 1 à 3 ans. Pour les scénarios de réduction des émissions ex ante, le calendrier doit être adopté de manière à s'intégrer dans le cycle de planification du PMUD ou du PNMU. En supposant que la mise en œuvre d'un PMUD/PNMU prendra environ 10 ans, le délai minimum pour le système MRV devrait également être de 10 ans. Toutefois, comme les avantages ne seront pas pleinement visibles avant la mise en œuvre des mesures du PMUD/PNMU, les avantages annuels en matière de réduction des émissions augmenteront au fil du temps. Cela signifie qu'une période d'évaluation plus longue fera apparaître des effets plus importants, par exemple 20 ans. Dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity, la période est prolongée jusqu'en 2050 avec des années de référence : année de base, 2020, 2025, 2030, 2040 et 2050. 2030 et 2050 sont les principales années de référence pour MobiliseYourCity.

Au niveau mondial, le partenariat MobiliseYourCity regroupe les projections ex ante des réductions annuelles d'émissions de GES pour toutes ses années de référence. Il est donc tenu de déclarer au moins deux valeurs distinctes : les émissions annuelles de GES projetées au cours des années de référence dans (1) le scénario du statu quo (voir chapitre 4.2.) et (2) le scénario climatique (voir

chapitre 4.3.), correspondant au PMUD/PNMU. Ces indicateurs sont exprimés en tonnes d'équivalent CO₂ (tCO₂eq).

Une fois que tous les paramètres ci-dessus ont été décidés, les limites du système pour la surveillance et les scénarios sont fixées. La limite sera toujours un compromis entre la représentation la plus exacte des émissions territoriales et l'étendue des données et des ressources disponibles localement. Trouver ce compromis est un défi majeur pour les bons inventaires.

Le calcul des émissions liées au transport nécessite des informations sur :

- Activité de transport, c'est-à-dire kilométrage et performances de transport (kvp : Kilomètre Voyage par Passager et tkv : Total des Kilomètres Voyagés) pour chaque mode de transport (lié au taux d'occupation et à la charge du véhicule)
- Part de l'activité de transport par catégorie de véhicule et type de carburant (répartition modale)
- Consommation de carburant des véhicules selon la catégorie de véhicule et le type de carburant (sur la base du parc automobile)

Le processus de collecte des données pour ces paramètres est expliqué dans les chapitres suivants.

4. Calculer l'inventaire et les émissions de GES ex ante

Les données sur les transports doivent être collectées au niveau de la ville ou au niveau national respectivement pour les PMUD/PNMU. Le champ d'application des données d'entrée spécifiées dans les Tableau 1 et Tableau 2 représente l'exigence minimale, de sorte que si des ensembles de données généralement disponibles au niveau national peuvent être trouvés au niveau de la ville (par exemple, la consommation de carburant des véhicules), il est recommandé de les utiliser si ces données sont fiables. Les entrées obligatoires, les sources typiques et les méthodes de collecte des données du calculateur d'émissions MobiliseYourCity pour l'année de base (inventaire) et le scénario BaU sont respectivement détaillés aux sections 4.1 et 4.2. Les entrées obligatoires pour le scénario climatique ex ante se trouvent au chapitre 4.3.

Toutes les sources et hypothèses doivent être citées tout au long de l'évaluation, et les méthodologies doivent être clairement expliquées.

4.1. Inventaire de l'activité de transport actuelle et de la consommation de carburant

Le Tableau 1 présente les données nécessaires pour calculer l'inventaire ascendant de la mobilité urbaine dans les villes ou pays dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity. Le Tableau 2 présente les données facultatives, ce qui améliore la précision de l'évaluation. Les détails de la méthodologie et des sources sont développés dans les deux sous-chapitres suivants.

Tableau 1 Liste des données obligatoires pour l'inventaire

Catégorie/Paramètre	Unité	Sensibilité aux résultats	Champ d'application des données pour les pays	Champ d'application des données pour les villes
Total annuel des kilomètres parcourus par catégorie de véhicule * ¹	■ Mio km	■ +++	■ National	■ Ville
Stock de véhicules (nombre total de véhicules) par catégorie de véhicule * ²	■ Nb. De véhicules	■ +++	■ National	■ Ville
Kilométrage annuel moyen par catégorie de véhicule * ²	■ Km/veh/an	■ +++	■ National	■ Ville
Part moyenne du kilométrage par type de carburant et par catégorie de véhicule	■ %	■	■ National	■ National
Occupation/charge moyenne par catégorie de véhicule	■ Personne ou tonne/véhicule	■	■ National (ou régional)	■ Ville
Durée moyenne du trajet par catégorie de véhicule	■ Km/trajet	■	■ National	■ Ville

Catégorie/Paramètre	Unité	Sensibilité aux résultats	Champ d'application des données pour les pays	Champ d'application des données pour les villes
Consommation moyenne d'énergie par catégorie de véhicule et par type d'énergie	■ L/100 km (kg pour le gas naturel ; kWh pour la voiture électronique)	■ +++	■ National (ou régional)	■ National (ou régional)
Facteur d'émission de GES spécifique à la production d'électricité pour les routes	■ gCO2/kWh	■	■ National	■ National
Facteur d'émission de GES spécifique de la production d'électricité pour le rail	■ gCO2/kWh	■	■ Données nationales	■ Données nationales

Légende : + faible ; ++ moyen ; +++ fort impact. Les utilisateurs doivent choisir entre la première méthode appelée *1 approche par véhicule-kilomètre utilisée lorsqu'un outil de planification des transports et/ou des comptages de trafic sont disponibles ou *2 la deuxième méthode appelée approche par parc automobile basée sur le nombre de véhicules et le kilométrage moyen des véhicules.

Tableau 2 Liste des données facultatives et portée des paramètres d'entrée pour l'inventaire

Catégorie/Paramètre	Unité	Sensibilité aux résultats	Champ d'application des données pour les pays	Champ d'application des données pour les villes
Population - Nombre d'habitants	■ Nb de Inhab.	■	■ National	■ Ville
Produit intérieur brut (PIB) ou Produit brut du marché	■ Milliards de dollars	■	■ National	■ (Ville)
Facteurs d'émission de GES spécifiques des combustibles (fossiles, renouvelables) *	■ gCO2/kWh	■ Données nationales	■ National	■ National
Consommation de carburant pour les secteurs routier et ferroviaire par type de carburant dans le bilan énergétique	■ 1000 Toe	■	■ Bilan énergétique (pays)	■ Vente de carburant sur le territoire

*Fournis par défaut dans l'outil : Valeurs du GIEC

4.1.1. Activité de transport

Kilométrage

Le kilométrage est la pierre angulaire du calcul des émissions de GES du transport. Il est classé par type de carburant et par catégorie de véhicule. L'outil nécessite deux entrées : Le kilométrage total par catégorie de véhicule (y compris les véhicules non routiers⁴), couvert dans la présente section, et la

⁴ Trafic non motorisé

part du kilométrage par type de carburant dans une catégorie de véhicule (couverte dans la section 4.1.2). Il existe trois approches possibles pour calculer le kilométrage des véhicules :

- Approche par véhicule-kilomètre
- Approche de la flotte
- Approche des déplacements des habitants

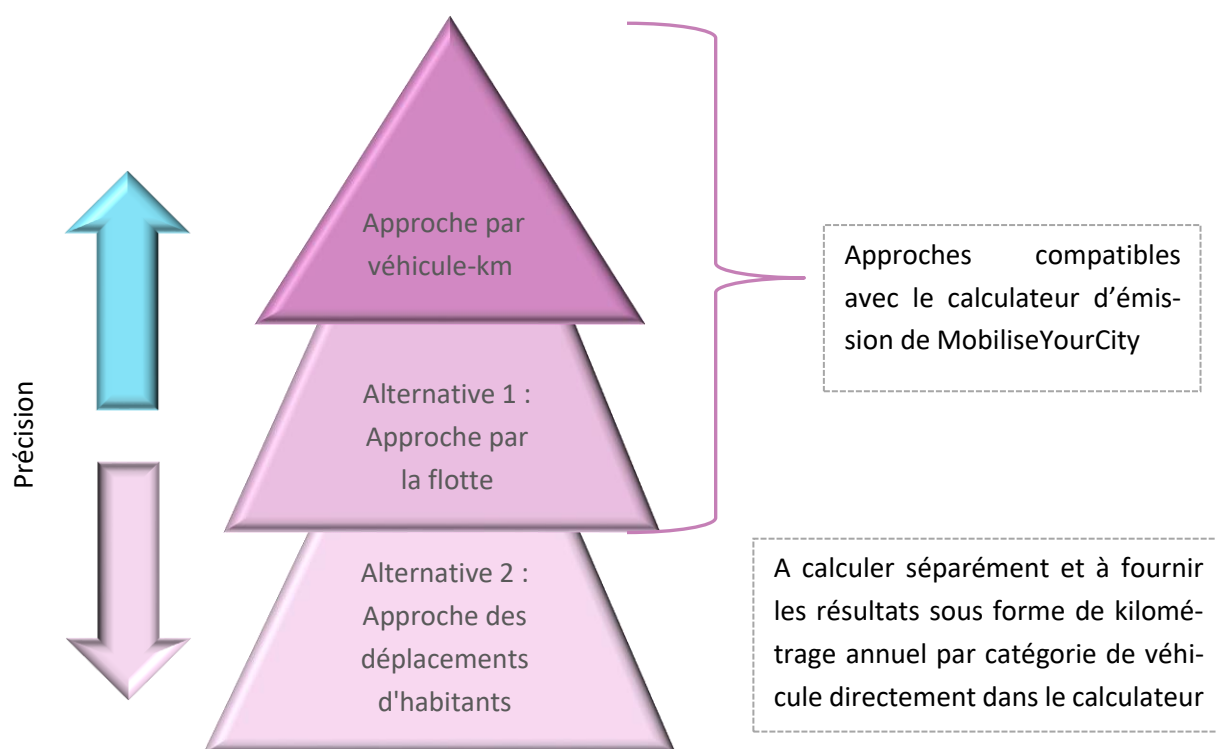


Figure 7 Trois approches pour calculer le kilométrage des véhicules

■ Approche par véhicule-kilomètre

La première méthodologie possible pour calculer le kilométrage des véhicules est appelée **approche par véhicule-kilomètre**. Les données nécessaires à cette approche peuvent être fournies par un modèle de planification des transports ou dérivées de comptages de trafic (sur une section homogène (c'est-à-dire sur une section entre 2 intersections)) comme détaillé pour le transport routier dans le Tableau 3. Les deux approches reposent sur une approche territoriale (comme le recommande MobiliseYourCity). On peut également calculer le kilométrage à l'aide de plusieurs méthodologies et comparer/croiser les résultats.

Pour le transport ferroviaire avec des trains de marchandises et de passagers, le stock de véhicules et le kilométrage annuel moyen (ou le kilométrage total) peuvent être disponibles auprès de l'opérateur ferroviaire national.

Tableau 3 Approche territoriale : sources pour le kilométrage total des véhicules par catégorie de véhicules

Production de données	Source de données possible	Moyens de transport couverts	Détails
Véhicule-kilomètre (vkt)	■ Modèle de transport	■ Tous les moyens de transport routier	Les détails du modèle de planification des transports sont présentés dans l'encadré 4.
Véhicule-kilomètre (vkt)	■ Enquête sur l'activité des véhicules (par exemple, enquête origine-destination)	■ Tous les moyens de transport routier étudiés (voitures, motocyclettes, camions/autobus)	Les données origine-destination sont nécessaires pour alimenter le modèle de transport et montrent les principaux domaines de mobilité au sein d'un territoire donné.
Véhicule-kilomètre (vkt)	■ Données de véhicule traceur (GPS)	■ Tous les moyens de transport routier (en fonction des sources de données disponibles)	Kilométrage d'un seul véhicule au cours de la période analysée. Extrapolation au kilométrage total uniquement si les véhicules analysés, le périmètre et la période de temps sont représentatifs du parc automobile. Avertissement : Le traitement des données de véhicule traceur peut prendre beaucoup de temps.

Production de données	Source de données possible	Moyens de transport couverts	Détails
Volume de trafic pour la section de route analysée et les directions (vkt)	■ Comptage du trafic (directionnel avec vidéo ou enquêteur ou capteurs routiers ou manuel)	■ Tous les moyens de transport routier (selon la technologie de comptage du trafic : tube compteur, caméra, intervieweur, etc.) Extrapolation au kilométrage total valable uniquement si les véhicules analysés et la période de temps sont représentatifs du parc automobile.	Les comptages de trafic doivent être effectués séparément pour les différents types de routes (routes du centre-ville, routes urbaines et autoroutes). Ils peuvent être automatisés et manuels et fournir le nombre de véhicules sur une longueur de route donnée (uniquement si la route se trouve entre deux intersections). Ces données sur l'intensité du trafic (nombre de voitures par heure/jour) peuvent être multipliées par la longueur du réseau routier pour chaque type de route ⁵ . Avertissement : - Comptabiliser la durée pour éviter un événement dangereux - Période de comptage : heures de pointe, week-ends, etc. Périmètre : points stratégiques

Si possible, la part du trafic de transit sur le territoire devrait être estimée et indiquée séparément, car la politique de transport urbain a - dans la plupart des cas - peu d'influence sur le trafic de transit.

Le développement d'un modèle de transport est le moyen le plus complet d'identifier et de prévoir le kilométrage des véhicules pour tous les moyens de transport. Il s'agit d'une méthode assez coûteuse qui nécessite généralement des enquêtes et des comptages complets de la mobilité. Néanmoins, on peut l'envisager car un modèle de transport ne sert pas seulement au MRV d'un PMUD, mais est généralement un outil utile pour les processus de planification de la mobilité urbaine. L'encadré 4 fournit plus de détails sur la méthodologie d'élaboration d'un modèle de transport.

Encadré 4 : Brève description du modèle de planification des transports pour l'année de base (c'est-à-dire l'année d'inventaire)

Un modèle de planification des transports peut être divisé en quatre étapes présentées ci-dessous :

⁵ Pour des explications détaillées (voir Surveillance des émissions de gaz à effet de serre des activités de transport dans les villes chinoises - Un guide étape par étape pour la collecte de données, section 2.1.2)

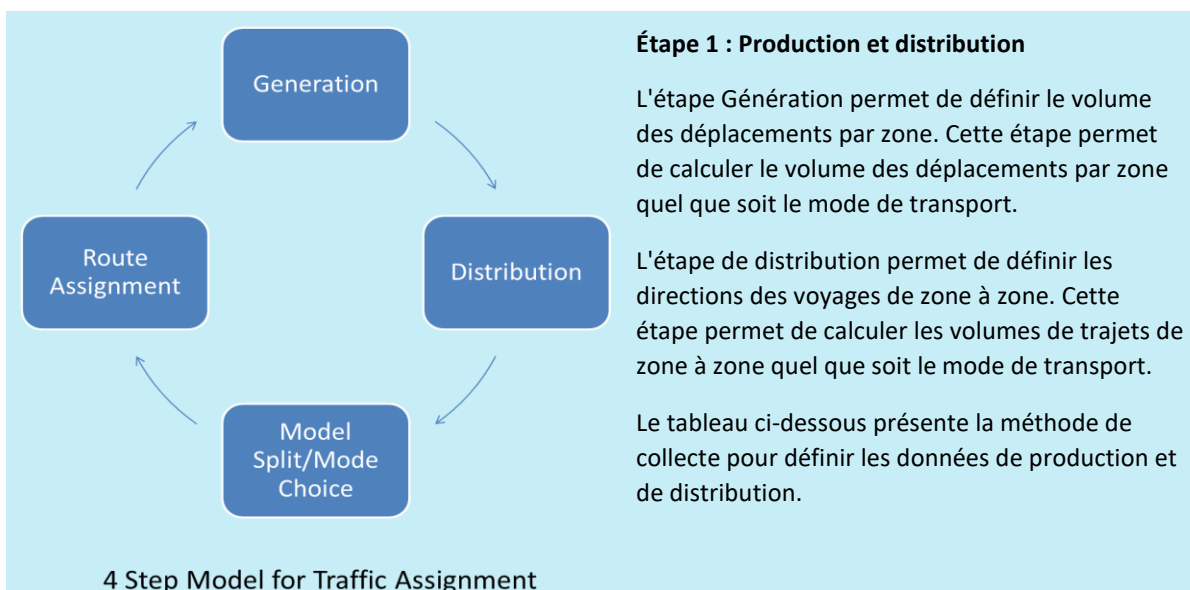


Tableau 4 Méthode de collecte des données sur la production et la distribution.

Méthodes de collecte	Échelle	Principales données obtenues	Faiblesses
Enquête auprès des ménages	- National (pays) - Régional (région) - Local (ville)	- Données socio-économiques - Comportement en matière de mobilité - Équipement ménager - Les habitudes des ménages - Nombre de voyages - Point de départ du voyage - Point d'arrivée du voyage - Raison du voyage - Décomposition du voyage - Durée du voyage	- Coût de l'enquête - Difficulté de mise en œuvre - Retard de mise en œuvre - Retard de la procédure - Un échantillon important est nécessaire - Véracité des réponses
Enquête origine-destination	- Régional (région) - Local (ville, région)	- Point de départ du voyage - Point d'arrivée du voyage - Raison du voyage - Taux d'occupation - Type de véhicules - Heure de départ du voyage	- Construction de l'enquête (zones) - Mise en œuvre sur place (arrêt des véhicules) - Un échantillon important est nécessaire

L'étape Génération & Distribution permet d'obtenir une matrice origine-destination. Cette matrice de demande sera téléchargée dans le modèle de planification des transports.

Étape 2 : Calibrage de la répartition modale

La répartition modale sera calculée en utilisant les variables de mode comme :

- Durée du voyage
- Frais de voyage

- Temps de connexion
- Etc.

Ces variables sont calculées par le modèle de transport en tant que données endogènes. Les données exogènes sont nécessaires pour calibrer la répartition modale et peuvent être obtenues par des enquêtes auprès des ménages (par exemple, parts modales par mode).

Étape 3 : Calibrage de l'affectation du trafic

Cette étape consiste à affecter la demande de déplacement (c'est-à-dire la matrice origine-destination) sur le réseau pour obtenir le trafic par section. Le résultat de l'affectation est ajusté par les comptages de trafic afin d'assurer la cohérence entre la demande affectée et les comptages par section. Pour cette étape, des comptages de trafic sont nécessaires.

Le tableau ci-dessous présente la méthode de collecte pour les comptages de trafic.

Étape 3 : Résultats

Le modèle de planification des transports donne comme résultats :

- Le kilométrage par section, par type de véhicule ou par mode : véhicule-kilomètres (vkt)

Méthode de collecte	Moyens de transport	Format des données	Composition de la flotte
Comptage du trafic à l'aide de capteurs routiers	■ Voitures particulières ■ Taxis ■ Bus ■ Motocyclettes ■ Camions	Volumes de trafic pour la section de route analysée	Le comptage permet de distinguer ■ Voitures ■ Motocyclettes ■ camions / bus
Comptage directionnel du trafic avec vidéo ou sondeur	■ Voitures particulières ■ Taxis ■ Bus ■ Motocyclettes ■ Camions	Volumes de trafic pour la section de route analysée et les directions	Le comptage permet de distinguer ■ Voitures ■ Motocyclettes ■ camions / bus

- Temps passé sur le réseau par section, par type de véhicule, par mode : véhicule-heure (vkh)

■ Approche de la flotte et approche des déplacements des habitants

Si l'approche par véhicule-kilomètre ne peut pas être appliquée, **deux méthodes de calcul alternatives** peuvent être utilisées : l'**approche par flotte** (option 1 dans la Figure 8 ou l'**approche par habitant** (option 2).

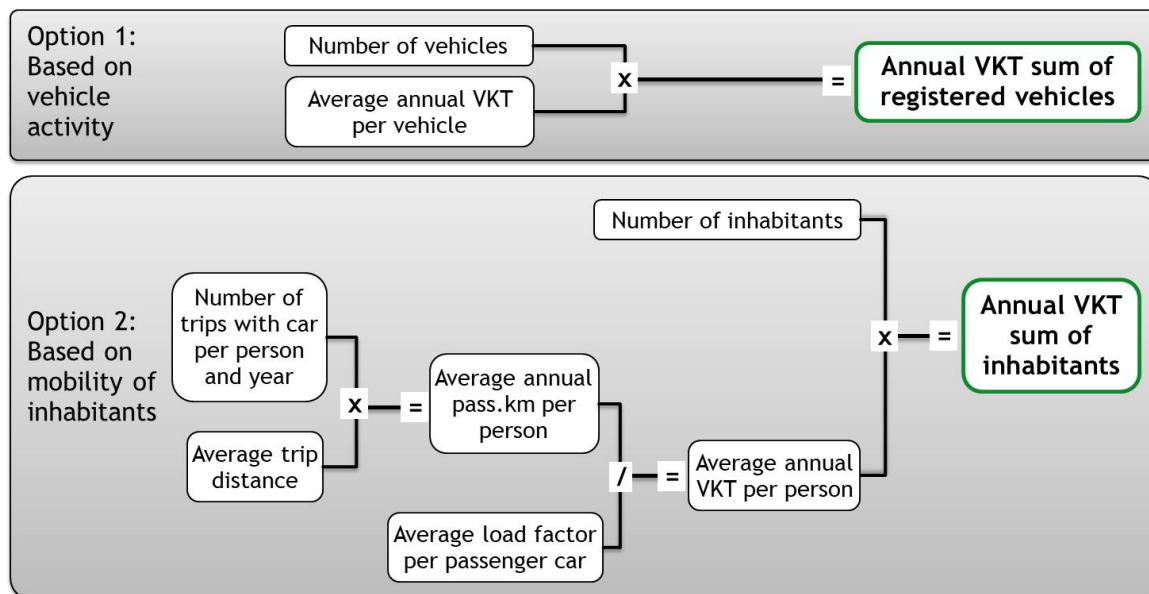


Figure 8 Autres méthodes de calcul du kilométrage des véhicules

L'**approche** dite de la **flotte** (option 1) est basée sur l'activité des véhicules. Le nombre de véhicules immatriculés dans la zone urbaine est multiplié par le kilométrage annuel moyen par catégorie de véhicule. Les différentes sources détaillées dans le Tableau 5 peuvent être comparées ou se compléter en fonction de leur format et de leur couverture.

Tableau 5 Source pour la méthode alternative Option 1 "approche par flotte"

Production de données	Source de données possible	Moyens de transport couverts	Détails
Stock de véhicules par caractéristiques techniques	Statistiques sur l'immatriculation des véhicules	Eventuellement tous les véhicules routiers ; les caractéristiques dépendent de la méthode de collecte et peuvent varier d'un pays à l'autre	Le nombre de véhicules est normalement disponible au niveau national, dans plusieurs pays également dans les statistiques régionales ou urbaines. Les données peuvent être comparées avec la taxe sur les véhicules/les assurances. Le type de carburant doit être inclus pour les autres paramètres (voir Erreur ! Résultat incorrect pour une table.)

Production de données	Source de données possible	Moyens de transport couverts	Détails
Stock de véhicules par caractéristiques techniques	■ Taxe sur les véhicules / assurances	■ Tous les véhicules routiers privés qui doivent payer des impôts ou être assurés	Les taxes sur les véhicules ou les assurances peuvent ne pas refléter le nombre exact de véhicules, car certains utilisateurs peuvent ne pas s'enregistrer (fraude) ou ne pas avoir à payer de taxe/avoir d'assurance. Les données peuvent être comparées aux registres des véhicules. Le type de carburant doit être inclus pour les autres paramètres (voir Erreur ! Résultat incorrect pour une table.)
Caractéristiques techniques du stock	■ Enquête sur les caractéristiques des véhicules (par exemple, dans les parkings/les stations de ravitaillement)	■ Tous les moyens de transport routier privé	Des caractéristiques telles que la puissance du moteur, l'âge du véhicule ou la norme d'émission peuvent être collectées pour affiner - si nécessaire - les données relatives au stock de véhicules. Le type de carburant doit être inclus pour les autres paramètres (voir Erreur ! Résultat incorrect pour une table.)
Kilométrage annuel moyen des véhicules	■ Données principales de l'inspection (odomètre)	■ Tous les véhicules routiers privés qui doivent effectuer des contrôles	La plupart du temps, ces données doivent être complétées pour d'autres types de véhicules tels que les cyclomoteurs (aucune inspection requise). Le type de carburant doit être inclus pour les autres paramètres (voir Erreur ! Résultat incorrect pour une table.)

Production de données	Source de données possible	Moyens de transport couverts	Détails
Kilométrage annuel moyen par véhicule	■ Enquête sur l'activité des véhicules (par exemple, dans les parkings/les stations de ravitaillement)	■ Tous les moyens de transport routier privé	Les questionnaires sont conçus pour demander aux gens de donner leur kilométrage annuel (éventuellement, celui-ci devrait être calculé sur la base d'autres méthodes, par exemple le coût annuel du carburant divisé par le prix moyen du carburant). Le type de carburant doit être précisé pour les autres paramètres (voir Erreur ! Résultat incorrect pour une table.)

Le stock de véhicules et le kilométrage annuel moyen (ou total) pour le fret ferroviaire et les trains de passagers peuvent être obtenus auprès de l'opérateur ferroviaire national, et les données relatives aux bus ou aux trains locaux auprès des opérateurs de transport public. D'autres sources pour les transports publics sont fournies à l'annexe 2.

Les meilleures sources de données pour le fret sont également les modèles de transport et les comptages de trafic, mais l'option 1 peut également être utilisée sur la base du nombre de véhicules commerciaux et de camions immatriculés. Au niveau local, cela peut être trompeur car la plupart du temps, les véhicules de transport de marchandises sont enregistrés au siège d'une entreprise mais peuvent circuler dans d'autres régions. Si possible, la part des camions étrangers sur le territoire de la ville doit également être évaluée car ils peuvent contribuer de manière substantielle au kilométrage de fret sur le territoire (voir encadré 5 pour les sources de données possibles).

■ Approche des déplacements des habitants

L'**approche des déplacements des habitants** (option 2 de la Figure 8) est une autre alternative qui n'est pas directement incluse dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity. Elle doit donc être calculée séparément. L'approche des déplacements des habitants peut être utilisée au niveau local (et si aucune autre option n'est disponible, au niveau national). Cette méthode s'applique uniquement au transport de passagers et consiste à calculer le nombre et la durée des trajets pour obtenir un kilométrage annuel par personne et le multiplier par la population du territoire. Veuillez noter que la longueur moyenne des trajets par catégorie de véhicule est une entrée du calculateur d'émissions de MobiliseYourCity (pour pondérer l'effet de transfert modal dans le scénario climatique). Un aperçu des sources de données pour cette approche est donné dans le Tableau 6. D'autres sources pour les transports publics sont fournies à l'annexe 2. Pour convertir le kilométrage des personnes (passagers-kilomètres) en kilométrage des véhicules (véhicules-kilomètres), il faut également connaître le taux d'occupation moyen (nombre de personnes par véhicule, voir la sous-section suivante) des différents moyens de transport (voir les explications de la sous-section suivante et le Tableau 7).

L'option 2 n'est pas appropriée pour le transport de marchandises car il est presque impossible d'en déduire le nombre de voyages.

Tableau 6 Sources de données pour la méthode alternative Option 2 "approche des déplacements d'habitants"

Production de données	Source de données possible	Moyens de transport couverts	Détails
Nombre de voyages	■ Enquêtes auprès des ménages/enquêtes sur les déplacements (par exemple, dans les parkings/les stations-service/les marchés/les églises/à bord des transports publics)	■ Eventuellement tous les véhicules de passagers	Pour la définition du voyage, veuillez-vous référer aux indicateurs de base et au cadre de suivi de MobiliseYourCity .
Durée du voyage / distance moyenne du voyage	■ Enquêtes auprès des ménages/enquêtes sur les déplacements (par exemple, dans les parkings/les stations-service/les marchés/les églises/à bord des transports publics)	■ Eventuellement tous les véhicules de passagers	Pour la définition du voyage, veuillez-vous référer aux indicateurs de base et au cadre de suivi de MobiliseYourCity .
Nombre de voyages et durée	■ Enquête sur les voyages	■ Transports publics informels, par exemple les minibus	Territorial : le réseau de transport informel peut différer des limites géographiques de la ville
Durée du voyage et nombre de voyages par personne	■ Enquête sur les voyages	■ Marcheurs et cyclistes (potentiellement d'autres modes de transport alternatifs)	Le nombre de marcheurs peut être compliqué à calculer pour un grand territoire. L'hypothèse d'une longueur moyenne de trajet par personne multipliée par le nombre d'habitants peut donner une approximation. Le nombre de vélos peut être plus simple à calculer au niveau local si le comptage peut être effectué.

Les deux méthodes alternatives, l'approche par la flotte et l'approche par les déplacements des habitants, couvrent principalement la mobilité des habitants (y compris les déplacements sortants), mais pas le trafic entrant et de transit sur le territoire de la ville. Cependant, les politiques de mobilité urbaine couvrent également le trafic entrant de personnes/véhicules étrangers. Par conséquent, le kilométrage du trafic entrant doit être estimé au moins approximativement si possible. L'estimation

du trafic de véhicules étrangers n'est pas facile sans un modèle de transport et consiste à appliquer des hypothèses sur le kilométrage annuel moyen et le nombre de véhicules étrangers. Certaines sources de données possibles sont présentées ci-dessous dans l'encadré 5. Si de telles enquêtes ne sont pas disponibles, l'hypothèse pourrait être basée sur les connaissances locales/les sources de données alternatives (par exemple, les taxes locales/les données sur les péages/les données sur le tourisme).

Encadré 5 : Collecte de données sur les véhicules étrangers

Collecte de données pour le calcul des véhicules étrangers

- Littérature, recherche, statistiques sur les transports
- Des comptages spécifiques à la frontière
- Enquêtes spécifiques sur le territoire (origine-destination, durée du voyage, fréquence, etc.)
- Saisie des plaques d'immatriculation sur les routes principales du périmètre

Veillez noter que les deux méthodes alternatives permettent de calculer le nombre d'habitants et, par conséquent, ne correspondent pas parfaitement à l'approche territoriale recommandée. Au niveau national, le kilométrage des voitures immatriculées correspond généralement assez bien au kilométrage sur le territoire. Pour les grandes zones de surveillance régionales, cette méthodologie exclut le kilométrage du tourisme et du fret en transit, ce qui signifie un niveau d'incertitude que l'on peut accepter au niveau national.

Toutefois, pour les territoires plus petits, le kilométrage des habitants ou des voitures immatriculées diffère largement de celui du territoire, car d'une part, le trafic sortant des voitures immatriculées est inclus dans l'approche par parc (mais pas dans le territoire) et le trafic entrant (visiteurs externes) et le trafic de transit des voitures non immatriculées dans la ville ne sont pas couverts dans les calculs. Par conséquent, l'approche par parc automobile convient au niveau national, mais au niveau local, la méthodologie n'est recommandée que si aucune autre donnée n'est disponible.

Taux d'occupation moyen/charge moyenne

Le taux d'occupation est nécessaire pour calculer les performances des transports en personnes-kilomètres (pkm) ou en tonnes-kilomètres (tkm), utilisés pour quantifier les mesures de déplacement dans le scénario climatique. On peut aussi donner la performance des transports - par exemple lorsque les données proviennent d'un modèle de transport - et ensuite calculer le taux d'occupation à partir du véhicule-kilomètre (vkt) et de la performance des transports ($\text{pkm/vkt} = \text{taux d'occupation}$). Les statistiques/littérature sur les transports, les enquêtes et les observations sont les sources les plus courantes (Tableau 7).

La charge moyenne d'un véhicule de fret en tonnes par catégorie de véhicule, par exemple les camions articulés, est plus difficile à trouver comme taux d'occupation, si les statistiques ou la littérature ne fournissent pas de valeurs. L'équation complète est donnée ci-dessous :

Performance des transports (tkm)_a

$$= \text{Total du kilométrage annuel}_a \times \text{capacité de transport des véhicules}_a \times \text{facteur de charge}_a$$

charge moyenne des véhicules en tonnes

Capacité de transport : en tonnes

Facteur de charge : % d'utilisation de la capacité disponible en fonction de tonne-km

a : catégorie de véhicule (ex : camion articulé)

La charge moyenne à entrer dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity pour une catégorie de véhicule est la moyenne pondérée de la⁶ charge utile des véhicules inclus dans la catégorie donnée (ex : tous les véhicules utilitaires légers). Pour calculer la charge, la capacité et le facteur de charge doivent être collectés s'ils ne sont pas disponibles dans la littérature, par exemple les statistiques/études sur le fret. Le Tableau 7 indique les sources possibles.

Tableau 7 Sources pour le taux d'occupation moyen / charge moyenne

Production de données	Source de données possible	Moyens de transport couverts	Détails
Taux d'occupation	■ Enquêtes sur les déplacements (par exemple, dans les parkings, les stations-service, les marchés, les églises, à bord des transports publics). Comptage vidéo ou estimation d'expert	■ Eventuellement tous les véhicules de passagers	Le taux d'occupation peut être obtenu par des enquêtes ou des extrapolations basées sur les résultats des routes principales. Le comptage vidéo peut être utilisé. Le taux d'occupation d'un périmètre peut être déterminé par des estimations d'experts ou par comparaison avec des territoires similaires.
Capacité et nombre moyen de passagers par véhicule	■ Statistiques sur les transports publics	■ Bus et rail	Les opérateurs de transport public disposent souvent de leurs propres statistiques d'exploitation, qui comprennent les kilomètres ainsi que les performances de transport offertes et effectivement fournies (sièges-km et passagers-km)
Capacité et facteur de charge	■ Enquêtes auprès des entreprises logistiques	■ Camions	La flotte et l'utilisation des camions doivent être représentatives de la flotte nationale/locale Extrapolation sur l'ensemble du parc de véhicules de fret

⁶ Sur la base de la part du kilométrage total de la catégorie de véhicule

Production de données	Source de données possible	Moyens de transport couverts	Détails
Voyages à vide et à vide	■ Stations de pesée	■ Camions	Extrapolation nécessaire sur le stock de véhicules Attention : représentativité de la flotte
	■ Facteur de charge théorique	■ Camions	Le calcul du kilométrage moyen (vkt) et du stock de véhicules par facteur de charge administratif permet de calculer le facteur de charge théorique global
	■ Statistiques nationales	■ Camions	Dans certains pays, les statistiques sur le transport de marchandises incluent le kilométrage des camions enregistrés, la charge utile (= capacité x facteur de charge) pour les trajets avec des camions chargés et le kilométrage avec des camions vides. Le calcul des coefficients de charge moyens du trafic de camions nécessite d'inclure à la fois les trajets avec des camions chargés et les trajets avec des camions vides.
Performances du transport de marchandises	■ Statistiques économiques nationales	■ Camions	Si des statistiques nationales sur les performances du transport de marchandises (nombre de tonnes transportées x distance moyenne de transport) sont disponibles, elles peuvent être combinées avec le kilométrage national des camions pour estimer les coefficients de charge moyens (qui pourraient également être appliqués comme chiffres approximatifs au niveau des villes).

4.1.2. Efficacité énergétique

Parts de kilométrage par type de carburant

Une fois que le kilométrage total par catégorie de véhicule est connu, il doit être subdivisé par type de carburant, par exemple la part de la voiture diesel sur le kilométrage total de la catégorie de voiture. Il existe différentes possibilités pour calculer ce pourcentage ; l'une des plus courantes est donnée dans l'exemple ci-dessous.

Exemple : dans le pays A, 40 % des voitures immatriculées sont des voitures diesel et 60 % des voitures à essence (parc automobile statique). Le kilométrage moyen a été recueilli par type de carburant. Les voitures diesel ont un kilométrage de 15 000 km/a et les voitures à essence de 9 000 km/a. Ensuite, la part des voitures diesel dans le kilométrage des voitures ("parc dynamique") est pondérée en combinant les parts d'immatriculation des voitures et les kilométrages annuels des véhicules spécifiques au carburant, c'est-à-dire 53 % pour le diesel et 47 % pour l'essence.

Tableau 8 Sources de la part du kilométrage routier par type de carburant

Production de données	Source de données possible	Moyens de transport couverts	Détails
Stock de véhicules (statique) par type de carburant	■ Statistiques sur l'immatriculation des véhicules	■ Eventuellement tous les véhicules routiers ; les caractéristiques dépendent de la méthode de collecte et peuvent varier d'un pays à l'autre	(voir Tableau 5)
Flotte (dynamique) par type de carburant	■ Enquête sur le type de véhicule (enquêtes sur le stationnement, la circulation, les ménages, etc.)	■ Tous les moyens de transport routier étudiés (voitures, motocyclettes, camions/autobus)	Les données sur le type de motorisation sont recueillies par le biais d'une enquête
Flotte (dynamique) par type de carburant	■ Comptages ou observations de véhicules	■ Tous les moyens de transport routier observés (voitures, motocyclettes, camions/autobus)	Le type de carburant des véhicules est observé sur le territoire (enquêteurs sur place)
Kilométrage annuel moyen des véhicules (par véhicule et par type de carburant)	Données principales de l'inspection (odomètre) ou enquête sur l'activité du véhicule ■ Voir Tableau 5	■ Voir Tableau 5	Le kilométrage moyen peut varier en fonction du type de carburant. Il convient donc de préciser le type de carburant du véhicule lors de la collecte des données sur le kilométrage moyen annuel.

La part du kilométrage par type d'énergie (traction électrique contre traction diesel) pour les trains de marchandises et de passagers devrait être disponible auprès de l'opérateur ferroviaire national.

Facteurs spécifiques de consommation de carburant

Une fois que l'activité de transport, c'est-à-dire le kilométrage par mode et par carburant, est connue, elle doit être multipliée par des facteurs de consommation de carburant adéquats.

Étant donné que de nombreux facteurs qui influencent la consommation de carburant varient considérablement d'un pays à l'autre, il est recommandé d'utiliser des facteurs d'émission spécifiques à chaque pays. L'utilisation de valeurs par défaut internationales peut introduire de grandes incertitudes et ne reflète pas les circonstances propres à chaque pays. En outre, les améliorations qui influent sur les facteurs d'émission, telles que les modifications des parcs de véhicules ou les améliorations des conditions de conduite, ne peuvent pas être prises en compte dans les calculs des émissions si les valeurs par défaut internationales sont utilisées. MobiliseYourCity peut apporter son soutien à ce processus. Toutefois, les valeurs par défaut des bases de données internationales (par exemple HBEFA, Copert, MOVES) peuvent toujours être applicables si l'on sait que le parc de véhicules du pays présente des caractéristiques techniques similaires (par exemple, taille des véhicules similaire, part élevée de véhicules importés de l'Union européenne (HBEFA, Copert, etc.).

S'il n'y a pas de grandes différences dans la composition du parc automobile entre les différentes villes du pays, l'utilisation de moyennes nationales pour la composition du parc urbain est une approche possible. Toutefois, lorsque le parc automobile est connu pour être très spécifique, il convient de tenir compte de ces caractéristiques locales.

Le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity nécessite une consommation d'énergie moyenne du bâtiment pour une catégorie de véhicule et un type de carburant (par exemple 25 l/100 km pour les bus diesel). Nous recommandons de calculer une moyenne pondérée de la consommation de carburant en fonction des parts de kilométrage des différentes sous-catégories (les grosses voitures ayant une consommation spécifique de carburant plus élevée ont tendance à être plus utilisées que les petites voitures), comme le montre l'équation ci-dessous. Il est possible d'utiliser des sous-catégories pour des véhicules similaires (à définir en fonction du contexte local). Le facteur moyen de consommation de carburant d'une catégorie de véhicule est alors la moyenne pondérée des facteurs de consommation de carburant de chaque sous-catégorie.

$$FC_{\beta} = \sum_z^a \left(\frac{\text{Nombre de véhicules}_a \times \text{moyenne annuelle du kilométrage des véhicules}_a}{\text{kilométrage total de la catégorie de véhicules}} \times \text{consommation spécifique de carburant}_a \right)$$

a -> z : sous-catégorie de véhicule, par exemple les petites voitures

FC β : Consommation moyenne de carburant par type de carburant et catégorie de véhicule, par exemple les voitures diesel

La consommation spécifique de carburant devrait idéalement en découler :

- Les paramètres techniques du véhicule, tels que la taille du véhicule, le type de moteur, la capacité du moteur, l'âge⁷ des véhicules et le niveau d'entretien.
- Les conditions d'exploitation, telles que le type de route (par exemple, centre-ville ou autoroute), les cycles de conduite. Celles-ci dépendent principalement des infrastructures de transport et de la fluidité du trafic.

L'exemple du Tableau 9 donne une consommation moyenne de carburant du parc automobile diesel de 7,07 l/100 km.

Tableau 9 Exemple de calcul de la consommation de carburant d'une catégorie de véhicule

Véhicules diesel	Nombre de véhicules	Kilométrage annuel moyen	Consommation spécifique de carburant
petit	■ 10	■ 10 000	5
moyen	■ 15	■ 12 000	7
grand	■ 5	■ 15 000	10

Le Tableau 10 indique les sources permettant de collecter la consommation spécifique de carburant. Si le kilométrage moyen par catégorie de véhicule et par type de carburant n'est pas disponible ou si les catégories de véhicules sont homogènes, une moyenne non pondérée de la consommation de carburant peut être utilisée comme substitut.

Il faut faire attention à la manière dont la consommation de carburant est dérivée et communiquée (en fonction des cycles d'essai) et à la consommation réelle des véhicules. En Europe, un écart important est visible entre les données d'homologation des procédures d'essai officielles comme le NEDC (New European Driving Cycle) et la procédure d'essai mondiale harmonisée pour les véhicules légers (WLTP)⁸ et les données réelles. Il est recommandé d'obtenir autant que possible des données sur la consommation de carburant réalistes⁹.

Si l'analyse du parc de véhicules montre que le propre parc présente des caractéristiques similaires à celles d'autres pays, les facteurs de consommation de carburant réels de ces pays peuvent également être utilisés au moins comme valeurs approximatives. Par exemple, le Manuel européen des facteurs d'émission (HBEFA) comprend des données sur la consommation réelle de carburant à haute résolution par sous-catégorie et situation de trafic, mais aussi pour les flottes individuelles des différents pays européens, des valeurs moyennes pondérées par catégorie de véhicule et type de

⁷ Comme les normes d'émission, par exemple Euro 1-6, sont introduites progressivement, les données sur les concepts d'émission peuvent être utilisées comme un indicateur de substitution pour l'âge des véhicules.

⁸ <https://www.wltpfacts.eu/>

⁹ Lisez par exemple Zifei. Y. et al. (2018) montrant la collecte de données en Chine

route. Comme les voitures particulières typiques ont des caractéristiques comparables dans de nombreux pays, cette option peut donc également être envisagée pour d'autres pays¹⁰.

Tableau 10 Source pour la consommation de carburant des véhicules

Production de données	Source de données possible	Moyens de transport couverts	Détails
Consommation spécifique de carburant des véhicules	■ Données relatives à l'homologation de la consommation de carburant des véhicules (données fournies par le constructeur automobile : NEDC/WLTP)	■ Tous les véhicules immatriculés	Consommation de carburant du NEDC/WLTP (donnée par le constructeur automobile) pour le parc automobile local Attention : pour obtenir la consommation mondiale réelle, il faut appliquer un facteur de correction qui tient également compte de l'âge du véhicule ¹¹ Ne tient pas compte des caractéristiques de conduite locales et de l'âge/entretien du véhicule
	■ Cycles de tests en laboratoire ¹²	■ Véhicule échantillonné	Un grand échantillon et des investissements élevés sont nécessaires L'échantillon doit être représentatif de la flotte
	■ Consommation observée des véhicules (données d'inspection, diagnostics embarqués)	■ Véhicules contrôlés	Données réelles et locales mais limitées aux nouveaux modèles (affichage électronique) grand nombre d'échantillons de véhicules nécessaire

La consommation moyenne de carburant des modes de transport public est souvent disponible auprès de l'opérateur public/local. Pour les trains, les mêmes données peuvent être disponibles auprès de l'opérateur ferroviaire national (pour le fret et les passagers). Pour le kilométrage moyen, voir le Tableau 5.

Si aucun facteur d'émission spécifique à un pays n'existe ou ne peut être calculé, des valeurs par défaut internationales (ou éventuellement régionales) pour la consommation réelle de carburant

¹⁰ Par exemple, dans Bongardt et al. (2015), il est expliqué comment les facteurs d'émission de l'HBEFA ont été adoptés à la composition du parc automobile et aux situations de trafic dans les villes chinoises.

¹¹ L'ICCT (2019) montre que l'écart entre les données d'homologation et la consommation de carburant réelle s'est creusé pour les nouvelles voitures particulières en Europe ces dernières années.

¹² La procédure d'essai fournit des indications strictes concernant les conditions des essais sur dynamomètre et la charge de la route (résistance au mouvement), le changement de vitesse, le poids total de la voiture (en incluant les équipements optionnels, le chargement et les passagers), la qualité du carburant, la température ambiante, ainsi que le choix et la pression des pneus.

peuvent être utilisées comme option de repli. Les sources disponibles sont les suivantes (liste non exhaustive) :

- COPERT fournit gratuitement des informations détaillées sur la consommation moyenne de carburant (appelée facteurs d'émission) par caractéristique des véhicules du parc automobile européen¹³
- La HBEFA prévoit une consommation de carburant spécifique pour le parc automobile européen. Des facteurs détaillés en haute résolution (payants), mais aussi un outil en ligne gratuit avec des facteurs moyens par catégorie de véhicule et par type de carburant pour chaque pays européen¹⁴
- Outil Curb de la Banque mondiale¹⁵ (méthodologie sur la consommation de carburant non précisée)
- Études de cas du modèle international d'émission des véhicules IVE¹⁶ (assez ancien)
- GFEI (Global Fuel Economy Initiative), y compris les rapports nationaux (pour l'Afrique, l'Amérique du Sud, l'Asie, etc.) Les facteurs¹⁷ ne sont pas des moyennes pondérées, mais découlent directement de la composition du parc de véhicules sur la base des valeurs NEDC/WLTP

Il est bien sûr recommandé de recouper les données obtenues et éventuellement de suivre plus d'une méthodologie pour comparer les résultats.

Facteurs d'émission de CO₂eq par combustible

Des facteurs d'émission de GES spécifiques (CO₂, CH₄, N₂O en gCO₂e/ MJ) s'appliquent en fonction des différents types de carburants (essence, diesel, GNC, GNL). Les facteurs d'émission par défaut sont disponibles et largement utilisés : dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity, les valeurs par défaut du GIEC sont utilisées pour les émissions entre le réservoir et la roue. Certains pays peuvent avoir des facteurs d'émission différents en raison de la composition et du lieu de production du carburant, qu'ils peuvent entrer dans l'outil. Les émissions du puits au réservoir proviennent de l'éco-transit¹⁸. Si des facteurs d'émission locaux en amont sont disponibles, ils doivent être utilisés à la place.

Un facteur pertinent au niveau local est la teneur en CO₂ de l'électricité consommée dans la zone évaluée, qui varie fortement d'un pays à l'autre (et éventuellement entre les régions/villes). Il s'agit d'un paramètre d'entrée pour le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity. Il doit être disponible auprès des producteurs d'électricité locaux. La teneur moyenne en CO₂ du mix électrique local en

¹³ <https://www.emisia.com/utilities/copert/documentation/>

¹⁴ <https://www.hbefa.net/e/index.html> ; <https://www.hbefa.net/Tools/DE/MainSite.asp>

¹⁵ Un ensemble de données pour différents pays est disponible dans l'outil : <https://www.worldbank.org/en/topic/urban-development/brief/the-curb-tool-climate-action-for-urban-sustainability>

¹⁶ <http://www.issrc.org/ive/>

¹⁷ <https://www.globalfueleconomy.org/in-country>

¹⁸ EcoTransIT World est le logiciel le plus utilisé au monde pour automatiser le calcul et l'analyse de la consommation d'énergie et des émissions de fret. Le logiciel est accrédité par le Smart Freight Centre pour être conforme au cadre GLEC et répond également aux exigences de la norme EN 16258 et du protocole GHG (Corporate Standard).

gCO₂/kWh est nécessaire pour la route et le rail séparément, car certaines compagnies ferroviaires produisent leur propre électricité.

4.2. Scénario de maintien du statu quo pour l'activité future dans le domaine des transports

Après avoir défini la situation initiale dans votre ville/pays, il est nécessaire de projeter les émissions des transports dans le futur sur la base d'un scénario de maintien du statu quo (pour la définition d'un scénario de maintien du statu quo, veuillez vous référer au chapitre 2). La liste des données requises pour le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity est donnée dans le Tableau 11 et le Tableau 12 (facultatifs).

Tableau 11 Liste des données obligatoires pour le scénario BAU

Catégorie/Paramètre	Unité	Sensibilité aux résultats	Champ d'application des données pour les pays	Champ d'application des données pour les villes
Taux de croissance annuel du kilométrage par catégorie de véhicule	■ Annuel % % annuel	■ +++	National	Ville
Part moyenne du kilométrage par type de carburant et catégorie de véhicule dans les années à venir	■ %	■	National	National
Évolution annuelle de la consommation moyenne d'énergie des véhicules dans les années à venir	■ Annuel % % annuel	■ +++	National (ou régional)	National (ou régional)
Facteur d'émission de GES spécifique à la production d'électricité pour les routes	■ gCO ₂ /kWh	■	National	National
Facteur d'émission de GES spécifique de la production d'électricité pour le rail	■ gCO ₂ /kWh	■	National	National

Tableau 12 Liste des données optionnelles pour le scénario BAU

Catégorie/Paramètre	Unité	Sensibilité aux résultats	Champ d'application des données pour les pays	Champ d'application des données pour les villes
Taux de croissance de la population	■ Annuel % % annuel	■	National	Ville
Taux de croissance du PIB ou produit brut du marché (PGM) pour les villes	■ Annuel % % annuel	■	National	(Ville)
Facteur d'émission de GES spécifique de la production d'électricité pour le rail	■ gCO ₂ /kWh	■	National	National

4.2.1. Activité de transport

Dans le scénario BaU, le **kilométrage des véhicules** est la principale donnée d'entrée pour les activités de transport. Cette donnée doit être donnée sous la forme d'un taux de croissance annuel du kilométrage par catégorie de véhicule dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity. Si aucune projection officielle du développement futur des transports n'est déjà disponible dans votre pays/ville, il sera nécessaire de créer un panel d'experts pour établir des prévisions. La projection du kilométrage par catégorie de véhicule (variation annuelle) est souvent modélisée par des experts en planification des transports (voir Encadré 6). Dans des approches simples, l'évolution future du transport de passagers peut être estimée en utilisant une corrélation avec la croissance de la population (en supposant que la mobilité moyenne par personne ne change pas considérablement), et l'évolution future du transport de marchandises est corrélée à la croissance du PIB (par type de bien). Si aucune projection fondée du développement des transports n'est disponible ou ne peut être élaborée, cela pourrait permettre au moins une estimation approximative des développements futurs des transports (voir les explications complémentaires ci-dessous).

Encadré 6 : Projection pour le modèle de planification des transports

Côté demande

Pour la partie relative à la demande, les projections peuvent être basées sur :

- Projections du PIB
- Projections démographiques
- Projections de consommation
- Demande de projet urbain (à considérer dans le périmètre)

Côté offre (réseau)

Pour la partie de l'offre, les projections peuvent être basées sur :

- Projets routiers
- Projet de transport public
- Projet de transport non motorisé

L'approche de la flotte peut être utilisée comme alternative à un modèle de transport, avec un modèle sur le futur renouvellement de la flotte. Elle projette les futures flottes de véhicules en tenant compte du nombre de nouvelles immatriculations et du taux de mise à la casse. Les nouveaux stocks de véhicules peuvent ensuite être multipliés par un kilométrage moyen par catégorie de véhicule pour obtenir le kilométrage total. Si le taux de mise à la casse et les nouvelles immatriculations ne peuvent être directement dérivés (par exemple en utilisant des valeurs historiques), les futurs parcs de véhicules peuvent être estimés approximativement grâce aux fonctions logistiques ou de Gompertz une fois calibrés avec les données historiques.

Ces fonctions sigmoïdes peuvent également être utilisées pour estimer directement l'évolution approximative du kilométrage si les données sur la flotte sont manquantes. Les deux principaux paramètres sont : la population (en particulier pour le transport de passagers) et le PIB (en particulier pour le fret). Néanmoins, plusieurs autres paramètres jouent un rôle comme le niveau d'infrastructure,

l'essor économique du pays, l'augmentation de la propriété des véhicules, le prix du carburant, etc. (voir par exemple Wu et al (2014) ou Singh (2006)). MobiliseYourCity peut apporter un soutien à ce processus aux villes ou pays participants.

Les opérateurs de transport public (bus et rail) doivent être en mesure de fournir des plans sur les changements attendus dans l'offre de transport afin d'en déduire un taux de croissance des véhicules-kilomètres et/ou des performances de transport.

Dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity, le **taux d'occupation** et les **facteurs de charge** de l'inventaire (année de base) sont utilisés pour le scénario BaU afin de limiter le nombre d'entrées. Si cela pose un problème pour votre évaluation, veuillez contacter le secrétariat de MobiliseYourCity.

4.2.2. Efficacité énergétique

Le premier paramètre d'entrée pour l'efficacité énergétique future dans le scénario BaU est la part de kilométrage moyen par type de carburant et par catégorie de véhicule. Ce pourcentage peut être calculé sur la base d'un modèle de parc automobile et des kilométrages annuels projetés des véhicules. Si aucun changement majeur n'est prévu dans les parts des différents carburants dans le kilométrage des catégories de véhicules, les valeurs d'inventaire peuvent être utilisées également pour les années futures (voir

Tableau 8). Si des changements majeurs dans la répartition du kilométrage par type de carburant sont attendus en raison de l'évolution des tendances ou de plans nationaux indépendants des activités du PMUD/PNMU (par exemple, une stratégie nationale et des carburants de substitution pour le transport par camion), un nouveau pourcentage doit être calculé pour les catégories de véhicules concernées. Pour les transports publics, les données dépendent beaucoup des opérateurs locaux de transport public (bus, rail), qui devraient pouvoir planifier le développement du parc de véhicules et le type de carburant, par exemple l'électrification du réseau ferroviaire.

Le deuxième paramètre est la consommation de carburant par catégorie de véhicule et par type de carburant. Les modifications du rendement du carburant dans le BaU comprennent tous les développements, qui sont indépendants des mesures dans le PMUD/PNMU à évaluer. Dans plusieurs pays, le rendement du carburant s'améliore au fil des ans, en même temps que les améliorations technologiques et le renforcement des normes. Néanmoins, cela dépend de plusieurs facteurs, qui peuvent s'opposer aux développements techniques tels que l'augmentation de la taille moyenne du parc de véhicules (par exemple, si les ventes de VLT augmentent). L'évolution de la consommation de carburant doit être calculée sous la forme d'une "variation annuelle de la consommation moyenne d'énergie par type de carburant et catégorie de véhicule".

Les paramètres, qui jouent un rôle central dans l'économie de carburant, sont :

- Nouvelle immatriculation, c'est-à-dire développement de la flotte, y compris la taille, la motorisation
- Améliorations techniques et normes, par exemple le règlement de l'UE sur les limites d'émissions de CO₂ pour les camions

La seule façon de planifier ce développement au niveau national est de disposer d'un modèle de flotte, qui peut calculer les économies de carburant en fonction des nouvelles immatriculations et de l'efficacité énergétique attendue. Un tel modèle est utilisé par exemple par COPERT ou HBEFA. Il est généralement développé au niveau national et les villes peuvent utiliser les valeurs par défaut nationales. On peut affiner ces valeurs par défaut pour le niveau local s'il y a des spécificités fortes, par exemple un plan local pour réduire les embouteillages (qui ne fait pas partie du PMUD).

Pour le transport public, les données dépendent beaucoup du contexte local, c'est-à-dire du plan de renouvellement du parc de bus des opérateurs locaux. Les opérateurs ferroviaires devraient également être en mesure de planifier le développement de leur parc de véhicules.

Il existe une littérature assez abondante sur le thème de l'efficacité énergétique, mais il est assez difficile d'obtenir des valeurs par défaut sans modèles de flotte, car l'économie de carburant est très sensible aux paramètres d'influence mentionnés ci-dessus. Les valeurs par défaut internationales peuvent néanmoins être utilisées si un modèle de flotte (même simple) n'est pas disponible. Une liste non exhaustive de sources est donnée ci-dessous :

- le GFEI (voir PNUE (2011)) et les études de cas disponibles sur le site web du GFEI
- Économie de carburant dans les principaux marchés automobiles de l'AIE¹⁹

¹⁹ <https://www.iea.org/reports/fuel-economy-in-major-car-markets>

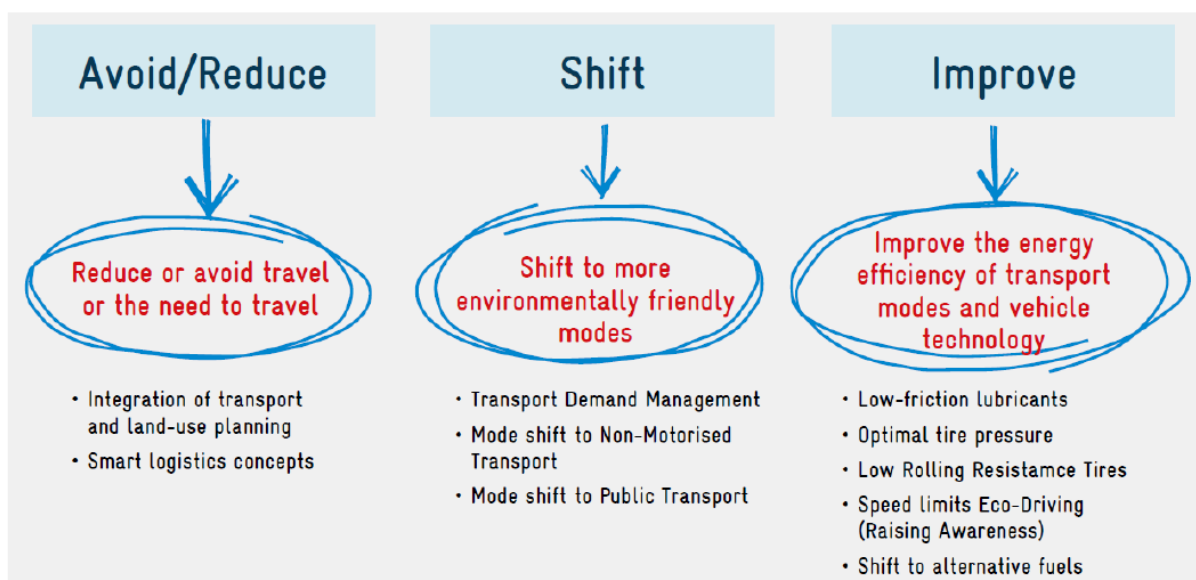
Enfin, les producteurs d'électricité locaux ou nationaux devraient être en mesure de fournir un facteur d'émission de GES spécifique de la production d'électricité future prévue pour les secteurs routier et ferroviaire (en CO₂eq/kWh consommés).

- La projection de la teneur en CO₂eq du mix électrique est une donnée pertinente pour le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity. Ces données doivent être fournies par les producteurs d'électricité ou les ministères de l'énergie en fonction de l'évolution prévue du mix de production d'électricité (par exemple s'il est prévu d'augmenter la part des énergies renouvelables dans le mix du réseau).

4.3. Scénario climatique et réduction prévue des émissions de GES

Le calcul de l'impact des mesures PNMU/PMUD dans le calculateur d'émissions MobiliseYourCity nécessite de regrouper les mesures basées sur l'approche ASI : Éviter-Changer-Améliorer (en anglais, Avoid-Shift-Improve), comme décrit dans la Figure 5 ci-dessous.

Figure 9 Approche de l'ASI



Source : Bakker S. et al. (2016)

Veuillez considérer que les mesures d'atténuation des PMUD et des PNMU se concentrent sur le kilométrage urbain. Ceci est simple pour les PMUD et les villes. Cependant, l'inventaire et le scénario BaU d'un PNMU inclura dans la plupart des cas le kilométrage total au niveau national, et pas seulement le kilométrage urbain. Le kilométrage national total pourrait servir de base à une première approche simplifiée, car il est très difficile d'avoir une estimation correcte de la part des émissions dues à la mobilité urbaine au niveau national. Néanmoins, dans la mesure du possible, il est fortement recommandé de séparer la mobilité urbaine de la mobilité rurale et de la mobilité à longue distance afin de ne relier les effets des mesures calculées (par exemple, le % de kilomètres évités) qu'à la part de kilomètres particulière dans le cadre du champ d'action du PNMU et, ainsi, d'éviter de surestimer les potentiels de réduction des GES du PNMU. L'annexe 3 donne quelques conseils méthodologiques sur la manière d'estimer l'impact proportionnel des mesures urbaines sur le transport national total.

4.3.1. Activité de transport

La liste des données obligatoires à collecter pour le transport de passagers et de marchandises dans le scénario Climat dans le planification des transports) est détaillé à l'annexe 1.

Tableau 13 (toutes les données sont obligatoires). L'utilisateur doit choisir entre *1 la première méthode où le kilométrage est directement donné en km et pkm (par exemple, extrait d'un outil de planification des transports) ou *2 la seconde méthode qui repose sur une approche progressive pour donner les résultats des paquets de mesures d'évitement et de transfert par rapport au BaU. Le "calcul de base" exact utilisé dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity pour l'activité de transport dans le scénario climatique (pour l'option sans outil de planification des transports) est détaillé à l'annexe 1.

Tableau 13 Liste des données obligatoires pour calculer le nouveau kilométrage pour le scénario climatique

Catégorie/Paramètre	Données requises pour	Unité	Sensibilité aux résultats	Champ d'application des données pour les pays	Champ d'application des données pour les villes
Total annuel des kilomètres parcourus par catégorie de véhicule *1	■ Scénario climatique pour les passagers et le fret	■ Mio km	+++	National	Ville
Total annuel des personnes-kilomètres transportées par catégorie de véhicule *1	■ Scénario climatique pour les passagers	■ Mio pkm	+++	National	Ville
Total des tonnes-kilomètres annuelles transportées par catégorie de véhicule *1	■ Scénario climatique pour le transport de marchandises	■ Mio tkm	+++	National	Ville
Kilométrage motorisé évité par type de véhicule *2	■ Scénario climatique pour les passagers et le fret	■ % du kilométrage annuel	+++	National	Ville
Kilométrage supplémentaire par mode de transport durable *2 **	■ Scénario climatique pour les passagers	■ Mio km	+++	National	Ville

Catégorie/Paramètre	Données requises pour	Unité	Sensibilité aux résultats	Champ d'application des données pour les pays	Champ d'application des données pour les villes
Kilométrage supplémentaire par catégorie de véhicule de fret durable* ²	■ Scénario climatique pour le transport de marchandises	■ Mio km	+++	National	Ville
Taux d'occupation moyen des modes de transport de passagers ** ²	■ Scénario climatique pour les passagers	■ Passager /véhicule		National	Ville
Charge moyenne par véhicule ²	■ Scénario climatique pour le transport de marchandises	■ Tonnes/véhicule		National	Ville
Mode de transport d'origine des nouveaux passagers des transports publics ²	■ Scénario climatique pour les passagers	■ % de voyages	+++	National	Ville
Mode d'origine du tkm ² décalé	■ Scénario climatique pour le transport de marchandises	■ % de la tkm	+++	National	Ville
Légende : + faible ; ++ moyen ; +++ impact élevé ; ** les modes de transport durables pour le transport de passagers sont : le transport non motorisé, le minibus, le bus, le bus à haut débit, le train longue distance, le train urbain et le métro ; * ¹ approche par véhicule-kilomètre utilisée lorsqu'un outil de planification des transports et/ou des comptages de trafic sont disponibles ; * ² approche par parc automobile basée sur le nombre de véhicules et le kilométrage moyen des véhicules.					

L'option 1 avec la planification des transports est calculée dans le modèle sur la base des entrées requises, comme déjà expliqué pour le scénario BaU dans l'encadré 6 (section 4.2.1).

Dans la section suivante, nous nous concentrons sur l'approche progressive (option 2), qui devrait donner des résultats :

- Pour Éviter : Kilométrage motorisé évité par type de véhicule
- Pour Changer : kilométrage et performance de transport ajoutés aux modes de transport durables & part (%) de cette performance de transport supplémentaire transférée des voitures (transport de passagers) et des camions (transport de marchandises). Nouveaux taux d'occupation s'ils sont susceptibles de changer.

Selon le type de mesures mises en œuvre, le contexte national/local et la disponibilité des données, le calcul concret de l'impact attendu des mesures regroupées sera différent. Un exemple de chemin de calcul pour une étude de cas fictive est donné dans la section suivante. Nous recommandons de faire appel à un groupe d'experts pour estimer l'impact des mesures dans les catégories Éviter/Changer/Améliorer, ainsi qu'à des ateliers pour valider les résultats. Les résultats finaux d'un tel processus doivent toujours être considérés comme un ordre de grandeur. Le calcul de l'impact ex ante des mesures est un processus très sensible. Il est donc très important de préciser les méthodologies et de citer toutes les sources et hypothèses. Contactez le secrétariat de MobiliseYourCity si vous avez besoin d'aide.

Éviter les mesures

Les mesures d'évitement ont un impact direct sur le nombre total de kilomètres parcourus par tous les modes de transport, car elles réduisent la demande de transport par un nombre de voyages et/ou des distances de voyage moins élevés.

Par exemple, la ville A prévoit une réduction des impôts pour les entreprises, dans lesquelles plus de 25 % du temps de travail est effectué dans le bureau à domicile en 2018. L'effet devrait se faire sentir en 2020. Pour déterminer l'effet potentiel de cette mesure, nous devons d'abord l'identifier :

- 1) Quelles catégories de véhicules sont concernées : Nous ne nous attendons pas à avoir un impact sur le service de bus dans la ville, donc nous excluons les bus et les modes de transport public similaires. Nous nous attendons à un effet évident sur le kilométrage des voitures et des motos.
 - 2) Combien de véhicules-kilomètres sont économisés ?
- Il y a 10 000 entreprises sur le territoire de la ville et le nombre de travailleurs enregistrés est de 50 000 (on peut exclure les petites entreprises pour faciliter l'analyse des données). Nous considérons qu'environ 20 % des entreprises adopteront le siège social. Nous supposons qu'au sein de ces entreprises, les entreprises d'app. 30 % des travailleurs restent dans leur bureau à domicile, soit 3 000 personnes (critères : confort personnel, déplacement nécessaire pour amener l'enfant à l'école, pas de place à la maison, etc.)
 - Chaque travailleur travaille en moyenne 300 jours par an (365 moins un jour libre par semaine, les congés payés et les congés maladie). La distance moyenne entre le domicile et le lieu de travail dans la ville est de 4 km, tant pour les voitures que pour les motos (données hors enquête). Cela signifie une économie de 8 km par jour par travailleur (aller-retour domicile-travail) et de 7,2 millions de kilomètres par an pour l'ensemble des travailleurs.

- 80 % des travailleurs utilisent des voitures et 20 % des motos pour se rendre au travail.

Si la politique a un impact sur le comportement des 3 000 travailleurs attendus, nous prévoyons une réduction du kilométrage de 5,8 millions de km pour les voitures et de 1,4 million de km pour les motos par an. Cela correspond à 0,6 % du total des kilomètres parcourus par les voitures et les motos dans le cadre du trafic de banlieue à l'intérieur des limites de la ville en 2020. Comme la part du trafic de banlieue dans le trafic total des voitures et des motocyclettes est de 33 %, le kilométrage total de ces modes de transport dans la ville est réduit de 0,2 %.

Si la mesure doit avoir un impact croissant parce que de nouvelles entreprises souscrivent à ce programme, cet impact doit être calculé avec des chiffres actualisés pour les années de référence suivantes.

Si plusieurs mesures ont un impact sur le kilomètre évité, leur impact global doit être calculé en tenant compte de leurs interactions possibles.

Changer les mesures

Changer les mesures (dans le transport de passagers) vise à faire passer les passagers des modes de transport individuels (voitures, motos) aux transports publics ou à la marche et au vélo non motorisés. Les mesures vont de l'extension des services de transport public (par exemple, nouvelle ligne de métro), à la réduction du prix des tickets de transport public, en passant par l'augmentation des frais de stationnement dans les centres villes. L'évaluation des impacts cumulés de toutes les mesures de transfert doit tenir compte de la réduction du kilométrage parcouru par les voitures et les motos, mais aussi de l'augmentation du kilométrage par bus ou par train.

- Kilométrage supplémentaire par mode de transport durable en km, c'est-à-dire TNM, minibus, bus, BHNS, train, train urbain, métro (pour les passagers) / Kilométrage supplémentaire par catégorie de véhicule en km (pour le fret)
- Taux moyen de nouvelle occupation des modes de transport durables (personne/véhicule) / Charge moyenne par véhicule en tonnes (pour le fret)
- Origine des nouveaux passagers / marchandises dans les modes de transport durables : Quelle part (%) des performances supplémentaires en matière de transport durable est transférée des voitures (transport de passagers) et des camions (transport de marchandises).

Exemple : Le kilométrage des bus dans la ville est augmenté de 1 000 km par an. Le taux d'occupation moyen de ces nouveaux bus est de 12 personnes par véhicule. Ainsi, les performances des transports publics augmentent de 12 000 pkm par an. Parmi ces nouveaux passagers, environ 50 % sont passés de la circulation automobile - en conséquence, la performance du transport automobile est réduite de 6 000 pkm par an. Comme la charge moyenne des voitures est de 1,2 personne, le kilométrage parcouru en voiture est réduit de 5 000 km.

4.3.2. Efficacité énergétique

Une fois que toutes les mesures d'évitement et de réorientation ont été évaluées et que l'impact correspondant a été saisi dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity, les mesures PMUD/PNMU affectant la pénétration des carburants alternatifs et l'efficacité énergétique des

véhicules doivent être évaluées. Remarque : seuls les changements pris en compte dans le scénario climatique par les mesures PMUD/PNMU doivent être pris en compte. Si de futurs changements de type de carburant ou des améliorations de l'efficacité énergétique sont initiés par d'autres programmes (par exemple, la stratégie nationale des carburants) qui ne font pas partie du PMUD, ils doivent être pris en compte dès le BaU (voir section 4.2.2).

De la même manière que ci-dessus, des mesures similaires devraient être regroupées et produire des effets de mesure pour chaque année de référence sous la forme :

- La part du kilométrage par type de carburant pour chaque catégorie de véhicule (%)
- La consommation d'énergie spécifique par catégorie de véhicule et par type d'énergie (l/100 km kg pour le gaz naturel et kWh pour les voitures électriques)

Part du kilométrage par type de carburant

La part du kilométrage par type de carburant dans une catégorie de véhicule est influencée par les mesures qui affectent la part des différents types de carburant dans le parc automobile des zones urbaines (par exemple, les subventions pour les véhicules à carburant alternatif, les interdictions de circuler pour les voitures diesel) ou le kilométrage annuel moyen par type de carburant (par exemple, l'augmentation de la taxe sur un type de carburant). Un exemple de calcul de l'impact est donné ci-dessous. Dans notre exemple, seules les zones urbaines sont prises en compte. Veuillez considérer que pour les PNMU, seul l'impact des mesures dans la zone urbaine doit être quantifié.

Exemple : Les experts prévoient 300 enregistrements supplémentaires de voitures électroniques dans les zones urbaines en 2030 grâce à des subventions locales. Avec un kilométrage urbain annuel moyen de 5 000 km par voiture électronique, le kilométrage supplémentaire total des voitures électroniques est de 1,5 million de km en 2030. Par rapport au kilométrage national total prévu en 2030, qui est de 60 millions de km, les voitures électroniques supplémentaires représentent une part de 2,5 %. Si le BaU tient déjà compte des voitures électroniques (par exemple, la tendance du marché), cette mesure de kilométrage supplémentaire doit être ajoutée à la part de kilométrage électrique du BaU.

Consommation spécifique de carburant

La consommation spécifique de carburant par catégorie de véhicule et par type de carburant est influencée par les mesures visant à améliorer le rendement énergétique, telles que les normes de rendement énergétique. La quantification de l'impact des mesures PNMU/PMUD nécessite une évaluation :

- Le type de carburant concerné par la mesure
- La part des véhicules touchés au sein d'une catégorie de véhicules
- La réduction prévue de la consommation de carburant en %.

Les normes de rendement énergétique sont généralement valables pour l'ensemble du pays, mais pas au niveau des villes. Elles ne doivent être attribuées au scénario climatique que si elles font partie d'un

PNMU à évaluer. Sinon, elles doivent être déjà prises en compte dans le BaU car leurs impacts ne doivent pas être attribués aux activités du PNMU.

Exemple : Une limite d'émission de CO₂ pour les camions est mise en œuvre et exige une réduction de 20 % de la consommation spécifique de carburant des nouveaux camions diesel entre 2020 et 2030. Les technologies d'économie de carburant sont progressivement introduites dans les nouveaux camions (c'est-à-dire un gain d'efficacité de 2 % par an par rapport au BaU). Le nombre de nouveaux camions diesel est de 15 000 par an, ce qui représente 5 % de la flotte totale de camions diesel. En conséquence, la part totale des camions en 2030 concernés par la mesure est de 50 % (= nouvelles immatriculations 2021-2030), ils sont en moyenne 10 % plus économes en carburant par rapport au BaU. En conséquence, le parc total de camions est 5 % plus économe en carburant en 2030. Si la consommation moyenne de carburant du parc de camions diesel en BaU 2030 est de 20 l/100 km, dans le scénario climatique, une consommation moyenne de 18 l/100 km est atteinte.

5. Mesure des émissions de GES et évaluation ex-post des effets des mesures

Les évaluations ex-post fournissent les émissions de GES résultantes après la mise en œuvre des mesures PMUD/PNMU sur la base d'une nouvelle évaluation de l'activité de transport dans un pays/une ville. Les méthodologies et les sources de collecte de données sont donc assez similaires à l'inventaire de la première année. Cependant, les ressources pour mener une évaluation ex-post étant souvent rares, le travail d'analyse des données doit d'abord se concentrer sur les intrants, qui ont été affectés par le PMUD/PNMU, mais aussi sur les paramètres non liés au PMUD/PNMU qui ont été affectés de manière substantielle pour d'autres raisons (par exemple, d'autres plans d'action nationaux ou internationaux, des crises économiques).

5.1. Observatoire de la mobilité

La mise en place d'un observatoire de la mobilité est un moyen efficace et fiable de mettre à jour les données et d'assurer un suivi continu des émissions de GES et des indicateurs clés de performance. L'objectif de l'observatoire de la mobilité est de développer une structure de gouvernance qui regroupe tous les acteurs de la mobilité sur le territoire, afin de soutenir le processus d'inventaire et de suivi des émissions de GES du transport. Cet observatoire définira un outil permettant le suivi des chiffres de référence et des analyses sur la mobilité dans un territoire.

Le suivi concernera différentes missions telles que :

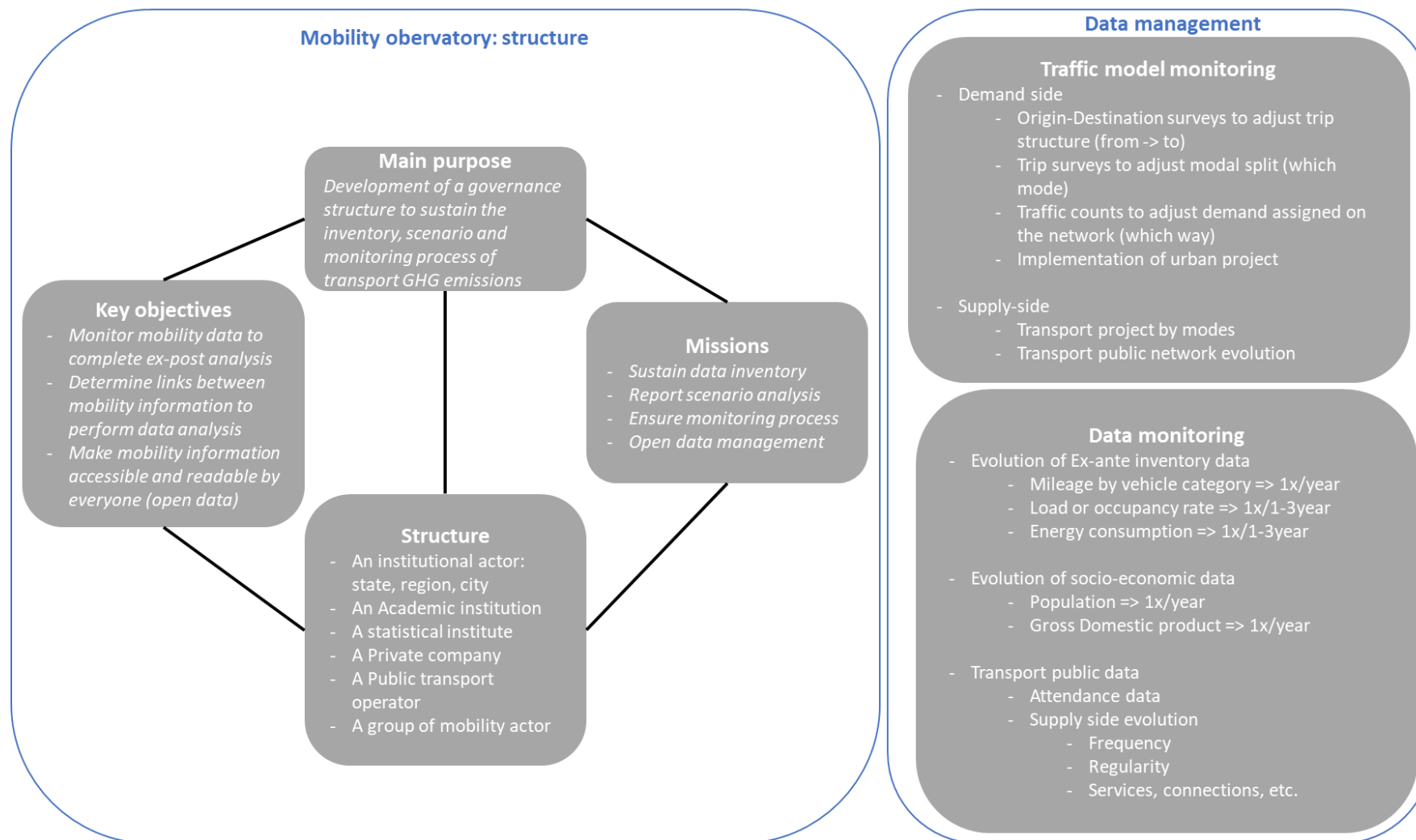
- Inventaire des données sur la durabilité
- Rapport d'analyse de scénario
- Assurer le processus de suivi
- Gestion ouverte des données
- Suivi du modèle de trafic

Les principales données importantes (dont certaines sont citées ci-dessous) pour des points spécifiques seront collectées et analysées à intervalles réguliers afin de dégager des tendances. Quelques données qui pourraient être exploitées :

- Comptage du trafic (routes, transports publics, etc.) par type
- Résultats des enquêtes (activité des véhicules, comportement de mobilité)
- Statistiques sur les véhicules (par exemple, le parc automobile par concept de conduite et par âge)
- Données sur les transports publics
- Etc.

Un suivi continu des données permet de calculer l'impact d'un projet de transport sur les émissions de GES.

Figure 10 Structure de l'observatoire



5.2. Évaluation ex-post des émissions de GES

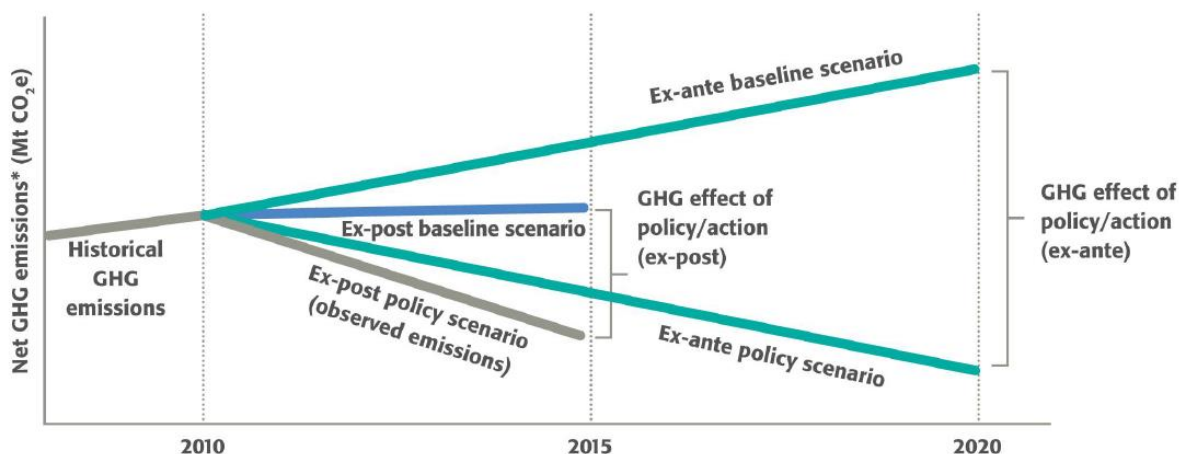
Afin d'évaluer les émissions de GES liées à la mobilité après la mise en œuvre du PNMU/PMUD, un inventaire des émissions de GES du secteur des transports doit être réalisé comme pour l'année de référence dans l'évaluation ex ante (par exemple réalisé dans l'année de référence 0, voir section 4.1). La comparaison de cet inventaire des GES de la nouvelle année de surveillance avec l'année de référence montre l'évolution réelle des GES dans le temps. Des comparaisons supplémentaires peuvent être utiles pour des sections particulières (par exemple, uniquement le transport de passagers) ou pour des développements spécifiques (par exemple, les émissions de GES par habitant). Ces évolutions peuvent maintenant être comparées aux trajectoires d'émissions de GES existantes prévues dans le PMUD/PNMU afin d'évaluer si la ville/le pays est en bonne voie pour atteindre les objectifs ou si des mesures doivent être mises en œuvre.

Par exemple : le PMUD d'une ville a estimé que 400 kg de CO₂e ont été émis par habitant en 2020 dans la ville en raison du transport urbain. Le PMUD prévoit qu'en 2025, 350 kg de CO₂e seront émis par habitant si le PMUD est mis en œuvre comme prévu. Une évaluation ex-post est réalisée pour 2025, qui estime les émissions à 375 kg CO₂e par habitant. Les objectifs du PMUD pour cette ville ne sont donc atteints qu'à moitié en 2025.

Une simple comparaison des résultats de la surveillance montre si la ville ou le pays est sur la bonne voie pour atteindre ses objectifs en matière de GES. Toutefois, elle ne permet pas d'évaluer dans quelle mesure ces progrès ont été réalisés par la mise en œuvre du PMUD/PNMU. Les réductions de GES peuvent également être la conséquence de développements inattendus qui ne sont pas motivés par les mesures du PMUD/PNMU et qui pourraient avoir un impact encore plus important sur les réductions de GES, par exemple une forte réduction du transport de marchandises à la suite d'une crise économique. Il est donc utile d'actualiser également la base de référence ex ante (scénario BaU, section 4.2) sur la base des évolutions réelles importantes des paramètres qui ne sont pas affectés par la PNMU/PMUD (par exemple, le PIB, la population, la composition de l'électricité, l'évolution tendancielle de la demande de transport de passagers et de marchandises). La comparaison de l'évolution réelle des émissions de GES avec ce scénario de référence ex post révèle "l'effet réel des PMUD/PNMU sur les GES" (voir Figure 11).

Figure 11: Schéma d'évaluation ex ante et ex post des émissions de GES

Ex-ante and ex-post assessment



Note: * Net GHG emissions from sources and sinks in the GHG assessment boundary.

Source : WRI (2014b)

Enfin, l'évolution réelle des émissions de GES peut également être comparée à l'évolution prévue des émissions de GES dans le scénario climatique ex ante (actualisé) afin d'analyser les raisons des lacunes, qui concernent la mise en œuvre des mesures PMUD/PNMU, telles que

- Retard ou affaiblissement de la mise en œuvre des mesures PMUD/PNMU
- Sur- ou sous-estimation de l'impact des mesures
- D'autres facteurs liés aux mesures, non prévus à l'origine, ont joué un rôle

L'effort à investir dans le calcul ex-post des émissions de GES est généralement moindre que pour l'évaluation ex-ante car les méthodes de collecte et les sources sont connues, et toutes les données ne doivent pas être mises à jour. Les données à mettre à jour en priorité sont indiquées dans le Tableau 14. Les paramètres hautement prioritaires doivent être mis à jour dans tous les cas.

D'autres paramètres peuvent être retirés de l'évaluation ex ante s'ils ne sont pas influencés par les mesures du PMUD et si aucun autre changement significatif n'est intervenu par rapport aux calculs initiaux du BaU (par exemple en raison des mesures nationales globales d'atténuation). Par exemple, si le PMUD consiste uniquement en des mesures d'évitement et de réorientation, les paramètres d'efficacité énergétique n'ont pas besoin d'être mis à jour si nous n'attendons aucun changement par rapport aux valeurs BaU ex ante.

Tableau 14 Priorité de mise à jour pour l'évaluation ex-post

Catégorie/Paramètre	Unité	Priorité à la mise à jour
Total annuel des kilomètres parcourus par catégorie de véhicule ^{*1}	■ Mio km	■ haut
Stock de véhicules (nombre total de véhicules) par catégorie de véhicule ^{*2}	■ Nb. De véhicules	■ haut
Kilométrage annuel moyen par catégorie de véhicule ^{*2}	■ Km/veh/an	■ haut
Occupation/charge moyenne par catégorie de véhicule	■ Personne ou tonne/véhicule	■ En fonction du PMUS/PNMU
Durée moyenne du trajet par catégorie de véhicule	■ Km/trip	■ En fonction du PMUS/PNMU
Part moyenne du kilométrage par type de carburant et par catégorie de véhicule	■ %	■ En fonction du PMUS/PNMU
Consommation moyenne d'énergie par catégorie de véhicule et par type d'énergie	■ L/100 km (kg pour le gaz naturel et kWh pour les voitures électroniques)	■ En fonction du PMUS/PNMU
Population - Nombre d'habitants	■ Nb de Inhab.	■ haut
Produit intérieur brut (PIB) ou Produit brut du marché	■ Milliards de dollars	■ haut
Facteur d'émission de GES spécifique à la production d'électricité pour les routes	■ gCO2/kWh	■ haut
Facteur d'émission de GES spécifique de la production d'électricité pour le rail	■ gCO2/kWh	■ haut
Facteurs d'émission de GES spécifiques des combustibles (fossiles, renouvelables)	■ gCO2/kWh	■ En fonction du PMUS/PNMU
Consommation de carburant pour les secteurs routier et ferroviaire par type de carburant dans le bilan énergétique	■ 1000 Toe	■ haut

^{*1} approche par véhicule-kilomètre utilisée lorsqu'un outil de planification des transports et/ou des comptages de trafic sont disponibles ; ^{*2} approche par parc automobile basée sur le nombre de véhicules et le kilométrage moyen des véhicules.

6. Une approche progressive de la mesure et du rapportage des GES

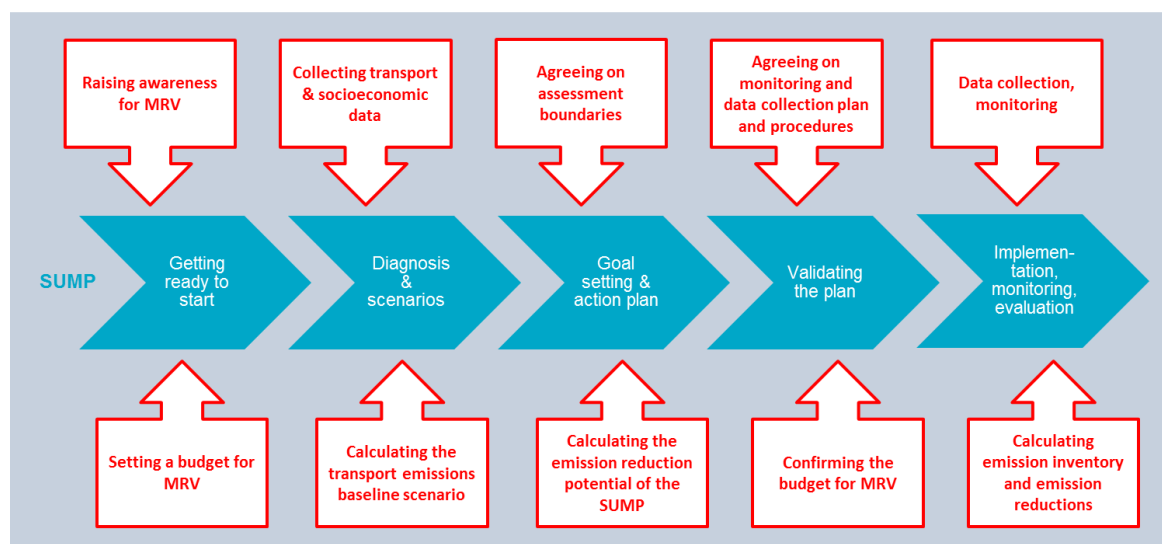
Les sections précédentes présentent l'approche de MobiliseYourCity en matière de surveillance et de déclaration des GES. Elles ont également mis en évidence la manière dont ces principes s'inscrivent dans le cadre plus large de la surveillance, y compris la mobilité durable et les indicateurs de mise en œuvre. Une évaluation d'impact approximative devrait déjà être réalisée dans un premier temps pour identifier le potentiel de réduction des émissions de chaque PMUD ou PNMU. La liste de contrôle suivante résume les éléments clés d'un processus de mesure, rapportage et vérification réussi pendant l'élaboration et la mise en œuvre des PMUD ou des PNMU. La Figure 12 illustre la manière dont le processus MRV s'aligne sur les principales étapes du processus PMUD/PNMU.

Liste de contrôle Mesure et rapportage	
PMUD Étape 1 : <i>Se préparer à commencer</i>	
Les besoins en matière d'aide extérieure pour le MRV sont évalués	
Un budget pour le MRV est fixé	
PMUD Étape 2 : <i>Diagnostic et scénarios</i>	
La disponibilité des données sur les transports est vérifiée et les données disponibles sont collectées	
Le scénario de référence pour l'évolution des émissions du secteur des transports est calculé et les hypothèses sont approuvées par les parties prenantes	
PMUD Step 3 : <i>Définition des objectifs et élaboration du plan d'action</i>	
Les effets attendus du PMUD et des actions prévues sont décrits (relation de cause à effet/cadre logique)	
La portée de l'approche de mesure est fixée (limites d'évaluation)	
L'impact du PMUD sur les GES a été calculé ex ante	
Les limites de la quantification des émissions de GES sont décrites (incertitudes)	
Les avantages de la mobilité durable ont été évalués ex ante	
PMUD Étape 4 : <i>Validation du plan d'action</i>	
Si nécessaire, adapter le calcul ex ante de l'impact des GES au plan d'action validé pour le PMUD	
Les besoins en matière de données et les méthodes de collecte ont été identifiés et approuvés par les parties prenantes	
Les responsabilités pour le MRV ont été attribuées	
Un budget précis pour le MRV a été confirmé	
Un plan et des procédures de suivi ont été élaborés, y compris l'assurance qualité	
PMUD Étape 5 : <i>Mise en œuvre et suivi</i>	
Les données sont collectées, traitées et leur qualité est contrôlée en permanence	
L'inventaire des émissions est calculé tous les 1 à 3 ans	
Le scénario de référence est recalculé ex-post et les réductions d'émissions sont évaluées tous les 1-3 ans	
Des informations complémentaires pour vérifier l'impact des GES peuvent être fournies	
Un rapport de suivi de la mise en œuvre est produit chaque année	
Le rapport sur la mobilité durable est produit tous les 5 ans (évaluation à mi-parcours)	

En réalité, ce processus doit être adapté aux circonstances et aux processus décisionnels locaux. Par conséquent, le calendrier peut varier d'une ville à l'autre.

La collecte et la gestion des données, ainsi que le calcul des émissions, sont des processus itératifs qui peuvent être améliorés au fil du temps, à mesure que la disponibilité des données augmente. Pour assurer la cohérence et la transparence des déclarations d'émissions, il est important de documenter clairement toutes les sources de données, les définitions et les hypothèses. Si elles sont effectuées correctement, la mesure et la déclaration peuvent améliorer considérablement la base d'information pour la planification des transports et vice versa. La plupart des données nécessaires au calcul des émissions doivent également être collectées dans le cadre de l'élaboration d'un bon PMUD/PNMU. En même temps, les rapports de mesure peuvent être utilisés pour communiquer les progrès, mettre en évidence les impacts de la mise en œuvre des PMUD/PNMU et aider à obtenir un soutien continu des parties prenantes.

Figure 12: Vue d'ensemble des étapes du MRV dans le processus PMUD/PNMU



7. Annexe

7.1. Méthodologie de l'activité kilométrique dans le scénario climatique dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity

Dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity, il existe deux options pour calculer l'activité de transport pour le scénario climatique. La première est basée sur un outil de planification des transports, qui devrait fournir le kilométrage pour chaque année prévue : 2020, 2025, 2030, 2040 et 2050. La méthodologie de projection de l'activité de transport est ensuite intégrée dans le modèle de planification des transports.

Il existe une deuxième option pour les utilisateurs qui n'ont pas accès à un tel modèle. Dans ce cas, l'outil MobiliseYourCity calcule l'activité kilométrique du scénario climatique sur la base des valeurs BaU et de la part donnée des kilomètres déplacés ou évités. Une approche dite "autonome" est utilisée pour calculer l'évolution du kilométrage entre les années projetées. Cela signifie que les mesures mises en œuvre au cours d'une année réduisent l'activité de transport pendant l'année de mise en œuvre, mais n'affectent pas la croissance future de l'activité de transport au cours des années suivantes. Cette approche peut être qualifiée de prudente, et est décrite dans un exemple hypothétique présenté dans le Tableau 15 et la Figure 13.

Tableau 15 Valeurs exemplaires du kilométrage dans le BaU et le scénario climatique

vkt	2015	2020	2030	2040
BaU	■ 100	■ 110	■ 150	■ 170
Mesures cumulées de déplacement et d'évitement	■ 0	■ 20	■ 20	■ 35
Scénario	■ 100	■ 90	■ 130	■ 135

- 2020 : Dans le scénario BaU, le kilométrage augmente de 10 km entre 2015 et 2020, passant de 100 km à 110 km. Les mesures de déplacement ou d'évitement entraînent une réduction de 20 km par rapport au BaU dans le scénario climatique : 90 km.
- 2030 : le kilométrage dans le BaU d'origine augmente de 40 km supplémentaires pour atteindre 150 km. Comme il n'y a pas d'autres mesures de déplacement ou d'évitement dans ce laps de temps, cette augmentation absolue du kilométrage est ajoutée dans l'outil également pour le scénario climatique : 130 km. Dans ce laps de temps sans mesures supplémentaires, le kilométrage du scénario climatique est parallèle à celui du scénario BaU.
- 2040 : le kilométrage BaU augmente de 20 km supplémentaires pour atteindre 170 km. Cette augmentation de kilométrage absolue est ajoutée dans l'outil pour le scénario climatique comme première étape. Cependant, ce résultat intermédiaire (150 km) est réduit dans l'outil par l'effet indiqué des mesures supplémentaires de décalage/évitement pour cette période (15 km). Ainsi, le kilométrage total en 2040 dans le scénario climatique est de 135 km.
- L'écart total entre le BaU et le scénario climatique de 35 km (170-135 km) est la quantité cumulée de kilomètres évités ou décalés dans le scénario climatique.

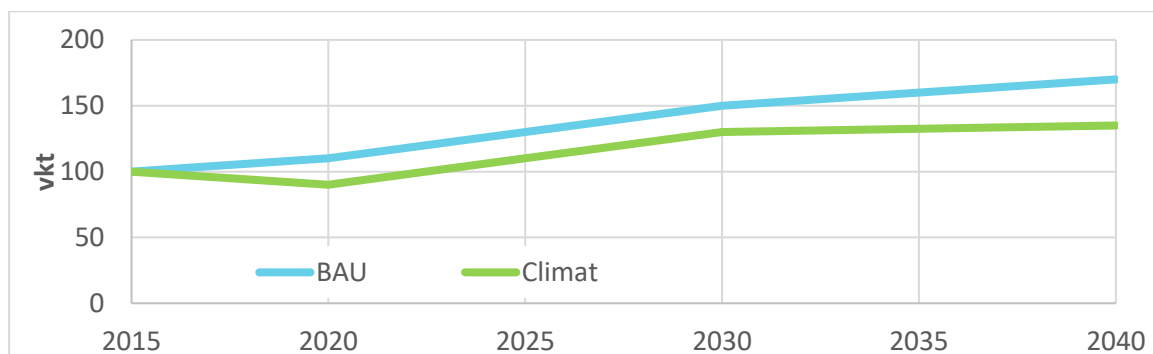


Figure 13. Développement exemplaire de l'activité de transport (vkt) pour le scénario climatique par rapport au scénario BaU

7.2. Autres sources de données possibles pour les transports publics

Données à obtenir	Source des données	Moyens de transport couverts	Format des données	Limites du système
Kilométrage du véhicule (vkt) Performances de transport (pkm) Capacité de transport (siège/véhicule) Facteurs de charge (p/véhicule)	■ Sociétés de transport public	■ - Bus - Métro - Train régional	Pour l'ensemble du réseau de transport public ou pour différents itinéraires : ■ - Consommation finale d'énergie - Kilométrage - Pkm- Capacité de transport - Facteurs de charge	■ Territorial : le réseau de transport public peut varier en fonction des limites géographiques de la ville
Kilométrage du véhicule (vkt)	■ Plans des réseaux de transport public	■ - Bus - Métro - Train régional	■ Longueur de chaque itinéraire de transport public	■ Territorial : le réseau de transport public peut varier en fonction des limites géographiques de la ville
Kilométrage du véhicule (vkt)	■ Horaires des transports publics	■ - Bus - Métro - Train régional	■ Fréquence de service de chaque ligne de transport public (par exemple, nombre de bus par jour)	■ Territorial : le réseau de transport public peut varier en fonction des limites géographiques de la ville

Données à obtenir	Source des données	Moyens de transport couverts	Format des données	Limites du système
Kilométrage du véhicule (vkt)	■ Cartes à puce	■ - Bus- Métro	■ - Nombre de voyages de passagers - Pkm (uniquement en métro)	■ Territorial : le réseau de transport public peut varier en fonction des limites géographiques de la ville
Performances des transports (pkm)	■ Applications pour l'appel de voiture	■ - Taxi	■ - Nombre de voyages de passagers - Pkm	■ Territorial : le réseau de transport public peut varier en fonction des limites géographiques de la ville
Kilométrage du véhicule (vkt)	■ Enquête sur les voyages	■ -Mini-bus	- Nombre de voyages de passagers ■ -Enquête sur la longueur des itinéraires de transport	■ Territorial : le réseau de transport informel peut différer des limites géographiques de la ville

7.3. Part du transport urbain dans l'activité nationale de transport

Dans le cadre de MobiliseYourCity, l'accent est mis sur la mobilité urbaine. Cela signifie que le scénario climatique ne devrait porter que sur l'impact sur les émissions de GES en milieu urbain. Cependant, l'inventaire dans un PNMU (contexte national) inclura dans la plupart des cas le kilométrage total au niveau national. Par conséquent, il convient d'essayer, dans la mesure du possible, de séparer la mobilité urbaine de la mobilité rurale ainsi que de la mobilité à longue distance afin de calculer les effets de mesure (par exemple, le % de kilomètres évités) uniquement pour la part de kilomètres particulière dans le cadre du champ d'action du PNMU. Si les effets des mesures spécifiques du PNMU sont liés à l'ensemble du kilométrage national au lieu du kilométrage urbain, cela entraînera une surestimation substantielle des potentiels de réduction des GES.

Si un modèle de transport national est utilisé pour estimer les effets des mesures, qui comprend des données différenciées pour les kilométrages urbains, ruraux et longue distance, les résultats du modèle peuvent être directement utilisés, car les calculs dans le modèle devraient déjà relier les effets des mesures urbaines à l'ensemble du kilométrage national.

S'il n'existe pas de modèle de transport national, des pré-calculs en dehors de l'outil MobiliseYourCity sont nécessaires pour savoir dans quelle mesure les kilomètres évités et déplacés dans les zones urbaines affectent le kilométrage total national, le taux d'occupation et les facteurs de charge. Les résultats de ces pré-calculs servent de données d'entrée dans l'outil MobiliseYourCity. Exemple : Le kilométrage urbain est réduit de 20 %, mais le kilométrage urbain ne contribue que pour 30 % au kilométrage national total. Dans ce cas, la contribution de l'outil MobiliseYourCity aux kilomètres évités n'est pas de 20 %, mais seulement de 6 % (20 % x 30 %).

La part du kilométrage urbain sur le kilométrage national total peut être estimée approximativement de plusieurs façons. Nous proposons ci-dessous deux approches simples, qui peuvent être complémentaires :

- 1) Le kilométrage urbain par catégorie de véhicule peut être séparé du kilométrage national (de haut en bas). Par exemple en définissant la part de la flotte dédiée aux transports urbains (par exemple en fonction du lieu d'immatriculation des véhicules ou du taux de motorisation en zone urbaine et rurale pour les modes privés). La flotte urbaine est ensuite multipliée par un kilométrage urbain moyen par véhicule. Si aucune estimation du kilométrage urbain par véhicule n'est disponible, la moyenne nationale peut être utilisée comme approximation.
- 2) Le kilométrage urbain des villes pour les différentes catégories de véhicules dans le pays est additionné (de bas en haut). Dans ce cas, le kilométrage des villes doit être collecté et ajouté. La faisabilité d'une telle option dépend du nombre de villes et de la disponibilité des données locales. Cette solution est également adaptée aux transports publics et éventuellement au fret si des données locales sont disponibles.

Exemple : Le kilométrage national des voitures est calculé sur la base d'une approche par véhicule. Le résultat est de 48 millions de kilomètres par an pour 8 000 voitures immatriculées et un kilométrage moyen national de 6 000 km/an pour les voitures. Comment calculer le kilométrage urbain ?

Kilométrage total annuel national	Kilométrage annuel moyen national	Nombre de véhicules
48 000 000	■ 6 000	■ 8 000

- Comme nous ne disposons pas d'informations spécifiques aux localités sur les immatriculations de véhicules, nous estimons le nombre de véhicules dans les zones urbaines en nous basant sur le taux de motorisation. En supposant une motorisation de 50 voitures pour 1 000 habitants et 100 000 habitants dans les zones urbaines, le stock de véhicules urbains calculé est de 5 000 véhicules, soit 62,5 % du stock total de véhicules.
- D'après une étude de cas pour l'une des villes du pays, nous connaissons le kilométrage moyen par véhicule dans cette ville : 4 000 km par an. Nous supposons cette valeur pour toutes les zones urbaines du pays.
- Maintenant, le kilométrage total en zone urbaine dans le pays peut être calculé comme suit :

$$5\,000 \text{ véhicules} \times 4\,000 \text{ km/véh.}/\text{an} = 20\,000\,000 \text{ km/an} = 42\% \text{ du kilométrage total national.}$$

La saisie des mesures d'évitement dans le calculateur d'émissions de MobiliseYourCity se fait en pourcentage du kilométrage BaU total de l'année donnée. Dans un PNMU, il s'agit du kilométrage total national. Dans notre exemple, nous supposons que l'effet combiné des mesures d'évitement des PNMU permet d'économiser 5 % du kilométrage des voitures urbaines, soit 1 000 000 km. Cela correspond à environ 1 000 000 km, 2,1 % du kilométrage automobile national. Cette valeur est à saisir dans l'outil.

En ce qui concerne les mesures de transfert, tous les calculs effectués dans l'outil sont basés sur les données relatives aux transports publics. Il convient donc de faire des calculs ascendants de l'expansion des services de transport public urbain :

- 1) Le premier apport est l'augmentation du kilométrage pour les transports publics. Cette information sera obtenue en additionnant l'augmentation prévue du kilométrage des modes de transport public due aux mesures PNMU dans les différentes zones urbaines.

- 2) La deuxième entrée est le taux d'occupation. Comme l'impact des mesures locales sur le taux d'occupation national est généralement très faible et assez compliqué à calculer, nous recommandons de laisser le taux d'occupation moyen national inchangé. Pour les cas particuliers, veuillez contacter le secrétariat pour d'autres options.
- 3) Le dernier paramètre de décalage est le mode d'origine des kilomètres ajoutés (en pourcentage des trajets). Cette donnée peut être difficile à calculer à partir d'un ensemble de mesures locales dans différentes villes. Nous recommandons de simplifier la méthodologie et de calculer la moyenne pondérée des modes d'origine sur la base des kilomètres supplémentaires, comme le montre le tableau ci-dessous.

Nouveaux kilomètres de bus	% des nouveaux déplacements effectués par les utilisateurs de voitures	% des nouveaux déplacements effectués par les utilisateurs de motocyclettes	% des nouveaux voyages en provenance des TNM
ville A	■ 10.000	■ 50%	■ 40%
ville B	■ 20.000	■ 60%	■ 30%
ville C	■ 7.000	■ 70%	■ 15%
Total	■ 37.000	■ 59%	■ 30%

Les résultats sont saisis dans l'outil à la ligne "mode de transport cible" pour le bus : le mode d'origine des nouveaux kilomètres de bus est constitué à 59% de voitures, 30% de motos et 11% de TNM.

7.4. Références

- Bakker S., Henkel A. (2016), World of Sustainable Transport Mitigation actions, Transfer. Disponible en ligne http://transferproject.org/wp-content/uploads/2016/11/NYP_GIZ_TRANSfer_Tool_I-I-I_WorldofSustainableTransportMitigationactions_08112016.pdf (consulté le 28.04.2020)
- Bond, T. C., Doherty, S.J., Fahey, D.W., Forster, P.M., Berntsen, T., DeAngelo, B.J., Flanner, M.G., Ghan, S., Kärcher, B., Koch, D., Kinne, S., Kondo, Y., Quinn, P.K., Sarofim, M.C., Schultz, M.G., Venkataraman, C., Zhang, H., Zhang, S., Bellouin, N., Guttikunda, S.K., Hopke, P.K., Jacobson, M.Z., Kaiser, J.W., Klimont, Z., Lohmann, U., Schwarz, J.P., Shindell, D., Storelvmo, T., Warren, S.G., Zender, C.S. (2013) *Bounding the role of black carbon in the climate system : A scientific assessment*, in *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 118, 5380-5552, doi:10.1002/jgrd.50171.
- Bongardt, D., Eichhorst, U., Dünnebeil, F., et Reinhard, C. (2015) *Monitoring Greenhouse Gas Emissions of Transport Activities in Chinese Cities : A Step-by-Step Guide to Data Collection*. Eschborn : GIZ. Disponible en ligne : <http://sustainabletransport.org/?wpdmdl=3797> (consulté le 06.04.2017).
- Certu (ed.) (2012) *L'évaluation des PDU: des convergences d'approches pour une réalité complexe (Assessing PMUSS: Converging approaches for a complex reality)*. In *Mobilité et transports - Pratiques locales*, 02. Lyon: Certu.
- Dijkstra, L., H. Poelman et P. Veneri (2019), " The EU-OECD definition of a functional urban area ", *OECD Regional Development Working Papers*, n° 2019/11, Éditions OCDE, Paris.
Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1787/d58cb34d-en> (consulté le 24.04.2020)

- Dünnebeil, F., Knörr, W., Heidt, C., Heuer, C. et Lambrecht, U. (2012) *Balancing Transport Greenhouse Gas Emissions in Cities - A Review of Practices in Germany*. Pékin : Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH et Centre de recherche sur les transports de Pékin. Disponible en ligne : <http://sustainabletransport.org/?wpdmdl=2974> (consulté le 06.04.2017).
- Eckermann, A., Henkel, A., Lah, O., Eichhorst, U., Bongardt, D., et Wuertenberger, L. avec la contribution de Sutter, D. et Chua, H. (2015) *Navigating Transport NAMAs - A practical handbook on Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs) in the transport sector*, 2e édition révisée. Eschborn : GIZ. <https://www.changing-transport.org/publication/navigating-transport-namas/> consulté le 16.07.2020
- ICCT (2019) *Du laboratoire à la route. Une mise à jour en 2018 des valeurs officielles et "réelles" de consommation de carburant et de CO2 pour les voitures particulières en Europe*. L'ICCT et le TNO.
Disponible en ligne : (consulté le 09.06.2020)
https://theicct.org/sites/default/files/publications/Lab_to_Road_2018_fv_20190110.pdf.
- IFEU (ed.) (2014) *Recommandations sur la méthodologie de la comptabilité des gaz à effet de serre dans le secteur de l'énergie et des transports dans les municipalités locales en Allemagne* Heidelberg : IFEU.
https://www.ifeu.de/energie/pdf/Bilanzierungsmethodik_IFEU_April_2014.pdf (consulté le 06.04.2017).
- Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura et H. Zhang, 2013 : Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. Dans : *Changement climatique 2013 : The Physical Science Basis. Contribution du groupe de travail I au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis.
- Singh, S. K. (2006), The demand for road-based passenger mobility in India : 1950-2030 et pertinence pour les pays en développement et les pays développés. *EJTIR*, 6, n.3, pp247-274.
Disponible en ligne : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.484.8758&rep=rep1&type=pdf> (consulté le 24.04.2020)
- PNUE, Centre régional pour l'environnement, UE (2011) Développement d'une base de données et d'un référentiel national sur les économies de carburant des véhicules
- Wartmann, S., Salas, R., Blank, D. (2018) Deciphering MRV, accounting and transparency for the post-Paris era.
Disponible en ligne : <https://www.transparency-partnership.net/system/files/document/MRV.pdf> (consulté le 21.05.2020).
- OMS - Organisation mondiale de la santé (2014) Qualité de l'air ambiant (extérieur) et santé. *Fiche d'information N°313*. Disponible en ligne : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/> (consulté le 15.04.2017).
- WRI - World Resources Institute, Iclei - Local Governments for Sustainability, C40 Cities Climate Leadership Group (eds.) (2014a) *Greenhouse Gas Protocol. Protocole mondial pour les inventaires des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle communautaire : Une norme de*

- comptabilité et de reporting pour les villes.* WRI. Disponible en ligne : http://ghgprotocol.org/files/ghgp/GHGP_GPC.pdf (consulté le 06.04.2017).
- WRI (2014b) GHG protocol policy and action standard - une norme de comptabilisation et de déclaration pour l'estimation des effets des politiques et des actions sur les gaz à effet de serre. Disponible en ligne : <https://ghgprotocol.org/policy-and-action-standard> (consulté le 22.05.2020).
- Wu, T., Zhang M., Ou, X. (2014) Analysis of future vehicle Energy Demand in China Based on a Gompertz Function Method and Computable General Equilibrium Model. *Energies* 2014, 7, 7454-7482. Disponible en ligne : https://www.researchgate.net/publication/285941189_Analysis_of_Future_Vehicle_Energy_Demand_in_China_Based_on_a_Gompertz_Function_Method_and_Computable_General_Equilibrium_Model (consulté le 24.04.2020)
- Zifei, Y., Liuhanzi Y. (2018), Evaluation of real-world fuel consumption of light duty vehicles in China, ICCT, White Paper. Disponible en ligne : https://theicct.org/sites/default/files/publications/China_Real-World_LDV_20180621.pdf (consulté le 08.05.2020)