

Rapport d'études

Bilans régionaux des émissions des transports

Eléments de méthode



Page laissée blanche intentionnellement

Table des matières

1 - Objectifs d'utilisation.....	6
2 - Principes de calcul communs à l'ensemble des modes.....	6
3 - Polluants pris en compte.....	7
4 - Types d'émissions pris en compte.....	8
5 - Limites et incertitudes.....	9
1 - Mode routier.....	11
1.1 - Le recueil de données.....	11
1.2 - Création de la base de données.....	12
1.3 - Renseignement des données.....	14
1.4 - Mode de calcul des émissions.....	17
1.5 - Approche spécifique des TC.....	24
1.6 - Exemple de base de données routières.....	25
2 - Mode ferroviaire.....	29
2.1 - Recueil de données.....	30
2.2 - Mode de calcul des émissions.....	31
3 - Mode maritime.....	34
3.1 - Recueil de données.....	35
3.2 - Mode de calcul.....	37
4 - Mode fluvial.....	42
4.1 - Recueil de données.....	43
4.2 - Mode de calcul.....	43
5 - Mode aérien.....	45
5.1 - Recueil de données.....	46
5.2 - Mode de calcul.....	47
6 - Synthèse des résultats.....	48
1 - Paramètres pris en compte dans les scénarios.....	56
1.1 - Mobilité.....	56
1.2 - Réseaux d'infrastructures.....	59
1.3 - Services de transports.....	59
1.4 - Progrès technologiques.....	60
2 - Mode de calcul.....	66
2.1 - Construction des scénarios.....	66
2.2 - Calcul.....	67
Bibliographie.....	72
Références.....	74
Glossaire.....	75
Liste des sigles et abréviations.....	76
Annexe 1: Unités, table de conversion.....	78
Annexe 2 : Exemple de fiches « recueil de données » bilan.....	79
Annexe 3 : les enquêtes transports.....	89
Annexe 4 : Corine Land Cover.....	90
Annexe 5 : Méthodologie utilisée pour la prise en compte de l'effet rampe/pente dans les calculs d'émissions du transport routier	91
Annexe 6 : exemple de fiches « recueil de données » prospective.....	95

Introduction

La loi Grenelle 2 a confirmé l'objectif national de division par quatre des émissions de gaz à effet de serre (GES) entre 1990 et 2050, afin de ramener à cette échéance les émissions annuelles à moins de 140 millions de tonnes équivalent de CO₂. Pour le domaine des transports, l'objectif intermédiaire fixé par cette loi est de réduire les émissions de GES de 20 % entre 2010 et 2020, afin de les ramener en 2020 au niveau qu'elles avaient atteint en 1990.

Le CITEPA¹ réalise les inventaires nationaux des émissions. Ces derniers permettent d'observer le poids de chaque secteur contributeur des différentes émissions. Ils montrent également que cet objectif est exigeant au regard des tendances observées pour le secteur des transports. En effet, ce secteur reste un émetteur significatif des GES et d'autres polluants réglementés, ayant des effets sur l'environnement et sur la santé humaine, tels que les particules ultrafines, les composés organiques volatils non méthaniques et les oxydes d'azote.

Pour atteindre l'objectif de -20 %, il est très vite apparu la nécessité de connaître l'origine et le poids des émissions des transports afin d'identifier des enjeux et des leviers potentiels d'actions. Ainsi, certaines Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) ont confié au CETE du Sud-Ouest la mission de dresser l'état des lieux régional des émissions en GES et polluants pour une année donnée, d'identifier les grands enjeux et de se projeter dans l'avenir en testant différents scénarios.

La méthode développée, constitue une aide à la décision en permettant d'évaluer le poids de chaque levier testé et ainsi d'accompagner les différentes collectivités dans leurs politiques de transports.

Ce rapport décrit la démarche mise au point par le CETE du sud-ouest, qui participe au pôle de compétences et d'innovation « Evaluation des projets et politiques de transports ». Cette démarche peut aussi être capitalisée au pôle de compétences et d'innovation évaluation des projets et politiques de transports, pour d'éventuelles autres cas d'application. Cette démarche permet de reconstituer les données régionales de trafic utilisées pour les différentes situations étudiées (initiales, futures) et pour le transport de personnes et de marchandises. Elle propose des méthodes pour le calcul des émissions des modes de transport suivants : routier, ferroviaire, maritime, fluvial et aérien.

Le présent rapport est constitué de deux parties : la première est un état des lieux des émissions, pour une année de référence, de chaque mode de transport. La seconde partie se propose de projeter les émissions à un horizon futur (ici 2020) à partir de celles déterminées dans l'état des lieux. Ces projections prennent en compte les évolutions de trafic, de population, ainsi que les projets et politiques ayant un impact sur les émissions (réduction ou augmentation).

Les méthodes décrites dans ce rapport présentent des limites et incertitudes et sont tributaires des connaissances techniques et scientifiques au moment de leur mise en œuvre. Les connaissances évoluant rapidement, les méthodes pourraient sans doute être revues pour tenir compte des avancées disponibles aux niveaux européen et national. Toutefois, chaque fois que possible, des indications et pistes sont fournies au lecteur pour le guider dans le traitement de ces limites et incertitudes.

¹ CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique de la Pollution Atmosphérique ; <http://www.citepa.org/emissions/nationale/index.htm>

Principales caractéristiques de la méthode

1 - Objectifs d'utilisation

Les bilans régionaux concernent les émissions de gaz à effet (GES) de serre ainsi que celles des autres polluants.

L'ADEME² donne une définition d'un bilan de GES :

Un bilan GES est un diagnostic des émissions de gaz à effet de serre. Il n'a pas pour finalité de permettre la comparaison entre des organisations, mais constitue un moyen de construire un plan d'amélioration vers la réduction de l'empreinte carbone et uniquement carbone de cette organisation.

Les éléments de méthode développés pour le compte de différentes DREAL³, avaient pour objectif de calculer les émissions annuelles (tonnes de polluants par an) des trafics routier, ferroviaire, aérien, maritime et fluvial sur une région administrative pour différentes situations (état initial et projection 2020 notamment).

Les résultats sont aujourd'hui utilisés par les DREAL, dans le cadre de la préparation des SRCAE⁴ (cf. article L. 222-1 du code de l'environnement) notamment, pour comparer les parts relatives des différents trafics dans le bilan annuel des transports, comparer les émissions annuelles des transports à celles d'autres secteurs, et pour estimer les potentiels de réduction des émissions pour les différents modes de transport.

2 - Principes de calcul communs à l'ensemble des modes

L'estimation des émissions repose, pour chaque mode, sur la collecte ou l'estimation de données régionales sur les trafics (véhicules x km, tonnes x km, passagers x km, vitesses moyennes, composition du trafic) et de facteurs de consommation et d'émission unitaires (par type de véhicule). Il s'agit de méthodes de calcul dites «bottom-up» du bas vers le haut, c'est-à-dire que les données les plus fines sont utilisées, dans la mesure du possible (nombre de véhicule par tronçon) afin de calculer les consommations et les émissions en polluants. Cette méthode est l'inverse de celle dite «top-down», comme celle employée par le CITEPA par exemple pour les inventaires nationaux, qui consiste à utiliser des données à l'échelle nationale pour ensuite les désagréger à l'échelle régionale et/ou communale.

Le principe de calcul commun à l'ensemble des modes de transport repose généralement sur une équation du type :

$$E = T \times Eu$$

E : émission ou consommation annuelle du type de véhicule concerné (en grammes de polluants ou de carburant par an)

T : volume de l'activité transport considérée (en veh x km par an, passagers x km par an ou tonnes x km par an)

Eu : facteur d'émission ou de consommation unitaire (en grammes de polluants ou de carburant par veh x km, passagers x km ou tonnes x km) dépendant du type de véhicule et de la vitesse moyenne de parcours.

Pour les émissions de CO₂, le calcul est généralement basé sur l'estimation des consommations de carburants :

$$E_{CO_2} = i \times C$$

C : consommation annuelle de carburant, déduite par la formule précédente.

i : facteur de conversion dépendant de l'intensité carbone du carburant utilisé (cf. Annexe)

²ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

³DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement ; les DREAL ayant demandé des études au CETE Sud-Ouest sont les suivantes : Aquitaine, Auvergne et Poitou-Charentes

⁴SRCAE : Schéma Régional du Climat de l'Air, et de l'Energie

Les facteurs d'émissions unitaires employés sont issus de la littérature technique et des méthodes de calcul disponibles au moment où les choix méthodologiques ont été opérés. Les détails des méthodes développées sont décrits pour chaque mode de transport dans les chapitres suivants.

3 - Polluants pris en compte

Les polluants retenus dans les bilans sont le CO₂ (comme principal GES). Par ailleurs, sont également pris en compte les particules fines PM₁₀, les oxydes d'azote (NO_x) et les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM).

Cependant, d'autres polluants (N₂O, HFC, PM_{2,5}, Benzène et Benzo-a-Pyrène notamment) auraient pu être traités pour mieux couvrir les émissions de GES et celles ayant des effets sur la santé humaine. En effet, les émissions de ces polluants peuvent être estimées à l'aide des méthodes de calcul désormais disponibles.

Cette sélection résulte d'un compromis basé sur l'état des connaissances, des normes et des méthodes de calcul disponibles pour l'ensemble des modes de transport lorsque les choix méthodologiques ont été opérés. Des éclairages sur le choix des polluants sont fournis dans ce qui suit.

- Principaux GES

Le secteur des transports émet différents GES, les principaux étant le dioxyde de carbone (CO₂), le protoxyde d'azote (N₂O), les hydrofluorocarbures (HFC), et dans une moindre mesure le méthane (CH₄), tous surveillés dans le cadre du protocole de Kyoto sur les GES pour leurs effets de serre directs. D'après le CITEPA, le secteur des transports représentait près de 27% des émissions nationales de GES en 2009.

Les pouvoirs de réchauffement global des trois derniers polluants sont nettement supérieurs à celui du CO₂. Le CO₂ reste néanmoins le principal GES émis par le secteur des transports puisqu'en 2009, il représentait 95% des émissions pondérées de GES des transports, mesurées en équivalent CO₂ pour tenir compte des pouvoirs de réchauffement global des différents GES. Le transport routier est par ailleurs le secteur le plus émetteur de CO₂ (32% des émissions nationales en 2009, cf. Illustration 1).

- Particules primaires fines

Les concentrations de particules fines (PM₁₀ dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10µm, et les PM_{2,5} depuis 2008) sont réglementées pour leurs effets sur la santé humaine.

Les effets sur la santé de ces particules, notamment les ultrafines de diamètre inférieur à 2,5 µm, sont désormais très bien documentés.

Les normes de qualité de l'air extérieur applicables pour ces polluants sont encore dépassées, notamment à proximité des infrastructures de transport.

En 2009, le secteur des transports émettaient 11,8% des PM₁₀ et 13,3% des PM_{2,5} au niveau national, ce qui le place au 4ème rang des secteurs émetteurs d'après le CITEPA.

- Oxydes d'azote (NO_x) et composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)

Les émissions de NO_x et de COVNM ont des effets sur l'environnement (eutrophisation, acidification, pollution photochimique et effet de serre indirect) et sur la santé (cas du NO₂, du benzène et du benzo-a-pyrène notamment), qui sont également très bien documentés.

Leurs émissions sont réglementées (plafonds d'émissions nationaux, valeurs limites d'émission des véhicules neufs). Le dioxyde d'azote (NO₂) ainsi que certains COVNM (le benzène et le benzo-a-pyrène) font par ailleurs l'objet de normes de qualité de l'air extérieur qui sont encore dépassées à proximité des infrastructures de transport.

En 2009, le secteur des transports était le premier émetteur de NO_x et contribuait significativement aux émissions de COVNM (cf. Illustration 1).

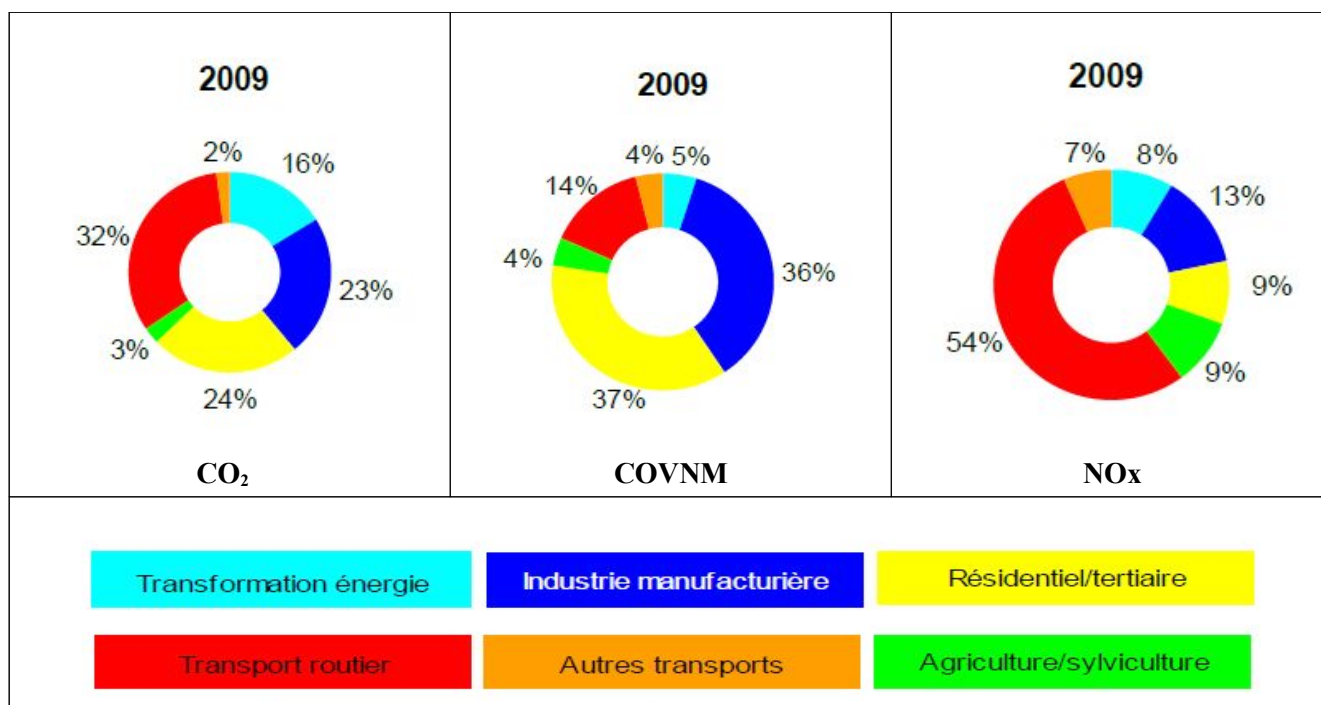


Illustration 1: Part des différents secteurs dans les émissions de CO₂, COVNM et NO_x, en 2009
[Source : CITEPA / SECTEN, Avril 2011]

4 - Types d'émissions pris en compte

Les émissions prises en compte dans les bilans effectués par le CETE concernent uniquement celles liées à la **combustion de carburant** directe des véhicules en circulation sur le territoire régional d'étude, dites « du réservoir à la roue ».

Elles ne prennent pas en compte :

- les émissions résultant de l'abrasion (pneus/chaussées, roues/rails, freinage, caténaires) ;
- celles résultant de la construction, la rénovation ou l'entretien des infrastructures de transport ;
- celles résultant de la fabrication, de la réparation ou de l'entretien des véhicules ;
- celles résultant de la production, du transport et de la distribution des carburants nécessaires au transport, dites « du puits au réservoir » (cf. point clé suivant) ;
- les émissions des avions résultant de la phase de croisière ;
- les émissions du transport maritime en dehors des eaux territoriales ;
- les émissions des sources fixes, c'est-à-dire liées à l'usage des bâtiments (gares, locaux, etc.).

Vigilance : comment traiter les émissions des modes de transports électriques ?

La quantification des émissions lors de l'utilisation de l'énergie électrique pose de réels problèmes de méthodes et d'homogénéité. En effet, l'utilisation de l'énergie électrique est considérée comme non génératrice d'émissions de GES et neutre pour les émissions relatives aux autres polluants.

La production électrique est réalisée en amont dans une centrale (nucléaire, hydraulique, thermique fossile, voire éolien ou photovoltaïque...) dont les émissions peuvent avoir lieu sur un autre territoire que la région étudiée.

Arbitrairement, il a été décidé d'appliquer les émissions de CO₂ du « puits à la roue » aux consommations électriques des transports de la région étudiée, contrairement aux autres énergies pour lesquelles les émissions de CO₂ appliquées sont celles du « réservoir à la roue » (la valeur utilisée est celle du contenu CO₂ du kWh issue du Bilan Carbone ® ADEME V6, 84gCO₂/kWh).

Cet affichage, qui traduit certes, une approche différente selon l'énergie utilisée, permet toutefois de mesurer l'impact de certaines actions visant à « électrifier » des services entre le bilan et les horizons étudiés.

Cette quantification, affichée très clairement, peut à tout moment faire l'objet d'un nouveau calcul, dès lors que la méthode évoluera.

5 - Limites et incertitudes

Les expériences menées confirment que l'estimation des émissions est tributaire d'un grand nombre de données, chacune entachée d'incertitudes ou faisant l'objet d'approximations et d'hypothèses qui peuvent significativement affecter le résultat final.

Il est donc recommandé d'explicitier avec la plus grande transparence les méthodes et hypothèses employées, les incertitudes attachées à chaque donnée d'entrée et la sensibilité du résultat final aux données les plus critiques, de manière à informer les utilisateurs sur la valeur des résultats et à faciliter l'actualisation ou l'affinage ultérieur des calculs.

Il faut garder à l'esprit que l'objectif est d'avoir la meilleure mesure possible des variations relatives (%) d'émissions entre des situations différentes plutôt que d'estimer avec justesse la valeur absolue des émissions de chaque situation. D'où l'importance à attacher à la qualité des données et aux hypothèses qui traduisent les évolutions d'une situation à l'autre et qui ont une influence significative sur les écarts d'émissions entre ces situations.

Les méthodes dites « bottom-up » explicitées dans le présent document sont très différentes à divers titres des méthodes dites « top-down » mises en œuvre par le CITEPA. Aussi les résultats issus de ces méthodes ne peuvent être aisément comparés et ne sont pas directement comparables.

Les chapitres suivants fournissent quelques indications sur les limites et incertitudes des méthodes employées pour chaque mode de transport.

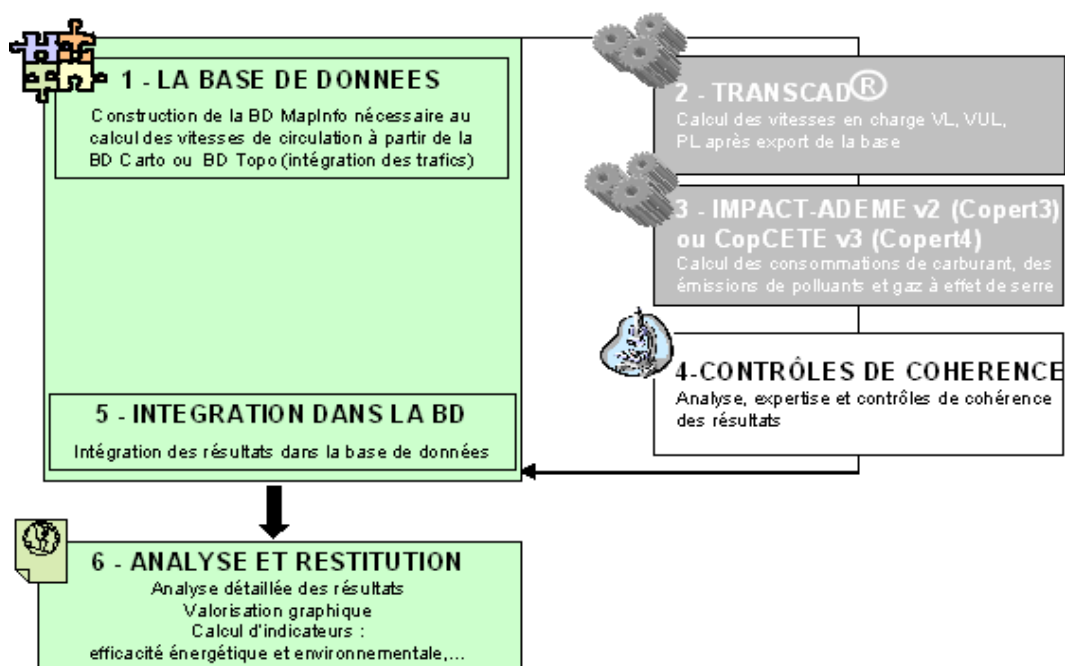
Chapitre I

Méthodologie « bilan » par mode

1 - Mode routier

La reconstitution des consommations énergétiques et des émissions de polluants liées aux transports routiers repose sur le recensement des trafics sur le réseau routier régional.

La méthodologie repose sur la mise au point d'une base de données décrivant d'une part le réseau routier de l'ensemble de la région et d'autre part, les données de trafic qui serviront à la quantification des consommations énergétiques et des émissions qui y sont liées.



1.1 - Le recueil de données

■ Le recensement des données de trafic est indispensable pour quantifier les émissions. Les données nécessaires sont :

- les volume de trafic tous véhicules, exprimés en moyenne journalière annuelle (TMJA),
- les volumes de poids lourds (%PL ou nombre de PL).

D'une manière générale, ces données de trafic sont détenues par les gestionnaires de voiries, c'est-à-dire :

- pour les autoroutes concédées : les différentes sociétés autoroutières, pour les autoroutes non concédées : les Directions Interdépartementales des Routes ;
- pour les routes nationales : les directions interdépartementales des routes ;
- pour les routes départementales : les conseils généraux ;
- pour les autres réseaux routiers : les collectivités territoriales (communes, structures intercommunales, syndicats mixtes spécifiques...). D'autres sources peuvent être identifiées. C'est le cas de certaines agglomérations qui ont mis en place des modèles de trafic.

Afin de collecter l'ensemble des données nécessaires à la reconstitution des consommations énergétiques, des fiches de recueil de données ont été établies – cf. annexe 2.

La qualité des données recueillies influencera fortement la qualité des résultats. Il est nécessaire de rechercher les données les plus exhaustives et précises possibles afin de limiter les extrapolations et approximations à réaliser pour compléter les données manquantes. Le détail des données est une des principales limites dans la méthode de réalisation des bilans. Pour y remédier, des comptages spécifiques à l'étude peuvent éventuellement être demandés, un partenariat avec les gestionnaires de transports, pour organiser la collecte et ainsi capitaliser les données peut être envisagé.

Les données du réseau routier assurant les grandes liaisons (autoroutes, nationales et départementales principales) sont quasiment exhaustives. Pour les autres réseaux, des extrapolations sont réalisées à partir des données connues et des caractéristiques physiques de ces réseaux.

Certaines DREAL organisent la collecte des données sur le réseau principal, ce qui permet d'obtenir en un seul et même point d'entrée des données de trafics « validées ».

■ **Des données d'enquêtes peuvent être utilisées pour segmenter les bilans par (cf. annexe 3) :**

- motif de déplacements ;
- type de marchandises transportées ;
- type de trafic (trafic saisonniers, etc.) ;
- etc.

1.2 - Création de la base de données

L'ensemble des opérations décrites dans ce paragraphe sont effectuées dans un Système d'Information Géographique (SIG), à l'aide du progiciel Map Info dans ce cas.

■ **La base de données choisie comme support est la BD Carto® de l'IGN.**

Une étude comparative de différentes bases de données routières a permis de retenir la BD Carto® comme base de référence, car elle représente un bon compromis entre la fiabilité des informations et la précision du réseau routier. D'autres bases de données pourraient cependant être utilisées (cf. Illustration 2).

Le tableau ci-après présente une synthèse des éléments de comparaison étudiés :

	BD Topo IGN®	BD Carto IGN®	Téléatlas (0,1,2,3,4)	30 000 arcs
Fréquence de mise à jour	+	++	+++	++
	2 à 4 ans – difficultés de mise à jour	Annuel	6 mois	En continu
Exhaustivité du fichier/nos besoins	++	+++	+++	+++
	Typologie du réseau	Typologie du réseau et facilité de récupération des trafics	Typologie du réseau, vitesse et pente	Typologie du réseau + vitesse + pente + sinuosité
Exhaustivité du réseau routier	+++	+++	++	+
Licence	++	+++	+	+++
	Achat centralisé	Achat centralisé	Licence onéreuse	Gratuit (réseau routier propre au Ministère)
Rapidité d'affichage et d'exécution de requête	+	++	++	+++
	Lenteur d'affichage			
Pérennité de la base	+++	+++	+++	++

Illustration 2: Tableau de comparaison des bases de données

La base de données régionale doit faire l'objet d'un certain nombre de vérifications et de corrections pour supprimer d'éventuelles anomalies, assurer la pertinence de la base avec les données locales, réaliser les mises à jour éventuelles, etc.

■ Structuration de la base de données, ajout des champs nécessaires à l'intégration des données

La base de données BD Carto® de l'IGN est complétée par un certain nombre de champs nécessaires aux différents calculs :

- *occupation du sol* en croisant la base de données avec celle de Corine Land Cover (cf. fiche en annexe 4)- Le thème « zone d'occupation du sol » de la BD Carto® de l'IGN pourrait également être utilisé pour réaliser cette exploitation) ;
- *longueur* de chaque tronçon ;
- *codification du type de voirie* (*type_SETRA*, cf Tableau 1) en fonction de ses caractéristiques : hiérarchisation du réseau, nombre de chaussées et de voie, type d'accès, classement administratif, localisation, etc. Cette classification est issue des préconisations des services techniques centraux du ministère (SETRA) pour les études de déplacements et de trafics à l'échelle nationale et régionale, et est utilisée dans le logiciel de modélisation TransCAD®⁵ – table SETRA_VDF (VDF = Volume Delay Function, courbe débit-vitesse) ;
- *vitesses limites* des véhicules, en fonction des caractéristiques géométriques de la voie ;
- *vitesses en charge* des véhicules prenant en compte les trafics réels et calculées à l'aide des courbes débit-vitesses ;
- *trafics* avec distinction VL / PL ;
- *résultats* : consommations énergétiques et différentes émissions,
- *relief / pente* (source extraite de la BD Topo®, cf. annexe 5 pour le détail du calcul) si nécessaire au vu des spécificités de la région étudiée ;
- autre champ jugé utile. Par exemple définition d'un secteur géographique (agglomérations, structures intercommunales, périmètre de SCoT,... en fonction des données accessibles et des demandes du commanditaire).

Un exemple de liste de champs composant une base de données est fourni dans le paragraphe 1.6 - .

⁵TransCAD® est une marque déposée de la société Caliper

La liste suivante précise le type de routes (arcs) utilisées et leur codification :

	TYPE DE ROUTE	CODIFICATION	FORMULE
I N T E R U R B A I N	5m	1	2
	6m	2	2
	7m	3	2
	3 voies 9m	4	2
	3 voies 10,5m	5	2
	4 voies 14m	6	2
	2x2v carrefours plan	7	2
	2x2 voies Autoroute concédée	8	1
	2x3 voies Autoroute concédée	9	1
	2x4 voies Autoroute concédée	90	1
	2x2 voies carrefours dénivelés	10	2
	7m carrefours dénivelés	11	2
	2x2 voies carrefours giratoire	12	2
	2x2 voies Autoroute non concédée	13	1
	2x3 voies Autoroute non concédée	14	1
	2x2 Voies Rapides Urbaines	15	2
	2x3 Voies Rapides Urbaines	16	2
2x4 voies Autoroute non concédée	140	1	
2x4 Voies Rapides Urbaines	160	2	
U R B A I N	2 voies normales petite agglo	20	3
	2 voies normales	21	4
	2 voies rapides	22	4
	3 voies normales	23	4
	3 voies rapides	24	4
	4 voies normales	25	4
	4 voies rapides	26	4
2 voies larges	27	4	

Tableau 1: Type de voies SETRA

Il est recommandé de procéder à une vérification aléatoire des différents champs ajoutés et renseignés.

1.3 - Renseignement des données

■ Intégration des données de trafic dans la base de données

Les formats des données recueillies définiront les méthodes d'intégration :

- Intégration « manuelle » à partir de données de comptage (cartes, tableaux , etc.) → Attribuer aux tronçons correspondants les données pour chaque point de comptage ;
- Croisement des bases de données sous SIG dans le cas de données de trafic déjà géoréférencées.

Les sources seront spécifiées (origine, date, ...), afin de fournir une traçabilité de la donnée, voire une actualisation.

La vérification de la cohérence des trafics par catégorie de voies est nécessaire pour éviter, par exemple, que le trafic soit supérieur à ce que permet la capacité de la voie.

Hypothèses retenues :

- Les véhicules légers (VL) sont composés de 23% de véhicules utilitaires légers (VUL) et 77% de véhicules particuliers (VP) (répartition utilisée dans le logiciel Impact-ADEME). En effet, la part des VUL dans la circulation n'est généralement pas une donnée localement disponible et n'est pas mesurée par les systèmes de comptage du trafic traditionnels. Des enquêtes locales sur le transport de marchandises sont réalisées dans certaines agglomérations afin de mieux connaître les circulations de VUL.
- Les autobus et les autocars sont assimilés à des PL car non identifiés dans le trafic par les systèmes de comptage traditionnels. Leurs émissions sont donc incluses dans celles des PL. Il est toutefois possible d'estimer les émissions des TC à partir de données d'enquêtes ménages déplacements, d'enquêtes grands territoires, et l'enquête annuelle CERTU sur les réseaux urbains de province (Enquête annuelle Transports Collectifs Urbains (T.C.U.)), ou de données fournies par les villes.

Ces hypothèses sont basées sur des valeurs par défaut couramment retenues en l'absence de données spécifiques.

- Les 2-Roues ne sont pas pris en compte.
 - Les émissions de CO₂ des 2-Roues sont estimées à 1,1 millions de tonnes en 2009, soit 0,9% du total des émissions des véhicules routiers alors qu'ils représentent 2,5% du parc roulant (Source : CCTN en 2010). Des données sur les déplacements en 2R issues des exploitations des enquêtes ménages déplacements et des enquêtes grands territoires peuvent être utilisées pour estimer les kilomètres parcourus par ces modes.
- Des relevés de vitesse peuvent être disponibles et refléter des situations très variables de circulation dans une même journée. *Cependant, à l'échelle des bilans annuels régionaux, cette approche n'est pas privilégiée.*

■ Estimation des trafics manquants

Après intégration des différents trafics recueillis auprès des gestionnaires de voiries, les données manquantes doivent être estimées pour compléter la base de données afin que l'ensemble des voies de la zone d'étude soit renseignés (TMJA et %PL).

Il s'agit de procéder par étape successive :

- Compléter les données sur les bretelles entrées/sorties par sens de circulation des autoroutes et routes à chaussées séparées à partir des données connues ou extrapolées pour ré-équilibrer les trafics amont/aval.

Ces approximations peuvent être considérées comme sans conséquence sur les résultats car les véhicules affectés sur ces tronçons étant déduits du trafic sur la section principale, les km parcourus restent donc sensiblement similaires.

- corriger les données sur des déviations mises en service ;
- identifier les tronçons de route sans trafic : voies de type pistes cyclables, pistes forestières, voies privées (circuit automobiles par exemple), etc (champs « usage » et « état » de la bd carto®, cf. §1.6 -) ;
- estimer les tmja des arcs non renseignés quand leur nombre est faible par rapport aux voies « renseignées » à proximité et selon leur localisation en tissu urbain dense ou non ;
- pour les autres tronçons dont les données ne sont pas disponibles, renseigner les trafics manquants par une analyse sectorielle.

Méthode utilisée :

- Réaliser un découpage territorial de la zone d'étude basé sur les principales agglomérations afin de tenir compte des différentes situations géographiques qui peuvent être très hétérogènes (dominante rurale, forte densité, etc.). (cf. § 1.6 - pour un exemple de sectorisation).
- Pour chacun des secteurs géographiques définis précédemment et par catégorie de voies (autoroutes, RN, RD, etc.), analyser les TMJA minimum, TMJA maximum, TMJA moyen et le % de km renseigné pour chaque type de voies (types_SETRA définis au § 1.2 -) :
 - ➔ Si le % de longueur renseigné est > 50%, alors le trafic estimé est égal à la moyenne du TMJA relatif au secteur géographique et au type de voie sélectionnés, arrondi à la dizaine.
 - ➔ Si le % de longueur renseigné est < 50%, alors le trafic estimé est égal à la moitié de la moyenne du TMJA arrondi à la dizaine, sous réserve que cette valeur soit supérieure au TMJA minimum, sinon, utilisation du TMJA minimum, arrondi à la dizaine.
 - ➔ Des exceptions pourront être réalisées après analyse au cas par cas.
- L'estimation du trafic PL en l'absence de données est de 5 % du trafic tous véhicules (données moyennes nationales hors réseau principal). Certains documents fournissent des indications utiles sur les %PL par type de route : note d'information du Sétra n° 77 d'avril 2007 « Calcul prévisionnel du bruit routier » et guide du CERTU de 2001 « Bruit et études routières – manuel du chef de projet ».

Cette méthode est bien sûr discutable car elle a ses limites et incertitudes. Toutefois, elle permet d'assurer une homogénéité dans le renseignement des données manquantes pour chaque région ou département étudiés, même si les données initiales sont de natures différentes.

Il est bien sûr nécessaire de vérifier les valeurs atypiques (écart mini/max important, TMJA disproportionné par rapport aux caractéristiques géométriques des voies, etc.). Le contrôle des informations avec la BD Ortho® de l'IGN (photos aériennes) est également utile. Ce travail de vérification peut être long et fastidieux mais est impératif pour assurer une certaine cohérence des informations.

■ Détermination des vitesses de circulation

Les données de vitesses de circulation sont souvent non disponibles. Ces vitesses dépendent des caractéristiques géométriques et du trafic supporté sur l'arc routier. Les choix méthodologiques effectués pour déterminer les vitesses à prendre en compte sont importants car ils influenceront fortement les résultats en terme d'émissions et de consommation.

Pour évaluer les vitesses et tenir compte des conditions de circulation pouvant induire des phénomènes de congestion à l'échelle d'une région :

- l'approche utilisée par le réseau scientifique et technique du ministère dans l'évaluation des projets routiers interurbains a été retenue ;
- un utilitaire a été développé sous Excel (utilitaire calcul vitesse en charge-Venligne.xls) permettant de déterminer les vitesses à vide (vitesse théorique en fonction des capacités géométriques de la voie) et en charge (vitesse théorique moyenne prenant en compte les trafics réels) en fonction du type de voie (types_SETRA définis au § 1.2 -).

Cet utilitaire intègre les éléments de calcul des relations temps-débit (ou vitesse-débit) du logiciel de modélisation TransCAD®, utilisant lui-même des formules du modèle BPR (Bureau of Public Roads américain) pour le calcul du temps de parcours. Il existe une méthode de calcul du temps de parcours adaptée selon le type de route :

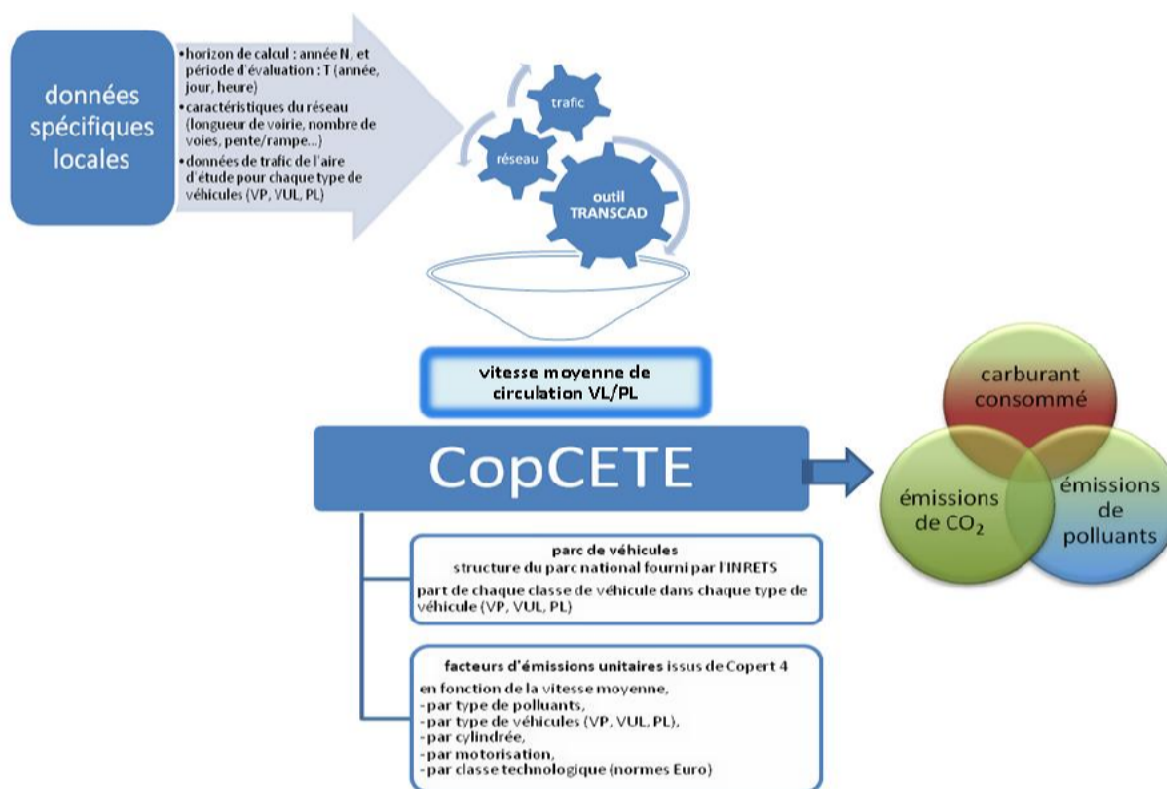
- pour les arcs autoroutiers interurbains ;
- pour les arcs interurbains non autoroutiers ;
- pour les arcs en traversée de petites agglomérations ;
- pour les arcs urbains.

Il est bien sûr nécessaire de procéder à des vérifications de cohérence. Des contrôles spécifiques et des modifications éventuelles, seront réalisés sur les sections de voiries à vitesses atypiques, telles que les rocades (exemple : rocade à 2x3 de type autoroutier à vitesse réglementée à 90 km/h pour les VL et 80 km/h pour les PL).

La difficulté d'obtenir des données très précises de trafic pour l'ensemble des routes à l'échelle d'une région a incité le CETE du Sud-Ouest à retenir cette méthode. En effet, les données nécessaires à l'évaluation des vitesses en charge sont : la capacité de l'infrastructure, les coefficients de la formulation BPR propres à chaque type de route calibrés par le Sétra, le TMJA, le %PL ainsi que des facteurs de concentration pour les VL et les PL. Ces facteurs de concentration reflètent la dispersion des trafics dans la journée et dans l'année afin d'identifier la pointe de trafic et son poids dans l'ensemble des flux circulant tout au long de l'année.

La construction des profils de vitesses moyennes par périodes (heures de pointe, heures creuses), notamment pour les voiries principales qui connaissent des périodes récurrentes de congestion, pourrait être envisagé.

1.4 - Mode de calcul des émissions



Une fois l'ensemble des tronçons de voies renseigné dans la base de données, le calcul des émissions de polluants et des consommations de carburant peut être réalisé.

■ Le logiciel de calcul utilisé est CopCETE

L'outil COPCETE est basé sur la méthodologie COPERT 4. Le principe de fonctionnement de cet outil consiste à sommer les contributions élémentaires des véhicules circulant pendant une durée donnée (le jour, quand les données de trafic sont en TMJA, qui sera multiplié par 365 pour obtenir des résultats annuels dans le cadre des bilans régionaux) sur la voirie de l'aire d'étude.

Les polluants pris en compte par ce logiciel sont ceux issus de la Circulaire Air et Santé du 25 février 2005 et de sa Note Méthodologie sur l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières.

Précédemment, le logiciel utilisé était Impact-ADEME SIG v2.0. Ce logiciel est basé sur la méthodologie COPERT III, maintenant obsolète.

L'outil COPCETE nécessite les données suivantes pour le calcul des émissions et consommations :

- Le trafic (exprimé en TMJA) sur chaque tronçon de route avec répartition par type de véhicules (VL/PL au minimum).
- Les longueurs de chaque tronçon de route. Elles sont calculées, dans ce cas, à partir des éléments de la base de données BD Carto de l'IGN.
- Les vitesses moyennes de circulation. Elles sont issues de calculs réalisés avec l'utilitaire développé par le CETE SO (cf. § 1.3 -).

Discussion sur le choix du modèle de calcul des émissions :

Il existe plusieurs types de modèles dédiés au calcul d'émissions polluantes liées au transport routier. Ils peuvent être classés en 3 catégories :

- *La méthodologie de calcul des émissions polluantes COPERT (Computer Program to calculate Emission from Road Transport), est basée sur la vitesse moyenne de circulation du flot de véhicules et est fondée sur une base de données des facteurs d'émissions routiers, facteurs qui permettent de convertir des données quantitatives d'activité en émissions de polluants.*

Issue d'une suite de travaux menés depuis les années 1990 par différents organismes et laboratoires de recherche européens, la dernière version de la méthodologie, COPERT 4, est désormais diffusée par EMISIA (www.emisia.com/copert/) et est régulièrement mise à jour.

- *Le modèle ARTEMIS fournit des facteurs d'émission pour les 4 classes de circulation ou « cycles de conduite » suivants en fonction du rapport entre la vitesse moyenne du flot de véhicule et la vitesse limite autorisée :*

Vitesse du flot / vitesse limite	0 et 30 %	30 à 65 %	65 à 85 %	85 à 100 %
Type de circulation	Chaotique (stop and go)	Congestionné	Dense	Fluide

- *Ce modèle permet également d'analyser avec détail les émissions de la classe « chaotique ». Il est plus particulièrement adapté à l'étude des émissions de routes régulièrement saturées ou congestionnées. Il est plus difficile à mettre en œuvre que COPERT4 pour des bilans annuels à l'échelle régionale car il nécessiterait à cette fin de disposer d'un grand nombre de données souvent indisponibles ou dont l'acquisition est coûteuse (vitesses limites autorisées géocodées sur l'ensemble du réseau, variations temporelles des vitesses moyennes des flots de véhicules par section routière pour classer les conditions de circulation).*
- *Les modèles microscopiques (ou instantanés) d'émissions (INST, Copert 4 avec accélération) prennent en compte la vitesse réelle et le type de circulation. **Encore au stade expérimental**, ce type de modèles est basé sur un échantillon de véhicules plus faible et nécessite un modèle de simulation dynamique du trafic. Il est très gourmand en calcul et en données, non adapté pour des bilans annuels régionaux.*

Le modèle choisi pour les calculs d'émissions des bilans régionaux est donc COPERT 4, mis en œuvre dans le logiciel CopCETE, développé par le Réseau Scientifique et Technique du MEDDTL.

■ Le parc :

Déterminés à partir des fichiers d'immatriculation, il existe 3 parcs spécifiques :

- le parc « CITEPA », inventaire national réactualisé tous les ans ;
- le parc INRETS , intégrant un parc roulant faisant l'objet de projections sur des horizons futurs – jusqu'en 2025 – selon des lois de survie et les évolutions technologiques – renouvellement du parc incluant toutes les formes de sortie du parc automobile – mise au rebut, vente à l'étranger,... et entrée de nouveaux véhicules respectant les nouvelles normes Euro ;
- le parc de véhicules élaboré à partir de la base de données communales de cartes grises gérée par le Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS, au sein du ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement).

Le parc utilisé est celui élaboré par l'INRETS à partir des travaux réalisés par Charlotte HUGREL et Robert JOUMARD « Transport routier – Parc, usage et émissions des véhicules en France de 1970 à 2025 » rapport de convention ADEME/INRETS – LTE – septembre 2004, mis à jour par des travaux complémentaires en 2008, travaux portant notamment sur la structure du parc poids lourds afin d'intégrer les catégories poids lourds prises en compte par Copert 4 (distinction entre PL rigides et convois articulés).

Ce choix répond :

- d'une part, à la préoccupation d'élaborer des scénarios prospectifs : c'était le seul parc intégrant des projections à moyen terme disponible lors de la réalisation de l'étude. En 2012, le CITEPA a construit un parc prospectif couvrant les années 2012 à 2031 ;
- d'autre part, l'utilisation d'un parc « local » ne serait opportun que pour le trafic interne (définition *cf.* Glossaire), qu'il n'est pas facile de distinguer, aujourd'hui et de façon exhaustive, au sein du trafic total.

Ce parc présente toutefois quelques inconvénients :

- non prise en compte des 2 roues motorisés ;
- non distinction des cars et autobus au sein des poids lourds ;
- non distinction des véhicules utilisant d'autres carburants que essence ou diesel, et véhicules dé-carbonés parmi les véhicules particuliers (part estimé à moins de 0,4 % aujourd'hui – parc CITEPA 2008).

Un nouveau parc est en cours de finalisation par l'IFSTTAR, pour améliorer la prise en compte de ces éléments. (Il est disponible en version provisoire sur simple demande à l'IFSTTAR).

Ce nouveau parc IFSTTAR estime le parc automobile français de 1980 à 2030. Il est détaillé par type de véhicules (VP, VUL, PL, Autocars, Autobus, 2-roues), par catégories (carburant, taille), par segments (cylindrée, motorisation, taille) et par sous-segments (normes euro). Les différentes catégories sont synthétisées dans le Tableau 2.

Type de véhicules	Catégories	Segments	Sous-segments (normes euro)	Nombre de sous-segments par catégorie
VP	Diesel	3 cylindrées (<1.4l, 1.4l<2l, >2l)	pre-Euro à Euro-6	24
	Essence	3 cylindrées (<1.4l, 1.4l<2l, >2l)	pre-Euro à Euro-6	41
		E85	Euro-4 à Euro-6	
		GPL	Euro-2 à Euro-6	
	Autres	Hybrides diesel	Euro-4 à Euro-6	19
		Hybrides essence	Euro-3 à Euro-6	
Electrique		Euro-2 à Euro-6		
VUL	Diesel	3 cylindrées (M+N1-I, N1-II, N1-III)	Euro-0 à Euro-6	21
	Essence	3 cylindrées (M+N1-I, N1-II, N1-III)	Euro-0 à Euro-6	34
		E85	Euro-4 à Euro-6	
		GPL	Euro-0 à Euro-6	
		GNC	Euro-4 à Euro-6	
	Autres	Electrique	Euro-0 à Euro-6	10
		Non spécifié	Euro-4 à Euro-6	
PL	Rigides	8 Diesel (<7.5t, 7.5-12t, 12-14t, 14-20t, 20-26t, 26-28t, 28-32t, >32t)	Euro-0 à Euro-6	51
		5 GNC (<7.5t, 7.5-12t, 12-14t, 14-20t, 20-26t)	Euro-2 à Euro-6	19
		4 Electrique (<7.5t, 14-20t, 20-26t, 26-28t)	Euro-2 à Euro-6	10
		2 Non spécifié (hybride, autres énergies)	Euro-3 à Euro-6	7
	Tracteurs/Articulés	7 Diesel (<7.5t, 7.5-14t, 14-20t, 20-28t, 28-34t, 34-40t, 50-60t)	Euro-0 à Euro-6	38
		2 GNC (28-34t, 34-40t)	Euro-3 à Euro-6	5
		2 Non spécifié (hybride, autres énergies)	Euro-3 à Euro-5	5
	Autocars	Midi-bus	<=15t	Euro-0 à Euro-6
Standard		<=18t, <=18t GNC	Euro-0 à Euro-6	9
Articulés		>18t, >18t GNC	Euro-0 à Euro-6	8
Autres		2 Non spécifié	Euro-2, Euro-3, Euro-5	3
Autobus	Midi-bus	<=15t, <=15t GNC	Euro-0 à Euro-6	8
	Standard	>15-18t, >15-18t GNC	Euro-0 à Euro-6	12
	Articulés	>18t, >18t GNC	Euro-0 à Euro-6	12
	Autres	2 Non spécifié	Euro-2 à Euro-6	8
2 roues	Cyclomoteurs	<=50 cc, eBike (électrique)	pre-Euro à Euro-3	6
	Motos	2 temps (<=150cc)	pre-Euro à Euro-5	6
		4 temps (<=150cc, 150-250cc, 250-750cc, >750cc)	pre-Euro à Euro-5	24

Tableau 2: Composition du parc de véhicules par catégories et sous-segments; Source : parc IFSTTAR mars 2013

La construction d'un parc automobile s'appuie sur (Source : *Elaboration des données de parc automobile, Rapport IFSTTAR-LTE 2013*) :

«o des **données annuelles d'immatriculations** (tirées du fichier des cartes grises), [...]

o des **taux de survie** appliqués à ces immatriculations afin de dénombrer les véhicules de chacune des catégories et selon leur âge et qui demeurent présents dans le parc automobile au bout de N années. [...] Les hypothèses de survie des véhicules, appliquées aux immatriculations annuelles au fil du temps sont des données particulièrement cruciales de l'estimation du parc automobile en nombre et en âge.

De fait ces hypothèses de survie traduisent 2 réalités bien distinctes : 1- la « durabilité » ou longévité des véhicules au sens de leur capacité à résister au temps, 2- les comportements d'achats ou de renouvellement des véhicules qui eux peuvent être liés à des conditions économiques ou d'opportunité (prime à la casse, promotions, etc.), ou de mode, et intègrent également la longévité des véhicules.. Ces dernières sont assez fragiles car élaborées à partir de peu d'observations, sur des plages temporelles très restreintes et sur des grandes catégories de véhicules. L'ensemble des résultats par catégories détaillées constitue une image du **parc statique** (non pondéré par son utilisation), ». Un taux de survie est déterminé pour chaque sous-segment ce qui équivaut à environ 387 lois de survie.

« o les hypothèses d'entrée en vigueur des réglementations des émissions de polluants des véhicules (année d'entrée en vigueur, pourcentage de véhicules nouvellement immatriculés et concernés par la nouvelle réglementation). Ces hypothèses - combinées avec les immatriculations et taux de survie – constituent l'image du **parc statique décliné par réglementations** (non pondéré par son utilisation).

o des hypothèses d'utilisation des véhicules ou **kilométrages annuels**, variables selon les catégories et décroissants généralement avec l'âge des véhicules. Ces hypothèses d'utilisation permettent de déterminer le kilométrage total annuel parcouru par chacune des catégories ou sous-catégories de véhicules (ou volume de trafic), et l'ensemble des résultats constitue l'image du **parc en circulation ou roulant**.

[...]

- S'ajoute à ce schéma l'application de tendances ou/et hypothèses prospectives (c) pour les années futures. »

Les hypothèses prospectives ont été construites en élaborant des tendances d'évolution sur la base de données actuelles ; ensuite l'IFSTTAR a établi des équilibres entre carburants et nouvelles technologies à l'aide d'échanges avec l'ADEME sur des travaux récents de prospectives.

Un premier scénario d'évolution à l'horizon 2030 a été déterminé en lien avec l'ADEME. Il permet l'élaboration des hypothèses prospectives d'immatriculations nouvelles par catégories de véhicules. L'IFSTTAR envisage également d'élaborer d'autres scénarios d'évolution des parcs.

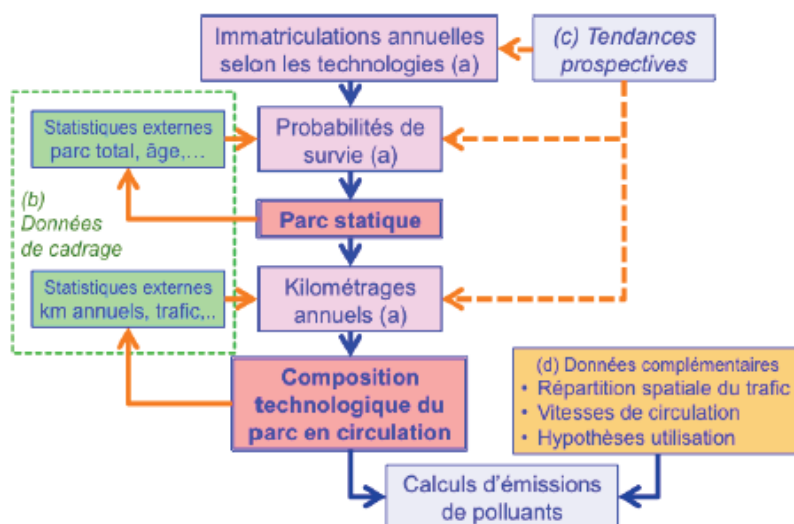


Figure 1: Schéma de principe de la détermination de la composition des parcs automobiles et trafics selon les caractéristiques techniques détaillées des véhicules, en vue des calculs d'émission de polluants.
 (a) données de base entrant dans le calcul ; (b) données de cadrage, ajustement éventuel sur des statistiques externes ; (c) tendances prospectives ; (d) autres données nécessaires aux calculs d'émission

Illustration 3: Schéma de principe de la détermination d'un parc; Source : Elaboration des données de parc automobile, Rapport IFSTTAR-LTE 2013

■ Les fonctionnalités prises en compte sont :

- Le calcul des émissions à chaud.
- Le calcul des sur-émissions à froid pour les VL.

Il est important de ne pas négliger les sur-émissions à froid. En effet, ces émissions sont conséquentes surtout en milieu urbain où la majorité des distances parcourues le sont à froid. Par exemple, les pots catalytiques mettent un certain temps avant de fonctionner « normalement », durant ce laps de temps, les émissions en polluants sont plus élevées.

Le facteur bêta (β) est un facteur multiplicatif appliqué aux émissions à chaud pour la fraction de roulage parcourue à froid par les véhicules. Il correspond à la proportion de kilomètres parcourus à froid, qui dépend d'une longueur moyenne de trajet (l'ADEME préconise 12 km pour la France).

L'outil CopCete propose par défaut une valeur de $\beta = 0.3$, issue de l'application de la longueur moyenne ci-dessus. En l'absence de données particulières sur les longueurs de déplacement, spécifiques à la région, c'est cette valeur qui est utilisée.

- Le calcul des émissions par évaporation pour les VL.
- La prise en compte de la pente/rampe pour le trafic PL, lorsque la zone étudiée le justifie.

L'outil CopCete fonctionnant dans un tableur, le nombre de tronçons qu'il est possible de traiter en une fois est limité à environ 4 000. Pour contourner cette limite d'utilisation qui est largement dépassée avec des bases de données régionales (pouvant dépasser 100 000 arcs comme en Aquitaine par exemple), un utilitaire a été développé.

Il consiste à bâtir des tables de facteurs d'émission « agrégés » par type de véhicules (VP, VUL, PL), selon la vitesse de circulation et la rampe/pente pour les PL, pour l'année considérée, à partir de CopCete. Ces tables sont ensuite utilisées sous MapInfo pour réaliser les calculs pour chaque tronçon et permettent d'intégrer les résultats dans la base de données.

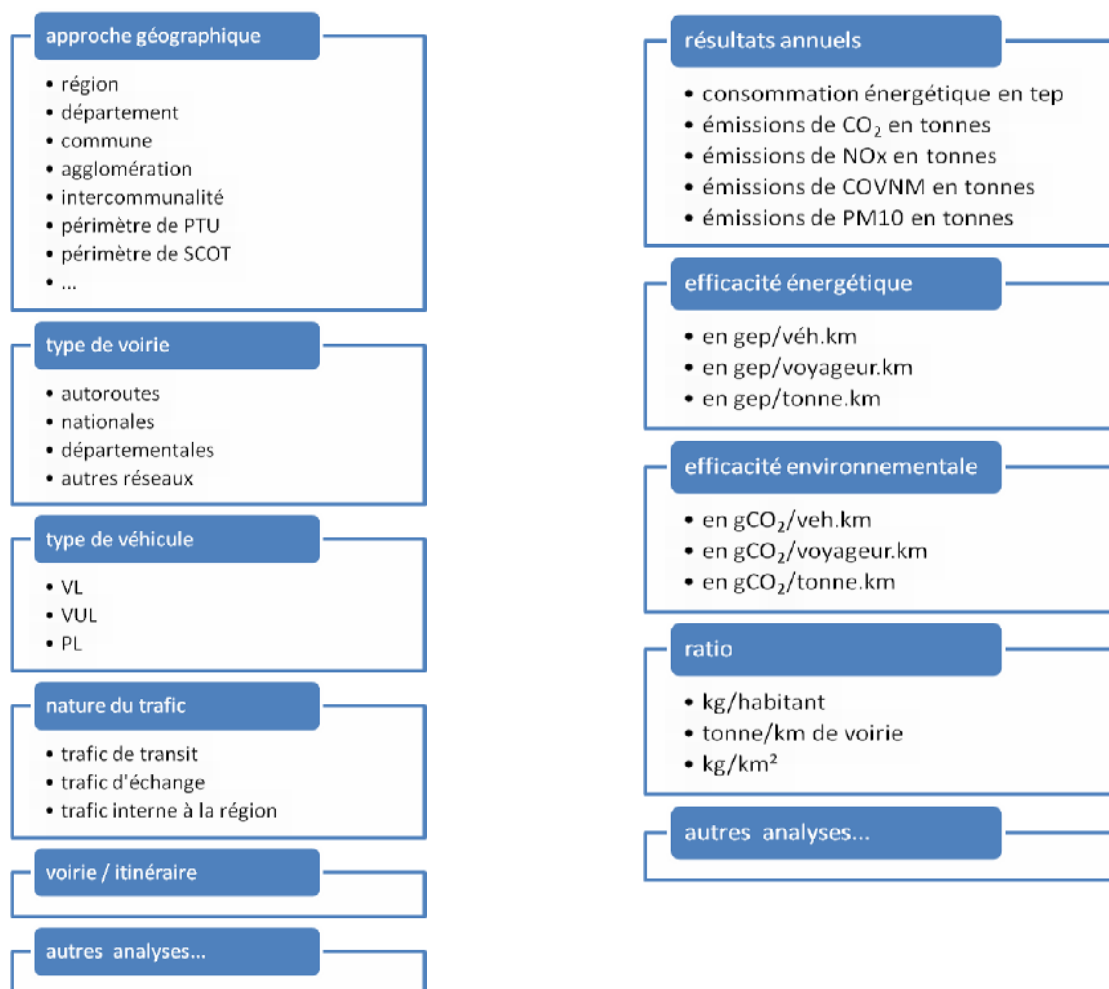
■ Déclinaison des résultats

Les principaux résultats sont des quantifications de consommation énergétique et d'émissions de CO₂ et de polluants.

L'exploitation de ces résultats permet de mettre en évidence des points spécifiques à la région étudiée, de réaliser des comparaisons entre territoires, de confirmer, infirmer ou rétablir des idées pré-conçues.

Ces résultats peuvent aider le commanditaire à orienter les pistes de réflexion pour établir les scénarios prospectifs qu'il souhaite évaluer.

L'ensemble des quantifications peut être décliné selon différentes approches et permet d'établir des indicateurs :



Des approches spécifiques peuvent être réalisées à la demande et lorsque des données particulières peuvent être exploitées, par exemple sur les transports collectifs urbains et/ou interurbains, périmètres particuliers...

Les ratios établis permettent également des comparaisons inter-régionales, lorsque des bilans y ont été réalisés avec la même méthode.

Les transports en commun sont inclus dans les poids lourds. De ce fait, les voyageurs x km sont comptés dans les tonnes x km. (cf. §1.5 -).

L'indicateur kg par habitant est à utiliser avec précaution car il sera compris comme étant l'émission moyenne d'un habitant pour se déplacer ce qui n'est pas le cas de l'indicateur calculé qui englobe le trafic de transit.

L'outil développé étant sous format SIG, des cartographies viennent illustrer les différents résultats, ainsi que différents graphes – cf. § 1.6 - avec des exemples de représentation.

1.5 - Approche spécifique des TC

L'estimation de l'énergie consommée par les véhicules de transports collectifs urbains, et les émissions associées, est basée sur les données de l'enquête annuelle CERTU sur les réseaux urbains de province. Les résultats de cette enquête permettent de connaître pour chaque réseau les données d'exploitation et tout particulièrement les kilométrages annuels effectués par les véhicules et les vitesses commerciales.

Le bilan énergétique et environnemental a été établi à l'aide du logiciel IMPACT-ADEME V.2. Cependant, cet outil ne permet pas de prendre en compte les spécificités des réseaux, à savoir l'utilisation de carburant autre que le gasoil (diester, GNV,...). La vitesse moyenne utilisée dans le calcul est la vitesse commerciale.

Les données réelles de consommation qui ont été fournies ponctuellement n'ont donc pas été utilisées dans les calculs qui apparaissent ci-dessous afin d'avoir la même approche pour tous les réseaux.

Nota : les résultats énoncés sont englobés dans les résultats du mode routier. Ils constituent un zoom spécifique.

Exemple de la région Poitou-Charentes

Plusieurs réseaux ont fait l'objet de cette approche, représentant chacun des longueurs de ligne et une population desservie très variable :

2007	Périmètre de transports urbains			km parcourus	voy.km	type de carburant
	Nb de communes	longueur réseau (km)	population			
	2007	2007	1999	2007	2007	2007
Angoulême	15	244	108 356	4 587 000	2,0	100 % diester avec FAP
La Rochelle	18	254	144 705	3 444 000	1,8	gasoil et diester
Saintes	4	45	31 979	494 000	1,9	non précisé
Royan*	31	498	67 518	185 000	0,4	gasoil euro IV
Niort	29	403	99 429	1 792 000	1,7	gasoil euro IV
Poitiers	12	240	130 109	5 541 000	2,5	60 % GNV et 40 % gasoil
Châtelleraut	12	342	55 211	988 000	2,0	100 % diester

source : CERTU

FAP : filtre à particules

* : l'année 2007 est la première année renseignée dans l'enquête CERTU - il existe des incertitudes sur ces données

2007	vitesse commerciale	consommation tonne diesel	CO2 kg	NOX kg	COVNM kg	PM kg
Angoulême	23,7	1 620	5 082 000	41 920	4 700	1 569
La Rochelle	23,8	1 220	3 815 700	31 470	3 500	1 178
Saintes	22,5	180	557 900	4 620	531	175
Royan	28,9	60	188 300	1 530	150	55
Niort	18,6	710	2 206 400	18 590	2 400	734
Poitiers	19,5	2 130	6 665 400	55 910	7 000	2 182
Châtelleraut	19,7	380	1 188 500	9 970	1 300	389

En fonction de la date de mise en circulation des véhicules lourds, ils doivent respecter des normes européennes (cf. Erreur : source de la référence non trouvée).

Des fiches pour chaque filière technologique ont été réalisées par la Fédération Nationale des Transports de Voyageurs en collaboration avec l'ADEME, permettant des comparaisons entre les différents carburants utilisables par les autocars (cf. Glossaire pour la définition de chaque carburant), en référence à la norme Euro 3 (applicable à la date d'élaboration de ces fiches – parution avril 2007).

Tableau comparatif des filières multicritères pour les autocars

	Impact sur la santé				Gaz à effet de serre	Coûts			Perception	
	CO	HC	NOx	Particules		Investissement	Exploitation	Fiabilité	Bruit Odeur Fumée	Image
Gazole 10 ppm										
Diester										
Emulsion										
Ethanol										
FAP										
DeNO _x										
GNV										
GPL										
Electrique										
Hybride										
Pile à combustible										

Légende

Moins bien que Diesel Euro 3	Moins bien que Diesel Euro 3	Egal Diesel Euro 3	Mieux que Diesel Euro 3	Beaucoup mieux que Diesel Euro 3
------------------------------	------------------------------	--------------------	-------------------------	----------------------------------

Source : ADEME

Extrait de Fiches Conseil Environnement – avril 2007 (cf. références complètes dans la bibliographie)

1.6 - Exemple de base de données routières

■ Présentation générale :

- La base de données géographiques descriptives du réseau routier est composée d'éléments vectoriels (les arcs) et de données attributaires. Les arcs représentent le réseau routier, issus de la BD CARTO®. Les données attributaires associées aux arcs sont issues de la BD CARTO® et des données de trafics véhicules légers (VL) et poids-lourds (PL) recueillies auprès des services de l'Etat (DIR, DDT), des sociétés d'autoroutes, des conseils généraux et des collectivités territoriales. Lorsque les données n'étaient pas disponibles, des hypothèses ont été faites par le CETE Sud-Ouest à titre d'expert. Les trafics sont exprimés en TMJA.
- Les données de trafics VL et PL sont rapportées à une vitesse de circulation attribuée à chaque arc du réseau calculée en fonction du TMJA par type de véhicule et par type de voies via un utilitaire TransCAD® (calculs à partir des courbes débit/vitesse).
- Les calculs des émissions de polluants et de CO₂ ont été réalisés à partir de l'exportation des trafics et des vitesses en charge VL, VUL et PL dans le logiciel Impact -AdemeV2 – SIG (modèle des émissions COPERT III).

■ Format des données

- Les données sont structurées selon le tableau page ci-après,
- Source des données :
 - IGN : Une couche d'arcs contenant la géométrie des lignes du réseau routier issue de la BD CARTO® décembre 2007.

- Projection utilisée : Lambert II Carto – Paris <=V7.5.
- Trafics en TMJA pour l'année 2007: DIR, DDT, sociétés d'autoroutes, conseils généraux et collectivités territoriales.
- Autres données : émissions de polluants (NO_x, PM10, COVNM, CO, COV) et de CO₂ par calcul.
- Exhaustivité et cohérence logique : Données de trafics exprimés en TMJA pour l'année 2007 : trafics réels et hypothèses lorsque la donnée n'était pas disponible.

■ Exemple

- En noir, les champs existants initialement dans la BD Carto® et en bleu, les champs créés.

CHAMP	TYPE	DESCRIPTION
ID-TRRTE	Texte	Identifiant IGN du tronçon de route
VOCATION	Texte	Cet attribut matérialise une hiérarchisation du réseau routier basée, non pas sur un critère administratif, mais sur l'importance des tronçons de route pour le trafic routier.
NB_CHAUS	Texte	Nombre de chaussées
NB_VOIES	Texte	Nombre total de voies
ETAT	Texte	Etat physique
ACCES	Texte	Accès
POSITION	Texte	Position par rapport au sol
VERT	Texte	Appartenance au réseau vert
SENS	Texte	Sens de circulation
NBV_MON	Texte	Nombre de voies de la chaussée montante, celle où la circulation se fait dans le sens nœud initial vers nœud final.
NBV_DES	Texte	Nombre de voies de la chaussée descendante, celle où la circulation se fait dans le sens nœud final vers nœud initial.
USAGE	Texte	Cet attribut permet de distinguer les tronçons en fonction de leur utilisation potentielle pour la description de la logique de communication et/ou une représentation cartographique
DATE	Texte	Uniquement pour les tronçons en construction, mois et année de prévision de mise en service.
ID_SOM_I	Texte	Il s'agit de la traduction de la relation topologique participant à la gestion de la logique du parcours du réseau routier : elle précise le nœud initial du tronçon routier.
ID_SOM_F	Texte	Il s'agit de la traduction de la relation topologique participant à la gestion de la logique du parcours du réseau routier : elle précise le nœud final du tronçon routier.
ID_ROUTE	Texte	Il s'agit de la route à laquelle appartient le tronçon routier. Si le tronçon n'appartient pas à une route, ID_ROUTE = 0.
TOPONYME	Texte	Seuls les noms de ponts, viaducs, tunnels sont portés par les tronçons. Les autres toponymes sont portés par les itinéraires routiers (voir plus loin).

CHAMP	TYPE	DESCRIPTION
NUMERO	Texte	Numéro de la route
CLAS_ADM	Texte	Classement administratif
GESTION	Texte	Numéro du département gestionnaire de la route
Numero_zone		Rattachement à une zone géographique (cf. valeurs d'attributs) et utilisée pour l'estimation des trafics manquants
ZONE	Texte	Typologie de la zone à laquelle appartient l'arc renseigné (urbain ou interurbain) à partir de l'occupation du sol (référence à la base de données Corine Land Cover)
CLE_PASSAGE		Constituée à partir des champs Zone, Vocation, Nb_voies, acces, nbv_mon, nbv_des et class_adm, elle permet le calcul des temps de parcours par application de la méthodologie TransCAD®
Type-SETRA_VDF		Type de voies dans TransCAD®
Setra_Nom_route		Dénomination des types de voies dans TransCAD®
VITESSE_A_VIDE_VL		Vitesse théorique des VL issue de TransCAD®
VITESSE_A_VIDE_PL		Vitesse théorique des PL issue de TransCAD®
Distance		Longueur de l'arc en km
TMJA_TV_2007		Trafic moyen journalier annuel 2007 tous véhicules
Pourcentage_PL_2007		Part des poids-lourds sur l'arc considéré par rapport au trafic total (0,05 correspondant à 5% de PL parmi le trafic tous véhicules)
TMJA_VL_2007		Trafic moyen journalier annuel 2007 Véhicules légers (VL comprenant les véhicules particuliers – VP et les véhicules utilitaires légers – VUL)
TMJA_PL_2007		Trafic moyen journalier annuel 2007 Poids-lourds (PL), y compris les autocars
Vitesse_charge_VL		Vitesse théorique des VL issue de TransCAD®
Vitesse_charge_VUL		Vitesse théorique des VUL issue de TransCAD®
Vitesse_charge_PL		Vitesse théorique des PL issue de TransCAD®
Conso_Ess		Résultats des consommations énergétiques essence, exprimés en g/jour
Conso_Ess_VL		Résultats des consommations énergétiques essence pour les VL, exprimés en g/jour
Conso_Diesel		Résultats des consommations énergétiques diesel tous véhicules, exprimés en g/jour
Conso_Diesel_vl		Résultats des consommations énergétiques diesel pour les VL, exprimés en g/jour
Conso_Diesel_pl		Résultats des consommations énergétiques diesel pour les PL, exprimés en g/jour
CO2		Résultats des émissions de CO ₂ tous véhicules, exprimés en g/jour
CO2vl		Résultats des émissions de CO ₂ véhicules légers, exprimés en g/jour
CO2pl		Résultats des émissions de CO ₂ poids-lourds, exprimés en g/jour
NOx		Résultats des émissions de NOx tous véhicules, exprimés en g/jour

CHAMP	TYPE	DESCRIPTION
NOxvl		Résultats des émissions de NOx véhicules légers, exprimés en g/jour
NOxpl		Résultats des émissions de NOx poids-lourds, exprimés en g/jour
PM		Résultats des émissions de PM 10 tous véhicules, exprimés en g/jour
PMvl		Résultats des émissions de PM 10 véhicules légers, exprimés en g/jour
PMpl		Résultats des émissions de PM 10 poids-lourds, exprimés en g/jour
COVNM		Résultats des émissions de COVNM tous véhicules, exprimés en g/jour
COVNMvl		Résultats des émissions de COVNM véhicules légers, exprimés en g/jour
COVNMpl		Résultats des émissions de COVNM poids-lourds, exprimés en g/jour
EquiCO2		Résultats des émissions totales tous véhicules exprimés en g/jour équivalent CO ₂

SECTORISATION (exemple de la région Poitou-Charentes)

CHAMP	VALEUR	TRADUCTION	SEMANTIQUE
Numéro de zone	10		département Charente hors SCOT Angoulême
Numéro de zone	11		aire du SCOT Angoulême
Numéro de zone	20		département Charente maritime hors CA La Rochelle et CC Saintes
Numéro de zone	21		communauté d'agglomération de La Rochelle
Numéro de zone	22		communautés de communes du Pays Santon
Numéro de zone	30		département Deux Sèvres hors CA Niort
Numéro de zone	31		communauté d'agglomération de Niort
Numéro de zone	40		département Vienne hors SCOT
Numéro de zone	41		aire du SCOT Poitiers Châtelleraut

2 - Mode ferroviaire

La quantification des émissions de polluants du transport ferroviaire s'appuie sur les trafics constatés par type de traction et la reconstitution des consommations énergétiques s'y rapportant auxquelles s'appliquent des facteurs d'émissions conventionnels issus du rapport OMINEA⁶ pour les énergies fossiles et du Bilan Carbone® de l'ADEME pour l'utilisation de l'électricité.

La prise en compte des émissions résultant de la consommation d'électricité est un point de méthode important (*cf.* point vigilance du .§4 - chapitre d'introduction de la méthode).

■ Méthodologie générale :

Décomposition de chaque étape	
Recueil de données	Après de la direction régionale de la SNCF, de RFF et du Conseil Régional
Analyse et conversion	Analyse des données recueillies : Recoupement selon les différentes sources afin d'être le plus exhaustif (SNCF est le principal opérateur mais pas unique). Distinction selon le mode de traction et le type de service.
Calcul des émissions	Deux calculs distincts sont réalisés : - une estimation globale des consommations énergétiques et des émissions de CO ₂ est réalisée à partir de ratio transmis par la SNCF, à savoir : <i>mode électrique</i> : 9 KWh/km et 40gCO ₂ /KWh soit 0.36 kgCO ₂ /km <i>mode thermique</i> : 1.67 l/km soit 4.4 kgCO ₂ /km sur l'ensemble du trafic (voyageurs/marchandises, tous types de service). Application des facteurs d'émission pour la traction thermique (<i>cf.</i> ci-après). - pour le trafic régional voyageurs, les données du Conseil Régional permettent une approche fine par type de matériel utilisé. Ainsi, sont reconstituées les consommations énergétiques de l'ensemble du service à partir des consommations unitaire de chaque type de matériel. Application des facteurs d'émission du gasoil – source OMINEA CO ₂ : 3 140 kg/tep NO _x : 39.48 kg/tep COVNM : 4.65 kg/tep PM ₁₀ : 4.87 kg/tep Calcul des efficacités (g/voy.km)
Contrôle	Contrôle de cohérence des résultats, comparaison avec les valeurs moyennes nationales...
Résultats	Valorisation des résultats obtenus par consommation énergétique, nature d'émission

⁶OMINEA : organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France – rapport d'inventaire national – publication annuelle en février

2.1 - Recueil de données

L'objectif est de reconstituer l'ensemble des circulations et des consommations énergétiques des matériels roulants sur le réseau ferroviaire régional, qu'il s'agisse de transport de voyageurs ou de marchandises, et haut le pied⁷.

Afin de collecter l'ensemble des données nécessaires à la reconstitution des consommations énergétiques, des fiches de recueil de données ont été établies – cf. annexe 2.

■ Les données à collecter sont de différentes natures :

- Le réseau ferré et ses caractéristiques : lignes de chemin de fer traversant le territoire régional, la longueur de chaque section (en km) comprise à l'intérieur de la région, le type d'énergie de propulsion (électrifiée ou thermique).
- Le nombre de trains circulant par section de ligne, sur une année : à obtenir auprès des différents opérateurs ferroviaires.
- Le type de matériel utilisé pour assurer chaque circulation.
- La consommation en litres de gasoil/km et/ou en kWh/km de chaque couple « matériel/circulation ».
- Le nombre de voyageurs annuel / tonnage de fret.

L'unité des données est hétéroclite (consommation sur une ligne, consommation d'un type de train associé au nombre de trains de ce type circulant sur une ligne, etc.).

La BD Carto® de l'IGN peut constituer, avec son thème « réseau ferré » une première approche des données caractéristiques du réseau ferré. Cependant, il est nécessaire d'obtenir des données « consolidées » auprès de RFF.

L'optimum serait de connaître pour chaque section de ligne et pour chaque circulation de train, le matériel utilisé avec sa consommation unitaire sur cette section, le nombre de passagers et/ou le tonnage de marchandises transportées. En effet, il est intéressant d'avoir une approche la plus détaillée possible afin de déterminer les efficacités énergétiques et environnementales de chaque ligne.

Tenir compte des particularités locales, par exemple, l'adjonction de 2 machines de type autorail X 73500 pour assurer des liaisons nécessitant une capacité supérieure à une unité (64 places) et donc une consommation double, ou encore des surconsommations liées au relief – exemple la ligne desservant Le Mont Dore (63).

Ces données sont accessibles auprès de :

- RFF pour les caractéristiques des réseaux ;
- les opérateurs ferroviaires (SNCF, OFP,...) pour les circulations, les consommations unitaires spécifiques et les usage(r)s – voyageurs / tonnage ;
- le Conseil Régional, AOT, pour les TER.

Remarque : Depuis la mise en concurrence de la SNCF, il est plus difficile d'obtenir les données, contrairement à celles des TER. Les données de nombre de voyageurs par train ou par kilomètre sont connues des gestionnaires. Toutefois, elles ne sont pas communiquées pour des raisons de sécurité ou de concurrence.

Le calcul des ratios (voy.km par ligne) pourrait être demandé aux gestionnaires, dans le cadre de l'article L.1211-5 du code des transports.

⁷**Haut le pied** : désigne tout déplacement non commercial d'un véhicule sur le réseau, en raison de contraintes d'exploitation.

■ Analyse et conversion des données

Différentes sources sont utilisées afin d'être le plus exhaustif possible (la SNCF est le principal opérateur mais n'est pas unique).

Ensuite, la distinction des données de circulation et de consommation selon le mode de traction (électrique ou thermique) et le type de service (voyageur ou marchandise) est réalisée.

2.2 - Mode de calcul des émissions

La reconstitution des consommations énergétiques repose donc sur l'exploitation des données de circulation sur le réseau ferré régional.

■ Les consommations globales sont reconstituées à partir des kilométrages parcourus et des consommations unitaires.

Une estimation globale des consommations énergétiques et des émissions de CO₂ est réalisée à partir de ratio transmis par la SNCF sur l'ensemble du trafic (voyageurs/marchandises, tous types de service), à savoir :

- *mode électrique* : 9 KWh/km

- *mode thermique* : 1.67 l/km

Une estimation détaillée par ligne TER est réalisée chaque fois que les données sont accessibles.

■ Les émissions globales sont obtenues par application des facteurs d'émission aux consommations globales.

Ainsi, sont reconstituées les consommations énergétiques de l'ensemble du service à partir des consommations unitaires de chaque type de matériel. Ensuite, les facteurs d'émission du gazoil sont appliqués.

Facteurs d'émission	Traction	
	Électrique	Thermique
Consommations	9kWh/km*	Selon machine si connu ou 1,67l/km*
Émissions de CO ₂	84 g/kWh (<i>contenu CO₂ du kWh du Bilan Carbone®</i>) 40 g/kWh (<i>ratio issu de la note ADEME 14 janvier 2005</i>)	3 097 kg/tep ⁸ (<i>source : OMINEA</i>)
Émissions de NO _x	ND	39,47 kg/tep (<i>source : OMINEA</i>)
Émissions de COVNM	ND	4,65 kg/tep (<i>source : OMINEA</i>)
Émissions de PM ₁₀	ND	4,85 kg/tep (<i>source : OMINEA</i>)

*consommation unitaire fournie par la SNCF.

La prise en compte des émissions résultant de la consommation d'électricité est un point de méthode important (*cf.* point vigilance du §4 - chapitre d'introduction de la méthode). Le choix des intensités carbone du kWh électrique notamment est un point de méthode important. L'Agence Internationale de l'Energie indique une valeur de 90gCO₂/kWh pour 2009 publiée dans un rapport de 2011 en ligne sur son site. L'ADEME a publié une note qui date de 2005 (en ligne sur internet) préconisant la valeur de 40gCO₂/kWh en moyenne. Le CGDD utilise des valeurs de 65gCO₂/kWh pour 2010 et 43gCO₂/kWh pour 2020 en citant les sources « RTE et calculs CGDD » et dans son rapport « Les véhicules électriques en perspective – analyse coûts avantages et demande potentielle », Etudes et documents, CGDD mai 2011.

⁸Tep : tonne équivalent pétrole

Les facteurs d'émissions pour les tractions thermiques sont des facteurs d'émissions moyens suivant la consommation de carburant ne tenant pas compte des différences entre les machines (âge, entretien, etc.)

Hypothèses :

- Il a été décidé d'appliquer la valeur du contenu CO₂ du kWh issue du Bilan Carbone® aux consommations électriques des transports de la région afin que la solution du « tout électrifié » ne soit pas la seule solution retenue pour la diminution des émissions de GES. En effet, cette solution pourrait entraîner des émissions de GES dans d'autres régions.
- Seules les émissions de GES liées à la consommation d'énergie sont quantifiées. Ne sont pas prises en compte celles liées à l'abrasion, l'usure des rails.
- La répartition des circulations ferroviaires par mode de traction sur les lignes électrifiées n'est pas toujours précise. Parfois, la SNCF communique une clé de répartition par région sur les lignes électrifiées. Cette répartition semble amener à une surestimation du trafic par traction thermique, mais par manque de données plus précises, elle sera appliquée.

La prise en compte des consommations détaillées des engins de traction réellement utilisés par le service régional (TER) a pour effet de diminuer les émissions par comparaison aux résultats globaux qui font référence à des ratios moyens tous types de trafics confondus (le trafic de marchandises ayant tendance à générer des consommations moyennes supérieures de par la nature des convois).

L'approche spécifique menée sur les trains régionaux permet d'appréhender les pratiques locales et, donne ainsi la possibilité de tester finement divers scénarios.

Pour le trafic régional de voyageurs, les données du Conseil Régional permettent une approche fine par type de matériel utilisé.

■ Déclinaison des résultats

Les résultats sont :

- des quantifications de consommation énergétique et d'émissions de CO₂ et de polluants ;
- des efficacités (quantité de CO₂ par voyageur/km), si la finesse des données recueillies le permet.

Lorsque les données voyageurs sont connues, les efficacités peuvent être déclinées par type de service (TGV, grandes lignes, TER) voire par lignes ou sections de ligne. Il en est de même pour l'approche « marchandises ».

Si les données locales ne permettent pas cette approche, des ratios nationaux peuvent être utilisés. Dans ce cas, les limites d'interprétation des résultats sont importantes et ne permettent pas la comparaison entre différents modes de transports.

Les valeurs nationales utilisables sont :

- la note méthodologique de calcul des émissions de CO₂ associées aux déplacements – éco comparateurs voyages-sncf.com – version 3 de septembre 2009 qui présente des émissions moyennes par voyageur x km :

Données transport ferroviaire de voyageur

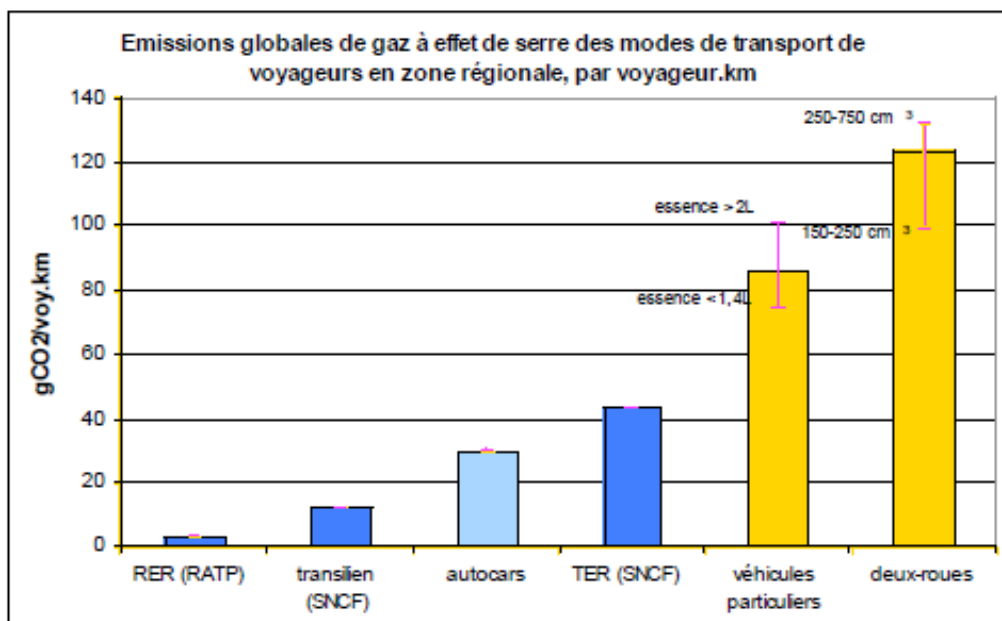
	Facteur d'émission moyen (gCO ₂ /voy.km)
TGV	22.3
TRN	33.1
TER	59.9

Ces données sont basées sur des taux de remplissage moyen des trains TGV, TRN et TER.

Sources :

Bilan carbone 2009 SNCF

- le rapport public thématique de la Cour des Comptes sur le « transfert aux régions du transport express régional TER » de novembre 2009, qui donne des taux d'occupation moyen (année 2006) :
 - 26 % pour les TER ;
 - 48,9 % en 2006 pour les autres trains grandes lignes ;
 - 69,2 % pour les TGV.
- l'étude « efficacités énergétique et environnementale des modes de transport » Janvier 2008 – Deloitte : étude réalisée pour le compte de l'ADEME.



Graph 6 : émissions de GES globales des modes de transports à l'échelle régionale

Afin d'illustrer les résultats, des cartographies sont réalisées avec les consommations ou émissions moyennes au km par ligne.

3 - Mode maritime

L'ensemble des ports de la région, générant un trafic marchand est étudié.

Hypothèses :

- La pêche et la plaisance sont exclues du bilan régional lié aux transports. En effet, la pêche est considérée comme une activité économique (*cf.* rapport OMINEA, dans lequel cette activité est incluse dans le secteur « agriculture – sylviculture – activités halieutiques ») et la plaisance est assimilée à une activité de loisir.
- La quantification des consommations énergétiques et des émissions polluantes du transport maritime dans une région porte uniquement sur la navigation marchande, qu'elle transporte des voyageurs ou des marchandises.
- Les trafics pris en compte se limiteront aux eaux territoriales, soit à une distance de 12 miles nautiques⁹, arrondie à 22,2 km.

Ce choix, différent de celui utilisé au niveau national, est justifié par l'approche territoriale et par la spécificité de ce mode de transport. En effet, l'affectation au port d'origine ou de destination, des émissions d'un navire de marchandises peut être très inégalitaire : par exemple, où doit-on affecter les émissions d'un navire qui effectue une traversée de l'Atlantique et fait escale dans deux ports français? Si la totalité des émissions de la traversée est affectée au premier port atteint, et seulement les émissions de la liaison de type « cabotage » au 2^{ème}, même si le tonnage chargé/déchargé au premier est très limité, il sera fortement pénalisé par cette approche.

Il est rappelé que l'objectif du bilan régional lié aux transports est de quantifier les émissions, identifier les enjeux et tester des scénarios d'évolution, et non, comme les inventaires nationaux, répondre à des exigences méthodologiques permettant de les sommer entre eux.

- La méthodologie utilisée s'appuie sur le rapport « étude de l'efficacité énergétique et environnementale du transport maritime » réalisée par de nombreux partenaires (ADEME, MEEDDAT) en date d'avril 2009, qui, à partir d'une typologie de navire (catégorie/type/capacité) et son profil d'exploitation, établit des efficacités énergétique et environnementale moyennes.

Cette méthode, basée sur des ratios moyens, ne permet pas toutefois la comparaison des efficacités énergétique et environnementale des différents modes de transport propres à la région étudiée.

■ Méthodologie générale (exemple de la région Poitou-Charentes):

Décomposition de chaque étape	
Recueil de données	Auprès des ports, des observatoires régionaux des transports, des CCI
Analyse et conversion	Analyse des données recueillies : forme et nature pouvant être très variable <i>Exemple :</i> - dans les données du port de La Rochelle, les données recueillies font état du « volume taxable » de chaque navire, - pour le port de Rochefort, c'est par interview que la capacité des navires a été déterminée (caractéristiques d'accès au port limitant la capacité des navires) Définition pour chaque navire de sa capacité de chargement (tpl) à partir des données connues (volume taxable, masse volumique de la cargaison,...).
Classification	A partir du « tpl » déterminé pour chaque navire et la nature de la cargaison, identification de la typologie de navire correspondante (<i>cf.</i> tableau ci-après).

⁹Un **mile nautique** équivaut à 1 852 mètres.

Calcul des émissions	<p>Application des efficacité énergétique (gép/tonne.km), et efficacité environnementale (gCO₂/tonne.km et gNO_x/tonne.km, cf tableaux 5 à 7) à chaque navire.</p> <p>Il a été retenu d'utiliser les « profils moyens » - le profil d'exploitation moyen correspond à une situation où 50 % des trajets se font « à plein » et 50 % « à vide » : situation plutôt commune dans l'exploitation des navires.</p> <p>Ces coefficients s'appliquent à la capacité du navire/2 (pour prendre en compte la notion de profil moyen) * 22.2 km (distance moyenne parcourue dans les eaux territoriales) * 2 (entrée + sortie).</p> <p>Pour estimer les émissions des autres polluants, les calculs seront réalisés à partir des consommations énergétiques et application des facteurs d'émissions du rapport OMINEA.</p> <p>L'hypothèse retenue sur la qualité de carburant est l'utilisation du fioul lourd.</p> <p>Les facteurs d'émissions utilisées sont :</p> <p>COVNM : 68 g/GJ 2 846 g/tep PM₁₀ : 139 g/GJ 5 818 g/tep avec 1 tep équivalent à 41.855 GJ.</p>
Contrôle	Contrôle de cohérence des résultats entre navires, entre différents ports...
Résultats	Valorisation des résultats obtenus par nature d'émission, par tonne de marchandises transportées.

3.1 - Recueil de données

Après identification des ports implantés sur le territoire régional, il s'agit de collecter les données disponibles pour chaque escale réalisée dans ce(s) port(s) pour caractériser les navires, conformément à la typologie élaborée dans l'étude référence.

Afin de collecter l'ensemble des données nécessaires à la reconstitution des consommations énergétiques, des fiches de recueil de données ont été établies – cf. annexe 2.

■ Données à collecter pour chaque typologie de navires :

- Le type de navire : la typologie se définit à partir de la catégorie des navires – vraquiers, pétroliers, transporteur de produits pétroliers, méthaniers, gaziers, porte conteneurs, ferry et roulier, et de leur capacité (cf. tableau 3) ;
- Le nombre d'escales par type de navire ;
- Pour pouvoir approfondir l'activité du port :
 - le type de cargaison ;
 - le tonnage de marchandises (ou nombre de passagers) chargé et/ou déchargé ;
 - l'origine et la destination.

CATEGORIE	TYPE	CAPACITE
NAVIRES VRAQUIERS	Capesize	180 000 tpl
	Panamax	75 000 tpl
	Handymax	52 000 tpl
	Handysize	28 500 tpl
	Petit vraquier / fluvio-maritime	5 à 6 000 tpl
NAVIRES PETROLIERS	VLCC	300 000 tpl
	Aframax	100 000 tpl
TRANSPORTEURS DE PRODUITS PETROLIERS	Handy product	37 000 tpl
	Petit product tanker	16 000 tpl
NAVIRES METHANIER	Méthanier Diesel	145 000 m3
	Méthanier Turbine	145 000 m3
NAVIRES GAZIERS	Petit GPL	6 500 m3
	VLGC	53 000 m3
NAVIRES PORTE CONTENEURS	PC 800 evp	10 000 tpl
	PC 1 600 evp	21 500 tpl
	PC 2 200 evp	30 500 tpl
	PC 5 500 evp	73 500 tpl
	PC 9 500 evp	115 000 tpl
FERRY	Ferry de nuit	6 300 tpl Cabines / 2000 pax 1000 ml
	Ferry de jour	5 700 tpl 1900 pax
	Navire Ro-Pax	3 800 tpl 1000/1500 pax 2000 ml
NAVIRE ROULIER	RoRo	5 900 tpl 2000 ml

Tableau 3: Typologie de navires (extrait de « étude de l'efficacité énergétique et environnementale du transport maritime »)

Ces données sont à demander auprès des gestionnaires des ports :

- grand port maritime ;
- chambre de commerce et d'industrie (CCI) ;
- etc.

Il est possible cependant, de rencontrer des difficultés dans le recueil des données. C'est pourquoi, le type de navire peut être déterminé à partir de son tonnage et de sa catégorie.

■ Détermination du type de navire

Le type de navire (type = catégorie + capacité) n'est pas toujours renseigné. Dans ce cas, il est déterminé par son « tpl¹⁰ » : **tonnage = volume taxable (m³) x masse volumique de la marchandise transportée connue.**

Les intervalles du Tableau 4 ont été déduits à partir de la capacité définie dans le tableau 3.

¹⁰Tpl : tonnes de port en lourd. Capacité de chargement en poids d'un navire. Nombre de tonnes qu'un navire peut transporter y compris les approvisionnements et les soutes qu'il faut enlever si l'on veut connaître la "charge utile".

Catégorie	Capacité	Intervalles
Vraquiers	180 000 tpl	> 150 000 tpl
	75 000 tpl	60 000 à 150 000 tpl
	52 000 tpl	45 000 à 60 000 tpl
	28500 tpl	10 000 à 45 000 tpl
	5-6000 tpl	< 10 000 tpl
Pétroliers	300 000 tpl	> 200 000 tpl
	100 000 tpl	> 75 000 à 200 000 tpl
Transporteurs de produits pétroliers	37 000 tpl	> 25 000 à 75 000 tpl
	16 000 tpl	< 25 000 tpl
Gaziers	65 000 m ³	Non utilisé à ce jour
	53 000 m ³	
Porte conteneurs	Utilisation de la valeur médiane car pas de précision	
Ferry	Utilisation d'une valeur moyenne car pas de précision	

Tableau 4: Intervalles pour la détermination de la capacité d'un navire

3.2 - Mode de calcul

Hypothèse :

L'estimation de la consommation énergétique est établie à partir de « l'efficacité énergétique générale marchandises » pour un profil moyen : le profil d'exploitation « moyen » correspond à une situation où 50% des trajets se font « à plein » et 50% « à vide » (situation plutôt commune dans l'exploitation des navires et relative à l'énergie primaire utilisée par le navire appelée « du réservoir à la roue »).

■ Les émissions sont obtenues par application d'un coefficient pour chaque type de navire

Pour chaque type de navire correspond un « coefficient » en gep¹¹/tonne.km. (cf. colonne « EFFICACITE ENERGETIQUE Profil moyen » du tableau 5).

Ce coefficient est appliqué à la capacité du navire/2 (pour prendre en compte la notion de profil moyen) * 22,2 km (distance moyenne parcourue dans les eaux territoriales) * 2 (entrée + sortie du port).

Il sera procédé de la même façon pour l'efficacité environnementale (gCO₂/tonne.km et gNO_x/tonne.km, cf tableaux 6 et 7).

L'application de facteurs d'émission est utilisée pour l'estimation des autres polluants (COVNM et particules).

La qualité du carburant influe sur les émissions et tout particulièrement sur celles des particules, pouvant aller du simple (essence) au double (fioul lourd).

¹¹gep : gramme équivalent pétrole

TYPE	TAILLE	TONNAGE ANNUEL MOYEN MARCHANDISES ⁴ (M de tonnes/milles)	TOTAL CONSOMMATION ANNUELLE HFO + MDO Profil moyen (tonnes)	TOTAL CONSOMMATION ANNUELLE HFO + MDO Profil optimisé (tonnes)	EFFICACITE ENERGETIQUE ⁵ Profil moyen (gep/tonne.km)	EFFICACITE ENERGETIQUE Profil optimisé ⁶ (gep/tonne.km)
VRAQUIERS						
Capesize	180 000 tpl	6 888	13 638	13 739	1,1	0,9
Panamax	75 000 tpl	3 070	8 190	8 565	1,4	1,2
Handymax	52 000 tpl	1 676	4 678	5 063	1,5	1,1
Handysize	28 500 tpl	781	4 635	4 843	3,2	2,6
Petit vraquier / fluvio-maritime	5- 6 000 tpl	179	1 725	1169	5,2	2,6
PETROLIERS						
VLCC	300 000 tpl	13 651	23 978	25 534	0,9	0,8
Aframax	100 000 tpl	4 794	12 361	12 983	1,4	1,1
TRANSPORTEURS DE PRODUITS PETROLIERS						
Handy product	37 000 tpl	986	9312	9360	5,1	4
Petit product tanker	16 000 tpl	365	4704	4744	6,9	5,8
GAZIERS						
Petit GPL	6 5000 m3	200	5 475	5 464	14,8	13,9
VLGC	53 000 m3	2 824	21 174	20 926	4,1	3,8
PORTE CONTENEURS						
PC 800 evp	10 000 tpl	470	6 850	7 786	7,9	6
PC 1 600 evp	21 500 tpl	1 216	13 071	13 889	5,8	4
PC 2 200 evp	30 500 tpl	2 013	19 250	19 895	5,2	4,6
PC 5 500 evp	73 500 tpl	6 400	42 526	43 860	3,6	3
PC 9 500 evp	115 000 tpl	11 141	54 382	56 596	2,6	2,3
FERRY						
Ferry de nuit	6 300 tpl	167	5 611	5 245	18.2	9
Ferry de jour	5 700 tpl	280	6 048	5 020	11.7	8.6
Navire Ro-Pax	3 800 tpl	104	3 838	3 467	20	5.9
ROULIER						
RoRo	5 900 tpl	356	16 396	18 119	25	18.3

Tableau 5: Efficacité énergétique par type de navire; Source *Etude de l'efficacité énergétique et environnementale du transport maritime*

TYPE	TAILLE	REJETS ANNUEL DE CO2 Profil moyen (tonnes)	REJETS ANNUEL DE CO2 Profil optimisé (tonnes)	EFFICACITE ENVIRONNEMENTALE Profil moyen (g CO2/tonne.km)	EFFICACITE ENVIRONNEMENTALE Profil optimisé (g CO2/tonne.km)
VRAQUIERS					
Capesize	180 000 tpl	40 606	40 990	3,2	2,7
Panamax	75 000 tpl	25 752	27 189	4,6	3,8
Handymax	52 000 tpl	14 222	15 615	4,5	3,5
Handysize	28 500 tpl	13 592	14 311	9,4	7,7
Petit vraquier / fluvio-maritime	5- 6 000 tpl	5 284	5 526	15,9	12,5
PETROLIERS					
VLCC	300 000 tpl	84 845	84 195	3,4	2,5
Aframax	100 000 tpl	35 777	38 239	4	3,2
TRANSPORTEURS DE PRODUITS PETROLIERS					
Handy product	37 000 tpl	29 917	30 124	16,4	13
Petit product tanker	16 000 tpl	14 683	14 825	21,7	18,1
GAZIERS					
Petit GPL	6 500 m3	17 404	17 363	47	44,4
VLGC	53 000 m3	69 579	68 680	13,3	12,4
PORTE CONTENEURS⁷					
PC 800 evp	10 000 tpl	21 266	24 767	24,4	17,64
PC 1 600 evp	21 500 tpl	38 439	41 551	17,1	12
PC 2 200 evp	30 500 tpl	60 108	62 595	16,1	14,4
PC 5 500 evp	73 500 tpl	132 564	137 763	11,2	9,45
PC 9 500 evp	115 000 tpl	172 011	180 680	8,3	7,18
FERRY⁸					
Ferry de nuit	6 300 tpl	18 520	17 616	60	29
Ferry de jour	5 700 tpl	19 433	15 210	39	28
Navire Ro-Pax	3 800 tpl	13 044	12 125	67	38
ROULIER					
RoRo	5 900 tpl	51 676	58 335	82	61

Tableau 6: Emissions de CO₂ par type de navire; Source *Etude de l'efficacité énergétique et environnementale du transport maritime*

TYPE	TAILLE	REJETS ANNUEL DE NOx Profil moyen (tonnes)	REJETS ANNUEL DE NOx Profil optimisé (tonnes)	EFFICACITE ENVIRONNEMENTALE ¹¹ Profil moyen (g NOx/tonne-km)	EFFICACITE ENVIRONNEMENTALE ¹² Profil optimisé (g NOx/tonne-km)
VRAQUIERS					
Capesize	180 000 tpl	776	783	0,06	0,05
Panamax	75 000 tpl	503	526	0,09	0,07
Handymax	52 000 tpl	407	453	0,09	0,10
Handysize	28 500 tpl	417	440	0,29	0,24
Petit vraquier / fluvio-maritime	5- 6 000 tpl	118	122	0,36	0,28
PETROLIERS					
VLCC	300 000 tpl	1444	1557	0,06	0,05
Aframax	100 000 tpl	672	719	0,08	0,06
TRANSPORTEURS DE PRODUITS PETROLIERS					
Handy product	37 000 tpl	805	811	0,44	0,35
Petit product tanker	16 000 tpl	405	409	0,60	0,50
GAZIERS					
Petit GPL	6 500 m3	327	327	0,88	0,84
VLGC	53 000 m3	1 314	1304	0,25	0,24
PORTE CONTENEURS					
PC 800 evp	10 000 tpl	395	465	0,45	0,33
PC 1 600 evp	21 500 tpl	731	788	0,32	0,23
PC 2 200 evp	30 500 tpl	1 135	1181	0,30	0,27
PC 5 500 evp	73 500 tpl	2 479	2575	0,21	0,18
PC 9 500 evp	115 000 tpl	3 208	3369	0,16	0,13
FERRY					
Ferry de nuit	6 300 tpl	410	397	1,33	0,68
Ferry de jour	5 700 tpl	473	401	0,94	0,69
Navire Ro-Pax	3 800 tpl	348	337	1,81	1,09
ROULIER					
RoRo	5 900 tpl	1075	1212	1,7	1,26

Tableau 7: Emissions de NOx par type de navire; Source Etude de l'efficacité énergétique et environnementale du transport maritime

Hypothèse :

Utilisation de fioul, car il est impossible de réaliser la distinction entre les différents carburants utilisés. (hypothèse la plus pénalisante).

Les facteurs d'émissions utilisés sont issus du rapport OMINEA (valeurs 2009 – actualisation annuelle) :

COVNM : 68 g/GJ¹² soit 2 846 g/tep

PM₁₀ : 139 g/GJ soit 5 818 g/tep

Nota : 1 tep équivaut à 41,855 GJ (cf. Annexe 1).

¹²GJ (gigajoule) : unité du système métrique utilisée pour mesurer la consommation d'énergie.

■ Déclinaison des résultats

Les principaux résultats sont :

- des quantifications de consommation énergétique ;
- des quantifications d'émissions de CO₂ ;
- des quantifications d'émissions de polluants.

Lorsque l'activité du port est suffisamment connue (tonnages chargés et déchargés, nature des cargaisons), il est possible d'approfondir l'analyse sur l'impact de l'aval de la chaîne logistique : consommation de transport routier, ferroviaire,... et rechercher des pistes d'évolution.

4 - Mode fluvial

Dans les différents bilans régionaux réalisés par le CETE SO, le mode fluvial n'a pas été pris en compte car les régions étudiées ne font pas partie des 5 bassins fluviaux (le Rhin, la Moselle, le Rhône, le réseau Nord-Pas de Calais et le bassin Seine-Oise).

Hypothèses retenues :

- La quantification des consommations énergétiques et des émissions polluantes du transport fluvial dans une région porte uniquement sur le transport commercial de marchandises et de voyageurs.
- La plaisance est assimilée à une activité de loisir et est exclue du bilan régional lié aux transports.
- La méthodologie utilisée s'appuie sur le rapport de « l'étude sur le niveau de consommation de carburant des unités fluviales françaises – efficacités énergétiques et émissions unitaires de CO₂ du transport fluvial de marchandises » en date de janvier 2006, étude menée par TL&Associés pour le compte de l'ADEME et VNF. Ce rapport d'étude présente l'activité du secteur fluvial articulée autour de 5 bassins fluviaux à grand gabarit.

L'analyse des données obtenues au cours de l'étude a permis de déterminer des indicateurs de consommation énergétique, d'efficacité énergétique et d'émissions de CO₂:

- pour chaque bassin ;
- par type d'unité ;
- en charge, à vide et au voyage (en charge/à vide).

■ Méthodologie générale :

La méthodologie générale est similaire à celle pour le mode maritime

Décomposition de chaque étape	
Recueil de données	Auprès de VNF, des ports, des armateurs fluviaux, etc.
Analyse et conversion	Classification par type d'unité, tonnage et/ou puissance
Calcul des émissions	Application des coefficients correspondants pour la consommation d'énergie et les émissions de CO ₂ , selon les bassins concernés (cf tableau 8) à chaque navire. Pour estimer les émissions des autres polluants, les calculs seront réalisés à partir des consommations énergétiques et application des facteurs d'émissions du rapport OMINEA. L'hypothèse retenue sur la qualité de carburant est l'utilisation du fioul lourd. Les facteurs d'émissions utilisés sont : NOx : 39,747 kg/tep COVNM : 4,65 kg/tep PM ₁₀ : 4,85 kg/tep
Contrôle	Contrôle de cohérence des résultats entre navires,...
Résultats	Valorisation des résultats obtenus par nature d'émission, par tonne de marchandises transportées.

4.1 - Recueil de données

La démarche consiste à identifier le ou les bassins concernés ainsi que le réseau de canaux à petit gabarit.

Afin de collecter l'ensemble des données nécessaires à la reconstitution des consommations énergétiques, des fiches de recueil de données ont été établies – cf. annexe 2.

■ Les données à collecter sont de différentes natures :

- Recensement des types d'unités motorisées utilisées dans le secteur fluvial :
 - les automoteurs (environ un millier en France) qui sont pour les 2/3 représentés par des unités de petit gabarit, de tonnage inférieur à 400 tonnes. Cette catégorie est associée au réseau dit Freycinet, reliant les bassins à grand gabarit, caractérisés par le tonnage transporté.
 - les pousseurs (environ 120 en France) sont des unités motorisées utilisées pour pousser des barges en convoi. Ils se retrouvent en grande majorité sur la Seine, caractérisés par leur puissance.
- L'origine / destination pour chaque type d'unité, afin de déterminer le(s) bassin(s) concerné(s) et l'inter-bassin éventuel, ainsi que la distance parcourue.
- Pour pouvoir approfondir l'analyse de l'activité des ports intérieurs :
 - les tonnages transitant par chaque port ;
 - la nature de la cargaison.

Ces données sont accessibles auprès de :

- VNF,
- l'association française des Ports Intérieurs (AFPI) ;
- les ports ;
- le comité des Armateurs Fluviaux (CAF) ;
- etc.

4.2 - Mode de calcul

■ Les émissions sont obtenues par application d'un coefficient pour chaque type d'unités

La reconstitution des consommations énergétiques repose donc sur l'exploitation des données de circulation sur les réseaux fluviaux (type d'unités et tonnage/puissance) et l'application des coefficients correspondants issus de l'étude (cf tableau 8), selon les bassins concernés :

- consommation unitaire d'énergie (gep/t.km) ;
- émission unitaire de CO₂ (gCO₂/t.km).

Bassin	Equipements	Consommation unitaire d'énergie (gep/t.km)	Emission unitaire de CO ₂ (gCO ₂ /t.km)	Efficacité énergétique (t.km/kep)	Consommation totale d'énergie (tep)	Emissions totales de CO ₂ (tCO ₂)	
Seine	Automoteur	< 400t	14,9	47,0	67,1	9780,9	30809,9
		400-650t	13,7	43,1	73,0	1497,4	4716,9
		650-1000t	12,0	37,8	83,2	2976,0	9374,5
		1000-1500t	6,6	20,7	151,9	1227,6	3866,9
		> 1500t	5,9	18,5	169,8	863,6	2720,4
	Pousseur	295-590kW	8,3	26,3	119,8	3856,7	12148,5
		590-880kW	7,5	23,6	133,5	3461,2	10902,9
> 880kW		5,2	16,5	191,3	2414,7	7606,4	
Rhin	Automoteur	1000-1500t	13,9	43,8	71,9	5759,9	18143,7
		> 1500t	11,9	37,4	84,2	4917,5	15490,3
	Pousseur	> 880kW	8,7	27,3	115,2	3594,2	11321,7

Indicateurs par unité de consommation énergétique et d'émissions de CO₂ des bassins Seine et Rhin (hypothèses : pourcentage de voyage à vide: 31%, coefficient de chargement compris entre 80 et 100%)

Tableau 8: Coefficients pour la consommation et les émissions de CO₂; Source "Etude sur le niveau de consommation de carburant des unités fluviales françaises"

Dans le cas du transport fluvial, le carburant utilisé est le Fuel Oil Domestique (FOD), mélange d'hydrocarbures d'origine minérale ou issus de procédés de raffinage, et éventuellement d'ester méthylique d'huile végétale (EMHV). La combustion d'une tonne de FOD fournit l'énergie d'1 tep.

Les consommations globales sont reconstituées à partir des kilométrages parcourus par les marchandises transportés (tonne.km). Les émissions globales sont obtenues par application des facteurs d'émissions aux consommations globales.

Facteurs d'émissions : valeurs issues du rapport OMINEA – actualisation annuelle.

NO_x 39,47 kg/tep

COVNM 4,65 kg/tep

PM₁₀ 4,85 kg/tep

■ Déclinaison des résultats

Les principaux résultats sont des quantifications de consommation énergétique et d'émissions de CO₂ et de polluants.

5 - Mode aérien

Hypothèses retenues :

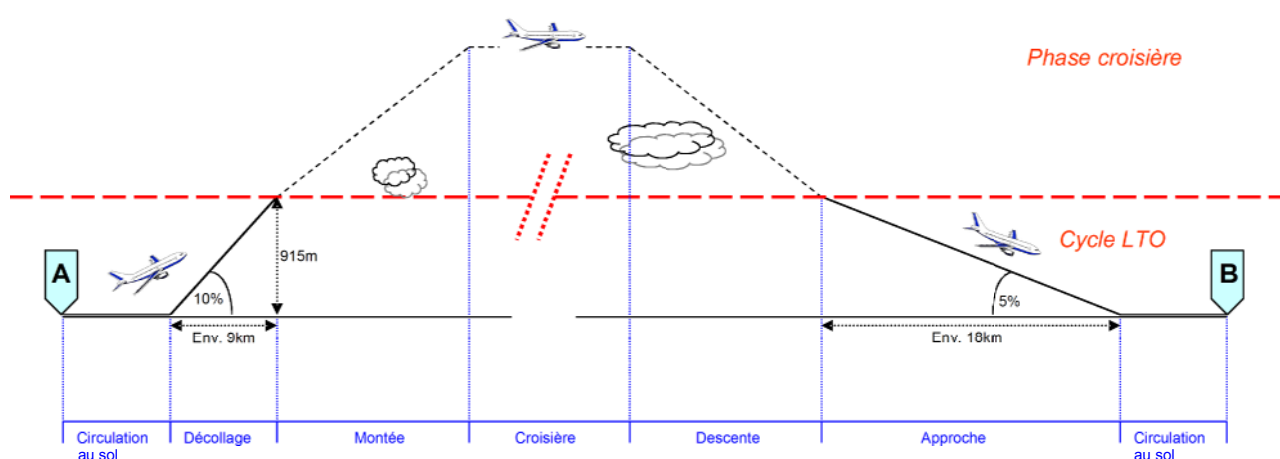
- Prise en compte des émissions des aéronefs à l'exclusion des engins militaires.
- Les rejets relatifs aux infrastructures et activités connexes en sont exclus (rapport OMINEA).
- Seuls les vols commerciaux au départ et à l'arrivée des aéroports de la région sont étudiés. Ces vols peuvent transporter des voyageurs et/ou des marchandises.
- La méthodologie utilisée s'appuie sur la méthodologie EMEP/CORINAIR développée par l'Agence Européenne pour l'Environnement (EMEP EEA Emission Inventory Guidebook – mai 2009. Ce rapport est mis à jour régulièrement).

Sur le même principe que pour le mode maritime, l'affectation de la totalité des émissions d'un vol international qui fait une première escale dans un aéroport, puis termine son vol vers un deuxième, sur un seul territoire régional serait pénalisant.

Cette méthodologie d'évaluation des consommations énergétiques et des émissions de polluants du transport aérien repose sur l'exploitation des données de trafic. Elle comprend une base de données des consommations énergétiques et des émissions polluantes pour chacune des phases de vols et pour les principaux types d'avions.

Les émissions sont fonction des différentes phases de vol :

- cycle LTO (Landing Take-Off) : cycle atterrissage et décollage incluant les opérations de l'avion du sol jusqu'à une hauteur de 3 000 pieds – 915 mètres (soit l'approche de 3 000 pieds au sol, le roulage sur la piste après l'atterrissage et avant le décollage, le parking, le décollage et la montée jusqu'à 3 000 pieds).
- Ce cycle est estimé à 33 minutes en moyenne pour chaque vol par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI).
- Phase croisière : partie du vol située au-delà de 3 000 pieds d'altitude.



Source : CETE SO/DAIT/GTI

Elles sont également liées à la nature du trafic :

- trafic domestique ou intérieur (liaisons entre deux points situés dans le pays considéré, en l'occurrence la France) ;
- trafic international (liaisons entre deux points, l'un en France, l'autre à l'étranger).

■ Méthodologie générale :

Décomposition de chaque étape	
Recueil de données	Auprès de la DGAC (obtention des vols commerciaux uniquement)
Analyse et conversion	Analyse par aéroport et pour chaque liaison : <ul style="list-style-type: none"> ▪ origine et destination (+ calcul de la distance) ▪ type d'appareil utilisé ▪ nombre de mouvements ▪ nombre de passagers ▪ tonnage fret (données manquantes) pour créer des typologies « liaison/appareil/distance »
Classification	A partir de la base de données EMEP EEA (<i>cf.</i> dans la bibliographie les références des fichiers) qui fournit des consommations et émissions pour un appareil donné et sur une distance de vol, attribution pour chaque typologie de liaison/appareil/distance de valeurs références.
Calcul des émissions	Les calculs s'effectuent à partir des valeurs références pour le nombre de mouvements recensés. La base de données ne comprenant pas l'intégralité des appareils en circulation, des hypothèses sont établies à partir des données connues (capacité des appareils, ...). Un tableau récapitulatif des éléments pris en compte est établi pour chaque appareil recensé dans les aéroports de la région, faisant distinctement apparaître les valeurs de la base de données de celles estimées (pour les polluants manquants ou pour les appareils non recensés).
Contrôle	Contrôle de cohérence des résultats entre aéronefs, validation par la DGAC...
Résultats	Valorisation des résultats obtenus par nature d'émissions, par passager...

5.1 - Recueil de données

Après identification des aéroports implantés sur le territoire régional, il s'agit de collecter les données disponibles pour chaque mouvement d'avion.

Afin de collecter l'ensemble des données nécessaires à la reconstitution des consommations énergétiques, des fiches de recueil de données ont été établies – *cf.* annexe 2.

■ Les données à collecter sont :

- Origine et destination des liaisons régulières et occasionnelles .
- Le nombre de mouvements annuels pour chaque liaison.
- La durée de ces liaisons et la distance.
- Le type d'appareil utilisé pour chaque liaison (répartition par type d'appareil si plusieurs utilisés pour une même liaison).
- La consommation en litres de kérosène par type d'appareil (fournie par les constructeurs, elles sont exprimées en litres de kérosène par minute).
- Le nombre de voyageurs annuel et tonnage de fret transporté, pour chaque liaison.

Ces données sont accessibles auprès de :

- la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC),
- les aéroports,
- la Chambre de Commerce et d'Industrie (quand elle est gestionnaire).

■ Création des typologies liaison/appareil/distance

La base de données EMEP/EEA fournit des consommations et émissions pour un appareil donné et sur une distance de vol. Les données recueillies sont donc à répartir par typologie liaison/appareil/distance.

5.2 - Mode de calcul

Hypothèses :

- Seules les consommations et émissions liées au cycle LTO sont prises en compte.

Il est considéré que les effets environnementaux à l'échelle locale du transport aérien sont à imputer aux mouvements en cycle LTO. La prise en compte des émissions des aéronefs en phase croisière est plus délicate : d'une part, par les difficultés rencontrées dans le recueil de données, et d'autre part, pour définir la part imputable localement.

- La distance entre origine et destination est prise en compte, sans distinction du type de liaison, domestique ou internationale.

Le rapport OMINEA préconise cette distinction car ces liaisons ne sont pas comptabilisées au niveau national de la même façon (inclus ou non dans le total national).

■ Les calculs s'effectuent à partir des valeurs de références pour le nombre de mouvements recensés.

Selon les données recueillies, l'estimation de la consommation énergétique est établie à partir :

- des consommations unitaires d'appareil pour la phase LTO (estimée à 33 minutes)
- ou de EMEP/CORINAIR Databank, qui fournit la consommation énergétique et les émissions de NO_x par cycle LTO.

Il est conseillé de créer une base de données comprenant les données recueillies classées par typologie liaison/appareil/distance en y associant les consommations et les facteurs d'émissions issus de la méthodologie (cf exemple tableau 9).

Type d'avion	Fuel (kg/LTO)	CO ₂ (kg/LTO)	NO _x (kg/LTO)	COVNM (kg/LTO)	Nb mouvements (1 aller ou un retour)	CO ₂ (kg)	NO _x (kg)	COVNM (kg)	Fuel (kg)
ATR42	116,00	365,54	1,02	0,12	1 177	215 119	600,27	68,27	68 266
A320	802,00	2 527,00	10,80	1,70	250	315 875	1 350,00	212,50	100 250

Tableau 9: Exemple de calcul des émissions du transport aérien (les facteurs d'émissions proviennent de EMEP/CORINAIR Databank)

Pour le calcul des émissions, on comptabilise une moitié du cycle LTO, car l'autre partie appartient à l'aéroport de destination ou de provenance.

La base de données ne comprenant pas l'intégralité des appareils en circulation, des hypothèses sont établies à partir des données connues (capacité des appareils, motorisation, etc.). Il est important de faire apparaître distinctement les valeurs de la base de données de celles estimées (pour les polluants manquant ou pour les appareils non recensés).

Un contrôle de cohérence des résultats entre aéronefs s'avère nécessaire ainsi qu'une éventuelle validation par la DGAC.

■ Déclinaison des résultats

Les principaux résultats sont des quantifications de consommation énergétique et d'émissions de CO₂ et de polluants.

6 - Synthèse des résultats

L'observation des transports au niveau régional est capitale pour accompagner les collectivités dans leurs politiques de transports, car elle permet d'effectuer un état des lieux et d'identifier des enjeux à différentes échelles mais aussi de sensibiliser les acteurs concernés. Compléter par une approche prospective, elle permet de mesurer les effets des différentes politiques.

Il ressort de l'analyse des résultats que le mode routier au sein des transports est largement prépondérant. Mais, l'observation des transports permet également de relativiser certaines idées préconçues, les confirmer et/ou les infirmer. Ainsi peut être mis en avant :

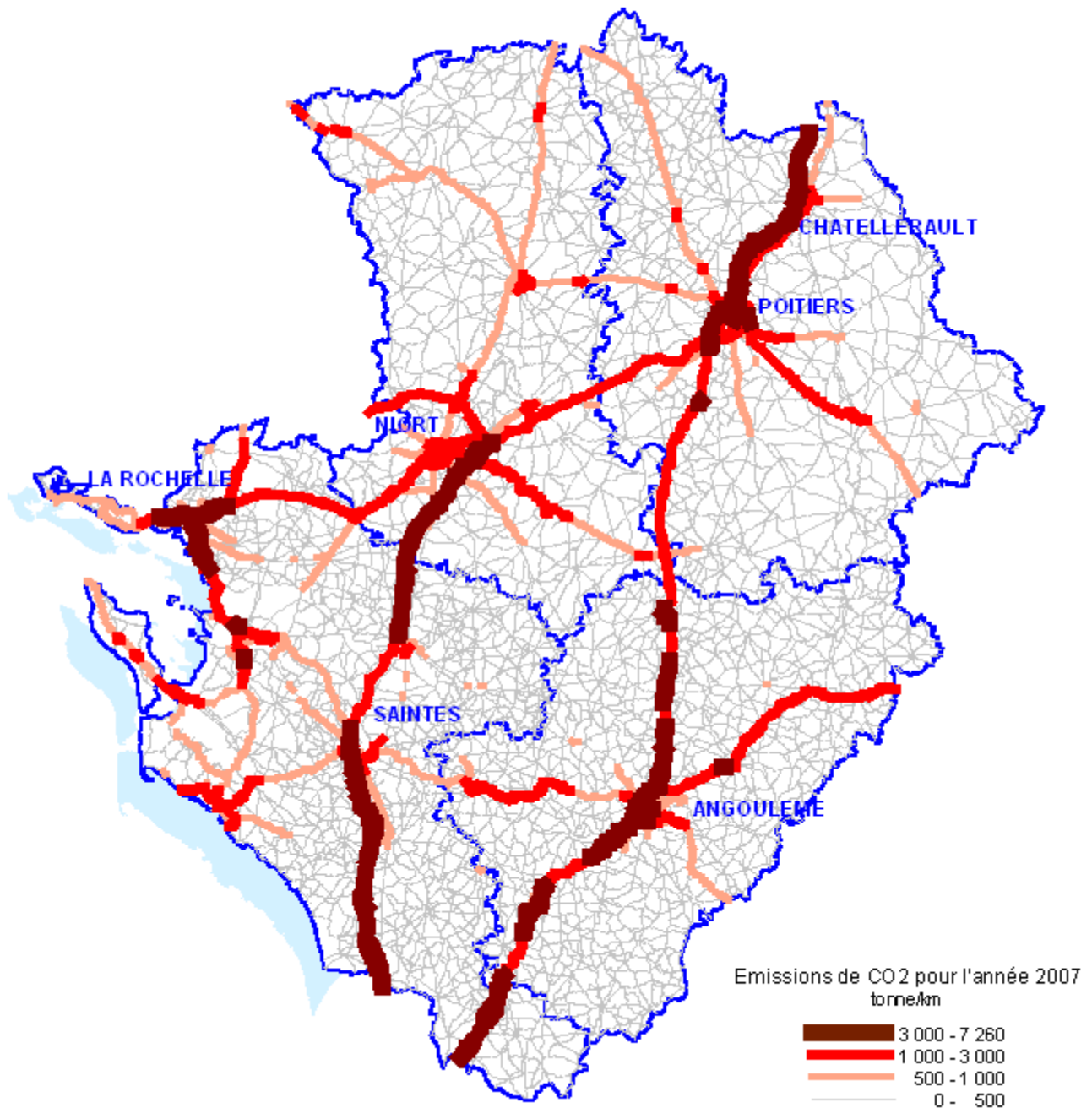
- le poids de l'urbain ;
- la part des VL ;
- le poids du transport de marchandises ;
- etc.

D'autres approches peuvent venir compléter ces résultats : par exemple, une approche par motif de déplacements, ou par type de déplacements peuvent affiner les résultats et préciser certains enjeux.

■ Exemple de présentation des résultats (régions Poitou-Charentes et Auvergne)

Région Poitou-Charentes : émissions de CO₂ en tonne par km – année 2007

hors réseau communal qui représente 27 % des émissions de CO₂ du mode routier



Région Auvergne : ratios

résultats 2008	Consommation énergétique			
	tep/an	kep/hab	tep/km	kep/km ²
Allier	415 200	1 210	37,25	56 566,76
Cantal	154 200	1 035	19,73	26 929,79
Haute-Loire	185 300	841	24,10	37 231,26
Puy-de-Dôme	562 500	898	42,61	70 577,16
Total Région	1 317 200	984	33,05	50 636,22

résultats 2008	CO ₂			
	tonne/an	kg/hab	tonne/km	kg/km ²
Allier	1 275 200	3 717	114,42	173 732,97
Cantal	473 800	3 179	60,63	82 745,37
Haute-Loire	569 400	2 583	74,06	114 406,27
Puy-de-Dôme	1 721 400	2 747	130,40	215 984,94
Total Région	4 039 800	3 016	101,38	155 299,27

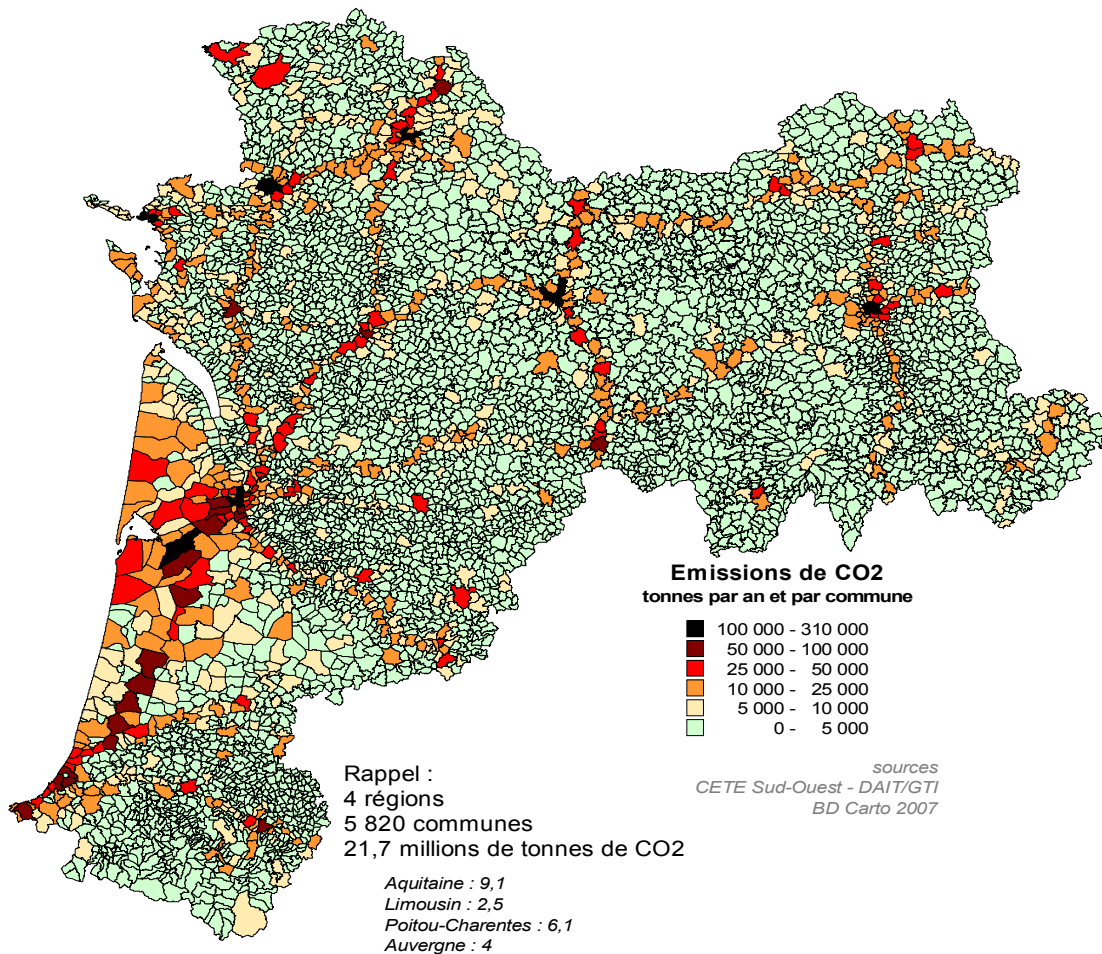
résultats 2008	NO _x			
	tonne/an	kg/hab	tonne/km	kg/km ²
Allier	7 300	21,28	0,65	994,55
Cantal	2 600	17,44	0,33	454,07
Haute-Loire	3 100	14,06	0,40	622,87
Puy-de-Dôme	9 100	14,52	0,69	1 141,78
Total Région	22 100	16,50	0,55	849,58

résultats 2008	COVNM			
	tonne/an	kg/hab	tonne/km	kg/km ²
Allier	620	1,81	0,06	84,47
Cantal	240	1,61	0,03	41,91
Haute-Loire	290	1,32	0,04	58,27
Puy-de-Dôme	950	1,52	0,07	119,20
Total Région	2 100	1,57	0,05	80,73

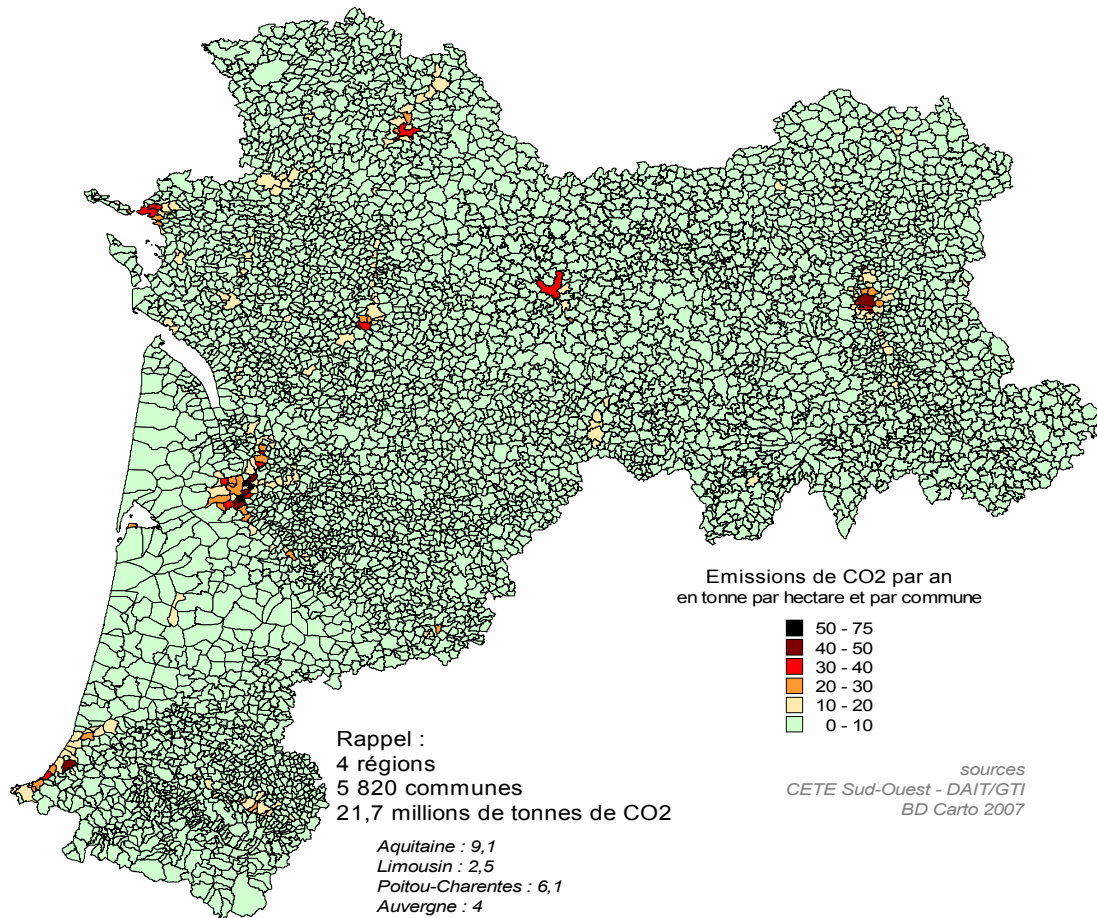
résultats 2008	PM10			
	tonne/an	kg/hab	tonne/km	kg/km ²
Allier	320	0,9	0,03	43,60
Cantal	120	0,8	0,02	20,96
Haute-Loire	140	0,6	0,02	28,13
Puy-de-Dôme	460	0,7	0,03	57,72
Total Région	1 030	0,8	0,03	39,60

Bi an de 4 régions : tonnes de CO₂ par commune et tonnes de CO₂ par hectare et par commune

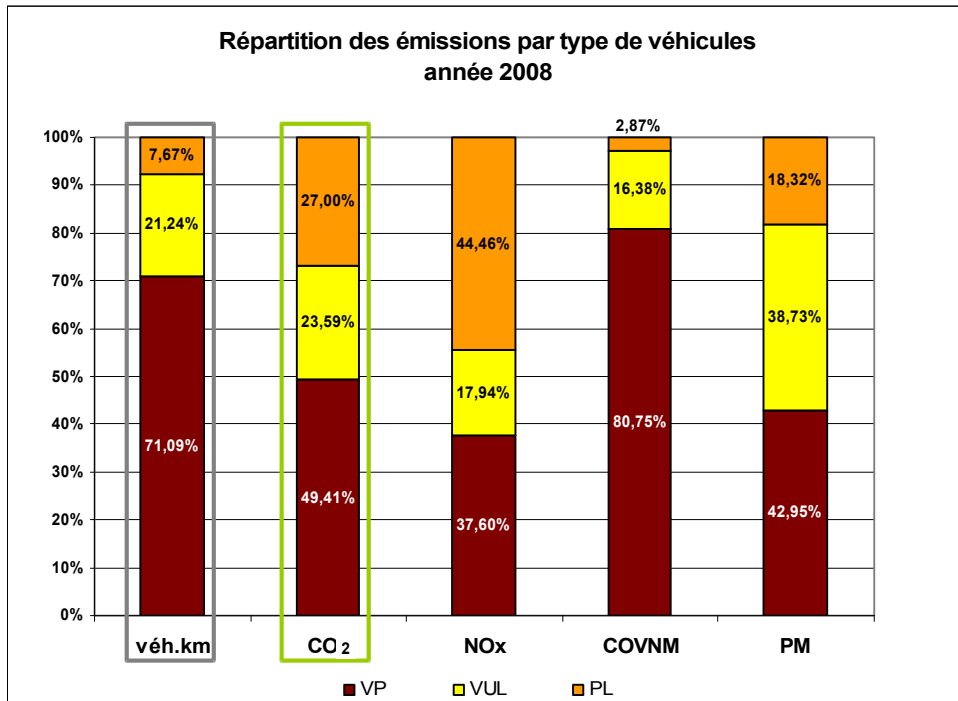
**Emissions de CO₂ liées au mode de transport routier
sur les régions Aquitaine et Limousin (2006)
Poitou-Charentes (2007) et Auvergne (2008)**



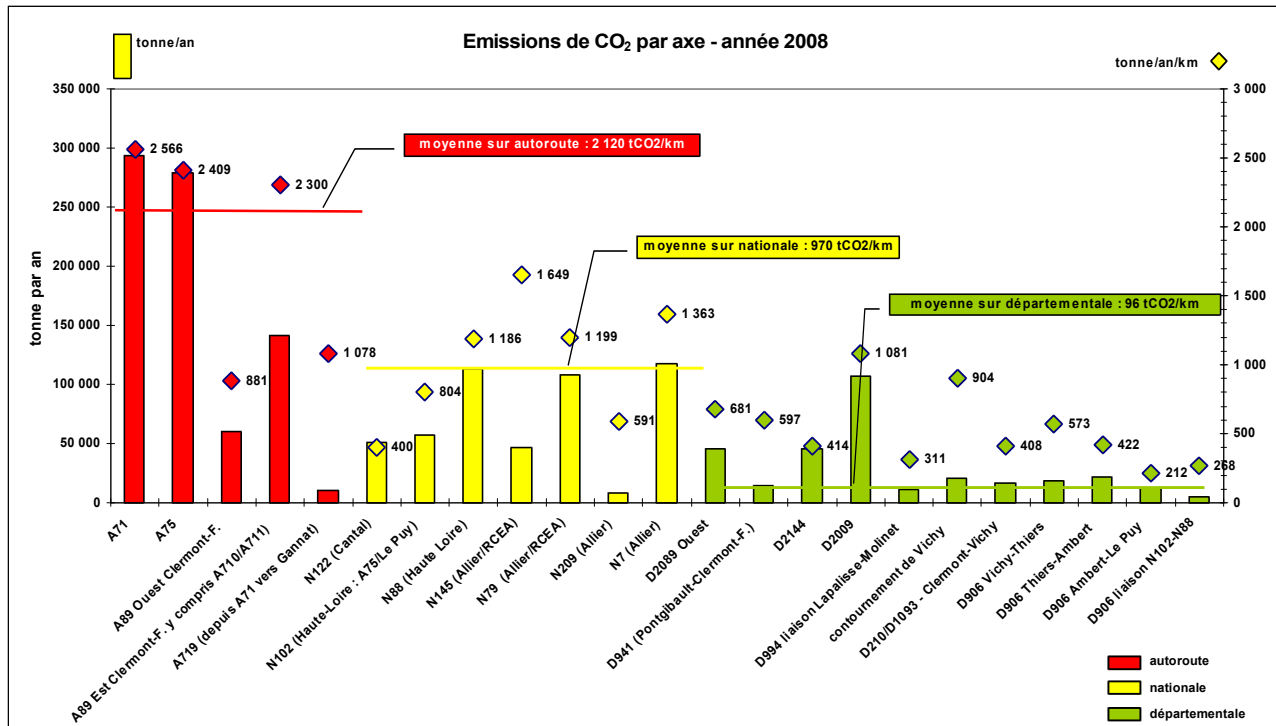
Emissions de CO2 liées au mode de transport routier sur les régions Aquitaine et Limousin (2006) Poitou-Charentes (2007) et Auvergne (2008)



Région Auvergne : analyse du poids de chaque type de véhicules par type de critère / émissions



Région Auvergne : analyse du poids de chaque itinéraire de la région, par axe (tonne/an) et par ratio (tonne/an/km) pour permettre des comparaisons.



Région Poitou-Charentes : indicateurs du mode routier

Sur un périmètre régional, un certain nombre d'indicateurs est identifié, notamment par l'exploitation des données de consommations énergétiques, les taux de remplissage des véhicules (nombre de passagers et tonnages transportés issus d'enquêtes spécifiques ou de ratios nationaux).

1. indicateurs « trafics »

Résultats 2007	VL	voyageurs	PL	marchandises	total
trafic (km) : somme des kilomètres parcourus par l'ensemble des véhicules sur le réseau ($\Sigma T \cdot L \cdot 365$)	24 500 000 000	—	2 268 000 000	—	26 768 000 000
	91,5%		8,5%		100,0%
trafic : somme des voyageurs*km parcourus par l'ensemble des VL sur le réseau	—	37 684 000 000	—	—	—
trafic : somme des tonnes*km parcourus par l'ensemble des PL sur le réseau	—	—	—	28 968 000 000	—
taux d'occupation moyen des VL	—	1,54	—	—	—
tonnage moyen PL	—	—	—	12,77	—

2. indicateurs « efficacité énergétique »

Résultats 2007	VL	voyageurs	PL	marchandises	total
consommation énergétique annuelle en tep	1 406 000	—	581 000	—	1 987 000
	70,8%	—	29,2%	—	100,0%
efficacité énergétique en gep/véh*km	57	—	256	—	74
efficacité énergétique en gep/voyageur*km	—	37	—	—	—
efficacité énergétique en gep/tonne*km	—	—	—	20	—

3. indicateurs « efficacité environnementale »

Résultats 2007	VL	voyageurs	PL	marchandises	total
émissions annuelles de CO2 en tonnes	4 294 000	—	1 822 000	—	6 116 000
	70,2%	—	29,8%	—	100,0%
efficacité environnementale en gCO2/véh*km	175	—	803	—	228
efficacité environnementale en gCO2/voyageur*km	—	114	—	—	—
efficacité environnementale en gCO2/tonne*km	—	—	—	63	—

4. autres indicateurs de répartition spatiale ou typologique

Résultats 2007	VL	voyageurs	PL	marchandises	total
émissions annuelles de CO2 en tonnes	4 294 000	—	1 822 000	—	6 116 000
	70,2%	—	29,8%	—	100,0%
efficacité environnementale en gCO2/véh*km	175	—	803	—	228
efficacité environnementale en gCO2/voyageur*km	—	114	—	—	—
efficacité environnementale en gCO2/tonne*km	—	—	—	63	—

Chapitre II

Méthodologie « situations futures »

A partir de l'état des lieux établi sur une année référence, il s'agit d'estimer les émissions de gaz à effets de serre et polluants à un horizon déterminé.

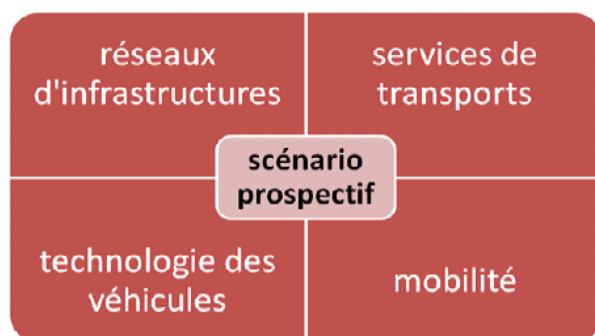
Cet horizon, pour être en harmonie avec les dispositions de l'article 68 de la loi Grenelle qui prévoit l'élaboration de schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE), peut être fixé à 2020.

En effet, les SRCAE représentant un des éléments essentiels de la territorialisation du Grenelle de l'Environnement, ils ont pour objectif de définir des orientations régionales à l'horizon de 2020 et 2050 en matière de lutte contre la pollution atmosphérique, de maîtrise de la demande énergétique, de développement des énergies renouvelables, de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'adaptation aux changements climatiques.

1 - Paramètres pris en compte dans les scénarios

Afin de procéder à l'estimation des émissions de gaz à effet de serre et polluants du secteur des transports à l'horizon 2020, il faut identifier les éléments, qui à cette date, seront intervenus sur le territoire et auront modifiés la situation actuelle.

En combinant, ces différents éléments entre eux, des scénarios seront élaborés et serviront de base à une quantification à l'horizon déterminé.



cf. en annexe 6, un exemple de fiches « recueil de données » par mode de transports.

1.1 - Mobilité

Les paramètres entrant dans la famille de la mobilité sont principalement :

- l'évolution de la population ;
- des changements comportementaux (auto-partage, co-voiturage, etc.) ;
- diverses mesures régaliennes (stationnement, vitesse, interdictions, etc.) ;
- la croissance économique (PIB) ;
- l'évolution des prix des principaux facteurs de la demande de transports ;
- etc.

et se traduisent par une évolution des trafics voyageurs et marchandises.

- Mode routier

Ainsi, l'évolution de la mobilité pour le mode routier est définie à partir des trafics routiers (TMJA de l'année de référence), des prévisions macroéconomiques (source : instruction relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers interurbains – mai 2007) et des évolutions attendues de population.

■ Évolution de la demande de transports au niveau macroéconomique

Les hypothèses d'évolution de la demande de transport sont établies à partir de l'instruction relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers interurbains du 23 mai 2007.

Ce document inclut des prévisions macroéconomiques portant sur la période 2002-2025 (demande de transport en 2025 – projections des tendances et inflexion DAEI – SESP – note de mise à jour mai 2007), comme, par exemple, l'évolution du PIB, le prix de l'énergie, le taux de change euro/dollar, etc. Ce document est en cours de mise à jour par le CGDD¹³.

C'est une approche probabiliste croisant l'ensemble de ces multiples critères qui permet d'établir une moyenne à partir de 10 000 combinaisons.

Pour le **mode routier**, les prévisions de trafic à long terme dépendent principalement des évolutions du PIB. Ces évolutions seront choisies en fonction des caractéristiques régionales.

■ Calcul des coefficients de passage de l'année de référence à l'horizon étudié

Trois coefficients de passage sont à déterminer :

- pour les véhicules légers :
 - un coefficient pour la mobilité locale ;
 - un coefficient pour la mobilité longue distance ;
- un coefficient pour le trafic poids lourds.

Hypothèses retenues :

- L'indice de mobilité VL se décline donc :
 - Sur autoroutes et routes nationales : valeur moyenne et longue distance (VL>20km) « France ».
 - Sur routes communales : valeur de l'indice mobilité locale spécifique (VL <20km, variable selon territoire)
 - Sur routes départementales : pondération entre les deux valeurs précédentes à raison de :
 - 2/3 de la valeur mobilité locale spécifique (VL<20km)
 - 1/3 de la valeur moyenne et longue distance « France » (VL>20km)et donc variable selon territoire.

Cette répartition (1/3 et 2/3) est issue de l'exploitation de diverses enquêtes de circulation sur les réseaux départementaux.
- L'indice de mobilité PL est fixé à la valeur moyenne « France ».

¹³CGDD : Commissariat Général au Développement Durable

- Mode ferroviaire

Les perspectives d'évolution du trafic ferroviaire sont issues des données fournies par le Conseil régional pour le trafic TER, des différents projets de LGV et des dossiers d'études s'y rapportant.

En terme de croissance des trafics (hors projet spécifique), les calculs sont basés sur le projet d'instruction ministérielle du 3 mars 2006 pour l'évaluation socio-économique des projets ferroviaires qui fait état d'hypothèses de croissance exprimées en pourcentage sur 2002-2025 (avec une hypothèse de croissance économique de +1,9% par an) :

Ferroviaire (tous voyageurs)	
Moyenne voyageurs	+1,8 % par an
Dont TGV	>+2,6% par an
Fret ferroviaire	+1,2% par an

- Autres modes

Le projet d'instruction visé ci-dessus mentionne des hypothèses de croissance de :

Aérien (transport intérieur de voyageurs)	+1,7% par an
Transport fluvial de marchandises	+0,5% par an
Moyenne transport de marchandises tous modes	+1,5 % par an

Des études spécifiques à une infrastructure peuvent également apporter des éléments de perspectives d'évolution, ainsi que les gestionnaires de ces infrastructures.

1.2 - Réseaux d'infrastructures

Cet item considère les modifications structurelles des réseaux, tous modes de transports confondus, et leurs incidences sur la génération ou la modification de mouvements, comportements, etc. pouvant influencer sur la situation actuelle (de référence).

■ Recenser tous les projets d'infrastructures routières, ferroviaires, maritimes, fluviales et aériennes qui seront en service à l'horizon considéré

Ainsi, sont recensés tous les projets d'infrastructures routières, ferroviaires, maritimes, fluviales et aériennes qui seront effectivement en service à l'horizon considéré, sur la région mais également ceux situés à l'extérieur de la région et ayant des répercussions sur le territoire régional.

A titre d'exemple, sont pris en compte :

- les aménagements de voirie nouvelle : autoroute, déviation, contournement ;..
- l'aménagement sur place modifiant les caractéristiques géométriques : mise à 2x2 voies d'une voirie bi-directionnelle existante, réduction de capacité d'une voie par implantation d'un TCSP, etc. ;
- la requalification d'espaces publics : mise en voie piétonne, etc. ;
- la mise en service de ligne LGV ;
- la mise en service d'une autoroute ferroviaire ;
- etc.

■ Recueillir les données concernant les effets de ces projets

Afin de prendre en compte ces différents projets, il est nécessaire de les inventorier mais également de recueillir les éléments permettant de mesurer leurs effets : report de trafic, augmentation de la demande, etc.

Les études associées comportent généralement de nombreux éléments de réponses qu'il faut veiller à harmoniser, notamment sur les hypothèses d'évolution des trafics et les années de calcul.

1.3 - Services de transports

Cet item regroupe les mesures concrètes ou objectives volontaristes de report modal retenus par les diverses AOT et opérateurs, tant voyageurs que marchandises.

A titres d'exemple :

- le cadencement des services ferroviaires nationaux ;
- l'évolution de l'offre de service TER ;
- les projets de transports en commun en site propre (TCSP) ;
- la mise en œuvre de l'éco-redevance PL ;
- la mise en œuvre de la Charte CO₂¹⁴ ;
- etc.

¹⁴Charte CO₂ : baptisé « Objectif CO₂ : les transporteurs s'engagent » est un dispositif d'engagements volontaires des entreprises de transport dans une démarche de réduction des émissions de dioxyde de carbone

1.4 - Progrès technologiques

Il prend en considération l'incidence prévisible de l'évolution des normes techniques des différents modes de transport, ainsi que leur intégration dans les parcs.

- Évolutions technologiques pour le mode routier

Ainsi, pour le **parc automobile**, comme évoqué précédemment – paragraphe 3.1.4 Parc de véhicules – les normes Euro fixent les limites maximales de rejets polluants pour les véhicules neufs, toutefois, ces normes ne portent pas sur les émissions de CO₂ (cf. Tableau 10). Néanmoins, les progrès technologiques nécessaires pour répondre à ces normes entraînent, pour la plupart, une diminution des consommations de carburants et donc une baisse des émissions de CO₂. A l'horizon 2020, le parc automobile intègre également les nouvelles technologies (véhicules électriques, hybrides, etc.) : cf. paragraphe 3.1.4 Parc de véhicules.

La loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement, dans son article 13 stipule :

« L'État se fixe comme objectif de ramener les émissions moyennes de dioxyde de carbone de l'ensemble du parc des véhicules particuliers en circulation de 176 grammes de dioxyde de carbone par kilomètre à 120 grammes de dioxyde de carbone par kilomètre en 2020 avec notamment la mise en place d'écopastilles. Des objectifs similaires en proportion devront être atteints pour les véhicules utilitaires et les motocycles. »

Les évolutions pour les poids lourds ne sont pas mentionnées dans cet article. Cependant, des travaux du ministère – DAEI/SESP « la demande de transport en 2025 – projections des tendances et des inflexions – annexe 7 » de mai 2007, présentent les gains attendus.

C'est donc, pour le mode routier, l'ensemble de ces éléments qui ont été intégrés dans les calculs à l'horizon 2020.

Limites des émissions de NOx, de CO et de particules pour les véhicules particuliers

Normes	Textes de référence (directives UE)	Date de mise en application (Nouveaux types)	NOx (g/km)		CO (g/km)		Particules (g/km)	
			essence	diesel	essence	diesel	essence	diesel
EURO 1	91/441	31/12/1992	voir note	ci-dessous	2,72	2,72	/	0,14
EURO 2	94/12	01/01/1997			2,2	1	/	0,08
EURO 3	98/69	01/01/2000	0,15	0,5	2,3	0,64	/	0,05
EURO 4	98/69	01/01/2005	0,08	0,25	1	0,5	/	0,025
EURO 5	règlement 715/2007	01/09/2009	0,06	0,18	1	0,5	0,005	0,005
EURO 6	règlement 715/2007	01/09/2014	0,06	0,08	1	0,5	0,005	0,005

Limites des émissions de NOx, de CO et de particules pour les véhicules utilitaires légers

Normes	Textes de référence (directives UE)	Date de mise en application (Nouveaux types)	Masse de référence, en kg (MR)	NOx (g/km)		CO (g/km)		Particules (g/km)	
				essence	diesel	essence	diesel	essence	diesel
EURO 3	98/69	01/01/2000	MR < 1305	0,15	0,5	2,3	0,64	/	0,05
			1305 < MR < 1760	0,18	0,65	4,17	0,8	/	0,08
			1760 < MR < 3500	0,21	0,78	5,22	0,95	/	0,1
EURO 4	98/69	01/01/2005	MR < 1305	0,08	0,25	1	0,5	/	0,03
			1305 < MR < 1760	0,1	0,33	1,81	0,63	/	0,04
			1760 < MR < 3500	0,11	0,39	2,27	0,74	/	0,06
EURO 5	règlement 715/2007	01/09/2009	MR < 1305	0,06	0,18	1	0,5	0,01	0,01
			1305 < MR < 1760	0,08	0,24	1,81	0,63	0,01	0,01
			1760 < MR < 3500	0,08	0,28	2,27	0,74	0,01	0,01

Limites des émissions de NOx, de CO, d'hydrocarbures imbrûlés et de particules pour les poids lourds

Normes	Textes de référence (directives UE)	Date de mise en application (Nouveaux types)	NOx (g/kWh)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	Particules (g/kWh)
EURO 0	88/77	01/10/1990	14,4	11,2	2,4	/
EURO I	91/542(A)	01/10/1993	8	4,5	1,1	0,36
EURO II	91/542(B)	01/10/1996	7	4	1,1	0,15
EURO III	1999/96/CE	01/10/2000	5	2,1	0,66	0,13
EURO IV	1999/96/CE	01/10/2005	3,5	1,5	0,46	0,02
EURO V	1999/96/CE	01/10/2008	2	1,5	0,46	0,02
EURO VI	Règlement 2009/.../CE	01/01/2013	0,4	0,15	0,13	0,01

Limites des émissions de NOx, de CO et d'hydrocarbures imbrûlés pour les 2 roues

Normes	Textes de référence (directives UE)	Date de mise en application (Nouveaux types)	Type	NOx (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)
EURO 1	97/24	17/06/1999	2 temps	0,1	8	4
			4 temps	0,3	13	3
EURO 2	2002/51/CE	01/07/2003	< 150 cm ³	0,3	5,5	1,2
			> 150 cm ³	0,3	5,5	1
EURO 3	2002/51/CE	01/01/2006	< 150 cm ³	0,15	2	0,8
			> 150 cm ³	0,15	2	0,3

Tableau 10: Normes EURO pour les émissions de polluants; Source : fiche n°4 de juin 2009 – CERTU

Les graphes ci-après présentent, pour chaque type de véhicules (VL, VUL et PL) l'évolution des différentes émissions étudiées (CO₂, NOx, COVNM et PM) en fonction de la vitesse de circulation et ceci pour un parc moyen 2008 et celui de 2020.

Il est indiqué par une flèche ▼ sur les courbes et/ou par un encart rouge dans les tableaux, la vitesse optimale, c'est-à-dire la vitesse à laquelle les émissions sont moindres.

Il est également mentionné le gain moyen entre les émissions de 2008 et celles de 2020.

Hypothèses prises en compte dans la modélisation :

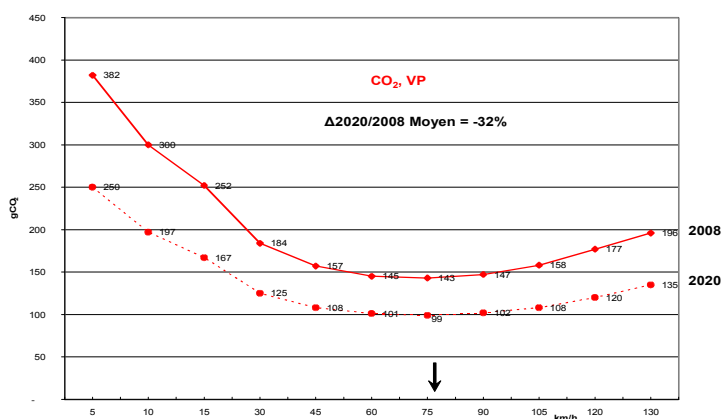
Véhicule correspondant à une moyenne du parc roulant

Hors démarrage à froid

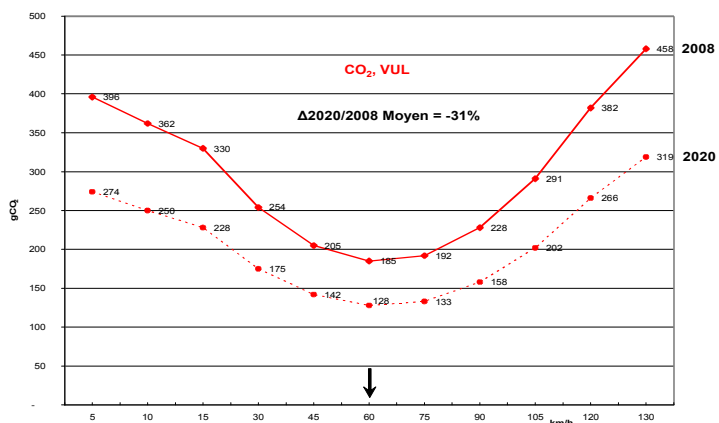
Charge PL : 50 %

Les calculs sont réalisés à l'aide du logiciel CopCETE v3

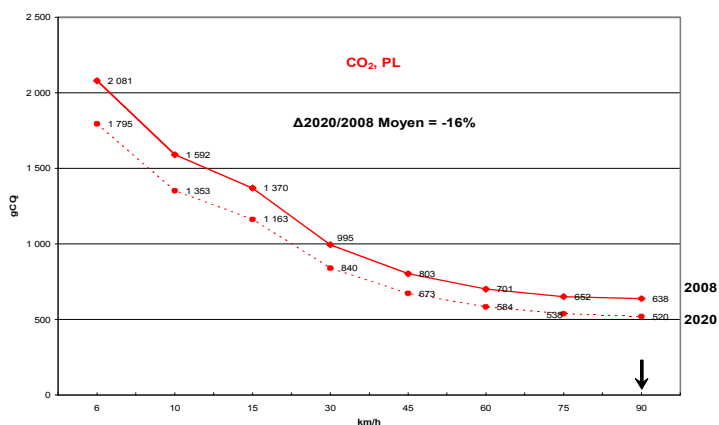
Émissions de dioxyde de carbone : CO₂



vitesse VP (km/h)	5	10	15	30	45	60	75	90	105	120	130	Moyenne :
Emission CO2 en g en 2008	382	300	252	184	157	145	143	147	158	177	196	
Emission CO2 en g en 2020	250	197	167	125	108	101	99	102	108	120	135	
Δ2020/2008	-35%	-34%	-34%	-32%	-31%	-30%	-31%	-31%	-31%	-32%	-32%	-32%

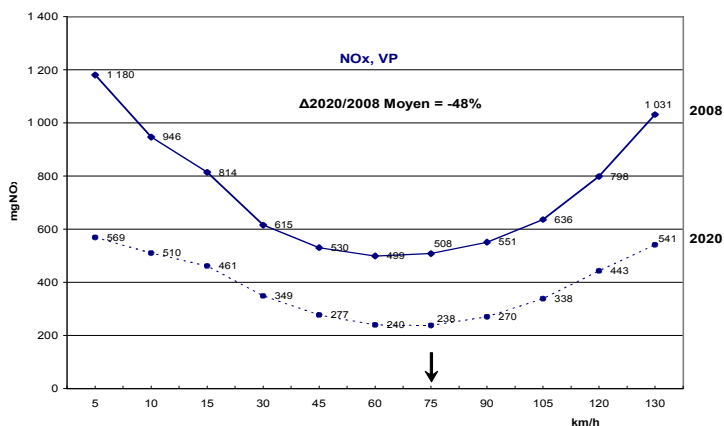


vitesse VUL (km/h)	5	10	15	30	45	60	75	90	105	120	130	Moyenne :
Emission CO2 en g en 2008	396	362	330	254	205	185	192	228	291	382	458	
Emission CO2 en g en 2020	274	250	228	175	142	128	133	158	202	266	319	
Δ2020/2008	-31%	-31%	-31%	-31%	-31%	-31%	-31%	-31%	-31%	-31%	-30%	-31%

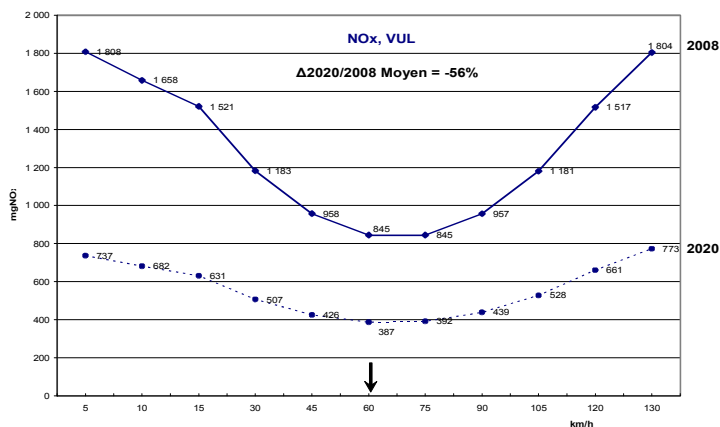


vitesse PL (km/h)	6	10	15	30	45	60	75	90	Moyenne :
Emission CO2 en g en 2008	2 081	1 592	1 370	995	803	701	652	638	
Emission CO2 en g en 2020	1 795	1 353	1 163	840	673	584	538	520	
Δ2020/2008	-14%	-15%	-15%	-16%	-16%	-17%	-17%	-18%	-16%

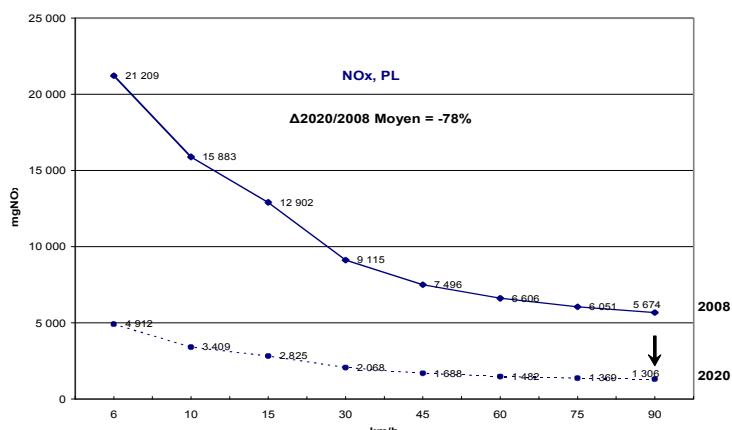
Émissions d'oxyde d'azote : NOx



vitesse VP (km/h)	5	10	15	30	45	60	75	90	105	120	130	Moyenne :
Emission NOx en mg en 2008	1 180	946	814	615	530	499	508	551	636	798	1 031	
Emission NOx en mg en 2020	569	510	461	349	277	240	238	270	338	443	541	
Δ2020/2008	-52%	-46%	-43%	-43%	-48%	-52%	-53%	-51%	-47%	-44%	-48%	-48%

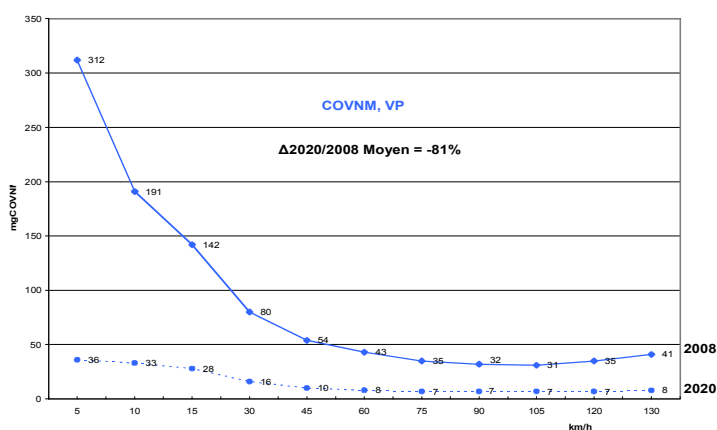


vitesse VUL (km/h)	5	10	15	30	45	60	75	90	105	120	130	Moyenne :
Emission NOx en mg en 2008	1 808	1 658	1 521	1 183	958	845	845	957	1 181	1 517	1 804	
Emission NOx en mg en 2020	737	682	631	507	426	387	392	439	528	661	773	
Δ2020/2008	-59%	-59%	-59%	-57%	-56%	-54%	-54%	-54%	-55%	-56%	-57%	-56%

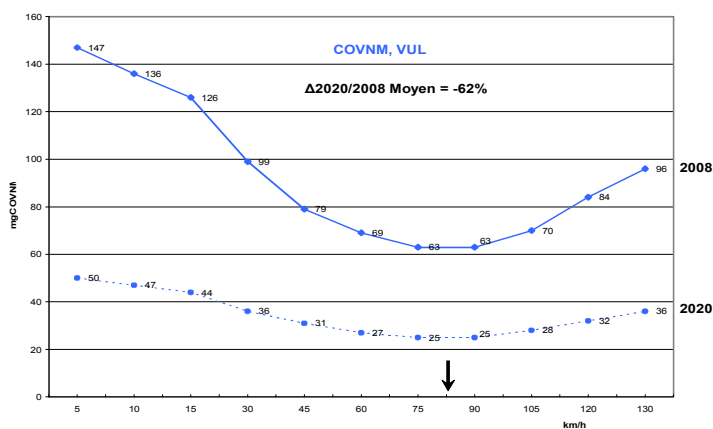


vitesse PL (km/h)	6	10	15	30	45	60	75	90	Moyenne :
Emission NOx en mg en 2008	21 209	15 883	12 902	9 115	7 496	6 606	6 051	5 674	
Emission NOx en mg en 2020	4 912	3 409	2 825	2 068	1 688	1 482	1 369	1 306	
Δ2020/2008	-77%	-79%	-78%	-77%	-77%	-78%	-77%	-77%	-78%

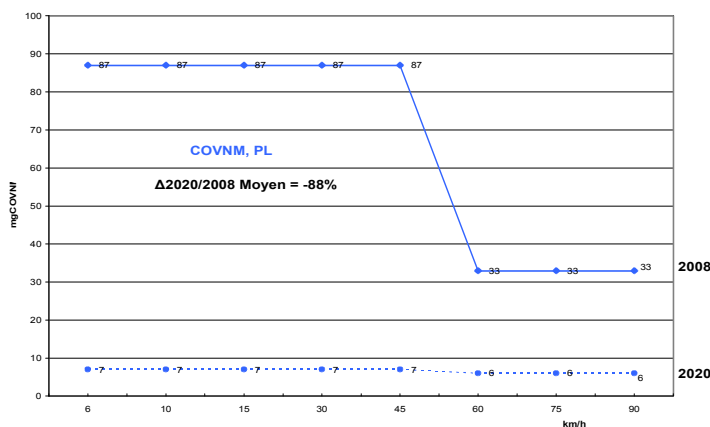
Émissions de composés organiques volatils non méthaniques : COVNM



vitesse VP (km/h)	5	10	15	30	45	60	75	90	105	120	130	Moyenne :
Emission COVNM en mg en 2008	312	191	142	80	54	43	35	32	31	35	41	
Emission COVNM en mg en 2020	36	33	28	16	10	8	7	7	7	7	8	
$\Delta 2020/2008$	-88%	-83%	-80%	-80%	-81%	-81%	-80%	-78%	-77%	-80%	-81%	-81%

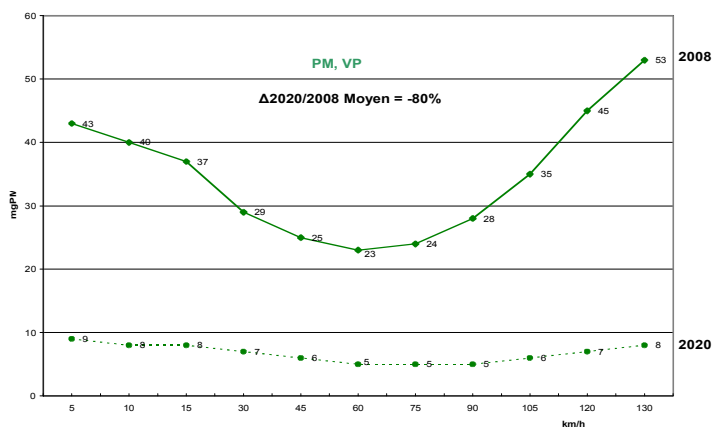


vitesse VUL (km/h)	5	10	15	30	45	60	75	90	105	120	130	Moyenne :
Emission COVNM en mg en 2008	147	136	126	99	79	69	63	63	70	84	96	
Emission COVNM en mg en 2020	50	47	44	36	31	27	25	25	28	32	36	
$\Delta 2020/2008$	-66%	-65%	-65%	-64%	-61%	-61%	-60%	-60%	-60%	-62%	-63%	-62%

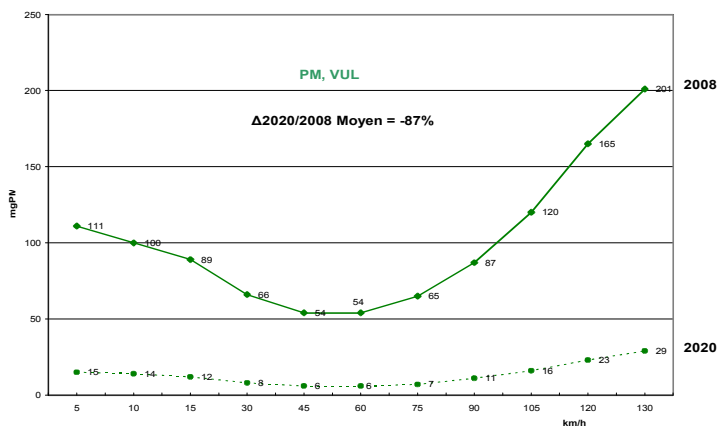


vitesse PL (km/h)	6	10	15	30	45	60	75	90	Moyenne :
Emission COVNM en mg en 2008	87	87	87	87	87	33	33	33	
Emission COVNM en mg en 2020	7	7	7	7	7	6	6	6	
$\Delta 2020/2008$	-92%	-92%	-92%	-92%	-92%	-82%	-82%	-82%	-88%

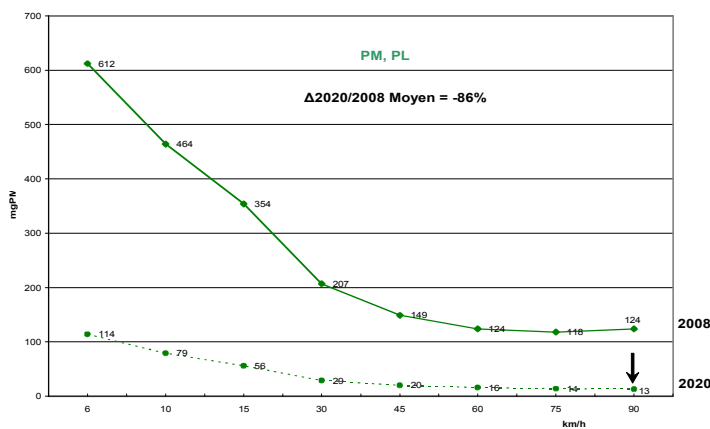
Émissions de particules : PM₁₀



vitesse VP (km/h)	5	10	15	30	45	60	75	90	105	120	130	Moyenne :
Emission PM en mg en 2008	43	40	37	29	25	23	24	28	35	45	53	
Emission PM en mg en 2020	9	8	8	7	6	5	5	5	5	7	8	
Δ2020/2008	-79%	-80%	-78%	-76%	-76%	-78%	-79%	-82%	-83%	-84%	-85%	-80%



vitesse VUL (km/h)	5	10	15	30	45	60	75	90	105	120	130	Moyenne :
Emission PM en mg en 2008	111	100	89	66	54	54	65	87	120	165	201	
Emission PM en mg en 2020	15	14	12	8	6	6	7	11	16	23	29	
Δ2020/2008	-86%	-86%	-87%	-88%	-89%	-89%	-89%	-87%	-87%	-86%	-86%	-87%



vitesse PL (km/h)	6	10	15	30	45	60	75	90	Moyenne :
Emission PM en mg en 2008	612	464	354	207	149	124	118	124	
Emission PM en mg en 2020	114	79	56	29	20	16	14	13	
Δ2020/2008	-81%	-83%	-84%	-86%	-87%	-87%	-88%	-90%	-86%

- Évolutions technologiques pour le mode ferroviaire

Pour le **parc roulant ferroviaire**, le renouvellement de matériel permet de prendre en compte des réductions de consommation envisagée, notamment pour le TER dont l'autorité organisatrice peut programmer l'investissement. En l'absence de données spécifiques, **sont appliquées les consommations utilisées dans le bilan.**

- Évolutions technologiques pour les autres modes

Pour les autres modes, des avancées sont envisagées mais difficilement quantifiables à ce jour.

Par exemple, pour l'**aérien**, la DGAC a publié une note thématique - http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Note_thematique_N14.pdf – qui présente les attendus de ce secteur avec notamment :

- objectif d'atteindre une croissance neutre en carbone dès 2020, puis une réduction de moitié des émissions aériennes prévues pour 2050 par rapport à leur niveau de 2005 ;
- le renouvellement et l'amélioration de la flotte, avec du matériel plus économe en carburant ;
- la recherche pour l'émergence de nouvelles technologies permettant une diminution de l'empreinte environnementale de l'aviation ;
- l'amélioration de la gestion du trafic ;
- l'utilisation de biocarburants ;
- l'amélioration du fonctionnement des aéroports, notamment avec la réduction des temps de roulage sur la plateforme et les temps d'attente lors de la phase d'atterrissage ;
- etc.

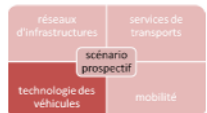
2 - Mode de calcul

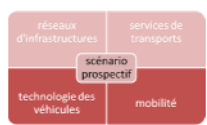
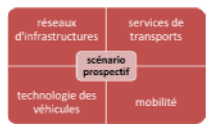
Pour le mode routier, les bases de données sont actualisées avec tous les éléments fournis : évolution de la mobilité, projets d'infrastructure et services de transports avec les reports de trafics qu'ils génèrent.

Pour les autres modes, les calculs sont réalisés à partir de l'actualisation des données du bilan avec les données « projets » recueillies.

2.1 - Construction des scénarios

La combinaison des 4 familles de paramètres permet de bâtir différents scénarios. A titre d'exemple :

Scénarios prospectifs		Paramètres			
		Mobilité	Réseaux d'infrastructures	Services de transports	Technologie des véhicules
Scénario 1		Année de référence	Année de référence	Année de référence	2020

Scénario 2		2020	Année de référence	Année de référence	2020
Scénario 3		2020	2020	2020	2020

Nota : les valeurs dans chaque case indiquent l'année de référence de la variable considérée dans le scénario.
 Les valeurs noires sur fond gris indiquent la prise en compte des éléments similaires au bilan de l'année de référence.
 Les valeurs en rouge indiquent la prise en compte des éléments à l'horizon 2020.

Le scénario 1 permet de déterminer l'influence du progrès technologique à trafic constant, sur les émissions. Pour ce scénario, le réseau d'infrastructure reste inchangé, et aucun nouveau service de transport n'est intégré. De même, l'évolution de la mobilité n'est pas prise en compte. Ce scénario est peu probable car la mobilité ne peut rester constante à l'horizon 2020.

Le scénario 2, ou scénario « fil de l'eau » intègre l'évolution technologique ainsi que celle de la mobilité. Ce scénario permet de se projeter dans à l'horizon 2020 et de déterminer les impacts si aucun aménagement n'est réalisé (réseau inchangé, sans aucun nouveau service de transport).

Le scénario 3 combine l'effet de tous les projets recensés à l'horizon 2020, qu'ils soient des projets d'infrastructures ou de services. Le scénario 3 permet notamment d'étudier, à la demande du commanditaire, l'impact du développement de l'offre de transports collectifs, de fret non routier ou de la mise en place de tarifications. Les paragraphes suivants illustrant le poids respectif des principaux facteurs (technologie, mobilité, réseaux et services de transports) dans les projections régionales 2020 des Régions Poitou Charente et Auvergne.

2.2 - Calcul

■ Les méthodes et outils utilisés sont les mêmes que pour le bilan.

Les calculs sont réalisés par étapes successives afin de mesurer l'effet de chaque levier.

Certains projets, comme les TCSP, ne permettent pas l'intégration des données dans la base de données routières car les informations ne sont pas localisées. Leurs effets sont donc seulement déduits du total.

Certaines hypothèses d'évolution ne permettent pas de quantification spécifique : la mise en place d'un service d'auto-partage ou de location de vélos par exemple.

La difficulté de collecter les éléments de projets pour élaborer les scénarios est importante car la finalité n'est pas toujours bien comprise. Un effort pédagogique est essentiel pour faire contribuer les différents partenaires. Il s'avère que la présentation des premiers résultats obtenus suscitent généralement l'intérêt et peut faire remonter de nouveaux projets, non communiqués initialement. Ainsi, il peut être envisager d'élaborer des scénarios en plusieurs étapes ou de poursuivre la démarche par une nouvelle évaluation des impacts des actions mises en œuvre ou à venir.

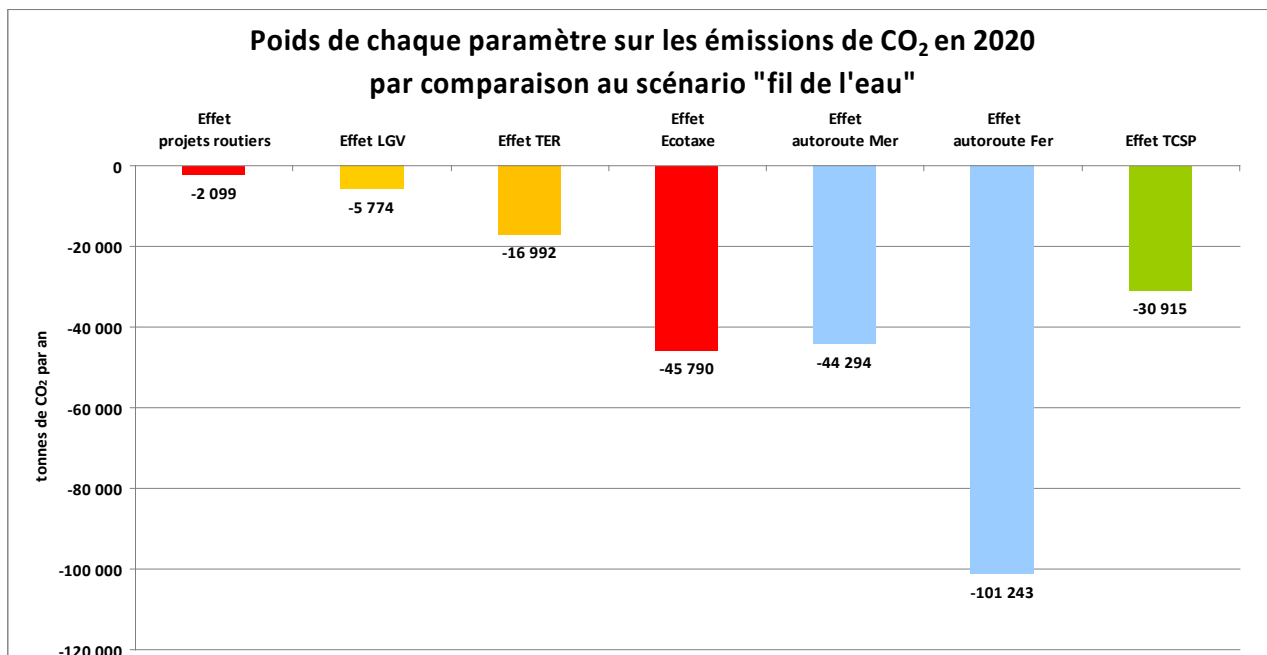
■ Déclinaison des résultats

Les principaux résultats sont des quantifications accompagnées par le poids de chaque levier d'action – cf. illustrations ci-dessous issues des études prospectives pour les régions Poitou-Charentes et Auvergne.

Exemple de la Région Poitou-Charentes

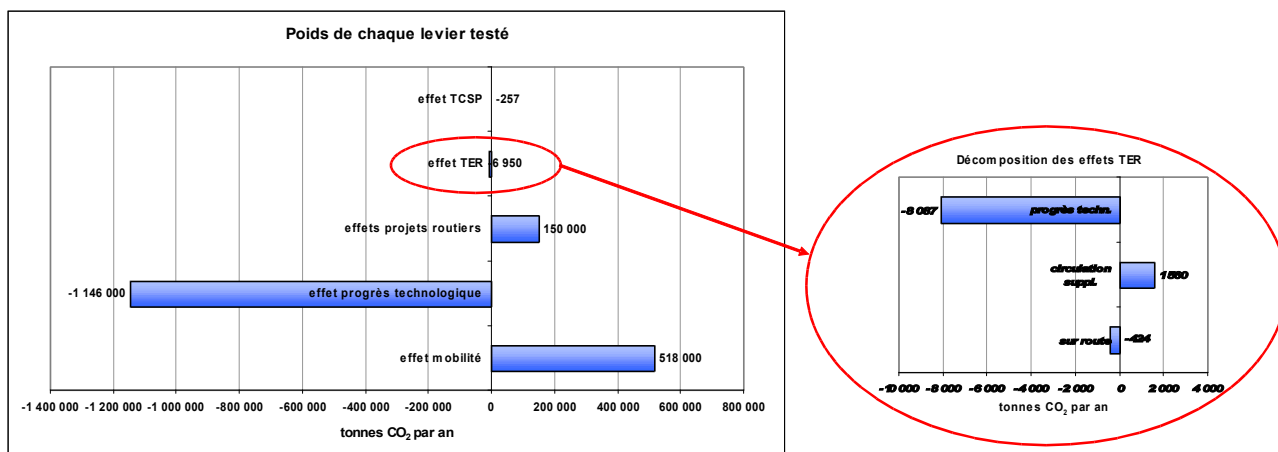
Poids respectif des scénarii 1 (technologie) 2(mobilité et technologie) 3(mobilité, technologie et services)

Région Poitou-Charentes : présentation du poids de chaque levier testé dans le scénario multimodal par rapport au scénario « fil de l'eau »(n°2) - effets combinés de la mobilité et du progrès technologique 2020

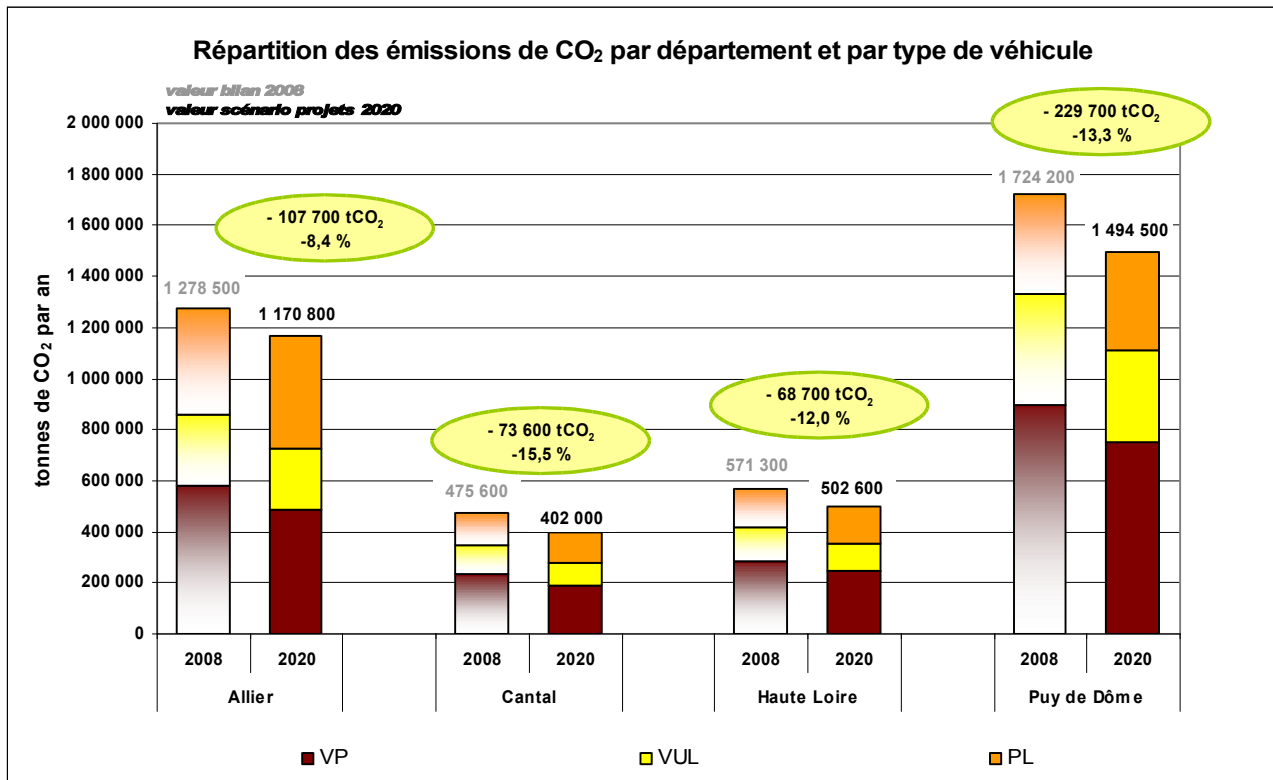


Région Auvergne : scénario 3 2020

incluant mobilité, progrès technologique, projets d'infrastructure et de service de transport



Région Auvergne : comparaison départementale des émissions de CO₂ du mode routier entre le bilan 2008 et le scénario 3 2020 (incluant les effets de la mobilité, du progrès technologique et des projets routiers)



Perspectives

Les différents bilans régionaux réalisés pour les DREAL ont permis de développer une méthode. Cette dernière est évolutive et répond aux besoins spécifiques des DREAL. Par exemple, certaines DREAL ont calé les approches sectorisées sur des périmètres de SCOT, afin de pouvoir alimenter les porter à connaissance, d'autres ont préféré les périmètres de transports urbains.

Même si les premiers bilans régionaux ainsi élaborés, sont antérieurs à l'obligation d'élaboration des SRCAE, ils permettent d'obtenir des éléments concrets sur le champ des transports afin d'alimenter les réflexions bilans, enjeux et potentiels de réduction du secteur des transports à l'horizon 2020.

La méthode élaborée fait l'objet d'évolution et d'adaptation en fonction d'une part des avancées techniques, des diverses réflexions et des demandes spécifiques à chaque territoire.

■ Observatoire des GES

Le besoin de disposer de données fiables s'est révélé primordial dans ce type de démarche, tout comme le besoin de réactualiser les bilans régulièrement, pour mesurer l'évolution de la situation.

Par conséquent, des réflexions sur la mise en place d'un suivi « partenarial » des données de trafic pour alimenter un observatoire des gaz à effet de serre sont menées. Elles regroupent différents partenaires locaux, gestionnaires de voirie, AOT, institutionnels, collectivités,... en vue de développer un outil de regroupement et mise à disposition des données nécessaires à l'actualisation régulière, qui pourrait également alimenter un certain nombre d'autres études.

Cette base de données permettrait également d'obtenir des ratios par taille de ville, par mode, etc. en vue d'alimenter la base carbone ou l'observatoire des GES.

Des premiers travaux de réflexion ont été menés pour définir une typologie communale des émissions de CO₂ liées aux transports routiers (rapport de stage – juin 2010).

■ Rôle d'animation

Comme déjà évoqué, cette démarche se veut pédagogique. Et à ce titre, de nombreuses interventions sont nécessaires pour faire partager les résultats mais aussi permettre une prise de conscience collective des enjeux, la nécessité d'agir en complémentarité les uns avec les autres, mais également les interactions éventuelles entre chaque mesure. Il est notamment important de prendre en compte les impacts potentiels sur la santé, des mesures prises.

Bibliographie

- **Les chiffres du transport** – édition 2010

Document publié par le ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire – Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer.

- **Rapport OMINEA** – février 2011 (actualisation annuelle)

Ce rapport comporte une description du système national d'inventaires des émissions de polluants dans l'atmosphère vis-à-vis de l'organisation, de la répartition des responsabilités et du champ couvert.

Il comprend les méthodes utilisées pour chaque catégorie de sources émettrices et notamment le secteur Transport.

- **Annuaire statistique des transports collectifs – évolution 2003-2008**

Editions du CERTU – 1^{er} trimestre 2010

Ce document présente les résultats de l'enquête annuelle sur les transports collectifs urbains, réalisé pour le compte de la Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM) par le Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques (CERTU).

- **Fiches Conseil Environnement** – avril 2007

Elaborées par la Fédération Nationale des Transports de Voyageurs en collaboration avec l'ADEME, ces fiches détaillent les avantages et inconvénients techniques, environnementaux et économiques des différentes filières technologiques (carburants).

- **Bilan énergétique régional** – 2003

Ce document présente notamment les coefficients de conversion pour les différentes sources d'énergie.

- **Rapport de la Cour des Comptes** – novembre 2009

Synthèse et rapport public thématique "Le transfert aux régions du transport express régional (TER) : un bilan mitigé et des évolutions à poursuivre".

- **Méthodologie de calcul de CO2 associées aux déplacements – éco comparateur voyages-sncf.com**

Version 3 de septembre 2009

Méthode basée sur des algorithmes de calculs, élaborés et validés par l'ADEME, en collaboration avec Voyages-sncf.com

- **Émissions dans l'air en France métropole – particules en suspension** – Mai 2010

CITEPA

- **Logistique urbaine : agir ensemble**

ADEME – France Nature Environnement Référence ADEME n° 6849 – septembre 2010

- **Synthèse de l'étude de l'efficacité énergétique et environnementale du transport maritime** – avril 2009 – MEEDDAT, ADEME

Étude spécifique ayant pour objectif l'estimation des efficacités énergétiques et environnementales du transport maritime en terme d'émissions atmosphériques

- **Bilan Carbone®** - Guide des facteurs d'émissions

ADEME

- **Objectif CO2 les transporteurs s'engagent** : www.ademe.fr

Charte d'engagement volontaires de réduction des émissions de CO₂ des transporteurs routiers de marchandises, élargie aujourd'hui aux transporteurs de voyageurs

- **Étude sur le niveau de consommation de carburant des unités fluviales françaises**

Efficacités énergétiques des émissions unitaires de CO₂ du transport fluvial de marchandises
janvier 2006 – ADEME – TL & Associés Consulting

- **Efficacités énergétique et environnementale des modes de transport** - janvier 2008

étude réalisée pour le compte de l'ADEME par DELOITTE

- **Émissions routières de polluants atmosphériques – Courbes et facteurs d'influence**

Note d'information – novembre 2009 – SETRA

- **Instruction relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers interurbains** – mai 2007 – version du 23 mai 2007
- **Projet d'instruction ministérielle – recommandations méthodologiques pour l'évaluation socio-économique des projets ferroviaires** – 3 mars 2006
- **La demande de transport en 2025 – Projections des tendances et des inflexions – DAEI/SESP** – publié en décembre 2004 et la note de mise à jour de mai 2007
- **Projections localisées de la demande de transport à l'horizon 2025 – DAEI/SESP – Juin 2007**
- **Les comptes des transports en 2010 – 48ème rapport à la Commission des comptes des transport de la Nation – CGDD – mars 2011**

édition annuelle

- **Schéma National des Infrastructures de Transport** – avant-projet consolidé – janvier 2011

Rapport environnemental – février 2011

Rapport d'évaluation globale de l'avant-projet consolidé de SNIT – mars 2011

Schéma National des Infrastructures de Transport – projet – octobre 2011

- **Schéma Régional des Infrastructures et des Transports**
- **Elaboration des données de parc automobile** - Rapport IFSTTAR-LTE - 2013

Références

Études réalisées pour le compte des DREAL

Région Aquitaine :

Contribution au bilan des émissions routières – année de référence 2006

Volet prospectif tous modes de transports à l'horizon 2020



Région Limousin :

Bilan des émissions tous modes de transports – année de référence 2006/2007 et volet prospectif tous modes de transports à l'horizon 2027

Vision prospective des émissions de GES et polluants liées aux transports routiers dans quatre agglomérations du Limousin



Région Poitou-Charentes :

Bilan des émissions tous modes de transports – année de référence 2007 et volet prospectif tous modes de transports à l'horizon 2020



Région Auvergne :

Bilan des émissions tous modes de transports – année de référence 2008 et volet prospectif tous modes de transports à l'horizon 2020



Région Midi-Pyrénées :

Analyse comparée d'outils de simulation des émissions de CO₂ et autres polluants : méthodologie ORAMIP (AASQA de Midi-Pyrénées) et méthodologie CETE Sud-Ouest

Participation au groupe de travail Transports dans le cadre de l'OTEC

Observation Territoriale Énergie Climat : rassemblant des acteurs de l'ADEME, SOeS, des DREAL, des Conseils Régionaux et des Observatoires de l'Énergie

en vue de la rédaction d'un cahier technique ayant pour objectif de permettre aux décideurs territoriaux de réaliser un bilan CO₂ transport au niveau régional afin de concevoir et suivre des politiques de réductions des émissions.

Glossaire

Cadencement : mode de desserte, selon une périodicité prédéfinie, d'un ensemble de points d'arrêt (halte ou gare)

CO₂ : dioxyde d'azote, il représente la majorité des émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique. Il est principalement issu de la combustion d'énergies fossiles.

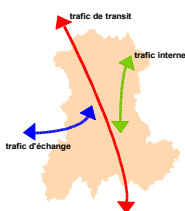
COVNM : composés organiques volatils non méthaniques, responsable de gênes olfactives, irritations, diminution des capacités respiratoires...

Efficacité énergétique : c'est un indicateur qui définit la performance d'un mode de transport en fonction de sa consommation énergétique ramenée au trafic exprimé en voyageur.km.

Efficacité environnementale : de la même façon, cet indicateur s'exprime en fonction de la quantité d'émissions de polluants ramenée au trafic exprimée en voyageur.km.

Émissions : rejets de polluants dans l'atmosphère.

Nature des trafics :



trafic interne : l'origine et la destination du déplacement se situe dans la région

trafic d'échange : une des deux extrémités du déplacement se situe dans la région, l'autre à l'extérieur de la région

trafic de transit : les deux extrémités du déplacement sont à l'extérieur de la région

NO_x : oxyde d'azote (NO et NO₂), reconnu pour son impact sur la santé et notamment sur les voies respiratoires. L'utilisation de pot catalytique diminue leurs émissions.

Particules : poussières de dimensions et d'origines diverses pouvant rester en suspension dans un gaz. Elles regroupent toutes les particules de diamètre inférieur à 100 µ qu'il convient de distinguer selon leur taille : les suies (particules les plus grosses), les particules de diamètre moyen inférieur à 10 µ (type PM₁₀) et inférieur à 2,5 µ. Dans cette étude ce sont les PM₁₀ qui sont recherchés.

Tonne équivalent pétrole (tep) – ou le gramme équivalent pétrole (gep) – est la mesure utilisée pour exprimer et comparer des énergies de sources différentes. Elle est égale à l'énergie moyenne dégagée par la combustion d'une tonne de pétrole brute. Elle vaut 41.855 GJ soit environ 42 GJ. Les équivalences sont calculées en fonction du contenu énergétique. *cf. les cahiers techniques – bilan énergétique régional – références complètes en annexe 7.*

Tonne.km : unité de mesure de trafic correspondant au transport d'une tonne de marchandise sur une distance d'un kilomètre.

Voyageur.km : unité de mesure de trafic correspondant au transport d'un voyageur sur une distance d'un kilomètre.

Gasoil : distillat de pétrole contenant en moyenne 1,6 % de diester. (Gasoil blanc : carburant à base d'émulsion d'eau et de gazole basse teneur en soufre)

Diester : constitué à partir d'un mélange d'huiles végétales estérifiées et de gazole

DeNO_x : systèmes ayant pour objectif de réduire les émissions d'oxydes d'azote (notamment l'amélioration des performances « moteurs », les système EGR – recirculation des gaz brûlés – systèmes de post-traitement, modification de la formulation des carburants

GNV : Gaz Naturel pour Véhicule – gaz naturel constitué de plus de 90 % de méthane (CH₄)

GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié – produit liquide constitué d'un mélange de propane (C₃H₈) et de butane (C₄H₁₀) issu du pétrole et de gaz naturel

Liste des sigles et abréviations

AASQA	Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AFPI	Association Française des Ports Intérieurs
AOT	Autorité Organisatrice des Transports
CCTN	commission des Comptes des Transports de la Nation
CERTU	Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les Constructions Publiques
CETE	Centre d'Études Techniques de l'Équipement
CG	Conseil Général
CGDD	Commissariat Général au Développement Durable
CGEDD	Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique
CO ₂	dioxyde de carbone
COVNM	composé organique volatil non méthanique
CPDP	Comité Professionnel Du Pétrole
CR	Conseil Régional
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
DGITM	Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
IGN	Institut Géographique National
INRETS	Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité
INSEE	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
MEDDTL	Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement
NO _x	oxydes d'azote
OMINEA	Organisations et méthodes des Inventaires Nationaux des Emissions Atmosphériques
ORAMIP	Observatoire Régional de l'Air en Midi-Pyrénées
PDU	Plan de Déplacements Urbains
PL	poids lourds
PLH	programme local de l'habitat
PLU	plan local d'urbanisme
PM	particules
RST	Réseau Scientifique et Technique du MEDDTL
SCOT	schéma de cohérence territoriale
SETRA	Service d'Études sur les Transports les Routes et leurs Aménagements
SNIT	Schéma National des Infrastructures de Transport
SRIT	Schéma Régional des Infrastructures, des Transports (et de L'intermodalité)
TCSP	Transports en Commun en Site Propre
TCNU	Transports Collectifs Non Urbains
TCU	Transports Collectifs Urbains
TMJA	Trafic Moyen Journalier Annuel
VL	véhicules légers
VNF	Voies Navigables de France
VP	véhicules particuliers
VUL	véhicules utilitaires légers

Annexes

Annexe 1: Unités, table de conversion

1 tep	41.855 GJ (valeur pouvant être arrondie à 42 GJ)
1 tonne de gasoil	1.000 tep
1 tonne d'essence	1.048 tep
1 tonne de fioul lourd	0.952 tep
1 000 litres de gasoil	0.845 tep
1 000 litres d'essence	0.786 tep
1 000 litres de kérosène	0.828 tep
Electricité :	
1MWh électricité géothermique	0.860 tep
1MWh électricité nucléaire	0.261 tep
1MWh électricité fossile ou renouvelable	0.086 tep
1 mile nautique	1 852 mètres
1 pied	30.48 centimètres

Annexe 2 : Exemple de fiches « recueil de données » bilan

Mode ferroviaire (données 2008)

Sources : SNCF, RFF, conseil régional

Les émissions du transport ferroviaire de voyageurs et de marchandises sont essentiellement dues à l'utilisation de combustible fossile (gazole) par les locomotives et autres engins à moteurs diesel. Les émissions des sources fixes (gares, locaux,...) et celles provenant de l'abrasion des freins, rails, roues et caténaires ne seront pas traitées.

La traction électrique est supposée ne pas émettre de polluants liés à l'utilisation de l'énergie mais seulement à sa production.

Transport ferroviaire de voyageurs (fiche fer_voy)

Recensement exhaustif des *lignes ferroviaires voyageurs* de la région et de leur trafic, y compris celui n'effectuant pas d'arrêt (source SNCF) :

lignes voyageurs	sections de lignes	départements concernés dans la région	longueur dans la région (en km)	Nombre de trains voyageurs / an (pour les 2 sens de circulation)	décomposition du service par type de matériel utilisé (en % du trafic)					Observations
					type 1	type 2	type 3	type 4	...	
matériel utilisé										
énergie de propulsion : électrique (E) ou thermique (T)										
consommations en litre de gasoil pour 100 km (selon données constructeurs)										
matériel utilisé					2200	73500	72500	BB26000		
énergie de propulsion : électrique (E) ou thermique (T)					T	T	T	E		
consommations en litre de gasoil pour 100 km (selon données constructeurs)					100	85	80			
exemple	Poitiers - Niort	Poitiers - Lusignan	86	23	3126	15%	15%		70%	
		Lusignan - St Maixent	86 - 79	26	3650	20%			80%	
		St Maixent - Niort	79	25	3650	10%			90%	
		Poitiers - Chauvigny	86	18	4280	20%	80%			
		Poitiers - Bellac	Poitiers - Lussac	86	32	6542	50%		50%	

EXEMPLES

Méthode

Calcul de la consommation annuelle totale liée à la propulsion thermique par utilisation des données constructeurs et calcul du nombre de km parcourus.

Calcul des émissions par utilisation de facteurs d'émission.

Résultats

Estimation des émissions de :

1 Dioxyde de carbone, CO₂,

- 2 Oxydes d’azote, NO_x
 - 3 Composés Organiques, Volatils Non Méthaniques, $COVNM$
 - 4 Particules fines de diamètre inférieur à 10 microns, PM_{10}
- Cas des lignes TER SNCF assurées par des autocars (fiche TER_car)

lignes voyageurs TER en autocar			
longueur totale du réseau dans la région :			
type de véhicule	Nombre de kilomètres parcourus par an	type d'énergie utilisée	consommation moyenne par km

Méthode et résultats
 Similaires à ceux pour le mode routier.
 Vitesse moyenne de circulation estimée à 50 km/heure.
 La consommation moyenne par km peut être remplacée par la consommation annuelle (pour chaque type de carburant en y associant les kilomètres parcourus).
 Le nombre de voyageurs.km est également nécessaire.

Transport ferroviaire de marchandises (fiche fer_march)

lignes marchandises	sections de lignes	départements concernés dans la région	longueur dans la région (en km)	Nombre de trains fret / an (pour les 2 sens de circulation)	décomposition du service par type de matériel utilisé (en % du trafic)					Observations
					type 1	type 2	type 3	type 4	...	
matériel utilisé										
énergie de propulsion : électrique (E) ou thermique (T)										
consommations en litre de gasoil pour 100 km (selon données constructeurs)										

Méthode et résultats

Similaires à ceux pour le transport ferroviaire voyageur.

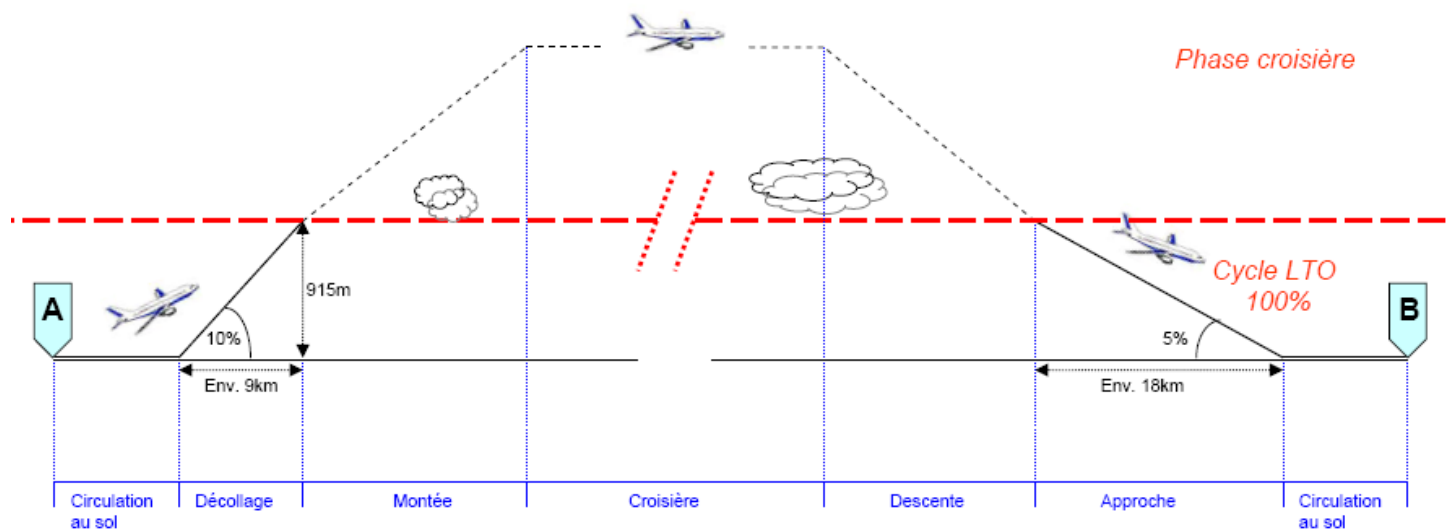
Mode aérien (données 2008)

Sources : direction de l'Aviation Civile, CCI, données techniques des constructeurs (méthodologies MEET et EMEP-CORINAIR)

Les aéroports de la région :

Seuls sont pris en compte les vols commerciaux au départ et à l'arrivée des aéroports de la région.

Les émissions sont fonction des différentes phases de vol (cycle LTO : cycle atterrissage et décollage incluant les opérations de l'avion du sol jusqu'à une hauteur de 3000 pieds – 915 m – et la phase croisière) et des types d'appareil.



Pour chaque aéroport et par an :

Transport aérien de voyageurs (fiche air_voy)

Aéroport : Aurillac, Clermont-Ferrand, Le Puy-en-Velay										distance (km)	temps de vol (mn)
liaisons régulières et occasionnelles		Nombre de mouvements annuels	Nombre annuel de voyageurs	Tonnage de fret	décomposition du trafic aérien par type d'appareil (% du trafic)						
origine	destination				type 1	type 2	type 3	type 4	...		
matériel utilisé					A320	E145					
<i>Clermont-Ferrand</i>	<i>Milan</i>	60	1200	0	80%	20%				480	

exemples

Transport aérien de marchandises (fiche air_march)

Aéroport :										distance (km)
liaisons régulières et occasionnelles		Nombre de mouvements annuels	Tonnage de fret aérien	dont fret camionné	décomposition du trafic aérien par type d'appareil (% du trafic)					
origine	destination				type 1	type 2	type 3	type 4	...	
matériel utilisé										

Pour chaque type d'appareil ou grande famille d'appareil, il est nécessaire de disposer des consommations de kérosène pour chaque phase de vol :

fiche air_app

type d'appareil ou grande famille d'appareil	consommation	
	phase LTO (consommation moyenne pour la durée LTO estimée à 33 mn selon l'OACI*)	phase croisière (en litre de kérosène par mn)

* OACI : organisation de l'aviation civile internationale

Méthode

Calcul de la consommation annuelle totale.

Calcul des émissions par utilisation de facteurs d'émission.

Résultats

Estimation des émissions de :

- 1 Dioxyde de carbone, CO_2 ,
- 2 Oxydes d'azote, NO_x
- 3 Composés Organiques, Volatils Non Méthaniques, $COVNM$
- 4 Particules fines de diamètre inférieur à 10 microns, PM_{10}

Mode routier (données 2008)

Sources : conseils généraux/service voirie, services voirie/trafic des structures intercommunales, directions interdépartementales des routes et sociétés autoroutières
services des transports collectifs urbains et conseils généraux/service transports

Le recueil de données porte sur les trafics (TMJA : VL, PL, VUL) pour l'ensemble du réseau routier,
en trafic moyen journalier par mois si connu (notamment sur les sites touristiques)
en trafic horaire si connu

Transport collectif urbain (fiche TCU)

Pour chaque agglomération disposant de transport collectif urbain, il est nécessaire de disposer des éléments suivants :

Agglomération :			
<i>longueur totale du réseau :</i>			
type de véhicule	Nombre de kilomètres parcourus par an	type d'énergie utilisée	consommation moyenne par km

La consommation moyenne par km peut être remplacée par la consommation annuelle (pour chaque type de carburant en y associant les kilomètres parcourus).

Le nombre de voyageurs.km est également nécessaire.

Transport collectif interurbain ou non urbain (fiche TCNU)

Pour chaque département (source conseils généraux), il est nécessaire de disposer des éléments suivants :

Département :			
longueur totale du réseau :			
type de véhicule	Nombre de kilomètres parcourus par an	type d'énergie utilisée	consommation moyenne par km

La consommation moyenne par km peut être remplacée par la consommation annuelle (pour chaque type de carburant en y associant les kilomètres parcourus).

Le nombre de voyageurs.km est également nécessaire.

Méthode

Calcul des vitesses de circulation (outil TRANSCAD) et calcul des émissions (outil CopCete selon modèle COPERT IV) pour le trafic routier global.

Pour les transports collectifs urbains, utilisation des données du CERTU pour les vitesses moyennes et calcul des émissions par utilisation de facteurs d'émissions.

Pour les transports collectifs non urbains, la vitesse moyenne de circulation est estimée à 50 km/h.

Résultats

Estimation des émissions de :

- 1 Dioxyde de carbone, CO_2 ,
- 2 Oxydes d'azote, NO_x
- 3 Composés Organiques, Volatils Non Méthaniques, $COVNM$
- 4 Particules fines de diamètre inférieur à 10 microns, PM_{10}

Annexe 3 : les enquêtes transports

Il existe différentes enquêtes locales ou nationales.

Des **enquêtes de circulation** réalisées par interview des conducteurs de VL, VUL et PL sur le réseau routier et portant notamment :

- sur l'origine / destination du déplacement, permettant ainsi de définir le type de déplacement (transit, échange, interne),
- sur les motifs du déplacement (domicile/travail, loisirs, professionnels, correspondance ferroviaire,...) pour les voyageurs,
- sur le taux d'occupation (nombre de voyageurs), charge transportée (tonnage et nature),
- ...

Elles concernent l'ensemble des types de mobilités : résidents, non résidents, touristes, international, ...

Les **enquêtes ménages déplacements** (EMD), dont le maître d'ouvrage est une collectivité locale (agglomération), sont également des outils de connaissance des pratiques de déplacements d'une population urbaine (modes de transport pour chaque personne d'un ménage avec motif, horaire, distance, part de marché des différents modes de transport,...). Cependant, ces données ne concernent que les résidents et les déplacements quotidiens (hors week-end). Elles peuvent être complétées par des enquêtes de fréquentation des transports collectifs. (cf. « Guide de l'exploitation standard CERTU », Version 2012).

Les **enquêtes déplacements villes moyennes** (EDVM), dont le maître d'ouvrage est une la ville concernée ou la communauté d'agglomération, sont de même nature mais s'appliquent aux agglomérations de moins de 100 000 habitants. (cf. « Guide de l'exploitation standard EDMV », Version 2012).

Les **enquêtes déplacements grand territoire** (EDGT) dont le maître d'ouvrage est une ou des collectivités locales (département, etc.), ont la même finalité mais s'appliquent à des territoires plus larges non couverts par les enquêtes précédentes.

L'**enquête nationale transports et déplacements** (ENTD) a pour maître d'ouvrage est l'Etat, et est réalisée par le CERTU. Elle fournit des éléments de connaissance sur les déplacements des ménages en France métropolitaine et de leur usage des moyens de transports tant collectifs qu'individuels. Elle donne une vision globale et cohérente de tous les modes et situations de transport des personnes, d'observer les comportements des habitants de toutes les tailles d'agglomérations et d'estimer des indicateurs de mobilité.

L'**enquête transport routier de marchandises** (TRM) est une enquête permanente menée par le SOeS sur le transport routier de marchandises effectué par des poids lourds – enquête obligatoire.

L'**enquête annuelle sur les transports collectifs urbains**, est une enquête réalisée pour le compte de la Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM) par le Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques (CERTU).

Annexe 4 : Corine Land Cover

La distinction entre réseau urbain et interurbain a été réalisée à partir de l'occupation du sol définie par Corine Land Cover et superposition du réseau routier de la base de données BD Carto® de l'IGN.

La base de données géographiques Corine Land Cover est produite dans le cadre du programme européen CORINE, de coordination de l'information sur l'environnement. Cet inventaire biophysique de l'occupation des terres fournit une information géographique de référence pour 38 États européens. Elle comprend trois principes fondamentaux :

- L'échelle de travail est le 1/100 000°.
- L'unité spatiale au sens de Corine Land Cover est une zone dont la couverture peut être considérée comme homogène et sa structure suffisamment stable pour servir d'unité de collecte pour des informations plus précises. La superficie de la plus petite unité cartographiée (seuil de description) est de 25 hectares.
- Enfin, l'occupation du sol est déterminée par photo-interprétation humaine d'images satellites de précision 20 mètres, selon une nomenclature hiérarchisée.

Pour plus d'information :

<http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/index.php?id=88>

Ainsi, l'utilisation de cette base de données pour définir la notion d'urbain / interurbain dans cette étude repose sur l'identification des zones urbaines correspondant à :

- Tissu urbain continu et discontinu.
- Zones industrielles et commerciales.
- Espaces verts urbains.
- Équipements sportifs et de loisirs.

qui sont matérialisées sur la carte ci-après.

La répartition entre urbain / interurbain est à considérer dans le cadre des limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Tout arc contenu dans une zone définie comme urbaine (habitat, activités,...) est qualifié d'urbain. La vitesse moyenne est calculée en fonction de son statut et de la vitesse autorisée.

Ainsi, les tronçons de route traversant un bourg identifié dans Corine Land Cover sont classés en "urbain" au même titre que tous les axes du centre-ville du chef-lieu de département, par exemple.

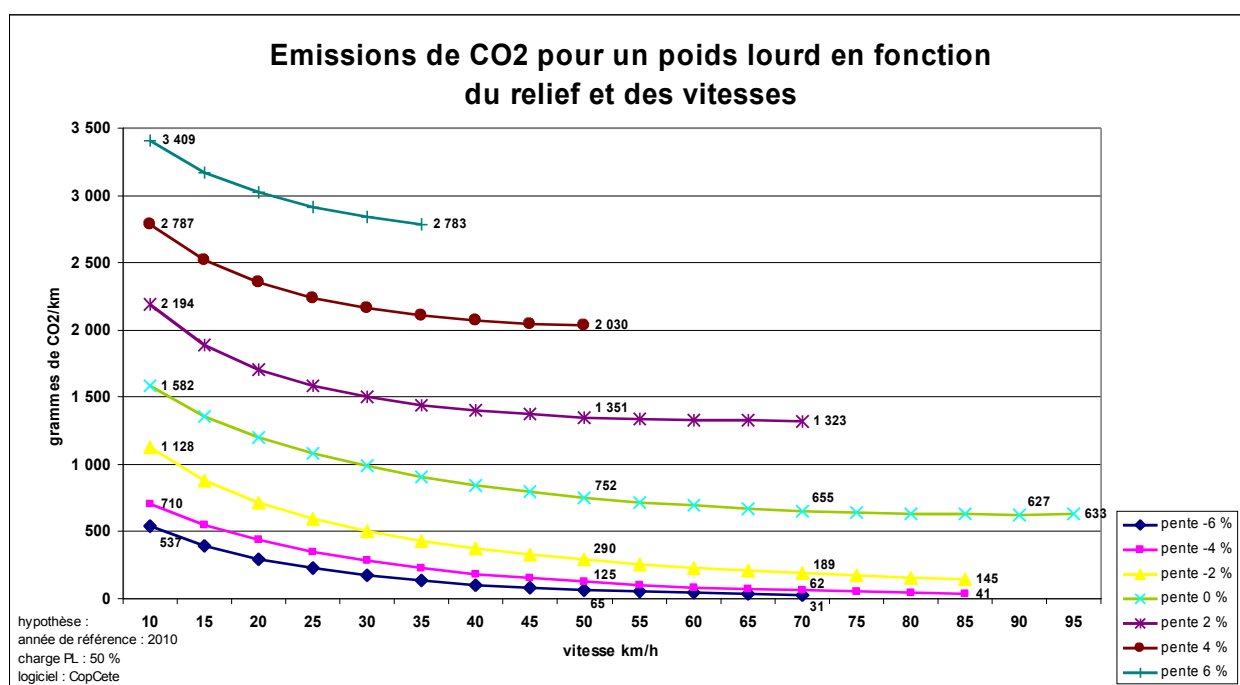
Cette distinction, utilisée dans la codification du type de voirie, fera l'objet de vérification de cohérence, notamment sur les grands axes à proximité des agglomérations, par exemple, les voies de type rocade, souvent situées en urbain mais considéré comme liaison interurbaine.

Annexe 5 : Méthodologie utilisée pour la prise en compte de l'effet rampe/pente dans les calculs d'émissions du transport routier

L'outil CopCete inclut la prise en compte des pentes/rampes pour le calcul des émissions des véhicules lourds.

En effet, les rampes et pentes ont pour effet de modifier les consommations énergétiques des véhicules. Il est considéré que pour les véhicules légers, il y a compensation entre les surconsommations liées aux sections "montantes" et les sous consommations liées aux sections en descente. En revanche, pour les véhicules lourds, les effets ne s'équilibrent pas.

A titre d'exemple, les courbes ci-après illustrent les émissions d'un poids lourd en fonction de la rampe empruntée :



Afin d'effectuer les calculs correspondant à cette problématique, il est nécessaire de disposer d'un certain nombre d'informations et notamment la rampe/pente de chaque tronçon de route (transposition des données altimétriques de la BD Topo® vers la BD Carto® de l'IGN, via l'outil TransCAD®).

La valeur des rampes/pentes est calculée à partir des données altimétriques. Toutefois, pour des tronçons importants de voiries, des profils en long pourront être utilisés pour une approche plus fine du relief.

Il est nécessaire de créer des champs supplémentaires dans la base de données pour effectuer l'ensemble des calculs : calcul des vitesses en charge puis quantification des consommations et des émissions.

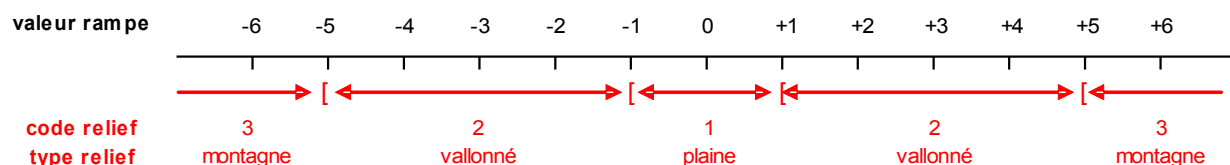
Selon la typologie des routes (cf. SETRA_VDF), et leur localisation, la prise en compte du relief varie dans l'estimation des vitesses en charge des VL et PL :

- en milieu urbain, les temps de parcours sont indépendants du relief, ils sont donc considérés sans pente,
- en milieu interurbain :
 - o autoroutier : prise en compte selon 3 types de relief

§ 1. plaine

§ 2. vallonné

§ 3. montagne



o non autoroutier

§ VL : une pénalité de temps est appliquée pour le relief de type montagne, rien pour ceux de plaine et vallonné

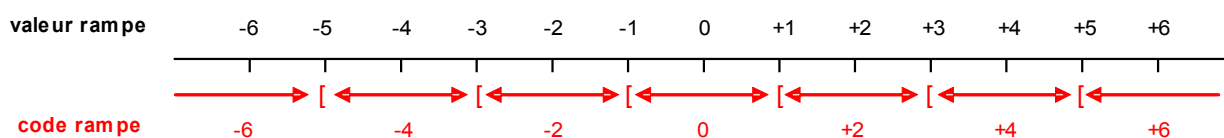
§ PL : insertion d'un indicateur LR4 (proportion de longueur de rampe >4%)

Valeur rampe/pente	Typologie		
	1-2	3-5	10-11
<-5 ou >=5	1	1	1
>=-5 et <-4 >=4 et <5	0.9	0.8	0.8
>=-4 et <-3 >=3 et <4	0.7	0.5	0.2
>=-3 et <-2 >=2 et <3	0.5	0.2	0
>=-2 et <-1 >=1 et <2	0.3	0.1	0
>=-1 et <1	0.1	0	0

Valeurs de LR4 selon la typologie de voirie (interurbain hors autoroutier)

Ainsi, seront créés les champs :

- **rampe/pente** (nombre flottant) : résultat du calcul lié à la différence d'altitude entre le point initial et le point final du tronçon
- **code rampe** (nombre entier) : codification de la valeur de la rampe en une des 7 valeurs possibles de CopCete



- **code relief** (nombre entier) : codification de la valeur de la rampe en une des 3 valeurs possibles telles que définies dans les études de trafic (cf. table de typologie SETRA_VDF et schéma ci-dessus).
- **LR4** (nombre flottant) : correspondant à un % de linéaire de voirie ayant une pente/rampe > 4 % (cf. valeurs dans tableau ci-dessus).

Calcul des vitesses en charge VL et PL

Données nécessaires aux calculs :

- type SETRA
- TMJA
- % PL
- Code relief
- LR4

Utilisation du tableur : utilitaire calcul vitesse en charge-Venligne.xls

Quantification des consommations et des émissions

Données nécessaires aux calculs :

- Identifiant
- Distance
- TMJA
- % PL
- Valeur rampe (pente)
- Vitesse en charge VL
- Vitesse en charge PL par sens

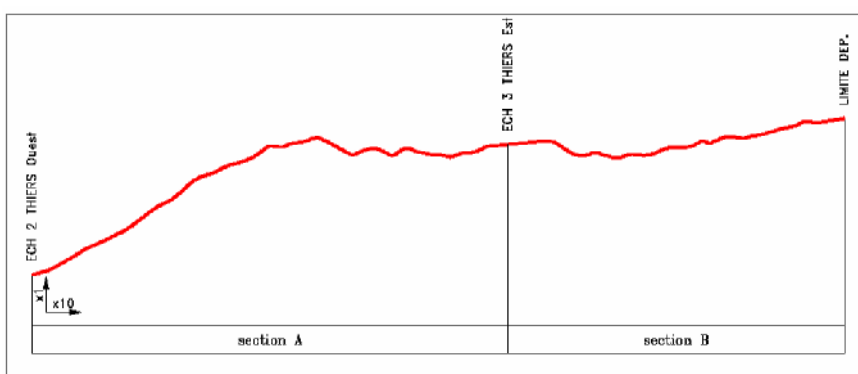
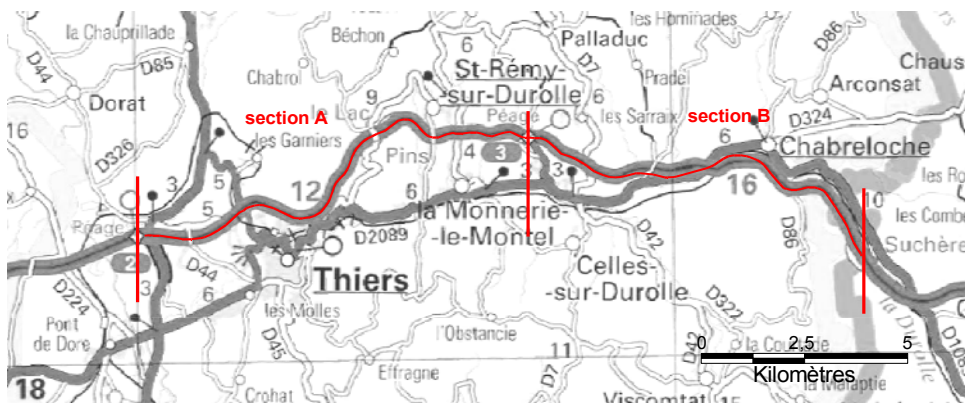
Précautions :

- pente : 7 valeurs possibles (-6 / -4 / -2 / 0 / 2 / 4 / 6)
- vitesses : nombre entier,
 - o valeurs autorisées pour VL : entre 5 et 130
 - o valeurs autorisées pour PL : entre 5 et 100 mais la vitesse maximum dépend de la valeur de la rampe/pente (cf. valeur dans tableaux ci-dessous)

L'utilitaire de calcul des vitesses en charge donne une vitesse moyenne pour les PL qu'il convient de moduler par sens. Ainsi, les vitesses moyennes sont majorées ou minorées de la façon suivante, dans la limite des vitesses maximum autorisées :

Valeur rampe	Majoration/minoration de la vitesse moyenne PL obtenue	Vitesse PL Maxi
- 6	+ 18.5	72 km/h
-4	+ 8	86 km/h
-2	+ 8	86 km/h
0	0	100 km/h
2	- 8	70 km/h
4	- 8	49 km/h
6	- 18.5	35 km/h

Illustration sur un tronçon d'autoroute à partir d'une approche détaillée



A89		section A	section B	total
distance (km)		10,375	9,650	20,025
trafic moyen (TMJA)		19 080	17 390	
% PL		12,00%	12,10%	
PL.km		8 670 429	7 411 483	16 081 912
avec effet relief	consommation énergétique totale (tep)	8 155	6 333	14 488
	consommation énergétique PL (tep)	3 065	1 794	4 859
	tep PL/km	295,39	185,90	242,63
	tonnes CO ₂	24 807	19 076	43 883
	tonnes CO ₂ PL	9 603	5 617	15 220
	tCO ₂ PL/km	925,61	582,09	760,07
	gCO ₂ /PL.km	1 107,58	757,90	946,43
	tonnes NOx PL	84,51	49,60	134,11
	gNOx/PL.km	9,75	6,69	8,34
	tonnes COVNM PL	0,43	0,26	0,69
gCOVNM/PL.km	0,05	0,03	0,04	
tonnes PM10 PL	1,41	0,95	2,36	
gPM10/PL.km	0,16	0,13	0,15	
sans effet relief	consommation énergétique totale (tep)	6 862	6 053	12 915
	consommation énergétique PL (tep)	1 772	1 514	3 286
	tep PL/km	170,76	156,89	164,08
	tonnes CO ₂	20 748	18 196	38 944
	tonnes CO ₂ PL	5 544	4 738	10 282
	tCO ₂ PL/km	534,36	490,95	513,44
	gCO ₂ /PL.km	639,33		
	gNOx/PL.km	5,79		
gCOVNM/PL.km	0,03			
gPM10/PL.km	0,12			

Annexe 6 : exemple de fiches « recueil de données » prospective

Réseaux d'infrastructures Requalification d'espaces publics, zones piétonnisées, aménagement de voirie sur place, création de voiries nouvelles, (boulevard urbain, contournement d'agglomération, ...), changement de statut de voirie, ...	
	Données nécessaires : Localisation, linéaire, vitesse, trafic estimé, report de trafic, ...
Services de Transports Ouverture / fermeture / prolongement de services, cadencement, report modal, politique tarifaire, intermodalité, résultats d'études, ... Nota : références et liens des études de prévision de clientèle et part modale existante	
T.C. urbain	Données nécessaires : Évolution de la part de marché envisagée et répartition modale, nb de voyageurs TC et nb de voyageurs tous modes de transports motorisés, ...
T.C. Interurbain routier	Données nécessaires : Évolution du nombre de services / lignes, linéaire réseau, type-capacité-consommation matériel, taux de remplissage, ...
T.C. Interurbain ferroviaire	Données nécessaires : Nombre de services entre gares principales, type matériel-composition-consommation des trains, taux de remplissage, ...
Marchandises	Données nécessaires : Évolution tonnage fret, évolution report modal (tonnage, équivalent PL retirés / axes), type matériel ferroviaire-consommation des trains, ...
Mobilité Évolution de la population, évolution des diverses politiques de circulation (plan de circulation, stationnement, limitations de vitesse, péage urbain, restrictions de circulation PL), ...	
Population	Données nécessaires : Hypothèses d'évolution des populations par territoires inscrites dans les documents de planification (SCOT, PLH, PDU,...) pour réaliser des pondérations territoriales, ... En l'absence d'hypothèses spécifiques, ce seront les prévisions INSEE qui seront utilisées.
Circulation	Données nécessaires : Localisation voiries concernées, organisation, linéaire, vitesse, trafic estimé, report de trafic, ...
Progrès technologique Évolution des normes techniques, évolution des parcs de matériel et de véhicules, ...	
	Données nécessaires : Amélioration des performances environnementales des véhicules (% de réduction d'émissions), ...
Autres observations Tous gisements d'économie de consommation énergétique et d'émissions de CO ₂ et polluants potentiels	

La loi Grenelle 2 a confirmé l'objectif national de réduire les émissions de GES de 20 % entre 2010 et 2020, afin de les ramener en 2020 au niveau qu'elles avaient atteint en 1990.

Conscientes des enjeux liés à la réduction des émissions des transports, certaines DREAL ont sollicité l'appui du CETE du Sud-Ouest pour élaborer des bilans régionaux d'émissions des transports à différents horizons temporels, qui leur permettent d'estimer les impacts des différents modes.

Ces travaux ont permis au CETE (participant au Pôle de compétences et d'innovation « Evaluation des projets et politiques de transports ») de développer les éléments de méthode décrits dans le présent rapport. Cette démarche permet de reconstituer les données régionales de trafic utilisées pour les différentes situations étudiées (initiales, futures), pour le transport de personnes et de marchandises. Elle propose des méthodes pour le calcul des émissions des modes de transport routier, ferroviaire, maritime, fluvial et aérien.

Pôle de Compétences et d'Innovation

"Évaluation des Projets et Politiques de Transport"

Ce document a été élaboré sous le pilotage du Sétra par le PCI "Évaluation des Projets et Politiques de transports".

Le PCI a pour objectif de contribuer à améliorer les pratiques d'évaluation des projets et politiques de transport. Le PCI a vocation à intervenir dans le domaine de l'évaluation des projets et politiques de transports et son action concerne l'expérimentation, l'élaboration, l'approfondissement et l'analyse et l'adaptation des méthodes et procédures d'évaluation et de concertation sur les projets et politiques de transport. Ses deux orientations thématiques sont l'évaluation des projets et politiques de transport et l'acceptabilité sociale des projets et politiques de transport :

Le PCI est situé au CETE du Sud-Ouest et au CETE de l'Ouest.

Rédacteur(s)

Joëlle SABY – CETE Sud-Ouest
téléphone : 05.56.70.66.00
télécopie : 05.56.70.66.68
mél : joelle.saby@developpement-durable.gouv.fr

Marie GADRAT – CETE Sud-Ouest
téléphone : 05.56.70.66.49
télécopie : 05.56.70.66.68
mél : marie.gadrat@developpement-durable.gouv.fr

Référent Sétra : Hélène LE MAITRE
mél : helene.le-maitre@developpement-durable.gouv.fr

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
110 avenue de Paris, 77171 SOURDUN France
téléphone : 33 (0)1 60 52 31 31

Document consultable et téléchargeable sur les sites web du Sétra :

- Internet : <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
- Intranet (Réseau ministère) : <http://intra.setra.i2>

*Ce document ne peut être vendu. La reproduction totale du document est libre de droits.
En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Sétra devra être demandé.
© 2013 Sétra – Référence : 1329w – ISRN : EQ-SETRA--13-ED23--FR*

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEDDE

