

# Recommandations pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des projets routiers



Mai 2020



*Rapport*

# **Recommandations pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des projets routiers**

L'ouvrage est une œuvre collective réalisée sous la direction du Cerema.

**Rédacteurs**

Nathalie CHARRIER - Cerema Sud-Ouest  
Tiffany DESBOIS - Cerema Ouest  
Arnaud FEESER - Cerema Est  
Adelaide FERAILLE - ENPC  
Thibaut LAMBERT - Cerema Est  
Joël M'BALLA - Cerema ITM  
Laurent MORICEAU - Cerema Sud-Ouest  
Christelle NAUDAT - Cerema Ouest  
Virginie PERIER - Cerema Sud-Ouest

**Relecteurs**

Helene LE MAITRE - DIT  
Pierre ESCAND - DIT  
Laetitia DALOIA - Cetu

**Coordonnateur**

Laurent MORICEAU - Cerema Sud-Ouest  
Tél. : 05 56 70 67 56 - Mél : [laurent.moriceau@cerema.fr](mailto:laurent.moriceau@cerema.fr)

**Comment citer cet ouvrage :**

Cerema. *Recommandations pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des projets routiers*.  
Bron : Cerema, 2020. Collection : Expériences et pratiques. ISBN : 978-2-37180-453-1

## Sommaire

<b>Table des sigles et acronymes.....</b>	<b>4</b>
<b>Glossaire.....</b>	<b>6</b>
<b>1 - Objectif du rapport.....</b>	<b>7</b>
1.1 - Présentation.....	7
1.2 - Périmètre du rapport.....	8
1.3 - Organisation du rapport.....	9
<b>2 - Les émissions de gaz à effet de serre.....</b>	<b>10</b>
<b>3 - L'analyse de cycle de vie : principes généraux.....</b>	<b>10</b>
3.1 - Description de la méthode ACV.....	10
3.2 - Etapes conventionnelles du cycle de vie.....	11
3.3 - Application à l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre d'un projet routier.....	12
<b>4 - Méthodologie proposée pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des projets routiers.....</b>	<b>13</b>
4.1 - Un calcul en différentiel entre option de référence et option de projet.....	13
4.2 - Périmètre de l'évaluation.....	15
4.3 - Notions de période de référence et durée de vie.....	15
4.4 - Calcul des émissions de Gaz à Effet de Serre : méthode proposée.....	16
4.4.1 - Principe de calcul.....	16
4.4.2 - Données d'activités et facteurs d'émissions.....	17
4.4.3 - Niveaux d'agrégation des facteurs d'émissions.....	18
4.4.4 - Faisabilité d'une approche simplifiée d'évaluation des émissions de GES par euro investi.....	19
4.4.5 - Principes de construction des facteurs d'émissions.....	20
4.4.6 - Evolution des facteurs d'émissions.....	20
4.4.7 - « Sources » des facteurs d'émissions.....	20
4.5 - Traitement des incertitudes.....	21
<b>5 - Présentation des résultats.....</b>	<b>22</b>
<b>6 - Points de vigilance.....</b>	<b>22</b>
<b>Fiches thématiques.....</b>	<b>23</b>
Fiche n°1 : Trafic.....	24
Fiche n°2 : Artificialisation des sols.....	29
Fiche n°3 : Terrassements et couches de forme.....	34
Fiche n°4 : Construction et entretien des chaussées.....	38
Fiche n°5 : Ouvrages d'art.....	47
Fiche n°6 : Équipements de sécurité.....	51
Fiche n°7 : Exploitation du réseau.....	54
<b>Annexes.....</b>	<b>56</b>
Annexe n°1 : Exemple d'évaluation des émissions de Gaz à Effet de Serre concernant un projet de déviation routière.....	57
Annexe n°2 : Durée de vie et période de référence.....	77
Annexe n°3 : Principe d'addition et de multiplication des incertitudes.....	79
Annexe n°4 : Approche d'évaluation des émissions de GES par euro investi.....	80
Annexe n°5 : Textes réglementaires.....	82
<b>Bibliographie.....</b>	<b>90</b>

## Table des sigles et acronymes

<b>Sigle, Acronyme</b>	<b>Définition</b>
<b>Organisme</b>	
Cerema	Centre d'études et d'expertises sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
Sétra	Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (aujourd'hui Cerema Infrastructures de Transport et Matériaux)
CGEDD - AE	Conseil général de l'Environnement et du Développement durable - Autorité Environnementale
ADEME	Agence de L'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
INRA	Institut national de la recherche agronomique
ATILH	Association Technique de l'Industrie des Liants Hydrauliques
Eurobitume	Association européenne des producteurs de bitume
Cimbéton	Centre d'information sur le ciment et ses applications béton
AFGC	Association Française de Génie Civil
<b>Aspects environnementaux</b>	
GES	Emissions de Gaz à Effet de Serre
BEGES	Bilan des émissions de gaz à effet de serre
SNBC	Stratégie Nationale Bas-Carbone
ACV	Analyse du Cycle de Vie
ICV	Inventaire de Cycle de Vie
FE	Facteurs d'émissions (exprimés en kg eq.CO2 par unité)
<b>Trafic</b>	
VL	Véhicule Léger
PL	Poids Lourds
TMJA	Trafic Moyen Journalier Annuel
GNV	Gaz Naturel pour Véhicules
<b>Terrassements</b>	
PST	Partie Supérieure des Terrassements
AR	Arase de terrassement
PF	Plate-forme support de chaussée



Sigle, Acronyme	Définition
<b>Chaussées</b>	
BB	Béton Bitumineux
BBTM	Béton Bitumineux Très Mince
BBSG	Béton Bitumineux Semi-Grenu
BBME	Béton Bitumineux à Module Elevé
EME	Enrobé à Module Elevé
GB	Grave Bitume
AE	Agrégats d'Enrobés
MTLH	Matériaux Traités aux Liants Hydrauliques
GC	Grave Ciment
SC	Sable Ciment
GNT de type A	Grave Non Traitée
BAU	Bande d'Arrêt d'Urgence
TPC	Terre-Plein Central
<b>Équipements de sécurité</b>	
ITPC	Interruption de Terre-Plein Central
Glissières métalliques GS2 - GS4	Glissière métallique simple de type GS2 ou GS4
Glissières métalliques DE2 - DE4	Glissière métallique double de type DE2 ou DE4
GBA	Séparateur simple en béton adhérent
DBA	Séparateur double en béton adhérent
<b>Autres</b>	
RRN	Réseau Routier National
OA	Ouvrage d'Art
RD	Route Départementale

## Glossaire

<b>Terme utilisé</b>	<b>Définition</b>
Base Carbone®	Base de données publiques de facteurs d'émissions nécessaires à la réalisation d'exercices de comptabilité carbone, administrée par l'ADEME
Eco-comparateur	Outil d'évaluation et de comparaison de variantes environnementales
ECORCE2	ECOcomparateur Route Construction Entretien version 2 : évaluation d'indicateurs environnementaux pour la réalisation de travaux routiers (construction et entretien des chaussées, construction de couche de forme, travaux de terrassements) ; outil élaboré par l'IFSTTAR et le Réseau Scientifique et Technique (RST) du ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES)
DIOGEN	Données d'Impact pour les Ouvrages de Génie Civil : base de données donnant les impacts environnementaux pour les matériaux utilisés dans la réalisation des ouvrages de génie civil, issues de travaux menés par un groupe de travail AFGC
CIOGEN	Calcul d'Impacts environnementaux des Ouvrages de GENie civil : outil permettant de réaliser des évaluations environnementales d'ouvrages de génie civil
EcolInvent	Base de données d'inventaire de cycle de vie dans les domaines de l'énergie, l'agriculture, les transports, les matériaux, les produits chimiques, le traitement des déchets...
CopCerema	Outil permettant de calculer les émissions du trafic routier à l'échelle du tronçon



# 1 - Objectif du rapport

## 1.1 - Présentation

Les projets qui, par leur nature, leur dimension ou leur localisation, sont susceptibles d'avoir des incidences notables sur l'environnement ou la santé humaine doivent faire l'objet d'une étude d'impact environnementale. Le contenu de cette étude d'impact est fixé réglementairement par le code de l'environnement. En particulier, parmi les différents effets du projet à analyser, l'art. R.122-5 du code de l'environnement prévoit que l'étude d'impact doit contenir :

*« 5° Une description des incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement résultant, entre autres : [...] »*

*f) Des incidences du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique ; »*

L'analyse des incidences du projet sur le climat implique nécessairement que son impact en termes d'émissions de gaz à effet de serre fasse l'objet d'une évaluation. Il s'agit d'une exigence à laquelle l'AE (Autorité environnementale) – CGEDD est attentive dans ses avis.

L'impact d'un projet routier en termes d'émissions de gaz à effet de serre (GES) doit s'apprécier au regard d'une situation de référence, correspondant au scénario le plus probable en l'absence de réalisation du projet évalué. L'impact GES du projet est égal à la différence d'émissions de gaz à effet de serre entre la situation projet et la situation de référence. Cet impact doit être évalué sur les différentes phases du cycle de vie du projet : phase de construction, phase d'utilisation et phase de fin de vie.

L'impact des émissions de gaz à effet de serre d'un projet routier en phase d'utilisation comprend, entre autres, l'impact lié au trafic. Il convient d'insister sur le fait que cet impact « trafic » ne correspond pas ici aux émissions des véhicules qui empruntent l'infrastructure mais à la variation des émissions entre la situation projet et la situation de référence de l'ensemble des véhicules circulant sur un périmètre d'évaluation approprié (plus large que la simple emprise du projet).

Concernant la phase de construction, l'impact des émissions de gaz à effet de serre d'un projet routier peut être élevé (en raison de la forte consommation d'énergie générée par certains processus) et, dans certains cas, assez proche de l'impact des émissions de gaz à effet de serre en phase d'utilisation.

La phase de fin de vie, qui comprend la déconstruction des glissières, des chaussées, des ouvrages d'art, mais pas la déconstruction totale de l'infrastructure (terrassements, couches de forme), représente quant à elle une part assez faible des émissions de gaz à effet de serre d'un projet.

L'évaluation de l'impact GES d'un projet routier suivant la définition donnée plus haut ainsi que la présentation dans l'étude d'impact de ses résultats et de la méthodologie employée permettent de répondre aux exigences de l'art. R.122-5 du Code de l'environnement. Ce document n'a en revanche pas vocation à traiter de l'étude de la vulnérabilité des projets routiers au changement climatique.

L'évaluation de l'impact GES permet également de se conformer aux dispositions du [décret 2017-725 relatif aux principes et modalités du calcul des émissions de gaz à effet de serre des projets publics](#) qui prévoit que :

*« III.-L'Etat, les collectivités territoriales et leurs établissements publics respectifs prennent en compte la stratégie bas-carbone dans leurs documents de planification et de programmation qui ont des incidences significatives sur les émissions de gaz à effet de serre. »*

*« Dans le cadre de la stratégie bas-carbone, le niveau de soutien financier des projets publics intègre, systématiquement et parmi d'autres critères, le critère de contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Les principes et modalités de calcul des émissions de gaz à effet de serre des projets publics sont définis par décret. »*

et précise que :

*« L'information requise pour répondre au critère de contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre est apportée en appliquant les modalités de calcul prévues aux articles D. 222-1. G. à D. 222-1-I, ou sur la base de l'analyse relative aux incidences du projet sur le climat fournie dans l'étude d'impact en application de l'[article L. 122-1 du code de l'environnement](#), en précisant la méthodologie employée et l'origine des données utilisées. »*

Ce document porte uniquement sur l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre induites par les projets routiers. Il ne traite pas de la problématique des mesures à mettre en œuvre pour compenser ces émissions, ce sujet ayant vocation à être étudié dans le cadre d'une démarche distincte.

## 1.2 - Périmètre du rapport

Le document a pour objectif de fournir une méthode d'estimation et de quantification des émissions de GES des projets routiers soumis à une étude d'impact. Cette méthodologie a vocation à être appliquée au stade « amont » des projets, c'est-à-dire antérieurement à leur déclaration d'utilité publique ou à leur déclaration de projet, durant la phase des études préalables. Elle peut également être utilisée afin de comparer l'impact GES de plusieurs variantes d'un projet. A un stade plus aval, elle peut en outre être utilisée pour l'évaluation des opérations en phase avant-projet mais cela nécessite de disposer de facteurs d'émissions d'un niveau de précision adapté.

La méthode de calcul proposée s'appuie sur une démarche de type « analyse cycle de vie » (ACV), mais ne comptabilise que l'impact du changement climatique.

## 1.3 - Organisation du rapport

Le document est composé d'un document général détaillant les principes de l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre d'un projet routier et de fiches thématiques permettant l'évaluation des principaux postes contributeurs.

Dans cette première version, les fiches thématiques concernent les postes suivants, pour lesquels des données ont pu être consolidées :

- l'artificialisation des sols ;
- les terrassements ;
- les ouvrages d'art (construction, entretien, fin de vie) ;
- les chaussées (construction, entretien, fin de vie) ;
- les glissières de sécurité (construction, fin de vie, l'entretien étant intégré à l'exploitation du réseau) ;
- l'exploitation du réseau principal ;
- la circulation des véhicules (VL, PL).

Il pourra être complété ultérieurement par d'autres fiches thématiques, telles que :

- les équipements routiers hors glissières de sécurité (signalisation horizontale et verticale, éclairage et équipements dynamiques, etc.) ;
- les ouvrages de génie civil (murs anti-bruit), les tunnels creusés et les tranchées couvertes ;
- les ouvrages d'assainissement.

Les émissions liées aux déplacements de personnes pour les besoins du chantier ne sont pas quantifiées dans le cadre de la méthodologie proposée en raison de leur faible poids présumé.

Il est évidemment possible de prendre en compte ces postes dans le cadre d'une analyse plus complète en utilisant des facteurs d'émissions unitaires spécifiques (données bibliographiques, données fabricants, données Ademe, logiciels métier, etc.) et en respectant les éléments de méthodologie proposés.

Les fiches thématiques ont également vocation à être enrichies en fonction de l'évolution des connaissances relatives aux facteurs d'émissions. La réalisation de bilans des émissions de gaz à effet de serre à l'occasion de chantiers routiers pourrait, par exemple, améliorer les connaissances sur les ratios et/ou facteurs d'émissions. Cela nécessiterait de demander aux entreprises de recenser les données nécessaires (quantités, provenances et caractéristiques des matériaux consommés, consommation, provenance et caractéristiques des engins et matériels, déplacements des personnels, consommations d'eau et d'électricité, déchets générés et leurs destinations) dans leurs marchés de travaux.

## 2 - Les émissions de gaz à effet de serre

Les gaz à effet de serre sont des constituants gazeux de l'atmosphère qui absorbent et renvoient certains rayonnements émis par la surface de la terre, l'atmosphère et les nuages. L'augmentation exagérée de ces gaz, en raison des activités humaines, est responsable du réchauffement climatique actuel.

Les principaux gaz dits à effet de serre (notés souvent GES) sont : le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>), les hydrochlorofluorocarbures (HFC), les perfluorocarbures (PFC) et le trifluorure d'azote (NF<sub>3</sub>).

L'impact de chaque gaz est ramené à une unité commune, l'équivalent dioxyde de carbone (noté CO<sub>2</sub>eq ou eq.CO<sub>2</sub>), exprimé en masse (kilogrammes ou tonnes). Il est alors possible de sommer les contributions de ces différents gaz pour caractériser le potentiel de réchauffement global des gaz à effet de serre, appelé aussi indicateur « changement climatique » ou plus communément « émissions de gaz à effet de serre ».

Le Plan Climat de la France, présenté en juillet 2017, vise la neutralité carbone à l'échelle de la France, c'est-à-dire zéro émissions nettes, à l'horizon 2050. La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) décrit la feuille de route de la France pour conduire la politique d'atténuation du changement climatique définit des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle de la France à court/moyen terme – les budgets-carbone –. Elle donne des orientations pour mettre en œuvre la transition vers une économie bas-carbone dans tous les secteurs d'activités. La stratégie fait l'objet d'un cycle complet de révision tous les cinq ans.

## 3 - L'analyse de cycle de vie : principes généraux

### 3.1 - Description de la méthode ACV

L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est une méthode normalisée dont le cadre général et les lignes directrices sont donnés par les normes internationales ISO 14040 et ISO 14044.

Elle permet d'estimer les flux de matières et d'énergies, ainsi que les impacts environnementaux potentiels d'un produit ou d'un service au cours de son cycle de vie et donc d'établir les interactions entre les procédés technologiques et leurs effets sur l'environnement.

Ce caractère multi-étape de l'ACV (appelée aussi analyse « du berceau à la tombe ») est essentiel et permet d'éviter un transfert temporel de pollution. En effet, l'amélioration du bilan d'une des étapes du cycle de vie peut dégrader celui d'une autre étape.

La méthode proposée a été conçue selon une démarche basée sur l'analyse de cycle de vie (ACV), en considérant toutes les étapes du cycle de vie depuis l'extraction des matières premières jusqu'au traitement de la fin de vie.

Toutefois, elle diffère d'une analyse de cycle de vie par le nombre d'indicateurs comptabilisés. Une analyse du cycle de vie (ACV) complète comprend en effet une douzaine d'indicateurs, qui portent notamment sur la qualité de l'air, la qualité de l'eau, le potentiel de réchauffement climatique, la santé humaine et l'épuisement des ressources, ce qui permet également d'éviter les transferts de pollution.

La méthode se consacre uniquement à l'indicateur changement climatique (émissions de gaz à effet de serre), qui est l'un de ceux pour lequel on dispose de la meilleure connaissance.

## 3.2 - Etapes conventionnelles du cycle de vie

Les phases du cycle de vie comprennent :

- la « phase de réalisation » comprenant la phase d'études jusqu'à la mise en service incluant l'extraction, la production, le transport de matières premières ainsi que la mise en œuvre ;
- la « phase d'utilisation » comprenant les opérations d'exploitation, d'entretien, de maintenance, de réhabilitation et d'utilisation ;
- la « phase de fin de vie » comprenant les opérations de transformation effectuées à l'issue de la phase d'utilisation, telles que la déconstruction, le transport et le traitement des déchets des matériaux et équipements du projet.

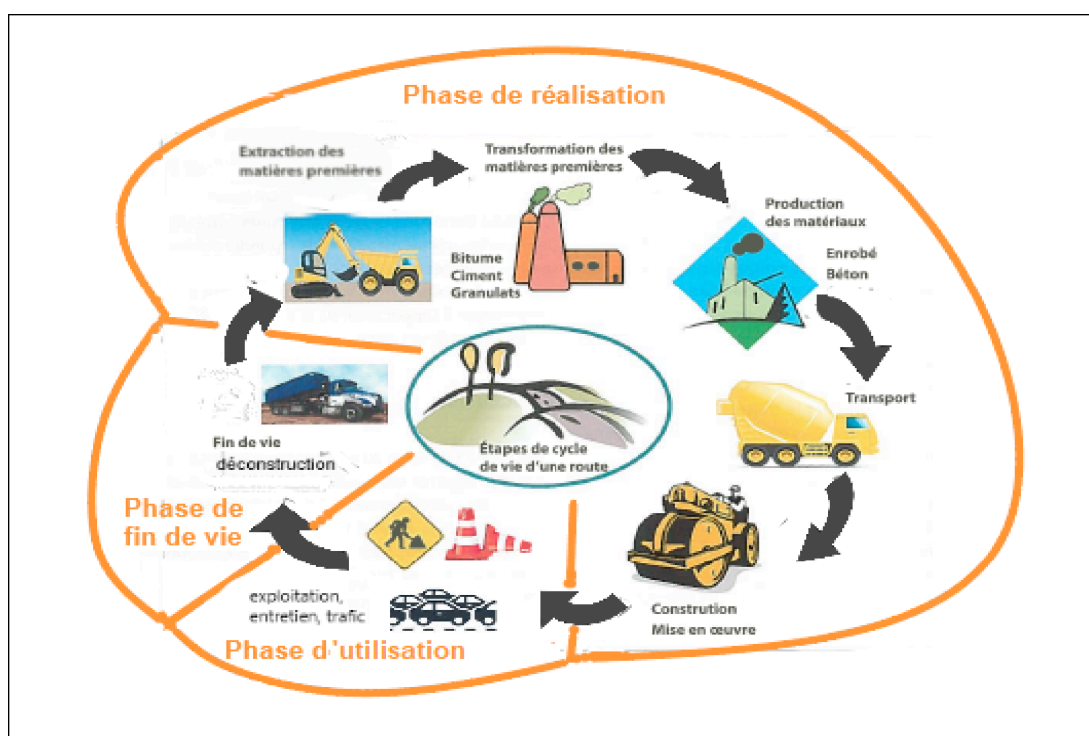


Illustration 1 : Etapes du cycle de vie (Source : Cerema)

L'ACV a été initialement développée et formalisée pour des produits (norme NF EN 15804) pouvant inclure des biens (produits manufacturés, matières issues de procédés, logiciels, etc.) ou des services. Son application aux constructions, à des ouvrages de Génie Civil et notamment aux ouvrages d'infrastructures est plus récente et donne encore lieu à un certain nombre d'études et de questionnements. Des méthodes ont été établies pour les bâtiments et sont progressivement étendues aux autres ouvrages de construction

Ainsi, la norme NF EN 15978 « Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Évaluation de la performance environnementale des bâtiments - Méthode de calcul » précise le contenu des étapes du cycle de vie à prendre en compte dans l'évaluation d'un bâtiment.

La norme EN 15643-5 « Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Évaluation de la contribution des bâtiments et des ouvrages de génie civil au développement durable – Partie 5 » a été adaptée des normes précédemment citées pour les produits et les bâtiments. Elle donne le « cadre méthodologique définissant les principes et les exigences spécifiques aux ouvrages de génie civil » et décline le contenu des étapes du cycle de vie à prendre en compte dans l'évaluation d'un ouvrage de génie civil.

Ces étapes sont regroupées en quatre modules :

- le module A correspond à la phase de réalisation ;
- le module B correspond à la phase d'utilisation ;
- le module C correspond à la fin de vie de l'ouvrage (démolition et traitement des déchets) ;
- enfin, le module D, intègre les coûts ou les bénéfices environnementaux complémentaires au-delà du cycle de vie de l'ouvrage. Il permet notamment de valoriser le potentiel de recyclage des matériaux issus de l'ouvrage. Sa prise en compte est optionnelle.

Il est donc proposé de considérer, par analogie, les mêmes étapes pour l'évaluation du cycle de vie d'un projet d'infrastructure.

### **3.3 - Application à l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre d'un projet routier**

*Le calcul des émissions de gaz à effet de serre doit porter sur un ensemble comprenant au moins les phases de réalisation et de fonctionnement du projet public ainsi que la phase amont de production des sources d'énergie et des matériaux et équipements. Le maître d'ouvrage peut [également] inclure les quantités de gaz à effet de serre émises lors de la phase de fin de vie du projet public s'il le juge pertinent au vu des données disponibles<sup>1</sup>.*

Le document prend en compte les phases susmentionnées y compris la fin de vie (module C), des données étant disponibles pour les différents postes traités (chaussées, ouvrages d'art, équipements de sécurité, etc.). La fin de vie comprend, dans la méthodologie proposée, la déconstruction des glissières, des chaussées, des ouvrages d'art, mais pas la déconstruction complète de l'infrastructure (terrassements et couches de forme).

En revanche, il ne contient aucune disposition pour la prise en compte du module D, étant donné l'état actuel des connaissances.

---

<sup>1</sup> *Extrait du Décret n° 2017-725 du 3 mai 2017 relatif aux principes et modalités de calcul des émissions de gaz à effet de serre des projets publics.*

## 4 - Méthodologie proposée pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des projets routiers

### 4.1 - Un calcul en différentiel entre option de référence et option de projet

L'évaluation doit être menée en comparant les effets de l'option de projet avec ceux de l'option de référence, définis dans la note technique du 27 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transport :

- Option de référence : ensemble des investissements les plus probables que réaliserait le maître d'ouvrage du projet évalué dans le cas où celui-ci ne serait pas réalisé. Ces investissements peuvent correspondre à des actions en matière d'infrastructure ou en matière de service de transport. Quand le cas se présente, des adaptations de l'offre de transport relevant d'autres maîtrises d'ouvrage sont également considérées.
- Option de projet : option étudiée par le maître d'ouvrage en réponse à un problème ou à un besoin déterminé. Les options de projet peuvent évoluer au fur et à mesure que se déroule le processus de conception et d'évaluation du projet.

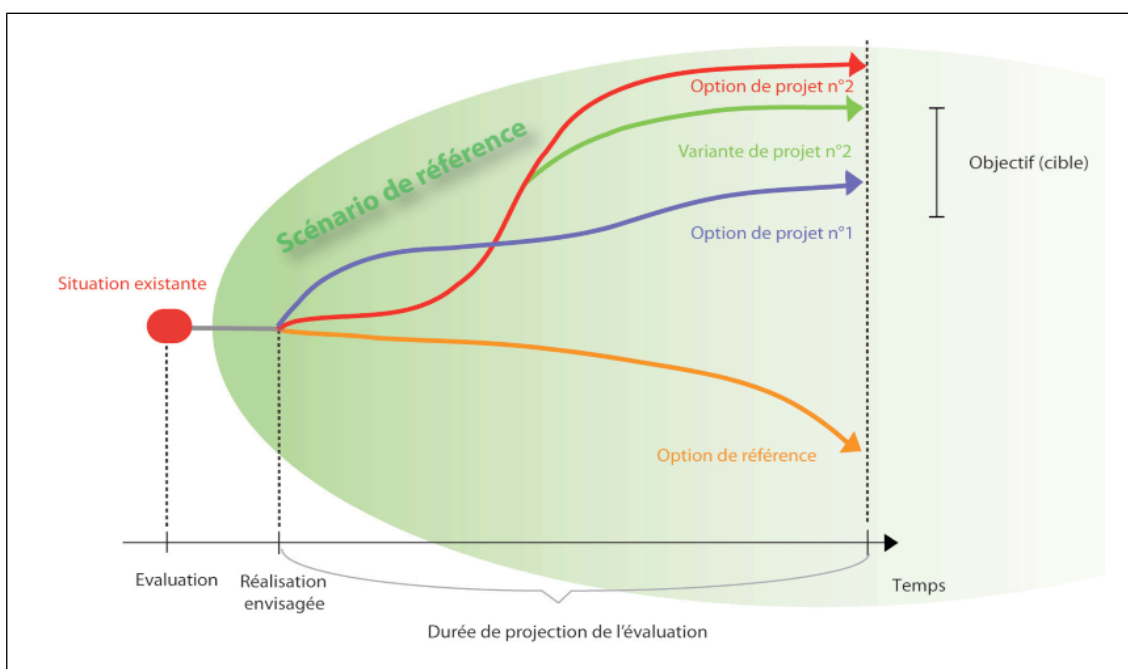


Illustration 2 : Schéma de l'évaluation socio-économique des projets de transport (Source : MTES)

Afin d'évaluer les émissions de GES imputables au projet routier, il est donc nécessaire de comparer les émissions générées par l'option de projet avec celles calculées sur l'option de référence.

Pour une situation donnée (référence ou projet), les émissions interviennent principalement durant la phase d'utilisation de l'ouvrage, étant donné le poids des émissions liées au trafic dans le cas des projets routiers. Néanmoins, l'objectif de l'évaluation est d'estimer les émissions induites par le projet, à savoir la variation d'émissions entre la situation de projet et la situation de référence. La variation d'émissions liée à l'utilisation de l'ouvrage dépend fortement du projet. Elle peut constituer la principale source d'émissions, mais elle peut également être du même ordre de grandeur voire inférieure aux émissions dues aux autres phases (en particulier celles dues à la phase de réalisation). Dans certains cas, elle peut même être négative si le projet induit une baisse globale des véhicules.km.



Pour les autres postes de la phase fonctionnement (exploitation, entretien), le maître d'ouvrage pourra décider, s'il estime que l'impact peut être significatif, d'affiner l'évaluation en prenant en compte l'économie réalisée en termes d'entretien et d'exploitation sur le réseau historique (non modifié par le projet). Cela reviendra par exemple, dans le cas d'un élargissement (mise à 2 × 2 voies ou 2 × 3 voies d'une route existante), à considérer uniquement l'entretien et l'exploitation sur les voies supplémentaires créées par le projet.

Une analyse des émissions de GES a été conduite sur les 16 projets routiers de l'Etat ayant fait l'objet d'un avis de l'Autorité environnementale (AE) en 2017 et 2018 (hors actualisations d'études d'impact et hors projets du plan de relance autoroutier).

Ils représentent ensemble environ 80 km de linéaire pour un coût total d'environ 1,4 Md€.

Les émissions de GES ont été calculées en analyse de cycle de vie pour les postes construction, artificialisation des sols et entretien, conformément au présent document.

Pour le poste trafic, les émissions ont été calculées pour l'année de mise en service et sommées jusqu'en 2070 avec l'hypothèse d'une évolution du parc conforme à la SNBC en vigueur<sup>2</sup> et atteignant la neutralité carbone en 2050. Ces volumes sont calculés en différentiel entre l'option de référence correspondant au scénario le plus probable en l'absence de réalisation du projet évalué et la situation avec projet. La plupart des projets correspondant aujourd'hui à des améliorations d'itinéraires existants n'induisant pas de trafic supplémentaire au-delà des évolutions globales de la demande de mobilité, ces chiffres sont souvent faibles et peuvent même être négatifs lorsque le projet permet de réduire les distances parcourues et donc le nombre de « véhicule.kilomètre ».

L'analyse des impacts cumulés des 16 projets cumulés montre que :

- les émissions de GES liées à la construction sont de 475 000 t eq.CO<sub>2</sub> ;
- les émissions annuelles liées à l'évolution du trafic à la mise en service peuvent être positives ou négatives suivant les projets. Les émissions supplémentaires générées par ces projets sont évaluées à 27 000 t eq.CO<sub>2</sub> et les émissions évitées à 23 000 t eq.CO<sub>2</sub>, soit un bilan global de 4 000 t eq.CO<sub>2</sub> pour les 16 projets ;
- les émissions totales générées par le trafic à horizon 2070 représentent un total de 54 000 t eq.CO<sub>2</sub> (émissions supplémentaires : 396 000 t eq.CO<sub>2</sub>, émissions évitées : 342 000 t eq.CO<sub>2</sub>)

Ces chiffres sont à comparer aux volumes d'émissions de GES liés à la circulation routière actuelle soit environ 130,4 Mt eq.CO<sub>2</sub><sup>3</sup> :

- les émissions liées à la construction de ces 16 projets représentent 0.4 % du total des émissions annuelles dues à la route ;
- les émissions annuelles liées au trafic généré par ces projets à la mise en service représentent 4/100 000 du même volume annuel (alors qu'en linéaire ces 16 projets représentent 7/100 000 du linéaire du réseau routier français).

(Source : DIT)

<sup>2</sup> Les prévisions à horizon 2070 réalisées dans le cadre des évaluations environnementales et socio-économiques s'appuient sur des hypothèses fortes d'évolution du parc roulant à travers un scénario principal conforme à la SNBC en vigueur (pour les fiches du référentiel d'évaluation de mai 2019, il s'agit de la SNBC révisée de 2019) et permettant d'atteindre l'objectif politique d'une neutralité carbone à l'horizon 2050. Ce scénario dit AMS (avec mesures supplémentaires) qui prévoit 94 % de VL électriques dès 2050, avec, à la même échéance, une structure de motorisation pour les PL composée à 24 % de diesel, 51 % de GNV et 25 % d'électriques. Ces hypothèses comprennent de plus des facteurs d'émissions des carburants (gCO<sub>2</sub>eq.CO<sub>2</sub>/km) VL et PL nuls en 2050 (hors effets amont).

<sup>3</sup> Données 2017 issues des Chiffres Clé du Transport CGDD - Edition 2019.

## 4.2 - Périmètre de l'évaluation

Afin d'évaluer les impacts potentiels sur l'environnement générés par une activité, un produit ou un ouvrage tout au long du cycle de vie, et en particulier l'impact sur le changement climatique, il est indispensable de définir précisément le périmètre de l'évaluation.

Dans le cas d'un projet routier, l'évaluation doit donc porter sur l'ensemble des aménagements liés au projet : l'infrastructure routière et ses rétablissements, les ouvrages de génie civil, les équipements, les travaux sur les voiries annexes ainsi que leur utilisation pendant une période de référence. Elle doit aussi considérer les incidences de ce projet sur les aménagements existants (par exemple, les impacts liés au report du trafic, etc.).

Au stade amont du projet, il ne peut raisonnablement pas être envisagé d'effectuer un recensement exhaustif des sources d'émissions de GES sur la période de référence : les données d'entrée disponibles ne permettront pas de réaliser un bilan des émissions de GES quantitatif sur tous les postes.

Si les données ne permettent pas de prendre en compte certains postes, ouvrages ou phases, il convient de bien préciser dans l'évaluation ce qui est pris en compte et ce qui ne l'est pas, en précisant le cas échéant les raisons de ces choix.

Les fiches thématiques précisent le périmètre pris en compte pour chacun des postes proposés.

## 4.3 - Notions de période de référence et durée de vie

Les ouvrages et constructions de génie civil ont des durées de vie théoriques différentes :

- une durée de 100 ans pour les ouvrages d'art ;
- une durée de dimensionnement initial de 20 ou 30 ans pour les structures de chaussées ;
- une durée dépassant l'échelle humaine pour les terrassements.

Il est donc proposé de mener l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des projets à un horizon fixe donné, dénommé par la suite « période de référence » ou « période d'évaluation » et pris égal à 50 ans.

En effet, conformément au référentiel d'évaluation des projets de transports issu de l'instruction du 16 juin 2014<sup>4</sup>, les projections de trafic permettant d'évaluer les émissions associées sont réalisées à l'horizon 2070. En cohérence avec cette date, il est naturel de prendre en compte **une période d'évaluation de 50 ans**. Cela permettra d'intégrer les résultats de l'estimation des émissions de GES du projet à l'évaluation socio-économique demandée par le code des transports.

Une fois cette période de référence (ou « période d'évaluation ») établie, il importe d'établir des règles d'affectation des émissions de GES induites par la construction, l'entretien ou l'usage de l'infrastructure et de ces différents composants sur la période de référence.

---

<sup>4</sup> L'instruction du 16 juin 2014 de la ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du secrétaire d'Etat chargé des transports, de la mer et de la pêche, présente le cadre général de l'évaluation des projets de transports, en application des dispositions des articles L.1511-1 à L.1511-6 du code des transports et du décret n° 84-617 du 17 juillet 1984.

Les règles de comptabilisation proposées afin de ramener tous les ratios à la période d'évaluation de 50 ans sont issues des normes NF EN 15978 et NF EN 15643-5 et détaillées en annexe 2, à savoir :

- les émissions de GES correspondant à la construction et à la fin de vie des ouvrages sont pris en compte en totalité, indépendamment de la valeur de la période de référence ;
- les émissions de GES correspondant à la phase fonctionnement sont calculés sur la période de référence. Dans le cas où la durée de vie est différente de la période de référence, ils peuvent être ajustés au prorata des durées. C'est le cas notamment des travaux d'entretien ou de réhabilitation des ouvrages d'art et des chaussées. Leur prise en compte est précisée dans les fiches thématiques.

## **4.4 - Calcul des émissions de Gaz à Effet de Serre : méthode proposée**

### **4.4.1 - Principe de calcul**

L'évaluation de l'impact changement climatique d'un projet d'investissement se fait classiquement en identifiant les différentes opérations afférentes aux phases de réalisation, d'utilisation et de fin de vie du projet, en évaluant les impacts des émissions de gaz à effet de serre pour chacune de ces opérations et en sommant les impacts ainsi obtenus. Ainsi, les émissions de gaz à effet de serre d'une opération sont obtenues par la somme des produits des quantités d'énergie, de gaz consommés, de matériaux ou d'équipements mis en œuvre pour cette opération d'une part et des facteurs d'émissions de la source d'énergie, du gaz, du matériau ou de l'équipement considérés d'autre part.

La méthode d'évaluation des émissions de gaz à effet de serre d'un projet routier proposée répond à ces principes. Elle nécessite un découpage du projet en activités ou composants élémentaires. Cette décomposition peut être menée par poste (terrassements, ouvrages d'art, chaussées, etc.) en reprenant les cadres des détails estimatifs (estimation des quantités et coûts du projet) usuellement utilisés aux différents stades des projets. Les fiches thématiques jointes au présent document, proposent, pour les principaux postes contributeurs (terrassements, chaussées, ouvrages d'art, trafic, etc.), des facteurs d'émissions agrégés pouvant être utilisés à différents stades d'étude selon le niveau de précision des données disponibles.

Pour certains projets, il pourra être nécessaire d'ajouter les émissions correspondant à des postes non traités dans cette version du document si leur impact le justifie (tunnels, murs antibruit par exemple).

Par ailleurs, il est rappelé que l'évaluation des émissions de GES doit se faire en différentiel, entre une situation de référence et une situation de projet.

L'application à un projet routier en annexe 1 permet d'illustrer la méthode et d'explicitier les différentes étapes.

#### 4.4.2 - Données d'activités et facteurs d'émissions

Pour une activité donnée, les émissions sont le produit entre une **donnée d'activité** exprimée dans une unité d'œuvre caractérisant l'activité du poste d'émissions (quantités de matériaux mis en œuvre, les transports de matières premières, les consommations de carburants des véhicules, etc.) et un facteur d'émission qui est l'expression des émissions unitaires par unité d'œuvre.

Autrement dit, les données d'activités sont converties en émissions de GES à partir de coefficients appelés **facteurs d'émissions** (FE), exprimés en équivalent CO<sub>2</sub> par unité de données d'activité.



Le poste terrassements peut par exemple être décomposé en plusieurs activités élémentaires telles que l'excavation des déblais, leur mise en remblai ou en dépôt, le traitement des remblais à la chaux, la fourniture de matériaux d'apport. Chacune de ces activités élémentaires peut être convertie en émissions. Par exemple, pour estimer les émissions liées à la mise en dépôt de déblais :

$$\begin{aligned} \text{GES}_{\text{excavation et mise en dépôt des déblais}} &= \text{GES}_{\text{excavation des déblais}} + \text{GES}_{\text{mise en dépôt}} \\ \text{avec } \text{GES}_{\text{excavation des déblais}} &= \text{Quantité de déblais (m}^3\text{)} * \text{FE}_{\text{excavation d'un m}^3 \text{ de déblais}} \\ \text{et } \text{GES}_{\text{mise en dépôt}} &= \text{Quantité de déblais (m}^3\text{)} * \text{FE}_{\text{transport d'un m}^3 \text{ de déblais sur 1 km}} * \text{Distance dépôt (km)} \end{aligned}$$

Ainsi, le document propose des facteurs d'émissions adaptés aux activités élémentaires d'un projet routier. Il propose plusieurs niveaux d'agrégation de facteurs d'émissions afin de permettre un calcul des émissions de GES simplifié et adapté au niveau de précision des études techniques dont on dispose.

Par exemple, des facteurs d'émissions intégrant la part du transport sont proposés, ceci en fonction du contexte régional de disponibilité des ressources (proche, moyen, éloigné). Si l'on reprend l'exemple précédent concernant les déblais mis en dépôt, un facteur d'émission pour l'excavation d'un m<sup>3</sup> de déblais incluant la part transport avec l'hypothèse d'une distance de mise en dépôt proche, moyenne ou éloignée est proposée :

$$\text{GES}_{\text{excavation et mise en dépôt des déblais}} = \text{Quantité de déblais (m}^3\text{)} * \text{FE}_{\text{excavation et mise en dépôt proche d'un m}^3 \text{ de déblais}}$$

### 4.4.3 - Niveaux d'agrégation des facteurs d'émissions

Les facteurs d'émissions proposés dans les fiches thématiques ont été construits selon plusieurs niveaux d'agrégation afin de pouvoir s'adapter aux données disponibles à différents stades du projet. Les facteurs d'émissions peuvent être classés en quatre catégories selon leurs degrés de précision et d'agrégation (le niveau 4 est le plus précis).

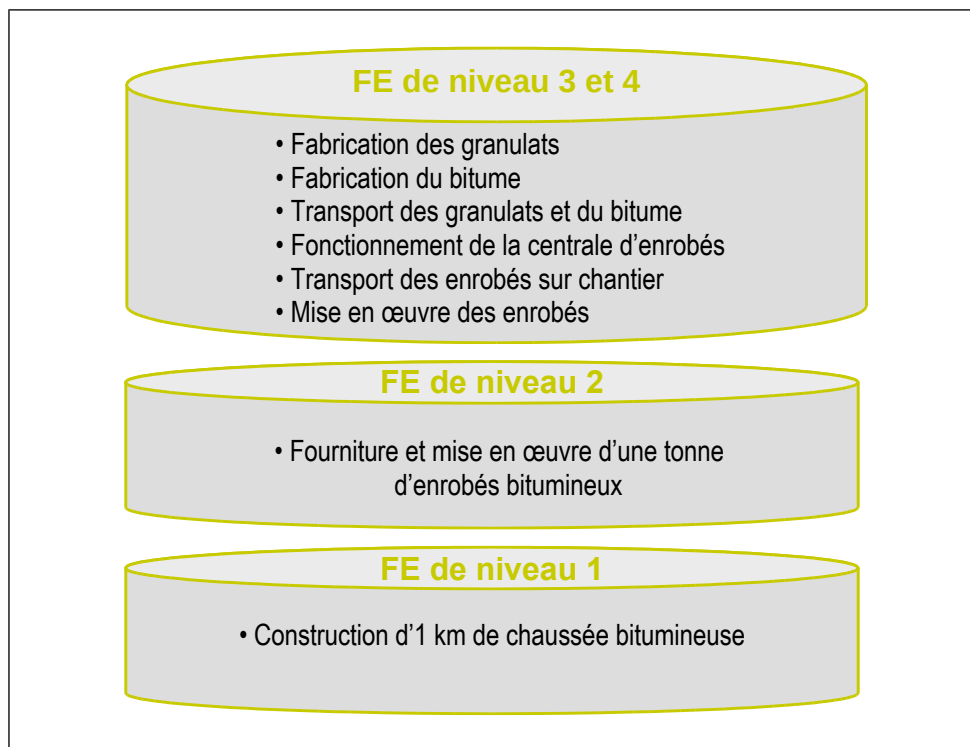


Illustration 3 : Niveaux d'agrégation des facteurs d'émissions exemple des enrobés

#### Facteurs de niveau 3 ou 4

Les facteurs de niveau 3 sont calculés à partir des inventaires nationaux de chaque filière<sup>5</sup>. Ils correspondent à des procédés élémentaires de fabrication, de transport ou de mise en œuvre et sont assortis d'une incertitude liée à la précision de ces inventaires.

Les facteurs de niveau 4 sont issus de mesures d'émissions spécifiques réalisées pour un produit ou un process.

En phase d'études amont, l'utilisation des facteurs de niveau 3 et 4 sera limitée : l'emploi de ces facteurs d'émissions demande en effet des niveaux de détails qui ne sont pas toujours connus en phase amont du projet. Ils supposent, par exemple, de connaître la formulation et l'origine des matériaux, éléments définis en phase de préparation des travaux.

Ces valeurs peuvent toutefois être utilisées afin de recalculer des données de niveau 2 plus précises pour tenir compte de spécificités du projet qui seraient connues (distance de transport de matériaux particulière, par exemple). Leur utilisation permettra par exemple, en phase d'études de conception détaillée, de prendre en compte l'organisation du chantier (mouvement de terres, plateformes temporaires, stockage de matériaux, exploitation sous-chantier, etc.).

<sup>5</sup> Les données proviennent des Inventaires du Cycle de Vie (ICV) fournis par les producteurs (ATILH, UPC, Euro bitume, etc.) ou de données publiées dans la littérature scientifique ; ces données font l'objet, en général, d'une revue critique d'experts ACV.

## *Facteurs agrégés de niveau 2*

Les facteurs de niveau 2 ont été obtenus en agrégeant des données élémentaires de niveau 3. Ils peuvent ainsi être utilisés avec des données dont le niveau correspond, en règle générale, à celui des études préalables. À ce stade de l'opération, les études techniques sont généralement construites avec une hypothèse de tracé et une estimation des volumes de déblais/remblais, de matériaux de chaussées ; les caractéristiques des ouvrages d'art courants, le dimensionnement des ouvrages d'art non courants sont également disponibles. **Dans le cadre des études préalables, l'utilisation de ces facteurs agrégés de niveau 2 est à privilégier.**

Par exemple, le document propose pour la phase de réalisation (module A) :

- des ratios par mètre cube de déblais/remblais en fonction du contexte du projet pour les terrassements ;
- des ratios par mètre cube de matériau mis en œuvre pour les chaussées ;
- des ratios au mètre cube de béton et d'acier mis en œuvre pour les ouvrages d'art courants et non courants.

L'agrégation des données a été faite en prenant des hypothèses de fabrication, de formulation, de transport.

## *Facteurs agrégés de niveau 1*

Les facteurs agrégés de niveau 1 sont issus de :

- moyennes pondérées entre des données agrégées de niveau 2 ;
- ou de données calculées à partir de statistiques nationales.

Étant donné leur faible niveau de précision, l'utilisation de ces données est limitée aux cas où le niveau de détail du projet n'est pas suffisant pour permettre l'utilisation de facteurs d'émissions d'un niveau supérieur ou en l'absence de tels facteurs.

Par exemple, il est proposé un ratio au m<sup>2</sup> de tablier pour les ouvrages d'art courants ou au m<sup>2</sup> de voie pour l'exploitation du réseau.

### **4.4.4 - Faisabilité d'une approche simplifiée d'évaluation des émissions de GES par euro investi**

Afin d'examiner la faisabilité d'une approche d'évaluation simplifiée, permettant d'évaluer rapidement les émissions de GES d'un projet à partir des coûts d'investissements, il a été procédé à une analyse des projets routiers nationaux référencés dans la base INFRAcoût<sup>6</sup>. Des ratios d'émissions de GES ont ainsi pu être calculés à partir des quantités et des coûts par poste issus de la base et des facteurs d'émissions de niveau 2 des fiches thématiques.

Des ratios « émissions de GES » / « coûts d'investissement » ont été établis par poste et sont présentés en annexe 4. Les émissions de GES ne sont toutefois pas uniquement corrélées aux coûts d'investissement. Ces ratios sont donc entachés d'incertitudes et seront donc à utiliser avec précaution, uniquement au stade des études d'opportunité ou en l'absence de données, permettant de mettre en œuvre la méthode de calcul des émissions des GES proposée dans les fiches thématiques.

---

<sup>6</sup> INFRAcoût : Application de la Direction des Infrastructures de Transport ayant vocation à recueillir, aux différents avancements d'une opération, depuis les études préliminaires jusqu'au bilan financier établi dans les 6 mois après la Mise En Service, des informations synthétiques descriptives et financières.

#### **4.4.5 - Principes de construction des facteurs d'émissions**

En application de l'article D222-1-I du code de l'environnement, « *les facteurs d'émissions [des matériaux et équipements] intègrent les émissions de gaz à effet de serre liées aux consommations d'énergie intervenant dans le processus de production de ces matériaux et équipements (émissions directes et afférentes à la phase amont), ainsi que les émissions liées aux procédés industriels éventuellement mis en œuvre.*

Pour chaque source d'énergie, le facteur d'émission opère la conversion d'une quantité de source d'énergie en émissions de gaz à effet de serre relatives à un ensemble comprenant a minima les phases d'utilisation et la phase amont de production de la source d'énergie.

La phase amont comprend l'extraction, le raffinage, la transformation, le transport et la distribution des sources d'énergie. »

Les facteurs d'émissions utilisés dans ce document ont été pris en analyse de cycle de vie (depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie) et intègrent les coûts liés à la phase amont de production de l'énergie. Pour les déplacements en véhicules routiers, les émissions couvrent, par exemple, la combustion des carburants dans les véhicules, mais aussi l'amont de la filière de production des carburants.

Les facteurs d'émissions intègrent les émissions de gaz à effet de serre liées au fonctionnement des installations, équipements et engins intervenant dans les processus de production des matériaux et leur mise en œuvre, mais n'intègrent pas nécessairement les émissions liées à la fabrication de ces installations, équipements et engins.

Certains paramètres prépondérants, tels que le transport des matériaux, la quantité de chaux pour les terrassements ont été volontairement isolés pour pouvoir affiner l'évaluation lorsque ces données sont connues avec précision. À l'inverse les postes marginaux ont été volontairement écartés ou regroupés avec d'autres postes prépondérants (par exemple, la couche de cure sur couche de forme ou couche d'accrochage sur enrobés bitumineux).

Enfin les facteurs d'émissions n'intègrent pas le potentiel de recyclage des matériaux mis en œuvre (dont la prise en compte est optionnelle). Leur prise en compte pourra être intégrée dans une version ultérieure du document.

#### **4.4.6 - Evolution des facteurs d'émissions**

Hormis les facteurs d'émissions agrégés par veh.km et appliqués au calcul des émissions du trafic routier, qui prennent en compte l'évolution des motorisations et de l'efficacité énergétique des véhicules, les facteurs d'émissions unitaires ne sont pas prospectifs : ils sont pris à leur valeur disponible à la date de publication du présent document. Ils ne prennent donc par exemple pas en compte les évolutions technologiques des procédés de construction ou l'évolution du mix énergétique.

#### **4.4.7 - « Sources » des facteurs d'émissions**

Les sources des facteurs d'émissions utilisés sont précisées dans les fiches thématiques.

Si nécessaire et en fonction du degré de précision des études, d'autres facteurs d'émissions peuvent être utilisés afin de prendre en compte des spécificités du projet ou d'appréhender des postes non couverts par les fiches thématiques.



Ils pourront être issus :

- de la base de données des facteurs d'émissions appartenant à l'ADEME, la Base Carbone® ;
- des bases de données des éco-comparateurs routiers ;
- de la base de données DIOGEN relative aux impacts environnementaux des matériaux utilisés dans la réalisation des ouvrages de génie civil ;
- des données issues d'EcoInvent ;
- du [guide méthodologique Informations GES des prestations de transport](#) et de l'[arrêté du 26 avril 2017](#) relatif à l'information sur la quantité de gaz à effet de serre émise à l'occasion d'une prestation de transport ;
- d'autres sources : publications professionnelles, données bibliographiques, etc.

Les valeurs présentées sont valables à la date de publication du rapport. Elles pourront faire l'objet de mises à jour.

## 4.5 - Traitement des incertitudes

En l'absence d'une méthode stabilisée de traitement des incertitudes, il est conseillé de ne pas assortir les résultats d'évaluation des émissions de GES d'une incertitude.

A titre provisoire, il peut toutefois être envisagé de présenter dans les résultats les incertitudes, par poste, liées aux données d'activité.

Toute évaluation d'émissions de Gaz à Effet de Serre est assortie d'une incertitude irréductible : d'une part, les facteurs d'émissions ont une imprécision inhérente à leur mode de calcul, et d'autre part, les données d'activité ne peuvent pas être rigoureusement exactes, puisqu'elles concernent par définition un projet non réalisé.

Ainsi, l'évaluation des émissions de Gaz à Effet de Serre d'un projet fournit un ordre de grandeur, qui au même titre que les autres critères environnementaux (bruit, biodiversité, eau, etc.), doit éclairer les choix de comparaison de variantes, permettre de déterminer des postes d'émissions significatifs, les prioriser et le cas échéant mettre en place des actions de réduction des émissions.

Il n'a pas été possible, dans cette version du document, de proposer un calcul permettant de quantifier le degré de précision de l'évaluation. Pour cela, il serait nécessaire de combiner les incertitudes sur les données d'activités et les facteurs d'émissions puis de combiner entre elles les incertitudes sur les différentes émissions.

Si l'incertitude sur les données d'activité est du ressort du Maître d'ouvrage et peut être établie à partir du niveau de précision des quantités du projet, il n'est pas toujours possible de disposer d'une incertitude sur les facteurs d'émissions. Alors que les facteurs d'émissions issus de la Base Carbone® de l'Ademe sont systématiquement assortis d'une incertitude, ce n'est pas le cas des autres sources de données (chaussées, ouvrages d'art, etc.). C'est pourquoi, ces valeurs n'ont pas été renseignées dans les fiches thématiques.

À l'instar de la méthode élaborée par l'Ademe, il serait toutefois possible de déterminer un niveau d'incertitude en s'appuyant sur des valeurs à dire d'expert pour les facteurs d'émissions unitaires et sur les plages de variation des différents paramètres utilisés pour l'élaboration des facteurs d'émissions agrégées (distances de transport, formulations, consommations par exemple).

En revanche, il n'a pas été possible de présenter une méthode satisfaisante permettant de combiner entre elles les incertitudes des différentes émissions, qui aurait permis de quantifier le degré de précision de l'évaluation. Une méthode a été testée, basée sur la propagation d'erreur, qui nécessite d'être approfondie, car elle semble sous-estimer trop fortement l'incertitude globale des émissions dans l'exemple du projet routier traité. Elle est présentée, à titre d'information, en annexe 3.

## 5 - Présentation des résultats

Il est proposé de présenter les résultats en différenciant les émissions liées à la construction, à l'utilisation et, si possible, à la fin de vie de l'infrastructure.

Il est recommandé de conserver une décomposition des émissions de gaz à effet de serre par postes pour appréhender leurs poids respectifs et pouvoir identifier les leviers d'amélioration du bilan des émissions de gaz à effet de serre. Un découpage correspondant aux postes couverts par les fiches thématiques est adapté.

Les émissions de la construction comprendront les terrassements, l'artificialisation des sols, la construction de la chaussée, des ouvrages d'art et la mise en place des équipements.

Concernant l'utilisation de l'infrastructure, les émissions comprendront les postes suivants : entretien des chaussées, des ouvrages d'art, trafic, entretien des équipements et exploitation, changement d'affectation des sols et seront annualisées.

Au-delà des émissions globales calculées sur l'ensemble de la période de référence (50 ans), les émissions liées à la phase d'usage de l'infrastructure seront présentées sur une base annualisée. L'annualisation pourra être faite suivant une moyenne annuelle calculée sur la période de référence à l'exception des émissions liées au trafic, qui seront présentées pour l'année de mise en service et 20 ans après l'année de mise en service<sup>7</sup>.

Dans le cadre de l'évaluation socio-économique du projet, conformément aux recommandations du référentiel d'évaluation des projets de transport, les émissions doivent être calculées chaque année, sur la durée de vie de l'infrastructure afin d'être ensuite monétarisées.

Un exemple est présenté en annexe 1 et permet de décliner sur un cas concret la méthode d'évaluation.

## 6 - Points de vigilance

Dans le cas d'une évaluation réalisée au stade des études amont (à la déclaration d'utilité publique ou à la déclaration de projet), la méthode permet de réaliser des calculs réalistes vis-à-vis du projet présenté, à partir d'hypothèses et de données disponibles à ce stade des études. Ils constituent une image du projet susceptible d'évoluer au cours des phases d'étude ultérieures, et ne sont valables que pour la phase durant laquelle ils sont réalisés.

En raison du caractère partiel des données disponibles et utilisées pour les calculs, le bilan des émissions de GES du projet est susceptible d'évoluer fortement s'il est actualisé pendant les phases ultérieures.

Enfin, supposer que la durée d'évaluation est de 50 ans pour tous les postes est une hypothèse simplificatrice qui peut amener à sous-estimer ou surestimer l'impact d'un poste ayant une durée de vie plus courte ou plus longue que 50 ans.

---

<sup>7</sup> En cohérence avec les dispositions de la note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé et la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.

## Fiches thématiques

**Fiche n°1 : Trafic généré par le projet**

**Fiche n°2 : Artificialisation des sols**

**Fiche n°3 : Terrassements et couches de forme**

**Fiche n°4 : Construction et entretien des chaussées**

**Fiche n°5 : Ouvrages d'art**

**Fiche n°6 : Équipements de sécurité**

**Fiche n°7 : Exploitation du réseau**

# Fiche n°1 : Trafic

Cette fiche a pour objectif de préciser les outils et méthodes mobilisables pour le calcul et les estimations des variations des émissions de gaz à effet de serre (GES) liées à l'utilisation du réseau de transports par les véhicules.

## 1 - Principes généraux retenus

Les émissions de GES liées au trafic sont calculées dans le cadre de l'étude d'impact et de l'évaluation socio-économique du projet. Le calcul repose sur les études de trafic qui fournissent les trafics et conditions de circulation des véhicules en option de référence et en option de projet.

Il s'agit de calculer, à partir des résultats du modèle de trafic et des facteurs d'émissions par véhicule par kilomètre, les émissions de GES des véhicules en option de référence et en option de projet, sur la durée d'évaluation retenue pour le projet, donc à horizon 2070. Les facteurs d'émissions de GES par véh.km reposent sur :

- des hypothèses de composition du parc roulant ;
- des facteurs d'émissions par unité de carburant consommé ;
- des hypothèses de consommation de carburant en fonction des caractéristiques de circulation des véhicules (pente, vitesse, etc.).

Conformément au référentiel d'évaluation des projets de transport, l'évaluation des émissions de GES se fera selon le scénario « Avec Mesures Supplémentaires » (AMS) de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) en vigueur. Un test de sensibilité sera également réalisé suivant le scénario « Avec Mesures Existantes » (AME) de la SNBC en vigueur.

### Terminologie

La quantification des variations d'émissions de GES du trafic doit être réalisée en comparant les émissions de GES de l'option de projet avec celles de l'option de référence, c'est-à-dire l'option qui prévaut en absence de projet.

Option de référence : Ensemble des investissements les plus probables que réaliserait le maître d'ouvrage du projet évalué dans le cas où celui-ci ne serait pas réalisé. Ces investissements peuvent correspondre à des actions en matière d'infrastructure ou en matière de service de transport. Quand le cas se présente, des adaptations de l'offre de transport relevant d'autres maîtrises d'ouvrage sont également considérées.

Option de projet : Option étudiée par le maître d'ouvrage en réponse à un problème ou à un besoin déterminé. Les options de projet peuvent évoluer au fur et à mesure que se déroule le processus de conception et d'évaluation du projet.

## 2 - Périmètre retenu pour les facteurs d'émissions

Les émissions de GES liées au trafic englobent l'ensemble des phases suivantes :

- phase amont de production de l'énergie ;
- phase amont de production des véhicules (négligeable) ;
- phase d'utilisation : variation des émissions directes de GES des véhicules ;
- maintenance et fin de vie des véhicules (négligeable).

### 2.1 - La phase amont

La phase amont correspond à la production de l'ensemble des éléments nécessaires à l'utilisation du véhicule (sa construction et la production de l'énergie nécessaire à son fonctionnement).

Les émissions dues à la construction des véhicules sont négligées, car la variation du nombre d'achats de véhicules en option de projet par rapport à l'option de référence est faible et difficilement quantifiable.

En ce qui concerne la phase amont de production de l'énergie nécessaire au fonctionnement des véhicules, il s'agit par exemple :

- pour les carburants issus d'énergie fossile, de l'extraction du pétrole, de son raffinage, de la distribution du carburant depuis la raffinerie jusqu'à la pompe ;
- pour les biocarburants, de la culture de la plante et des étapes de la transformation en carburant ;
- dans le cas de l'électricité, de l'extraction du combustible utilisé dans la centrale, de son transport et des émissions liées à son utilisation.

### 2.2 - Phase d'utilisation

La phase d'utilisation correspond aux variations, entre option de référence et option de projet, des émissions directes de GES liées à la circulation des véhicules. Les projections de trafic et de parc roulant (en véhicule par kilomètre par type de motorisation) sur des horizons futurs constituent les deux principaux facteurs de calcul des émissions de GES des véhicules.

Les méthodes, hypothèses et aires d'études de calcul des émissions de GES du trafic devront être cohérentes avec les méthodes, hypothèses et aires d'études utilisées pour les études de trafic.

### 2.3 - Phases de maintenance et fin de vie des véhicules

Ces phases correspondent à l'énergie utilisée pour entretenir les véhicules. Négligeables, elles ne sont pas prises en compte pour les mêmes raisons que la phase amont de production des véhicules.

## 3 - Règles de comptabilisation des émissions

### 3.1 - Règles générales

La quantification des émissions liées à l'utilisation de l'infrastructure ou de service de transports, repose, schématiquement, sur la décomposition suivante :

- projections annuelles des trafics ;
- projection de parc roulant<sup>8</sup> (nombre de véhicules par type de motorisation pondéré par les km effectués) ;
- consommations unitaires d'énergie des véhicules ;
- facteurs d'émissions des sources d'énergie utilisés par les modes de transport.

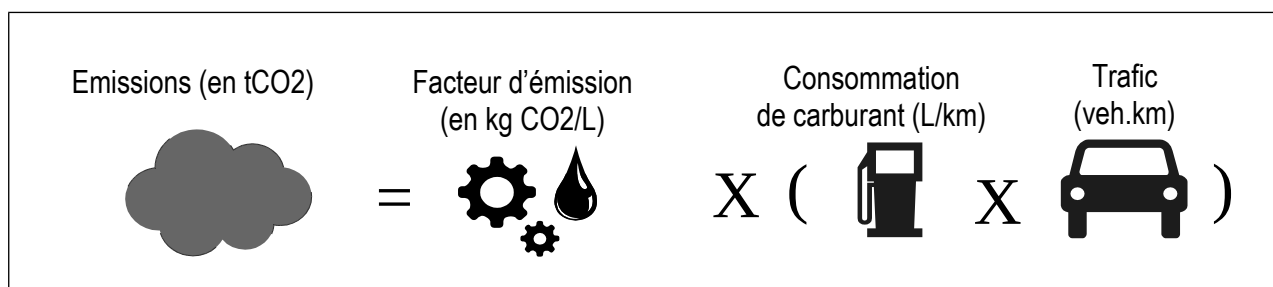


Illustration 4 : Schéma de la méthode de calcul des émissions des véhicules thermiques (Source : Cerema)

Les émissions de GES générées par l'utilisation du projet correspondent à la différence entre les émissions dues à la circulation des véhicules en option de projet et en option de référence.

#### 3.1.1 - Aire d'étude

L'évaluation peut être menée sur le même périmètre géographique que celui du modèle de trafic. Elle couvre ainsi l'ensemble du réseau de transports sur lequel des variations de trafic ou de conditions de circulation sont observées entre option de référence et option de projet.

#### 3.1.2 - Données de trafic et de parc roulant

Pour le mode routier, les consommations kilométriques d'énergie varient principalement en fonction de la vitesse moyenne de circulation ainsi que des caractéristiques des véhicules (efficacité énergétique, carburants, etc.).

Le référentiel d'évaluation des projets de transport fournit des formules d'évolution des consommations kilométriques de carburant par type de véhicule (VL essence, diesel ou électrique ou PL) en fonction des vitesses de circulation, ainsi qu'une projection des émissions de GES des VL et des PL jusqu'en 2070.

Dans les cas où le projet routier aurait un impact non négligeable sur le trafic des autres modes de transport, les facteurs d'émissions du référentiel d'évaluation pourront être appliqués aux variations de trafic par mode.

<sup>8</sup> Deux notions importantes doivent être distinguées : le parc statique et le parc roulant. Le parc statique correspond au nombre de véhicules en service abstraction faite de l'usage qui en est fait. Le parc roulant au contraire constitue une évaluation de la circulation effective des véhicules.

## 3.2 - Prévisions de trafic

Les données de circulation (vitesse notamment) et de trafic pour l'option de référence et la (ou les) option(s) de projet sont fournies par les études de trafic.

Ces données sont en général agrégées par catégorie de véhicules (PL et VL) et leur niveau de précision est variable selon les modèles. Ils peuvent être moyennés annuellement (TMJA - Trafic Moyen Journalier Annuel), en heure de pointe ou heure creuse, etc.

Le calcul des émissions de GES du trafic demande de décomposer plus finement ces catégories de véhicules. La répartition du parc automobile roulant (nombre de véhicules par type de motorisation pondéré par les km effectués), les hypothèses de consommations unitaires et leur évolution sont nécessaires pour calculer et projeter les variations d'émissions de GES du trafic. En particulier, la prise en compte d'hypothèses d'électrification du parc roulant à long terme diminue substantiellement les quantités de GES des projets routiers par rapport à des hypothèses de constance du parc.

Le référentiel d'évaluation des projets de transports, dans ses fiches outils « Valeurs recommandées pour le calcul socio-économique », et « scénario de référence », propose des projections à long terme, et à l'échelle nationale de répartition du parc roulant et de consommation unitaire aux horizons 2030, 2050 et 2070.

À défaut de données propres au projet et de modélisation adaptée, et si le modèle de trafic inclut ces mêmes hypothèses pour le calcul des coûts kilométriques routiers, les projections de parc du référentiel d'évaluation peuvent être utilisées.

### **Cohérence des calculs d'émissions et du modèle de trafic**

Une attention particulière doit être portée à la cohérence des facteurs d'émissions utilisés et les hypothèses du modèle de trafic. En particulier, les coûts kilométriques des véhicules doivent être cohérents avec les hypothèses de parc roulant prises pour le calcul des facteurs d'émissions.

## 4 - Facteurs d'émissions

Les facteurs d'émissions permettent d'estimer la quantité de GES émise par le trafic routier.

Ils sont exprimés :

- en kg eq.CO<sub>2</sub> par véhicule par kilomètre selon la catégorie de véhicules ;
- ou en kg eq CO<sub>2</sub> par unité de carburant. Dans ce cas, il est nécessaire de déterminer la consommation de carburant des véhicules.

Les outils de calcul des émissions de GES sont à adapter en fonction de la finesse et du type de modèle de trafic utilisé. Le rapport d'études Évaluation environnementale des projets de gestion dynamique de trafic, Sétra, 2012 présente différents outils de calculs d'émissions et leur domaine de pertinence. Dans les cas d'utilisation de modèles de trafic statiques, les modèles d'émissions inspirés de COPERT, à vitesse moyenne, semblent les plus pertinents.



### CopCEREMA

L'outil CopCEREMA permet de calculer les émissions des transports routiers de façon plus précise pour la phase de fonctionnement à l'échelle du tronçon. Il utilise des facteurs d'émissions reposant sur la méthode européenne COPERT et des données issues de la structure du parc roulant français pour la période 1980-2030 et provenant de l'IFSTTAR, déclinée par grand type de réseau (urbain/ rural/autoroute).

Dans les cas où le projet induit un report modal, les facteurs d'émissions de chaque mode de transport sont pris en compte dans le périmètre d'étude. Des facteurs d'émissions par mode ( $g_{GES}/passager.km$ ) sont disponibles dans le [Guide méthodologique Informations GES des prestations de transport de mars 2018](#).

## 4.1 - Facteurs d'émissions de niveaux 1 et 2

Le référentiel d'évaluation des projets de transport, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/evaluation-des-projets-transport#e4> fournit des méthodes et facteurs d'émissions de GES pour la phase de circulation des véhicules dans différentes fiches :

- la fiche *Effets sur les émissions de GES* précise le cadre méthodologique général ;
- la fiche *Valeurs recommandées pour le calcul des indicateurs socio-économique* propose des facteurs d'émissions par unité de carburant et par veh.km, ainsi que des courbes de consommation de carburant des VL et des PL et leur évolution ;
- la fiche *Scénario de référence*, propose des hypothèses d'évolution du parc roulant.

## 4.2 - Sources de données

La fiche du référentiel d'évaluation des projets de transport *Valeurs recommandées pour le calcul socio-économique*, propose des valeurs par défaut pour les données suivantes :

- des facteurs d'émissions en kg eq.CO<sub>2</sub> par unité de la quantité de source d'énergie (par exemple des kg eq.CO<sub>2</sub> par litre d'essence) ;
- des formules de consommation de carburant des véhicules routiers en fonction de la vitesse et de la motorisation du véhicule ;
- des projections des facteurs d'émissions de GES agrégés, pour les VL et PL.

## Fiche n°2 : Artificialisation des sols

### 1 - Principes généraux retenus

On parle de changement d'affectation des sols lorsqu'une activité humaine modifie la constitution et la fonction d'un terrain. Tout changement d'affectation d'un sol peut fortement modifier ses capacités de stockage ou d'émissions de GES à travers deux phénomènes :

- une modification des stocks de carbone contenus dans les sols ;
- une modification de la capacité de captation du carbone par l'écosystème (« puits de carbone »).

À ce jour, il n'existe pas de consensus méthodologique dans la prise en compte de ces paramètres. Le document s'appuie donc sur la méthode issue de Bilan Carbone®.

#### 1.1 - Stocks de carbone contenu dans les sols

Les changements d'affectation des sols modifient les stocks de carbone contenus sur les sols. Il peut en résulter soit une émission de CO<sub>2</sub>, soit une captation de CO<sub>2</sub>. Par exemple, d'un point de vue majoritaire, le retournement d'une prairie et sa substitution par une culture entraîne un déstockage du carbone des sols.

Les cinétiques de stockage / déstockage du carbone entraînées par des changements d'affectation des sols sont des **phénomènes qui s'inscrivent sur de longues périodes**, la vitesse de déstockage à une échelle de 20 ans étant deux fois plus rapide que la vitesse de stockage.

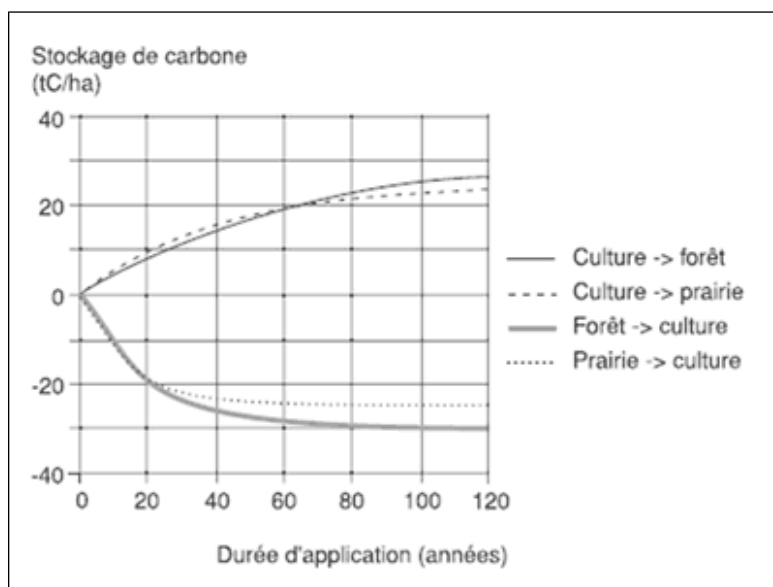


Illustration 5 : Evolution des stocks de carbone suite à un changement d'affectation des sols  
(Source : Base Carbone®)

## 1.2 - Puits de carbone (Crédits d'émissions délibérément exclus)

Certains procédés permettent d'accélérer la croissance de la biomasse végétale et de soustraire, par la photosynthèse, du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. On parle alors de « puits de carbone ».

Les replantations de forêt pourraient être considérées comme un puits de carbone, mais évaluer le bénéfice d'une replantation s'avère, en pratique, très difficile à faire, même en ordre de grandeur.

À titre d'information, le seul « puits de carbone » pris en compte par Bilan Carbone® concerne le bois d'œuvre issu de forêts gérées durablement, c'est-à-dire le bois utilisé pour fabriquer des biens dont la durée de vie est de l'ordre du siècle tels que charpentes, meubles durables<sup>9</sup>... Dans une telle forêt, le prélèvement annuel de bois reste, en effet, inférieur à l'accroissement de biomasse sur pied qui a eu lieu pendant l'année. L'utilisation du bois-énergie ne constitue pas un puits de carbone, mais elle permet de disposer d'une énergie à contenu en gaz à effet de serre très faible.

Faute de méthodologie suffisamment reconnue à ce jour, il est proposé de ne pas évaluer les puits de carbone lié à la photosynthèse. Il ne sera donc pas tenu compte des potentiels puits de carbone créés par l'afforestation ou supprimés par la déforestation.

## 2 - Principe de construction des facteurs d'émissions

Conformément à la méthode Bilan Carbone®, on s'attachera à 4 principaux types de sols :

- les forêts ;
- les prairies ;
- les cultures ;
- les espaces artificialisés.

Les espaces artificialisés se divisent en deux types : les sols « imperméabilisés » et les « sols non imperméabilisés » (ceux-ci incluant par exemple les espaces verts, etc.).

Dans le cas d'une imperméabilisation des sols (construction de voirie, etc.), la méthode applique par défaut une émission à hauteur du stock total de carbone contenu dans le sol. Le déstockage de gaz à effet de serre se fait en effet en une seule fois lorsque le sol est artificialisé.

En revanche, le déstockage de carbone contenu dans les sols ne se fait pas immédiatement lors du changement d'usage mais sur plusieurs années voire dizaines d'années. Les facteurs d'émission proposés ont été agrégés à partir des facteurs d'émission annuels issus de la Base Carbone® en considérant, par défaut une durée d'amortissement de 50 ans.

---

<sup>9</sup> Bilan Carbone® Entreprises – Collectivités -Territoires - Guide méthodologique - version 6.1 - objectifs et principes de comptabilisation – juin 2010.

## 3 - Règles de comptabilisation des émissions dans le cas d'un projet routier

### 3.1 - Surfaces artificialisées dans le cadre du projet

Le changement d'affectation des sols est évalué à partir des données d'entrée suivantes :

- les surfaces de terrain imperméabilisées (voirie, etc.) et non imperméabilisées (surfaces engazonnées, talus, merlons.) dans le cadre du projet ;
- l'affectation initiale de ces terrains (prairies, forêts, terres cultivées).

Les surfaces des terrains imperméabilisés par le projet doivent être ventilées en surface de prairie, surface de forêt et surface de terres agricoles. Si cette répartition n'est pas connue, l'hypothèse prise est la répartition de l'emprise en prairie, terres agricoles et forêt.

### 3.2 - Mesures compensatoires

La réalisation des mesures mises en œuvre pour compenser les impacts du projet sur la biodiversité peut avoir des effets positifs en termes d'incidence du projet sur le climat.

La prise en compte des impacts liés à la réalisation des mesures compensatoires (reconstitution d'espaces boisés, zone humide, etc.) nécessite de définir une situation de référence en l'absence de projet, par exemple le maintien de l'affectation des sols à l'identique sur toute la durée de référence. Cette situation de référence peut s'appuyer sur l'état de référence (état actuel de l'environnement au moment des études préalables c'est-à-dire lors des inventaires terrains sur les milieux naturels réalisés pour les besoins de l'étude d'impact).

Afin de distinguer les variations d'émissions de GES liés aux changements d'affectation des sols suite à la réalisation des mesures mises en œuvre pour compenser les impacts du projet sur la biodiversité, il est conseillé de les identifier dans une ligne spécifique.

## 4 - Facteurs d'émissions

### 4.1 - Facteurs agrégés de niveau 1

Sans objet

## 4.2 - Facteurs agrégés de niveau 2

### 4.2.1 - Artificialisation des sols

Les facteurs d'émissions (ou de captation) proposés pour un projet sur le territoire métropolitain sont les suivants :

Description	Unité de mesure	Facteur d'émission (kg eq CO <sub>2</sub> par unité de mesure)	Incertitude associée
Forêt vers sols imperméabilisés	m <sup>2</sup>	29	40 %
Prairie vers sols imperméabilisés	m <sup>2</sup>	29	40 %
Culture vers sols imperméabilisés	m <sup>2</sup>	19	40 %
Forêt vers sols non imperméabilisés	m <sup>2</sup>	0	40 %
Prairie vers sols non imperméabilisés	m <sup>2</sup>	0	40 %
Culture vers sols non imperméabilisés	m <sup>2</sup>	0	40 %

Les émissions liées à l'artificialisation des sols sont intégrées dans les émissions de la phase de construction.

### 4.2.2 - Changement d'affectation des sols pour mesures compensatoires

Les facteurs d'émission suivants sont utilisés en cas de changement d'affectation des sols (hors artificialisation).

Description	Unité de mesure	Facteur d'émission (kg eq CO <sub>2</sub> par unité de mesure)	Incertitude associée
Culture vers prairie	m <sup>2</sup> .an	-0,180	40 %
Culture vers forêt	m <sup>2</sup> .an	-0,161	40 %
Prairie vers forêt	m <sup>2</sup> .an	-0,037	40 %
Prairie vers culture	m <sup>2</sup> .an	0,095	40 %
Forêt vers culture	m <sup>2</sup> .an	0,275	40 %
Forêt vers prairie	m <sup>2</sup> .an	0,037	40 %

La période d'effet la plus souvent prise en compte dans les études d'impact sur les milieux étant de 30 ans, les facteurs d'émissions suivants, agrégés sur cette durée, peuvent être utilisés.

Description	Unité de mesure	Facteur d'émission (kg eq CO <sub>2</sub> par unité de mesure)	Incertitude associée
Culture vers prairie	m <sup>2</sup>	-5,40	40 %
Culture vers forêt	m <sup>2</sup>	-4,83	40 %
Prairie vers forêt	m <sup>2</sup>	-1,11	40 %
Prairie vers culture	m <sup>2</sup>	2,85	40 %
Forêt vers culture	m <sup>2</sup>	8,25	40 %
Forêt vers prairie	m <sup>2</sup>	1,11	40 %

Les émissions liées au changement d'affectation des sols sont présentés dans les émissions de la phase d'exploitation.

### 4.3 - Sources des données

Les facteurs d'émission proposés et leurs incertitudes sont issus de la Base Carbone® (Ademe) et proviennent de l'étude de l'INRA : "Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?" (Octobre 2002).

# Fiche n°3 : Terrassements et couches de forme

## 1 - Principes généraux retenus

Au stade des études préliminaires les mouvements de terre sont généralement connus en grande masse, le profil en long permettant d'évaluer les volumes de déblais et de remblais.

Toutefois, les distances de transport de matériaux, que ce soit pour l'approvisionnement en matériaux ou la mise en dépôt ou décharge des matériaux excédentaires, ou pour les mouvements de matériaux internes au chantier (déblais mis en remblais, mise en dépôt provisoire, reprise sur stock, etc.) ne sont pas connues de manière précise à ce stade.

Les modalités de traitement des matériaux pour leur utilisation en déblai ou en couche de forme sont également difficiles à appréhender. Or le traitement des matériaux à la chaux ou au liant hydraulique présente des émissions de GES très élevées et peut représenter une part prépondérante des émissions liées aux travaux de terrassements.

## 2 - Principe de construction des facteurs d'émissions

Les facteurs d'émissions intègrent :

- la production des matières premières (déblais, granulats, chaux, etc.) ;
- le transport des matériaux et des matériels ;
- l'utilisation des engins pour la mise en œuvre.

Ils n'intègrent pas :

- les déplacements de personnels pendant la durée du chantier.

## 3 - Comptabilisation des émissions dans le cas d'un projet routier

### 3.1 - Périmètre de l'évaluation

La fiche s'applique à l'ensemble des travaux de terrassements et de couche de forme.



## 3.2 - Utilisation des facteurs d'émission

### 3.2.1 - Distances de transport

Les facteurs d'émissions de niveau 2 ont été agrégés pour trois niveaux de distance de transport. Ils correspondent aux distances ci-dessous :

	Proche	Moyen	Eloigné
Matériaux d'apport pour remblai	5 km	10 km	20 km
Matériaux d'apport pour couche de forme	10 km	20 km	40 km
Mise en dépôt / décharge	1 km	3 km	10 km
Transport interne au chantier (dépôt provisoire, déblais mis en remblais)	0,3 km	1 km	3 km

Il est possible d'utiliser des facteurs d'émissions correspondant à des zones de contexte différent selon les activités. Si le projet nécessite des distances de transport nettement supérieures à celles prédéterminées, il sera nécessaire de reconstituer les facteurs d'émissions à partir des valeurs de niveau 3.

### 3.2.2 - Traitement des sols

Des hypothèses concernant les taux moyens de traitement des matériaux ont été définies pour calculer les valeurs de niveau 2. Elles sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Taux de traitement des remblais à la chaux	0,75 %
Taux de traitement de la PST à la chaux	1,75 %
Taux de traitement aux liants hydrauliques à base de laitiers pour couche de forme	6 % (dont 65 % de clinker)

Si l'on dispose de données de projet concernant le traitement, il est possible d'utiliser les valeurs de niveau 3.

## 3.3 - Déconstruction

Il n'est pas pris en compte de déconstruction pour les terrassements et la couche de forme, la durée de service de ces ouvrages étant difficilement estimable.

## 4 - Facteurs d'émissions

### 4.1 - Facteurs agrégés de niveau 1

Sans objet

## 4.2 - Facteurs agrégés de niveau 2

Les facteurs agrégés de niveau 2 sont généralement suffisants pour évaluer l'impact des projets en phase études préliminaires. Ils peuvent être utilisés pour évaluer les émissions liées aux terrassements dès lors que les quantités de matériaux à mettre en œuvre sont connues.

Les valeurs agrégées de niveau 2 comprennent le transport des matériaux qui peut représenter une part importante des émissions. Les valeurs dépendent donc du contexte régional de disponibilité des ressources, c'est pourquoi trois jeux de valeurs sont donnés.

Description	Unité	Facteur d'émission (kg eq.CO2 / unité)		
		Distance des ressources/décharges		
		proche	moyenne	éloignées
Excavation de déblais et transport pour mise en décharge	m <sup>3</sup>	0,937	1,29	2,52
Excavation de déblai, transport par tombereau dans l'enceinte du chantier et mise en remblai	m <sup>3</sup>	1,41	2,28	4,78
Fourniture, transport et mise en œuvre de matériaux d'apport en remblai	m <sup>3</sup>	1,15	2,03	3,79
Supplément de mise en œuvre pour le traitement des matériaux humides à la chaux (incluant la fourniture et le transport des produits de traitement)	m <sup>3</sup>		14,3	
Supplément de mise en œuvre pour le traitement à la chaux de l'arase des terrassements en vue d'une amélioration de la PST (PST4/AR2) (incluant la fourniture et le transport des produits de traitement)	m <sup>2</sup>		11,6	
Fourniture, transport et mise en œuvre de matériaux de couche de forme non traitée	m <sup>3</sup>	6,33	8,09	11,6
Excavation de déblai, transport par tombereau dans l'enceinte du chantier et mise en œuvre pour une couche de forme en matériaux du site traités aux liants hydrauliques routiers avec enduit de cure (incluant la fourniture et le transport des produits de traitement)	m <sup>3</sup>	67,7	70,1	75,7
Excavation de déblai, transport par tombereau dans l'enceinte du chantier et mise en œuvre pour une couche de forme en matériaux du site traités aux liants hydrauliques routiers avec enduit de cure avec un liant à base de laitier (incluant la fourniture et le transport des produits de traitement)	m <sup>3</sup>	28,2	30,5	36,1

### 4.3 - Facteurs de niveau 3

Les facteurs d'émission suivants ont été utilisés pour la constitution des facteurs agrégés de niveau 2. Bien qu'ils ne soient pas nécessaires pour évaluer l'impact des projets en phase d'études préalables, ils permettent d'évaluer l'impact des différents procédés et produits. Ils peuvent être utilisés pour adapter les facteurs d'émissions liés aux terrassements dans certains cas, mais ne se substituent pas à une analyse plus fine réalisée avec un éco-comparateur en phase avant projet ou projet.

Description	Unité	Facteur d'émission (kg eq.CO2 par unité)
Transport des matériaux hors site des matériaux de terrassement (apport et mise en décharge) par transport routier	m <sup>3</sup> .km	0,176
Transport interne au site des matériaux de terrassements (matériaux de déblais réutilisés en remblais transportés par tombereaux)	m <sup>3</sup> .km	1,25
Excavation des déblais	m <sup>3</sup>	0,761
Mise en œuvre des remblais	m <sup>3</sup>	0,274
Supplément de mise en œuvre pour le traitement des matériaux	m <sup>3</sup>	0,161
Fabrication de 1 % de chaux	m <sup>3</sup>	18,7
Fabrication de 1 % de clinker	m <sup>3</sup>	16,5
Fabrication et mise en œuvre d'une couche de forme en matériaux granulaires	m <sup>3</sup>	4,58
Mise en œuvre pour une couche de forme en matériaux du site traités	m <sup>3</sup>	0,711
Fabrication et mise en œuvre d'un enduit de cure (sur une couche de forme traitée aux liants hydrauliques routiers)	m <sup>2</sup>	0,273
Transport d'un enduit de cure (sur une couche de forme traitée aux liants hydrauliques routiers)	m <sup>2</sup> .km	0,00129

### 4.4 - Sources des données

Les facteurs d'émissions proposés ont été calculés à partir des données du logiciel Ecorce v2<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> ECOcomparateur Route Construction Entretien version 2 : outil élaboré par l'IFSTTAR et le Réseau Scientifique et Technique (RST) du ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) destiné à permettre l'évaluation d'indicateurs environnementaux pour la réalisation de travaux routiers (construction et entretien des chaussées, construction de couche de forme, travaux de terrassements).

# Fiche n°4 : Construction et entretien des chaussées

## 1 - Principes généraux retenus

### 1.1 - Phase construction

Au stade des études préliminaires, le dimensionnement des chaussées est réalisé sur chacune des voies constitutives du projet et une structure de chaussée est définie. Les quantités de matériaux de chaussées sont donc connus. En revanche, il est plus difficile d'estimer à ce stade les distances de transport des matériaux, qui dépendent de l'éloignement du projet aux sites d'approvisionnement et centrales de fabrication.

### 1.2 - Phase entretien

Les structures de chaussées sont en général dimensionnées pour une durée de vie initiale de 20 ou 30 ans. Afin de couvrir la durée de référence de 50 ans, il est nécessaire de prévoir des scénarios d'entretien ou de réhabilitation permettant de prolonger la durée de service initiale des chaussées ; ces scénarios sont rarement détaillés au stade des études préliminaires. À défaut de disposer de scénarios d'entretien précis et différenciés suivant les voies du projet, des scénarios d'entretien type pourront être utilisés.

Les facteurs d'émission proposés dans les tableaux ci-dessous permettent une estimation des émissions liées aux phases de construction et d'entretien, pour les structures de chaussées les plus couramment rencontrées.

## 2 - Principes de construction des facteurs d'émissions

Les facteurs d'émission intègrent :

- la production des matières premières (granulats, bitume, ciment, etc.) ;
- le transport des matériaux ;
- l'utilisation des engins pour la mise en œuvre.

Ils n'intègrent pas :

- les déplacements de personnels pendant la durée du chantier ;
- l'acheminement des engins ;
- l'impact de la phase travaux du projet sur les infrastructures connexes, c'est-à-dire l'impact sur le trafic et l'endommagement supporté par ces chaussées.

Ils permettent la prise en compte :

- des techniques d'abaissement de température (enrobés tièdes) en complément des techniques à chaud ;
- de l'incorporation d'agrégats d'enrobés.

Aucun facteur d'émission n'est proposé pour les procédés spécifiques suivants :

- structures de chaussées en bétons de ciment (béton armé continu, dalles goujonnées et dalles californiennes) ;
- structures de chaussées de type sable-ciment (SC) pour les matériaux traités aux liants hydrauliques (MTLH) ;
- utilisation d'une centrale mobile ;
- pré-fissuration des structures de chaussées hydrauliques ;
- dispositifs anti-remontée de fissures éventuels ;
- techniques semi-tièdes pour les enrobés.

Enfin, l'impact des couches d'accrochage et des enduits de scellement n'a pas été pris en compte dans les valeurs agrégées de niveau 2, leur incidence étant négligeable par rapport à l'ensemble du poste chaussées pour l'indicateur d'émissions de gaz à effet de serre.

## 3 - Comptabilisation des émissions

### 3.1 - Périmètre de l'évaluation

La fiche s'applique à l'ensemble des travaux de construction d'une chaussée (couches d'assises, couches de roulement, accotements, etc.), aux travaux d'entretien des chaussées et de déconstruction en fin de vie.

### 3.2 - Principes d'utilisation des facteurs d'émissions

Les facteurs d'émission de niveau 2 ont été agrégés sur la base de formulations standard et pour trois niveaux de distance de transport. Ils correspondent aux distances ci-dessous :

Distances	Proche	Moyen	Eloigné
Distance carrière – centrale (granulats)	15 km	40 km	100 km
Distance carrière – centrale (fines d'apport)	75 km	100 km	150 km
Distance raffinerie – centrale (bitume)	75 km	150 km	200 km
Distance cimenterie – centrale (ciment)	75 km	100 km	150 km
Distance d'approvisionnement des agrégats d'enrobés	0 km	10 km	50 km
Distance d'approvisionnement de l'émulsion	15 km	40 km	100 km
Transport des matériaux de la centrale au chantier	15 km	30 km	50 km

En fonction du contexte géographique du projet, l'utilisateur pourra retenir l'une ou l'autre de ces trois classes de contexte. Si les distances de transport ou les formulations de produits sont connues avec précision, les facteurs d'émission de niveau 3 pourront être utilisés.

Il est évidemment possible de reconstituer de nouveaux facteurs d'émissions agrégés de niveau 2 à partir des facteurs de niveau 3 pour répondre à d'autres contextes locaux (éloignement des carrières plus important par exemple).

Concernant l'entretien, des facteurs d'émission agrégés de type 1 sont proposés, déterminés à partir des bilans annuels de gaz à effets de serre des DIR. Ils permettent une évaluation sommaire des émissions de gaz à effet de serre. Les valeurs de niveau 2 et 3 permettent une évaluation adaptée au projet.

### 3.3 - Prise en compte de l'entretien : exemples de scénario type

Initialement dimensionnée pour une durée de vie de 20 ou 30 ans, la durée de service des chaussées varie selon les politiques d'entretien menées. Plusieurs politiques d'entretien sont envisageables, basées sur un renouvellement des couches de roulement ou intégrant des opérations de renforcement qui permettent de prolonger la durée de vie initiale de la chaussée. Ainsi le choix d'une politique d'entretien influe sur le bilan des émissions de gaz à effet de serre.

Deux exemples de scénarios d'entretien volontairement contrastés ont été définis, qui illustrent l'importance de la politique d'entretien. Ils ont été utilisés pour constituer les facteurs d'émission agrégés de niveau 2.

#### Exemple de scénario d'entretien :

Dates des cycles d'entretien	Scénario A1 dimensionnement à 30 ans	Scénario B1 dimensionnement à 20 ans :
13 ans : 1 <sup>er</sup> cycle d'entretien	fraisage de 6 cm puis BBSG en 6 cm	fraisage de 6 cm puis BBSG en 6 cm + 4 % purges en 15 cm GB
26 ans : 2 <sup>e</sup> cycle d'entretien	fraisage de 8 cm puis BBSG en 8 cm + 4 % purges en 15 cm GB	fraisage de 8 cm puis BBSG en 8 cm + 6 % de purges en 15 cm GB
39 ans : 3 <sup>e</sup> cycle d'entretien	fraisage de 10 cm puis 6 cm de BBSG et 4 cm de BBM + 6 % de purges en 15 cm GB	Reconstruction et reproduction des séquences d'entretien à l'identique
50 ans :	Fin de vie	

**Exemple de scénario de renforcement anticipé (avec élévation de 4 cm du niveau de la chaussée) :**

Dates des cycles d'entretien	Scénario A2 dimensionnement à 30 ans	Scénario B2 dimensionnement à 20 ans :
13 ans : 1 <sup>er</sup> cycle d'entretien :	fraisage de 2 cm puis BBSG en 6 cm	fraisage de 2 cm puis BBSG en 6 cm + 3 % purges en 15 cm GB
26 ans : 2 <sup>e</sup> cycle d'entretien	enduit bicouche + 3 % purges en 15 cm GB	enduit bicouche + 3 % purges en 15 cm GB
35 ans		fin de vie
39 ans : 3 <sup>e</sup> cycle d'entretien	fraisage de 6 cm puis BBSG en 6 cm + 3 % purges en 15 cm GB	Reconstruction et reproduction des séquences d'entretien à l'identique
50 ans :	fin de vie	

Il est considéré que les scénarios d'entretien associés à un dimensionnement initial de 30 ans permettent d'atteindre l'horizon de référence (50 ans) sans reconstruction intermédiaire de la chaussée.

En revanche ce n'est pas le cas pour un dimensionnement initial à 20 ans. Les durées de service associées aux scénarios B ont été estimées à 35 ans. À cette échéance, une reconstruction de l'assise de la chaussée est nécessaire pour atteindre (et dépasser) l'horizon de référence (50 ans). Par simplification, il est proposé de reproduire la reconstruction à l'identique de la chaussée et les mêmes scénarios d'entretien permettant de couvrir une durée de service théorique de 70 ans).

### 3.4 - Déconstruction

À l'issue de la période de référence (ou de la durée de service si elle dépasse la période de référence), la déconstruction de la chaussée doit être prise en compte. Celle-ci peut consister en la déconstruction des couches de roulement et d'assises, la couche de forme étant laissée en place. Les matériaux déconstruits sont transportés vers un lieu de stockage, soit pour élimination, soit pour une réutilisation ultérieure.

Les émissions de GES liées à la déconstruction de la chaussée peuvent être comptabilisées à l'aide des facteurs d'émission « fraisage » et « transport pour mise en décharge ».

### 3.5 - Règles de comptabilisation des émissions

Comptabilisation des émissions	Durée de service > Durée de référence (50 ans)	Durée de service = Durée de référence (50 ans)
Phase construction initiale	En totalité	En totalité
Phase entretien	Les émissions liées aux séquences d'entretien (y compris les reconstructions et déconstructions intermédiaires) sont ramenées à la durée de référence au prorata de la durée de service	En totalité
Phase déconstruction finale	En totalité	En totalité

À noter qu'il est nécessaire de prévoir un nombre de séquences d'entretien suffisant pour atteindre la durée de référence de 50 ans.

## 4 - Facteurs d'émissions

### 4.1 - Facteurs agrégés de niveau 1

Sans objet

### 4.2 - Facteurs agrégés de niveau 2

Les facteurs agrégés de niveau 2 sont généralement suffisants pour évaluer l'impact des projets en phase études préliminaires . Ils peuvent être utilisés pour la construction et l'entretien dès lors que les quantités de matériaux à mettre en œuvre sont connues.

Les valeurs agrégées de niveau 2 comprennent le transport des matériaux qui peut représenter une part importante des émissions. Les valeurs dépendent donc du contexte régional de disponibilité des ressources, c'est pourquoi trois jeux de valeurs sont donnés.

Concernant l'entretien des chaussées, des facteurs d'émission agrégés ont été établis pour différents scénarios d'entretien moyens (tableau 2).



## Phase de construction

Description	Unité	Facteur d'émission (kg eq.CO2 par unité)		
		Distance des ressources		
		proche	moyenne	éloignée
Fourniture et mise en œuvre de mélanges bitumineux en couches d'assises ou de roulement (ex BBSG, BBME, BBTM, EME, GB ...)	m <sup>3</sup>	75,5	83,4	98,6
Fourniture, transport et mise en œuvre de couches d'assise de type MTLH (graves traitées aux liants hydrauliques)	m <sup>3</sup>	79,7	87,0	101
Fourniture, transport et mise en œuvre d'enduits superficiels	m <sup>2</sup>		0,80	
Fourniture, transport et mise en œuvre de GNT de type A (pour accotements)	m <sup>3</sup>	9,10	14,1	25,9
Fourniture, transport et mise en œuvre de GNT de type B (pour structures de chaussées)	m <sup>3</sup>	16,2	24,3	40,4
Opération de fraisage et mise en décharge (déconstruction)	m <sup>3</sup>	6,38	7,70	9,40

## Phase d'entretien

Dans l'hypothèse où le dossier présente un scénario d'entretien, celui-ci sera pris en compte directement. Les émissions seront calculées sur la durée de service associée et ramenées à la durée de référence au *pro rata* des durées.

Dans le cas contraire, les facteurs d'émissions suivants pourront être utilisés, correspondant à des scénarios d'entretien pré-établis.

Description	Unité	Facteur d'émission (kg eq.CO2 par unité)		
		Distance des ressources		
		proche	moyenne	éloignée
Cas d'un dimensionnement à 30 ans (scénario A1 en entretien)	m <sup>2</sup>	20,9	23,2	27,5
Cas d'un dimensionnement à 30 ans (scénario A2 en renforcement )	m <sup>2</sup>	11,1	12,2	14,4
Cas d'un dimensionnement à 20 ans (Scénario B1 en entretien) <b>sans déconstruction ni reconstruction intermédiaires *</b>	m <sup>2</sup>	18	20,2	23
Cas d'un dimensionnement à 20 ans (Scénario B2 en renforcement) <b>sans déconstruction ni reconstruction intermédiaires *</b>	m <sup>2</sup>	8,80	9,70	11,2
Reconstruction intermédiaire à 35 ans (reconstruction à l'identique) de la structure de chaussée en utilisant les facteurs d'émission de la phase construction : Par exemple, pour une structure de chaussée en matériau bitumineux de x cm d'épaisseur	m <sup>2</sup> /cm	0,585	0,651	0,772
<u>Exemple</u> : pour une structure de chaussée initiale de 16 cm GB + 6 cm BB : Cas d'un dimensionnement à 20 ans (Scénario B1 en entretien) <b>avec déconstruction et reconstruction intermédiaires *</b>	m <sup>2</sup>	31,0	34,5	40,0
Cas d'un dimensionnement à 20 ans (Scénario B2 en entretien) <b>avec déconstruction et reconstruction intermédiaires *</b>	m <sup>2</sup>	21,7	24,0	27,5

\* Ne pas oublier de ramener le calcul des émissions à la durée de référence. Pour le scénario B1 et une distance de ressources moyenne, le détail du calcul est donc :

$$20,2 + 50 / 70 \times 0,22 \times (83,4 + 7,7) = 34,5 \text{ kg eq.CO}_2 / \text{m}^2$$

Les facteurs d'émission, établis au m<sup>2</sup> de chaussées n'intègrent pas les éventuels travaux d'entretien, ou de mise à la côte des accotements, BAU ou TPC qui doivent être comptabilisés spécifiquement.

### 4.3 - Facteurs agrégés de niveau 3

Les facteurs d'émission suivants ont été utilisés pour la constitution des facteurs agrégés de niveau 2. Bien qu'ils ne soient pas nécessaires pour évaluer l'impact des projets en phase d'études préalables ils permettent d'évaluer l'impact des différents procédés et produits. Ils peuvent être utilisés pour adapter les facteurs d'émissions liées à la construction et l'entretien des chaussées dans certains cas. mais ne se substituent pas à une analyse plus fine réalisée avec un éco-comparateur en phase avant projet ou projet.

Description	Unité	Facteur d'émission (kg eq.CO <sub>2</sub> par unité)
<b>Transport (en m<sup>3</sup> pour 1 m<sup>3</sup> d'enrobé)</b>		
Transport routier (carrière – centrale)	m <sup>3</sup> . km	0,193
Transport ferroviaire (carrière – centrale)	m <sup>3</sup> . km	0,0078
Transport fluvial (carrière – centrale)	m <sup>3</sup> . km	0,0378
Transport maritime (carrière – centrale)	m <sup>3</sup> . km	0,0209
Transport routier (bitume – centrale)	m <sup>3</sup> . km	0,0908
Transport routier (centrale – chantier) (m <sup>3</sup> mis en œuvre)	m <sup>3</sup> . km	0,203
<b>Fabrication</b>		
Fabrication des granulats	t	2,19
Fabrication des fines d'apport	t	5,1
Fabrication du bitume	t	191
Fabrication de l'émulsion (non compris la fabrication du bitume)	t	10,7
Fabrication du laitier pour liant hydraulique	t	47
Fabrication du clinker pour liant hydraulique	t	970
Fabrication d'un liant hydraulique routier de type S 50	t	484
Fabrication de la chaux	t	1098
Élaboration des agrégats d'enrobés (en t pour 1 t d'enrobés – par ex. : si 10 % d'AE, multiplier la valeur par 10)	% / t	0,2600
<b>Centrales</b>		
Centrale à chaud	m <sup>3</sup>	47,2
Centrale de malaxage à froid	m <sup>3</sup>	1,44
Gain apporté par un abaissement de la température (valeur centrale multipliée par)	%	0,730
Centrale pour les matériaux blancs	m <sup>3</sup>	3,70
<b>Mise en œuvre</b>		
Atelier de mise en œuvre d'enrobés	m <sup>3</sup>	3,87
Atelier de mise en œuvre de MTLH / GNT	m <sup>3</sup>	1,14
Atelier de mise en œuvre d'enduits	m <sup>2</sup>	0,134
Opération de fraisage	m <sup>2</sup>	0,430

Dans l'hypothèse où le dossier présente un scénario d'entretien, celui-ci sera pris en compte directement. Les émissions seront calculées sur la durée de service associée et ramenées à la durée de référence *au prorata* des durées.

## **4.4 - Sources de données**

Les facteurs d'émissions proposés ont été calculés à partir des données du logiciel Ecorce 2.0<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> *ECOcomparateur Route Construction Entretien version 2 : outil élaboré par l'IFSTTAR et le Réseau Scientifique et Technique (RST) du ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) destiné à permettre l'évaluation d'indicateurs environnementaux pour la réalisation de travaux routiers (construction et entretien des chaussées, construction de couche de forme, travaux de terrassements).*

## Fiche n°5 : Ouvrages d'art

### 1 - Principes généraux retenus

Au stade des études préliminaires, pour les ouvrages d'art, les éléments suivants sont généralement connus :

- le nombre d'ouvrages d'art courants avec leurs caractéristiques (type d'ouvrage et géométrie) ;
- le descriptif des ouvrages d'art non courants.

### 2 - Principes de construction des facteurs d'émission

De par leur diversité (hauteur des piles) et leur complexité, il est difficile d'obtenir des valeurs représentatives des OA du RRN et des ouvrages type Sétra. Les données de suivi de chantier sont rares dans ce domaine. Néanmoins, il est possible que les maîtres d'ouvrage demandent dans leurs marchés des relevés de consommation en fin de chantier, qui permettraient d'alimenter une base (par exemple CIOGEN « Calcul d'Impacts environnementaux des Ouvrages de GENie civil » de l'Association Française de Génie Civil).

Les valeurs présentées par la suite sont donc issues des connaissances actuelles et ont été validées par des groupes de travail constitués de personnes d'organismes publics, d'entreprises et d'associations professionnelles.

### 3 - Comptabilisation des émissions dans le cas d'un projet routier

Deux cas de figure sont considérés pour les ouvrages d'art :

- les quantités de matériaux sont connues ;
- aucune connaissance sur les matériaux.

Dans le premier cas, pour la production des matériaux, les données issues de la base de données DIOGEN pourront être utilisées, s'agissant de valeurs unitaires d'impacts de production de ces matériaux. Dans le second cas et pour les autres étapes, il s'agira d'utiliser les données extraites du guide Cimbéton.

### 4 - Facteurs d'émissions

#### 4.1 - Facteurs agrégés de niveau 1

Ces facteurs d'émissions, extraits du guide Cimbéton, sont repris dans le tableau ci-dessous. Ils concernent un ouvrage en béton. Cependant, faute d'études similaires sur des ouvrages mixtes ou des ouvrages métalliques ou en bois, ces valeurs pourront être utilisées quel que soit le type d'ouvrages d'art.

Étape concernée	unité	Facteur d'émission (kg eq.CO2 par unité)	part
Fabrication des matériaux et matériels	m <sup>2</sup> de tablier	894	65,0%
Transport des matériaux et matériels	m <sup>2</sup> de tablier	63	4,5%
Réalisation de l'ouvrage	m <sup>2</sup> de tablier	215	15,5%
Vie de l'ouvrage	m <sup>2</sup> de tablier	147	10,5%
Fin de vie de l'ouvrage	m <sup>2</sup> de tablier	64	4,5%
<b>Total</b>	m <sup>2</sup> de tablier	1383	100,0%

\* la surface utile du tablier est considérée

Ainsi, pour la vie de l'ouvrage, il est considéré un entretien et une maintenance selon un scénario « moyen ». Notamment, il n'est considéré aucune grosse réparation, s'agissant d'un ouvrage dimensionné pour 100 ans. Néanmoins, selon le type d'ouvrage, les durées de vie réelles peuvent être inférieures à la durée de vie théorique, ou il peut être nécessaire de réaliser d'importants travaux de réparation pour atteindre des durées de vie réelles s'approchant de la durée de vie prévue lors du dimensionnement. L'hypothèse de durée de vie de 100 ans sans réparation majeure a tendance à minimiser la part « vie de l'ouvrage ».

La période de référence proposé étant de 50 ans, la valeur relative à la phase « vie de l'ouvrage » a été divisée par 2, puisque l'entretien et la maintenance se font à intervalles réguliers durant les 100 ans et que seule l'inspection détaillée initiale n'intervient qu'une fois. Les opérations d'entretien spécialisé et de maintenance prises en compte dans le guide Cimbéton comprennent le remplacement de la couche de roulement, de la chape d'étanchéité et des dispositifs de sécurité, le changement des appareils d'appuis et des joints de chaussées, la réfection du revêtement des trottoirs et des corniches, la remise en peinture des garde-corps, la reprise du béton dégradé et des revêtements anti-graffiti, etc. Le guide Cimbéton n'intègre pas d'opération lourde de maintenance, la prise en compte de ce type d'opération constituera une évolution future de ces recommandations.

Pour la fin de vie, il est considéré que l'ouvrage est déconstruit et les matériaux issus de cette déconstruction, transportés dans un centre de valorisation et de traitement des déchets. Seuls les bétons sont valorisés par un concassage, l'ensemble des autres matériaux étant uniquement considérés comme stockés.

## 4.2 - Facteurs agrégés de niveau 2 et 3

Lorsque des détails sont connus sur les matériaux, il est possible d'utiliser des facteurs agrégés de niveau 3.

Cela correspond aux données issues de la base DIOGEN et disponibles gratuitement sur le site internet [www.diogen.fr](http://www.diogen.fr). Elles concernent :

- les aciers ;
- le bois ;
- les bétons, ciments, éléments d'assainissement ;
- les granulats et laitiers ;
- les composites ;
- les appareils d'appuis ;
- les joints de chaussées.

Dans le cas où les caractéristiques relatives aux matériaux ne sont pas encore bien définies, et compte tenu du fait que la part la plus importante de l'impact des matériaux des ouvrages d'art peut être attribuée aux bétons et aux aciers, les valeurs suivantes peuvent être utilisées :

Matériau	Détail	Unité	Facteur d'émission (kg eq.CO2 par unité)
Acier HA armatures passives du béton armé	B500A, B500B, tous diamètres	kg	0,607
Acier tôles fortes et profilés – structures métalliques	Nuances S235 à S960	kg	1,68
Béton de propreté/de calage	C16/20 X0 CEMIII/A	m <sup>3</sup>	115
Béton de fondation	C25/30 XC2 CEMIII/A	m <sup>3</sup>	148
Béton des piles	C35/45 XF2 CEMII/A-L ou LL	m <sup>3</sup>	267
Béton de tablier	C45/55 XF1 CEMII/A-L ou LL	m <sup>3</sup>	289
Béton haute performance	C60/75 XF1 CEMI	m <sup>3</sup>	333

Les valeurs relatives aux aciers sont issues des fiches correspondantes de la base DIOGEN au format de la norme NF P01-010 et correspondent à la valeur en sortie d'usine. Celles relatives aux bétons ont été calculées avec le logiciel bétie, en lien avec le groupe de travail DIOGEN, au format de la norme NF EN15804 et correspondent au cycle de vie complet de ces bétons.

Dans le cas de l'utilisation de ces valeurs, et afin de tenir compte du cycle de vie complet de l'ouvrage, il est proposé d'utiliser un ratio de 55 % pour considérer les étapes de transports, réalisation, vie de l'ouvrage et fin de vie.

Étape concernée	Détail	Unité	Facteur d'émission (kg eq.CO2 par unité)
Transport des matériaux, réalisation, vie et fin de vie de l'ouvrage	% de la fabrication des matériaux	%	55 %

Ce ratio correspond au prorata entre l'étape de fabrication des matériaux, engins et matériels de chantier et les autres étapes d'après le guide Cimbéton. Ce guide portant sur un exemple unique, il ne reflète pas la diversité des ouvrages et des modes de construction. Ce ratio est donc à prendre avec précautions et uniquement dans le cadre d'une évaluation avant-projet.

## 4.3 - Source des données

### 4.3.1 - DIOGEN

DIOGEN (Données d'Impacts des Ouvrages de GENie civil) est une base de données environnementales relative aux matériaux employés dans la réalisation des ouvrages de génie civil en France. Elle a été réalisée sous l'égide de l'Association Française de Génie Civil (AFGC). Co-animés par le Cerema et l'IFSTTAR, ces travaux regroupent différents producteurs de matériaux, entreprises, bureaux d'études et établissements institutionnels.

Elle est née du constat que les bases de données généralistes proposent rarement des données adaptées au génie civil français : matériaux et technologies de production différents, périmètres géographiques de production trop larges ou trop restreints, etc. De même, les données peuvent être obsolètes ou établies à partir d'inventaires partiels, et enfin les frontières différentes du cradle-to-gate (étape de production, jusqu'à la porte de l'usine).

DIOGEN vise à mettre librement à disposition des utilisateurs des valeurs d'impacts environnementaux normalisés, fiables et représentatifs, couvrant l'étape de production des matériaux. Les données disponibles sur le site [www.diogen.fr](http://www.diogen.fr) sont pour l'essentiel établies à partir d'études soumises à revue critique. Le but premier de DIOGEN n'étant pas de construire des données, mais de les qualifier, ces études sont examinées par un groupe d'experts en vue de déterminer le niveau de fiabilité des valeurs d'impacts proposées.

### **4.3.2 - Cimbéton**

Dans la collection technique Cimbéton est paru un guide portant sur l'analyse de cycle de vie d'un pont en béton<sup>12</sup>, présentant un exemple d'application sur un pont courant. Il a été rédigé par un groupe de travail composé d'experts du réseau scientifique et technique du ministère de l'écologie, de l'ingénierie et de la filière ciment et béton avec la collaboration de l'entreprise SNCTP.

Ce guide décrit de manière détaillée l'ensemble de la démarche permettant de réaliser une Analyse de Cycle de Vie (ACV) d'un pont routier en béton. Le type d'ouvrage choisi (de type ponts courants) est particulièrement représentatif du patrimoine des ouvrages routiers et autoroutiers français.

L'analyse couvre l'ouvrage en entier : tablier, appuis et fondations ainsi que l'ensemble de ses équipements. Elle présente les impacts environnementaux calculés pour les différentes étapes du cycle de vie du pont concerné.

Par la suite les résultats ont été déclinés pour différents types d'ouvrage dans un article de la collection Solutions béton<sup>13</sup>.

---

<sup>12</sup> *Analyse du Cycle de Vie d'un pont en béton – Exemple d'application pour un pont courant. Collection Technique Cimbéton T87. 2010.*

<sup>13</sup> *Analyse du Cycle de Vie comparative de ponts. Collection Solutions béton – Hors série, SB-OA 2011-2. 2011.*



# Fiche n°6 : Équipements de sécurité

## 1 - Principes généraux retenus

Au stade des études préalables, le type et l'emplacement des dispositifs de sécurité peuvent souvent être déterminés et le linéaire de glissières être estimé.

## 2 - Principes de construction des facteurs d'émissions

Les facteurs d'émission proposés intègrent :

- la production des matériaux (acier galvanisé, béton armé, etc.) ;
- le transport des matériaux jusqu'au chantier (500 km pour l'acier, 50 km pour le béton pour les facteurs de niveau 1 et 2) ;
- l'utilisation des engins pour la mise en œuvre ;
- la déconstruction et l'évacuation des glissières en fin de vie.

Ils n'intègrent pas :

- les déplacements de personnels pendant la durée du chantier ;
- l'utilisation des engins pour la déconstruction ;
- le façonnage des glissières métalliques en usine.

Les émissions liées à l'entretien des équipements de sécurité sont prises en compte forfaitairement dans les facteurs d'émission relatifs à l'exploitation du réseau (cf. fiche exploitation du réseau).

## 3 - Comptabilisation des émissions dans le cas d'un projet routier

### 3.1 - Périmètre de l'évaluation et utilisation des facteurs d'émissions

La fiche s'applique à l'ensemble des glissières (métalliques ou bétons) mises en œuvre dans le cadre du projet.

Concernant le transport des glissières, nous avons considéré une distance de transport de 500 km depuis l'aciérie et de 50 km depuis la centrale pour le béton.

Dans le cas courant, pourront être utilisés les facteurs de niveau 1 et 2. Il est possible de reconstituer des facteurs d'émissions pour les équipements spécifiques (BN4, ITPC, etc.) à partir de leurs caractéristiques en utilisant les facteurs d'émissions de niveau 3.

### 3.2 - Fabrication

Concernant les glissières métalliques, les facteurs d'émissions pris en compte pour la fabrication de l'acier galvanisé supposent qu'ils ne contiennent pas de matériaux recyclés.

La proportion de métal recyclé dans la fabrication des glissières neuves a un impact significatif sur les émissions. Ainsi, une augmentation de 10 % des proportions d'acier recyclé dans les glissières neuves permet en effet de baisse de l'ordre de 7 %, du poste de fabrication.

Il est donc possible de prendre en compte l'utilisation d'acier recyclé en appliquant ce même coefficient de réduction aux facteurs de niveau 2 et 3, compte-tenu du faible poids du transport et de la mise en œuvre par rapport à la fabrication.

### 3.3 - Entretien

La part liée à l'entretien des glissières n'a pas été prise en compte dans cette fiche. Elle est intégrée dans les émissions liées à l'exploitation du réseau (fiche n° 7) et représente 15 % environ des coûts d'exploitation (hors enrobés)

Il est, bien entendu, possible de quantifier directement les émissions de gaz à effet de serre liées à l'entretien des glissières en utilisant les facteurs d'émissions suivants et en fixant une hypothèse de renouvellement des équipements sur la durée de référence.

### 3.4 - Déconstruction

À la fin de la durée de référence, la déconstruction des glissières doit être prise en compte. Les facteurs d'émission proposés pour la déconstruction intègrent uniquement le transport des matériaux déconstruits vers un centre de recyclage. Cette part représente environ 1 % de la valeur des facteurs d'émissions pour les glissières métalliques et 2 % pour les glissières béton.

## 4 - Facteurs d'émissions

### 4.1 - Facteurs agrégés de niveau 1

Les facteurs agrégés de niveau 1 correspondent à des valeurs moyennes au mètre de glissières, indépendamment de leur composition (métal, béton).

Description	Unité	Facteur d'émission (kg eq.CO2 par unité)
File de glissières simples (acier ou béton)	m	115,0
File de glissières doubles (acier ou béton)	m	145,0

Ces valeurs correspondent à la moyenne des valeurs entre une file composée de glissières béton et une file composée de glissières métalliques avec 30 % de système de protection motocycliste (SPM).

### 4.2 - Facteurs agrégés de niveau 2

Les facteurs agrégés de niveau 2 fournissent pour les principales catégories de glissières, des facteurs d'émission. Ils prennent en compte des caractéristiques moyennes de géométrie et de distance de transport.

Description	Unité	Facteur d'émission (kg eq.CO2 par unité)
Glissières métalliques GS2 (N2-W514)	m	95,0
Glissières métalliques GS4 (N2-W6)	m	75,0
Système de protection motocycliste (SPM)	m	55,0
Glissières métalliques DE2 (H1-W5)	m	145,0
Gain lié à l'incorporation d'acier recyclé dans les glissières métalliques (gain par tranche de 10 % d'acier recyclé)	%	-7 %
Glissières béton GBA (H2-W1)	m	115,0
Glissières béton DBA (H2-W1)	m	130,0

### 4.3 - Facteurs de niveau 3

Les facteurs de niveau 3 permettent de reconstituer les facteurs d'émission pour les équipements de sécurité usuels pour lesquels les caractéristiques seraient connus avec précision ou pour les équipements spécifiques (BN4, ITPC, etc.).

Description	Unité	Facteur d'émission (kg eq.CO2 par unité)
<b>Glissières métalliques</b>		
Fabrication acier galvanisé (0 % recyclé)	t	3879
Gain lié à l'incorporation d'acier recyclé dans les glissières métalliques (gain par tranche de 10 % d'acier recyclé)	t / 10 % acier recyclé	-271
Transport (approvisionnement et évacuation)	t.km	0,0879
Mise en œuvre	ml	0,0243

Description	Unité	Facteur d'émission (kg eq.CO2 par unité)
<b>Glissières béton</b>		
Fabrication béton	t	155
Transport par toupie (approvisionnement)	t.km	0,402
Mise en œuvre	ml	0,0472
Transport (évacuation)	t.km	0,0879

### 4.4 - Sources des données

Les facteurs d'émissions proposés sont issus de bilan carbone® pour le béton armé ou déterminés à partir de « bilan produit » de l'Ademe pour l'acier galvanisé (source Bilan Carbone® de la DIRMC - Année 2013 ). Les facteurs d'émissions de niveau 1 et 2 ont été élaborés à partir de configurations et de profils types de glissières .

14 Selon nomenclature de la Réglementation Nationale des Equipements de la Route (RNER) : arrêté du 2 mars 2009 et son arrêté modificatif du 28 août 2014.

# Fiche n°7 : Exploitation du réseau

## 1 - Principes généraux retenus

Depuis la loi du 12 juillet 2010 dite Grenelle 2, les entreprises de plus de 500 salariés et les personnes morales de droit public de plus de 250 agents sont dans l'obligation de produire un bilan des émissions de gaz à effet de serre (BEGES). Au sein du ministère, les modalités de la réalisation de ce BEGES sont décrites par la circulaire du 21 mars 2013.

La périodicité de mise à jour des BEGES est fixée à 3 ans pour les services de l'État selon l'ordonnance n°2015-1737 du 24/12/2015 et l'article 229-25 du code de l'environnement

Les facteurs d'émissions de la fiche ont été construits à partir des BEGES réalisées par différentes DIR.

## 2 - Principe de construction des facteurs d'émissions

Les facteurs d'émission intègrent :

- les consommations d'énergie des bâtiments et des équipements de la route ;
- les déplacements professionnels liés aux activités d'entretien et d'exploitation du réseau routier ;
- la fabrication et le transport de produits nécessaires au fonctionnement à l'entretien et l'exploitation : sel, signalisation horizontale et verticale, renouvellement des glissières de sécurité, consommables, etc. ;
- les déplacements domicile-travail ;
- l'immobilisation de matériels ou de bâtiments.

Les émissions liées aux travaux d'entretien des chaussées, intégrées dans la plupart des BEGES n'ont pas été prises en compte dans la construction du facteur d'émission d'exploitation du réseau, puisqu'ils font l'objet d'un facteur d'émission spécifique (fiche thématique chaussées).

Les facteurs d'émission ont été ramenés au linéaire de section courante exploitée et intègre donc l'exploitation des voies annexes et bretelles.

## 3 - Comptabilisation des émissions dans le cas d'un projet routier

### 3.1 - Utilisation des facteurs d'émissions

L'évaluation ne porte que sur le différentiel d'exploitation entre la situation de référence et la situation projet. Dans le cas d'un aménagement sur place, il ne sera donc tenu compte que des voies supplémentaires créées par le projet.

Les facteurs d'émission intégrant l'exploitation des voies annexes et bretelles, seul le linéaire de voie de la section courante sera pris en compte. S'agissant d'émissions annuelles, elles seront multipliées par la durée de référence (50 ans).

## 4 - Facteurs d'émissions

### 4.1 - Facteurs agrégés de niveau 1

Les facteurs d'émissions ont été agrégés au km de voie de la section courante et intègrent l'exploitation des voies annexes et bretelles relevant du gestionnaire.

Description	Unité	Facteur d'émission (kg eq.CO2 par unité)
Exploitation du réseau routier national (hors enrobés)	km de voie / an	2970
dont Entretien annuel des glissières	km de voie / an	460

Pour mémoire, le poste entretien des chaussées (enrobés) est de :

Description	Unité	Facteur d'émission (kg eq.CO2 par unité)
Entretien annuel des chaussées (enrobés)	km de voie / an	1800

Le facteur du poste entretien des chaussées ci-dessus a été utilisé pour l'établissement de facteurs agrégés de niveau 1 dans la fiche Thématique Chaussées.

## 5 - Sources des données

Les facteurs d'émission proposés ont été calculés à partir des BEGES suivants des DIR :

- Bilan Gaz à Effet de Serre de la DIR MED – DIR Méditerranée – décembre 2012 ;
- Bilan des émissions de gaz à effet de serre de la DIR Est selon la méthode Bilan Carbone® - DIR Est – juillet 2016 ;
- Bilan des émissions de gaz à effet de serre de la DIR Centre Ouest selon la méthode Bilan Carbone® - année de reporting 2015 - DIR Centre Ouest – 2016 ;
- Bilan Carbone® de la DIR Atlantique : entretien et maintenance du réseau routier – DIR Atlantique – mars 2012 ;
- Bilan 2015 des émissions de gaz à effet de serre de la DIR Nord-Ouest selon la méthode Bilan Carbone® - DIR Nord-Ouest – 2017 ;
- Bilan Carbone de la DIR Massif Central – JC Rotger – juin à novembre 2010.

# Annexes

**Annexe n° 1 : Exemple d'évaluation des émissions de Gaz à Effet de Serre concernant un projet de déviation routière**

**Annexe n° 2 : Durée de vie et période de référence**

**Annexe n° 3 : Principe d'addition et de multiplication des incertitudes**

**Annexe n° 4 : Approche d'évaluation des émissions de GES par euro investi**

**Annexe n° 5 : Textes réglementaires**

# Annexe n°1 : Exemple d'évaluation des émissions de Gaz à Effet de Serre d'un projet de déviation routière

## 1 - Présentation du projet

L'exemple présenté concerne un projet de déviation en tracé neuf à 2 × 1 voies, avec chaussées séparées et créneaux de dépassement.

### Contexte géographique :

Le tracé concerne des zones en majorité rurales (terres agricoles, bois) et faiblement vallonnées.

### Caractéristiques principales :

- linéaire : 8 km ;
- durée de dimensionnement des chaussées : 30 ans ;
- classe de trafic : TC<sub>5</sub>30 ;
- 3 ouvrages non courants sont présents sur la déviation créée dont un viaduc (longueur : 582 mètres), deux ouvrages d'art non courants (longueur : 128 et 179 mètres) et quatre Ouvrages d'art courants.

Le projet comprend la création d'échangeurs (giratoires) et de rétablissements de voiries.

## 2 - Périmètre de l'évaluation

Le projet de déviation ainsi que les rétablissements et les échangeurs sont dans le périmètre de l'analyse.

L'évaluation prend en compte les phases de construction, de fonctionnement et de fin de vie du projet ; elle est menée sur une période de référence de 50 ans. Ont été évaluées les émissions liées :

- au changement d'affectation des sols (imperméabilisation des sols et mesures compensatoires) ;
- à la réalisation des terrassements (extraction, transport et mise en œuvre des matériaux pour l'exécution des déblais, remblais et des couches de forme) ;
- à la construction, l'entretien et la fin de vie des chaussées (extraction, transport et mise en œuvre des matériaux de couches de chaussées) et des équipements de sécurité ;
- à la construction, l'entretien et la fin de vie des ouvrages d'art courants et non courants ;
- à l'utilisation et l'exploitation du projet.

L'exemple évalue les variations entre situation de référence et situation de projet des émissions liées au projet d'infrastructure à toutes ses phases (construction, exploitation, fin de vie).

La situation de référence consiste à ne pas réaliser la déviation.



## 3 - Calculs des émissions

Les émissions ont été comptabilisées sur la base des quantités figurant au dossier d'études préalables à la DUP de l'opération.

### 3.1 - Émissions trafic (fiche n° 1)

#### 3.1.1 - Hypothèses

Les données de trafic (trafic journalier, vitesse) sont issues des simulations du modèle de trafic en TMJA pour les VL et les PL. L'aire d'étude pour le calcul de la variation des émissions de GES liées aux projets correspond à celle du modèle de trafic : l'ensemble des arcs présentant une variation de trafic entre l'option de référence (sans projet) et l'option de projet doivent être pris en compte pour le calcul des variations d'émissions de GES dues au projet.

Ces simulations ont été réalisées à plusieurs années (mise en service, mise en service + 5 ans, mise en service + 10 ans, mise en service + 20 ans, 2050 et 2070), en option de référence (sans projet) et en option de projet.

Pour chaque arc du modèle de trafic, les trafics journaliers et les vitesses VL et PL sont disponibles :

- en situation de référence pour chaque année d'affectation du trafic ;
- en situation de projet pour chaque année d'affectation du trafic.

Les trafics et vitesses pour les années n'ayant pas fait l'objet d'affectation sont extrapolées à partir des données des années d'affectation.

De plus, les modélisations de trafic sont réalisées, en option de référence et en option de projet, selon deux scénarios de référence : le scénario « Avec Mesures Supplémentaires » de la Stratégie Nationale Bas Carbone<sup>15</sup> et, en test de sensibilité, selon le scénario « Avec Mesures Existantes » de la SNBC en vigueur. En effet, ces scénarios de référence déterminent les hypothèses de consommation de carburant qui sont prises en compte pour le calcul des coûts de transport au sein du modèle de trafic.

Les hypothèses d'émissions de GES des véhicules doivent être conformes aux hypothèses du modèle de trafic, qui doivent elles-mêmes être conformes aux hypothèses respectivement des scénarii « Avec Mesures Supplémentaires » et « Avec Mesures Existantes » de la Stratégie Nationale Bas Carbone.

#### 3.1.2 - Calcul des émissions

Le calcul des émissions de GES pour la phase de circulation des véhicules se fait en différentiel entre une option de référence (sans projet) et une option de projet.

Ci-dessous est représenté une sortie cartographique du modèle de trafic utilisé dans notre exemple. Les arcs colorés correspondent aux arcs sur lesquels le trafic varie entre l'option de référence et l'option de projet.

---

<sup>15</sup> cf. : référentiel d'évaluation des projets de transport.

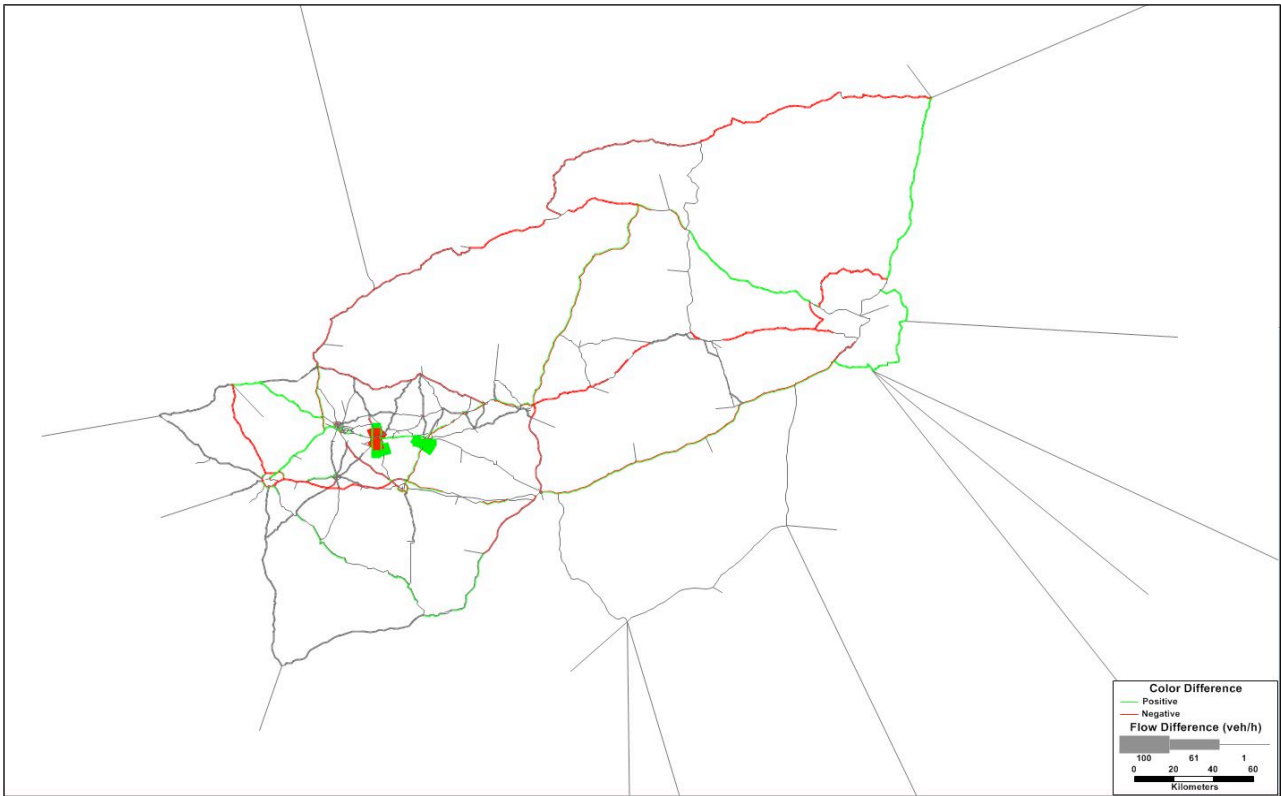


Illustration 6 : Modèle de trafic : différence des flux de véhicules par arc entre référence et projet (Source : Cerema)

Pour ces arcs, il convient donc de calculer pour chaque année un différentiel d'émission de GES entre le projet et la référence. Le schéma ci-dessous explique les étapes du calcul pour un arc

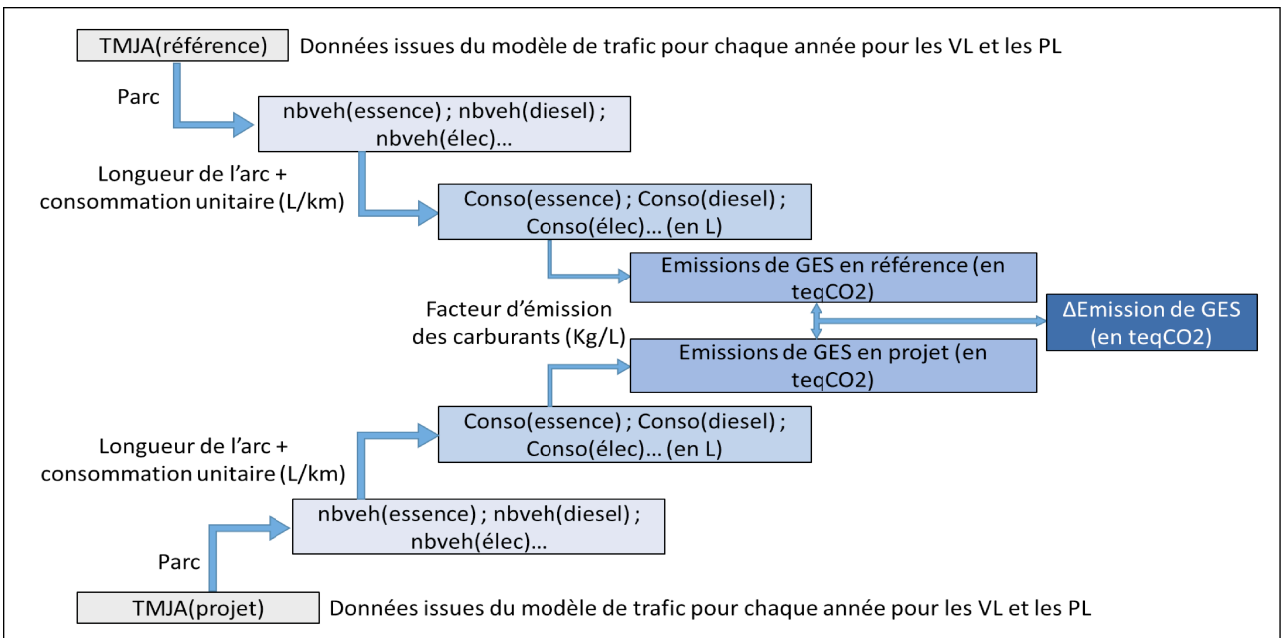


Illustration 7 : Schéma du calcul des émissions de GES de la phase trafic sur un arc et pour une année (Source : DIT)

Ce calcul doit être réalisé sur chaque arc du modèle de trafic et pour chaque année jusqu'en 2070.

Pour chaque arc, il s'agit de calculer la consommation de carburant des véhicules en fonction du parc (motorisation et efficacité énergétique des véhicules) et des conditions de circulation. Dans notre exemple, l'effet de la vitesse sur les émissions de GES est pris en compte par les courbes de consommation de carburant en fonction de la vitesse, qui évoluent dans le temps avec l'amélioration de l'efficacité énergétique du parc, en cohérence avec les courbes de consommation de carburant prises dans le modèle de trafic.

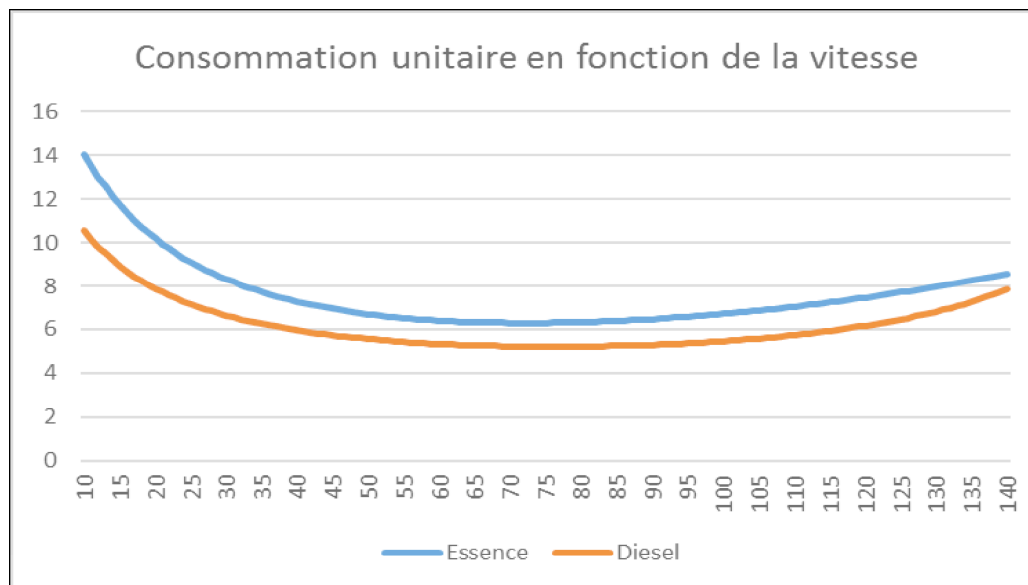


Illustration 8 : Courbes de consommation des véhicules légers essence et diesel en fonction de la vitesse en 2019 (Source : DIT)

Dans notre exemple, la somme des émissions de GES sur l'ensemble du modèle de trafic et jusqu'en 2070 est de - 42 000 t eq.CO<sub>2</sub> en scénario AMS et -126 000 t en scénario AME.

Cette diminution des émissions de eq.CO<sub>2</sub> grâce au projet par rapport à l'option de référence s'explique par une consommation de carburant unitaire par kilomètre plus faible des véhicules sur la déviation malgré une augmentation du nombre des distances parcourues par les véhicules sur la déviation (+0,5 km par exemple pour les véhicules empruntant la déviation plutôt que la traversée du centre-ville).

En effet, une partie des véhicules qui circulaient en référence dans le centre-ville à une vitesse moyenne de 30 km/h empruntent, avec le projet, la déviation et roulent à une moyenne de 85 km/h. Or, la consommation kilométrique de carburant des véhicules thermiques et donc les émissions de GES sont plus faibles à 85 km/h qu'à 30 km/h.

De plus, avec le projet, la circulation est plus fluide qu'en option de référence pour les véhicules continuant à passer par le centre-ville grâce au report de trafic vers la déviation, ce qui permet d'augmenter la vitesse (passant de 30 à 50 km/h) et donc de diminuer la consommation kilométrique de carburant sur la traversée du centre-ville.

La variation absolue d'émissions de GES avec le projet est plus importante en scénario AMS qu'en scénario AME car le scénario AMS suppose une diminution des émissions de GES des véhicules pour atteindre des émissions nulles pour les VL en 2050.

## 3.2 - Artificialisation des sols (fiche n° 2)

### 3.2.1 - Hypothèses

#### Concernant l'imperméabilisation des sols :

Les surfaces de terrains imperméabilisés par rapport à la situation de référence correspondent aux surfaces de voiries :

- surface de voirie pour la section courante : 108 000 m<sup>2</sup> ;
- surface de voirie pour les 2 giratoires : 6 000 m<sup>2</sup> ;
- surface de voirie pour les rétablissements : 25 760 m<sup>2</sup>.

Le dossier précise que 64 % de l'emprise totale du projet est constituée de terres agricoles, le restant (36 %) étant constitué de prairies et forêts. Par simplification, il a été considéré que cette même répartition s'appliquait pour les surfaces imperméabilisées par le projet (création de voiries).

En dehors de ces surfaces, d'autres terrains font l'objet de changements d'affectation. Toutefois, ces surfaces sont considérées comme non imperméabilisées : il s'agit de :

- terres agricoles : 52,56 ha, soit 525 600 m<sup>2</sup> ;
- surfaces boisées et prairies : 13,94 ha, soit 139 400 m<sup>2</sup> .

Aucune émission de gaz à effet de serre n'est associée à ces changements d'affectation.

**Concernant le changement d'affectation des sols liées aux mesures compensatoires** : il est prévu la plantation de boisements compensatoires sur une surface de 50 000 m<sup>2</sup>.

Soit en tenant compte de la répartition culture (64 %) / prairie-forêt (36 %) :

- changement d'affectation (culture vers forêt) : 32 000 m<sup>2</sup> ;
- changement d'affectation (prairie vers forêt) : 18 000 m<sup>2</sup>.

Ces mesures constituent un puits de carbone valorisé dans le bilan.

### 3.2.2 - Calcul des émissions

Description	Unité	Facteurs d'émissions (kgeq CO2 par unité de mesure)	Quantité	Total (teq CO2)	
Sols imperméabilisés (Culture => Sols imperméabilisés)	Section courante	m <sup>2</sup>	19	69 120	1 313
	Giratoires			3 840	73
	Rétablisements (RD)			12 051	229
	Rétablisements (voies communales)			16 486	313
Sols imperméabilisés (Prairie/Forêt => Sols imperméabilisés)	Section courante	m <sup>2</sup>	29	38 880	1 128
	Giratoires			2 160	63
	Rétablisements (RD)			6 779	197
	Rétablisements (voies communales)			9 274	269
Sols non imperméabilisés (Culture => Sols non imperméabilisés)	m <sup>2</sup>	0	525 600	0	
Sols non imperméabilisés (Forêt => Sols non imperméabilisés)	m <sup>2</sup>	0	139 400	0	
Culture vers Forêt	m <sup>2</sup>	-4,83	32 000	-154,56	
Prairie vers Forêt	m <sup>2</sup>	-1,11	18 000	-19,98	
<b>Total :</b>				<b>3 410</b>	
dont contribution des mesures compensatoires à la réduction des émissions de GES				<b>-175</b>	

Tableau 1 : Artificialisation des sols : détails des calculs

## 3.3 - Terrassements (fiche n°3)

### 3.3.1 - Hypothèses :

#### Extrait du dossier d'études préalables :

« Les travaux nécessaires à la réalisation de l'arase terrassement de la voie nouvelle sont en déblais, en remblais et en profils rasants. En déblai et en profil rasant, il sera nécessaire de réaliser un traitement de l'arase afin d'obtenir la classe de plateforme nécessaire.

En remblai, les matériaux mis en œuvre proviendront soit des déblais traités aux liants hydrauliques, soit de matériaux d'apport possédant les caractéristiques nécessaires à l'obtention de la classe voulue de plateforme sans traitement préalable.

Les orientations des choix d'objectifs de plateforme support de la chaussée (PF) dépendent des remarques ci-dessus.

A noter malgré tout que l'obtention d'une PF3 intègre pratiquement obligatoirement un traitement à la chaux de l'arase et un traitement mixte de la couche de forme. Si l'objectif de plateforme est de classe 2, la réalisation d'une arase de classe AR1 peut suffire. Dans ce cas, conformément au GTR Guide technique pour la réalisation des remblais et des couches de forme, 1992), la mise en œuvre sur 30 cm de matériau de type R61 non gélif est nécessaire en ayant intercalé un géotextile. »

La solution retenue dans le dossier est celle d'une plateforme PF3 pour la section courante. Pour les rétablisements, nous avons fait l'hypothèse d'une plateforme PF2.

## **Hypothèses de calcul**

### Quantités

Les quantités de matériaux (déblais, remblais, couche de forme, etc.) sont indiqués dans le dossier d'études préalables et incluent les quantités de déblais / remblais relatives aux rétablissements.

### Provenance des matériaux

Il a été considéré une hypothèse de distance de transport moyenne pour l'acheminement et l'évacuation des matériaux, soit :

	<b>Hypothèse de distances moyennes</b>
<b>Matériaux d'apport pour remblai</b>	10 km
<b>Matériaux d'apport pour couche de forme</b>	20 km
<b>Mise en dépôt / décharge</b>	3 km
<b>Transport interne au chantier (dépôt provisoire, déblais mis en remblais)</b>	1 km

## **Traitement des sols**

En l'absence de précision du projet les facteurs d'émissions de niveau 2 ont été appliqués, sans modifier les taux nominaux de traitement des remblais, arase et couche de forme.

<b>Taux de traitement des remblais à la chaux</b>	0,75 %
<b>Taux de traitement de la PST à la chaux</b>	1,75 %
<b>Taux de traitement aux liants hydrauliques à base de laitiers pour couche de forme</b>	6 % (dont 65 % de clinker)

### 3.3.2 - Calcul des émissions

La solution présentée dans le dossier est celle correspondant à l'obtention d'une plateforme de niveau PF3.

Description		Unité	Facteurs d'émissions (kgeq CO2 par unité de mesure)	Quantité	Total (teq CO2)
Déblais mis en décharge	Section courante	m <sup>3</sup>	1,29	220 000	284
Déblais mis en remblais	Section courante	m <sup>3</sup>	2,28	301 525	687
Remblais d'apport	Section courante	m <sup>3</sup>	2,03	380 000	771
Remblais traités à la chaux	Section courante	m <sup>3</sup>	14,3	301 525	4 312
Surface de l'arase traitée à la chaux	Section courante	m <sup>2</sup>	11,6	129 658	1 504
	Giratoires		11,6	3 000	35
	Rétablisements		11,6	0	0
Couche de forme	Section courante	m <sup>3</sup>	8,09	64 829	524
	Giratoires		8,09	1 500	12
	Rétablisements		8,09	13 377	108
Supplément traitement couche de forme	Section courante	m <sup>3</sup>	70,1	64 829	4 545
	Giratoires		70,1	1 500	105
	Rétablisements		70,1	0	0
<b>Total :</b>					<b>12 888</b>

Tableau 2 : Terrassements : détails des calculs pour la solution retenue (plateforme de niveau PF3)



### 3.3.3 - Comparaison avec une solution variante de plateforme PF2

Le choix d'une plateforme PF2 a été étudiée dans le cadre du dossier.

Description (solution PF2)		Unité	Facteurs d'émissions (kgeq CO2 par unité de mesure)	Quantité	Total (teq CO2)
Déblais mis en décharge	Section courante	m³	1,29	212 000	273
Déblais mis en remblais	Section courante	m³	2,28	301 525	687
Remblais d'apport	Section courante	m³	2,03	392 000	796
Remblais traités à la chaux	Section courante	m³	14,3	301 525	4 312
Surface de l'arase traitée à la chaux	Section courante	m²	11,6	0	0
	Giratoires		11,6	0	0
	Rétablissements		11,6	0	0
Couche de forme	Section courante	m³	8,09	38 897	315
	Giratoires		8,09	900	7
	Rétablissements		8,09	13 377	108
Supplément traitement couche de forme	Section courante	m³	70,1	0	0
	Giratoires		70,1	0	0
	Rétablissements		70,1	0	0
<b>Total :</b>					<b>6 499</b>

Tableau 3 : Terrassements : détails des calculs pour la solution avec un niveau de plateforme PF2

Cette solution permettrait de diminuer les émissions de GES du poste terrassements d'environ 50 % (en l'absence de traitement de la couche de forme), mais nécessite un dimensionnement plus important des couches de chaussées.

Description	Solution retenue : Objectif PF3 (avec traitement arase et CDF)	Solution avec un objectif PF2 (sans traitement arase et CDF)
Déblais mis en décharge	284	273
Déblais mis en remblais	687	687
Remblais d'apport	771	796
Remblais traités à la chaux	4 312	4 282
Surface de l'arase traitée à la chaux	1 539	0
Couche de forme	645	430
Supplément traitement couche de forme	4 650	0
<b>Total</b>	<b>12 888</b>	<b>6 469</b>
<b>Ecart</b>		<b>-50 %</b>

Tableau 4 : Terrassements : comparaison entre les 2 solutions

## 3.4 - Chaussées (fiche n°4)

### 3.4.1 - Hypothèses

Comme vu dans le chapitre précédent concernant le poste Terrassements, deux solutions de structures de chaussées ont été identifiées suivant l'objectif de plateforme :

Objectif PF2	Objectif PF3
BBTM : 2,5 cm	
BBSG : 6 cm	
GB : 13 cm	GB : 10 cm
GB : 13 cm	GB : 11 cm

La solution retenue est celle avec un objectif de plateforme PF3.

### Quantités

	Chaussées	Accotements	Hypothèses
<b>Section courante</b>	108 000 m <sup>2</sup>	14 548 m <sup>2</sup>	Structures de chaussées : voir ci-dessus suivant les 2 hypothèses de plateforme. Accotements : 30 cm de GNT A + ESU.
<b>Création de 2 Giratoires</b>	6 000 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	Même structure qu'en section courante avec 8 cm de BBSG
<b>Rétablissements (routes départementales) dont :</b>	18 830 m <sup>2</sup>	3 600 m <sup>2</sup>	Structures de chaussées : 14 cm de GB – 6 cm de BBSG. Accotements : 20 cm de GNT A + ESU
<b>Rétablissements (chemins vicinaux et autres accès) dont :</b>	25 760 m <sup>2</sup>	12 140 m <sup>2</sup>	Structures de chaussées : 20 cm de GNT B + ESU Accotements : 20 cm de GNT A.

### Provenance des matériaux

Il a été considéré une hypothèse de distance de transport moyenne pour l'acheminement et l'évacuation des matériaux, soit :

Distances	Hypothèse de distances moyennes
Distance carrière – centrale (granulats)	40 km
Distance carrière – centrale (fines d'apport)	100 km
Distance raffinerie – centrale (bitume)	150 km
Distance cimenterie – centrale (ciment)	100 km
Distance d'approvisionnement des agrégats d'enrobés	10 km
Distance d'approvisionnement de l'émulsion	40 km
Transport des matériaux de la centrale au chantier	30 km

## Entretien

- pour la section courante, les facteurs d'émissions correspondant à un dimensionnement à 30 ans ont été pris en compte (scenario A2) ;
- pour les rétablissements de routes départementales, les facteurs d'émissions se rapportant à un dimensionnement à 20 ans (scenario B1 en entretien) ont été pris en compte. S'agissant d'une structure de chaussée composée de 14 cm de GB3 + 6 cm de BBSG, le facteur d'émission est calculé de la manière suivante :

Facteur d'émission (kg eq.CO2) pour 1 m <sup>2</sup> de chaussée	Entretien courant sur 50 ans (hors déconstruction / reconstruction intermédiaire)	Déconstruction intermédiaire (fraisage de 20 cm)	Reconstruction intermédiaire	Total
	18	$0,2 \times 6,38 \times 50/70 = 0,91$	$0,2 \times 75,5 \times 50/70 = 10,79$	29,7

- pour les autres rétablissements, les facteurs d'émissions ont été recalculés de la façon suivante en modélisant les cycles d'entretien pour 1 m<sup>2</sup> de chaussée.

A défaut d'un dimensionnement poussé, l'hypothèse simplificatrice d'une déconstruction / reconstruction à 35 ans a été prise en compte.

12 ans		Unité	Facteurs d'émissions (kgeq CO2 par unité de mesure)	Quantité	Total (teq CO2)
12 ans	Enduit superficiel	m <sup>2</sup>	0,8	1	0,8
24 ans	Enduit superficiel	m <sup>2</sup>	0,8	1	0,8
35 ans : déconstruction et reconstruction	Fraisage (20 cm) et mise en décharge	m <sup>3</sup>	7,7	0,2	1,54
	GNT (20 cm)	m <sup>3</sup>	24,3	0,2	4,9
	Enduit superficiel	m <sup>2</sup>	0,8	1	0,8
47 ans	Enduit superficiel	m <sup>2</sup>	0,8	1	0,8
59 ans	Enduit superficiel	m <sup>2</sup>	0,8	1	0,8
70 ans : fin de vie	Fraisage (20 cm) et mise en décharge	m <sup>3</sup>	7,7	0,2	1,54
<b>Total (sur 70 ans) :</b>					<b>11,94</b>
<b>Total (ramené sur 50 ans) :</b>					<b>8,53</b>

Tableau 5 : Chaussées : modélisation d'un cycle d'entretien pour 1 m<sup>2</sup> de chaussée

Il n'a pas été tenu compte dans l'évaluation de l'entretien des chaussées sur le réseau historique de l'entretien que le projet permet d'économiser en raison de la baisse de trafic induite par la déviation. En fonction du contexte et des caractéristiques du projet, il pourrait être envisagé de déduire cette part de l'évaluation.

## Fin de vie

Pour la fin de vie, il a été considéré le fraisage et l'évacuation de l'ensemble des matériaux constitutifs de la structure de chaussée et des accotements soit 50 534 m<sup>3</sup>.

### 3.4.2 - Synthèse des calculs

Description		Unité	Facteurs d'émissions (kgeq CO2 par unité de mesure)	Quantité	Total (teq CO2)
Couches d'assises de type GB	Section courante	m <sup>3</sup>	83,4	22 680	1 892
	Giratoires		83,4	1 260	105
	Rétablisements (RD)		83,4	2 636	220
Couches de roulement de type BBSG	Section courante	m <sup>3</sup>	83,4	6 480	540
	Giratoires		83,4	480	40
	Rétablisements (RD)		83,4	1 130	94
Couches de roulement de type BBTM	Section courante	m <sup>3</sup>	83,4	2 700	225
	Giratoires		83,4	0	0
GNT de type B	Rétablisements (voies communales)	m <sup>3</sup>	24,3	5 152	125
Enduits	Accotements section courante	m <sup>2</sup>	0,8	14 548	12
	Rétablisements (voies communales)		0,8	29 360	23
GNT de type A (accotements)	Section courante	m <sup>3</sup>	14,1	4 364	62
	Rétablisements		14,1	3 652	51
Entretien	Section courante	m <sup>2</sup>	12,2	114 000	1 391
	Rétablisements (RD)		29,7	18 830	559
	Rétablisements (voies communales)		8,53	25 760	220
Fin de vie	Section courante + Rétablisements + Accotements	m <sup>3</sup>	7,70	50 534	389
<b>Total :</b>					<b>5 949</b>

Tableau 6 : Chaussées : détails des calculs pour la solution retenue (plateforme de niveau PF3)

### 3.4.3 - Comparaison avec la solution avec une hypothèse de plateforme PF2

Pour le poste Chaussées, la différence entre les 2 solutions (PF2 et PF3) est liée à la différence d'épaisseurs des couches d'assises.

A titre d'information, l'écart global entre les deux solutions techniques est présenté dans le tableau suivant :

Terrassements / Chaussées	Total (teq CO2)	Ecart par rapport à la solution retenue
Solution retenue : Objectif PF3		
<i>Terrassements</i>	12 888	
<i>Chaussées</i>	5 949	
<b>Total :</b>	18 837	
Solution la - impactante : Objectif PF2		
<i>Terrassements</i>	6 469	-50 %
<i>Chaussées</i>	6 397	8 %
<b>Total :</b>	12 866	-32 %

Tableau 7 : Terrassements / Chaussées : écarts entre les 2 solutions (plateforme de niveau PF2 ou PF3)

Le choix d'une couche de forme non traitée de type PF2 au lieu d'une plateforme de type PF3 en matériaux traités permettrait de réduire les émissions de l'ordre de 32 % sur les postes Terrassements et Chaussées du projet. Elle constitue un des leviers possibles de réduction des émissions de gaz à effet de serre qui pourrait être examiné dans la suite des études.

## 3.5 - Ouvrages d'art (fiche n° 5)

### 3.5.1 - Hypothèses :

Les ouvrages non courants sont au nombre de trois :

- Viaduc VIA1 ;
- Ouvrage OA2 ;
- Ouvrage OA3.

Plusieurs types d'ouvrages ont été envisagés dans le dossier d'études parmi lesquels les solutions suivantes ont été retenues :

- Viaduc VIA1 : structure ossature mixte bipoutre entretoisée à hauteur variable - profil en travers normal (15,6 mètres) ;
- Ouvrage OA2 : structure ossature mixte bipoutre entretoisée à hauteur constante - Profil en travers réduit (12,5 mètres) ;
- Ouvrage OA3 : structure ossature mixte bipoutre entretoisée à hauteur constante - Profil en travers réduit (12,5 mètres).

Pour chacun de ces ouvrages, un détail estimatif a été élaboré. Les valeurs agrégées de niveau 2 ont été utilisées pour calculer les émissions de gaz à effet de serre de la phase fabrication à partir des quantités des matériaux (béton et acier).

Concernant les postes transport, réalisation, vie de l'ouvrage et fin de vie, un prorata de 35 % (*prorata* calculé à partir des valeurs agrégées de niveau 1) de la phase construction a été appliqué.

Les ouvrages courants sont au nombre de 4 :

- Ouvrage OA4 ;
- Ouvrage OA5 ;
- Ouvrage OA6 ;
- Ouvrage OA7.

Ces ouvrages n'ont pas fait l'objet d'un dimensionnement détaillé. Seules les caractéristiques géométriques sont précisées et permettent de déterminer la surface utile de tablier. Les valeurs agrégées de niveau 1 sont utilisées pour calculer les émissions liées à ces ouvrages.

### 3.5.2 - Calcul des émissions des ouvrages non courants

**Viaduc VIA1 :**

Description	Unité	Facteurs d'émission (kgeq CO2 par unité de mesure)	Quantité	Total (teq CO2)
<b>Construction : Fondations</b>				
Béton pour pieux	m3	148	570	84
Aciers passifs pour pieux	kg	0,607	57 000	35
<b>Construction : Piles et culées</b>				
Béton semelles	m3	148	550	81
Aciers passifs pour semelles	kg	0,607	69 600	42
Béton de propreté	m2	23	390	9
Béton fut piles pleines	m3	267	1 130	302
Aciers passifs fut piles pleines	kg	0,607	119 000	72
Béton chevêtre piles	m3	267	710	190
Aciers chevêtres piles	kg	0,607	112 500	68
Béton culées	m3	267	420	112
Béton de propreté	m2	23	150	3
Acier culées	kg	0,607	52 800	32
<b>Construction : Tablier</b>				
Aciers de charpentes et montage	kg	1,68	2 516 000	4 227
Béton hourdis	m3	289	2 800	809
Armatures du hourdis	kg	0,607	725 000	440
<b>Sous-total :</b>				<b>6 507</b>
<b>Transport – Réalisation – Vie de l'ouvrage – Fin de vie</b>				
55 % de la part Construction				3 579
<b>Total :</b>				<b>10 086</b>

Tableau 8 : Ouvrages d'art : détails des calculs pour la solution retenue pour le viaduc VIA1

A titre d'information, d'autres solutions techniques possibles sont présentées dans le dossier. Leurs contributions aux émissions de gaz à effet de serre sont les suivantes :

Viaduc VIA1	Total (teq CO2)	Ecart par rapport à la solution retenue
Solution la – impactante : structure caisson en béton précontraint à hauteur variable	7 345	-27 %
Solution retenue : structure ossature mixte bipoutre entretoisée à hauteur variable	10 086	
Solution la + impactante : structure ossature mixte caisson à hauteur constante	12 216	21 %

Tableau 9 : Ouvrages d'art : écarts entre les solutions envisagées pour le viaduc VIA1

**Ouvrage OA2 :**

Solution 1 : structure ossature mixte bipoutre entretoisée à hauteur constante Acier classique - Profil en travers réduit 12,50 m				
Description	Unité	Facteurs d'émissions (kgeq CO2 par unité de mesure)	Quantité	Total (teq CO2)
<b>Fondations</b>				
Béton pour pieux	m <sup>3</sup>	148	270	40
Aciers passifs pour pieux	kg	0,607	27 000	16
<b>Piles et culées</b>				
Béton semelles	m <sup>3</sup>	148	190	28
Aciers passifs pour semelles	kg	0,607	24 000	15
Béton de propreté	m <sup>2</sup>	23	130	3
Béton fut piles pleines	m <sup>3</sup>	267	80	21
Aciers passifs fut piles pleines	kg	0,607	8 000	5
Béton chevêtre piles	m <sup>3</sup>	267	170	45
Aciers chevêtres piles	kg	0,607	27 000	16
Béton culées	m <sup>3</sup>	267	320	85
Béton de propreté	m <sup>2</sup>	23	130	3
Acier culées	kg	0,607	40 800	25
<b>Tablier</b>				
Aciers de charpentes et montage	kg	1,68	511 000	858
Béton hourdis	m <sup>3</sup>	289	700	202
Armatures du hourdis	kg	0,607	175 000	106
<b>Sous-total :</b>				<b>1 470</b>
<b>Transport – Réalisation – Vie de l'ouvrage – Fin de vie</b>				
55 % de la part Construction				809
<b>Total :</b>				<b>2 279</b>

Tableau 10 : Ouvrages d'art : détails des calculs pour la solution retenue pour l'ouvrage OA2

A titre d'information, une autre solution technique possible est présentée dans le dossier d'études. Sa contribution aux émissions de gaz à effet de serre est la suivante :

Ouvrage OA2	Total (teq CO2)	Ecart par rapport à la solution retenue
Solution la – impactante : structure ossature mixte bipoutre entretoisée à hauteur variable sur les travées de rive, avec dénivellations d'appuis sur les culées	2 021	-11 %
Solution retenue : structure ossature mixte bipoutre entretoisée à hauteur constante	2 279	

Tableau 11 : Ouvrages d'art : écarts entre les solutions envisagées pour l'ouvrage OA2

### Ouvrage OA3 :

Description	Unité	Facteurs d'émissions (kgeq CO2 par unité de mesure)	Quantité	Total (teq CO2)
<b>Fondations</b>				
Béton pour pieux	m3	270	148	40
Aciers passifs pour pieux	kg	27 000	0,607	16
<b>Piles et culées</b>				
Béton semelles	m3	190	148	28
Aciers passifs pour semelles	kg	24 000	0,607	15
Béton de propreté	m2	130	23	3
Béton fut piles pleines	m3	50	267	13
Aciers passifs fut piles pleines	kg	5 000	0,607	3
Béton chevêtre piles	m3	110	267	29
Aciers chevêtres piles	kg	16 500	0,607	10
Béton culées	m3	310	267	83
Béton de propreté	m2	130	23	3
Acier culées	kg	38 400	0,607	23
<b>Tablier</b>				
Aciers de charpentes et montage	kg	315 000	1,68	529
Béton hourdis	m3	500	289	145
Armatures du hourdis	kg	125 000	0,607	76
<b>Sous-total :</b>				<b>1 016</b>
<b>Transport – Réalisation – Vie de l'ouvrage – Fin de vie</b>				
55 % de la part Construction				559
<b>Total :</b>				<b>1 575</b>

Tableau 12 : Ouvrages d'art : détails des calculs pour la solution retenue pour l'ouvrage OA3



A titre d'information, une autre solution technique possible est présentée dans le dossier d'études. Sa contribution aux émissions de gaz à effet de serre est la suivante :

Ouvrage OA3	Total (teq CO2)	Ecart par rapport à la solution retenue
Solution retenue : structure ossature mixte bipoutre entretoisée à hauteur constante	1 575	
Solution la + impactante : structure ossature mixte bipoutre entretoisée, à hauteur variable sur les travées de rive, avec dénivellations d'appuis sur les culées	1 907	21 %

Tableau 13 : Ouvrages d'art : écarts entre les solutions envisagées pour l'ouvrage OA3

### 3.5.3 - Calcul des émissions des ouvrages courants

Le facteur d'émission utilisé (1 383 kg eq.CO2 /m<sup>2</sup> de tablier) est la somme des facteurs d'émissions associés aux différents postes (fabrication – transport – réalisation – vie de l'ouvrage – fin de vie).

Description	Unité	Facteurs d'émissions (kgeq CO2 par unité de mesure)	Quantité	Total (teq CO2)
Ouvrage courant OA 4	m <sup>2</sup>	1 383	400	553
Ouvrage courant OA 5			200	277
Ouvrage courant OA 6			360	498
Ouvrage courant OA 7			333	461
<b>Total :</b>				<b>1 789</b>

Tableau 14 : Ouvrages d'art : détails des calculs pour les ouvrages d'art courants

### 3.5.4 - Synthèse :

Description	Total (teq CO2)
Viaduc VIA1	10 086
Ouvrage OA2	2 279
Ouvrage OA3	1 575
Ouvrage courant OA4	553
Ouvrage courant OA5	277
Ouvrage courant OA6	498
Ouvrage courant OA7	461
<b>Total :</b>	<b>15 729</b>

Tableau 15 : Ouvrages d'art : synthèse des résultats

La part liée à la fin de vie représente 4,5 % des émissions, soit 708 t eq.CO2.

La part liée à l'entretien représente 10,5 % des émissions, soit 1 651 t eq.CO2.

Les choix techniques de conception des ouvrages d'art constituent un des leviers possibles de réduction des émissions de gaz à effet de serre qui pourrait être examiné dans la suite des études.

## 3.6 - Équipements de sécurité (fiche n°6)

### 3.6.1 - Hypothèses

Le dossier d'études considère la mise en place de :

- 900 ml de glissières par kilomètre de déviation en rive sans en préciser le type ;
- un dispositif de retenue de type DBA au niveau du terre-plein central, sur la totalité du linéaire.

### 3.6.2 - Calcul des émissions

Description		Unité	Facteurs d'émissions (kgeq CO2 par unité de mesure)	Quantité	Total (teq CO2)
Files de glissières simples	Section courante	m	115	6 543	752
Glissières béton DBA	Section courante	m	130	7 270	945
<b>Total :</b>					<b>1 698</b>

Tableau 16 : Equipements de sécurité : synthèse des résultats

La fin de vie représente environ 2 % de ces émissions soit 34 t.

L'entretien des glissières est pris en compte dans le poste « exploitation des chaussées ».

## 3.7 - Exploitation du réseau (fiche n° 7)

### 3.7.1 - Hypothèses

Les émissions de GES liées à l'exploitation du réseau sont comptabilisées au prorata de la longueur de voies en section courante.

Le facteur d'émission pris en compte est ramené à une durée de vie de 50 ans : 2,970 kg eq.CO2 x 2 voies x 50 ans = 297 000 kg eq.CO2.

### 3.7.2 - Calcul des émissions

Description		Unité	Facteurs d'émissions (kgeq CO2 par unité de mesure)	Quantité	Total (teq CO2)
Exploitation	Section courante	km	297 000	8	2 376
<b>Total :</b>					<b>2 376</b>

Tableau 17 : Exploitation : synthèse des résultats

## 4 - Synthèse des résultats

Le tableau suivant dresse le bilan des émissions de GES par postes d'émissions (hors trafic).

Postes	Emissions GES (teqCO2)	Poids
Artificialisation	3 410	8 %
Terrassements	12 888	31 %
Chaussées	5 949	14 %
Equipements	1 698	4 %
Exploitation	2 376	6 %
OA	15 729	37 %
<b>Total</b>	<b>42 049</b>	<b>100 %</b>

Tableau 18 : Émissions de Gaz à Effet de Serre par postes d'émissions

Il n'a pas été tenu compte dans l'évaluation des éventuels gains d'entretien et d'exploitation sur le réseau historique du fait de la mise en place de la déviation. En première approche, ces postes ont été considérés comme identiques entre option de référence et option de projet même si la diminution du trafic sur ce réseau devrait permettre de diminuer la contribution de l'entretien des chaussées et de l'exploitation aux émissions de GES.

La répartition entre les phases Construction, Utilisation (hors trafic) et Fin de vie est la suivante :

Postes	Emissions GES (teq.CO2)	%
Construction	34 755	82,7 %
Utilisation (entretien, exploitation)	6 197	14,7 %
Fin de vie	1 097	2,6 %
<b>Total (hors trafic)</b>	<b>42 049</b>	<b>100 %</b>

Tableau 19 : Répartition des émissions de GES par étape du cycle de vie (hors trafic)

En dehors du trafic, les principales émissions du projet sont donc liées à la construction dans notre exemple. La part des ouvrages d'art est notamment importante du fait de la construction d'un viaduc de 500 mètres. Les phases d'entretien et exploitation représentent une moyenne d'émissions annuelles de 124 t eq.CO2.

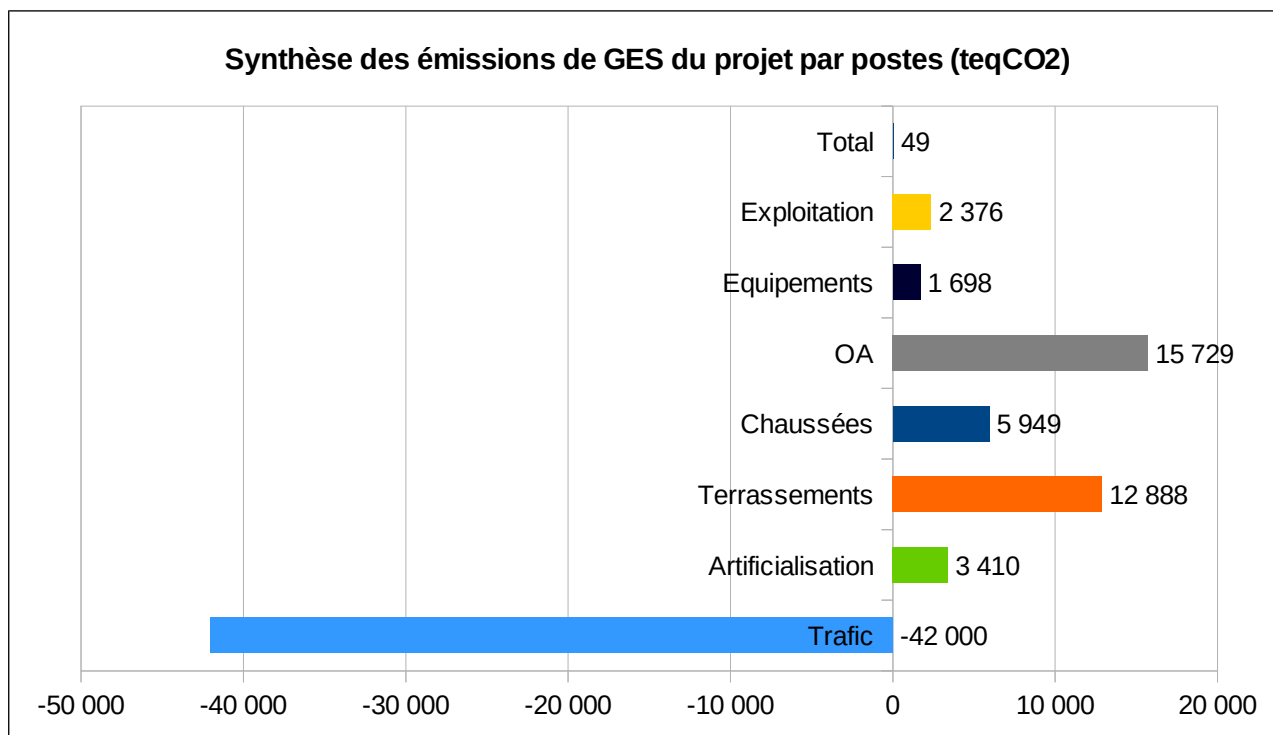


Figure 1 : Bilan des émissions de GES du projet

La part trafic, calculée suivant les hypothèses du scénario « Avec Mesures Supplémentaires » de la Stratégie Nationale Bas Carbone, représente un gain de GES important dans notre exemple du fait de l'amélioration des conditions de circulation. Elle compense intégralement les émissions liées à la construction, l'entretien et l'exploitation de l'ouvrage.

## Annexe n°2 : Durée de vie et période de référence

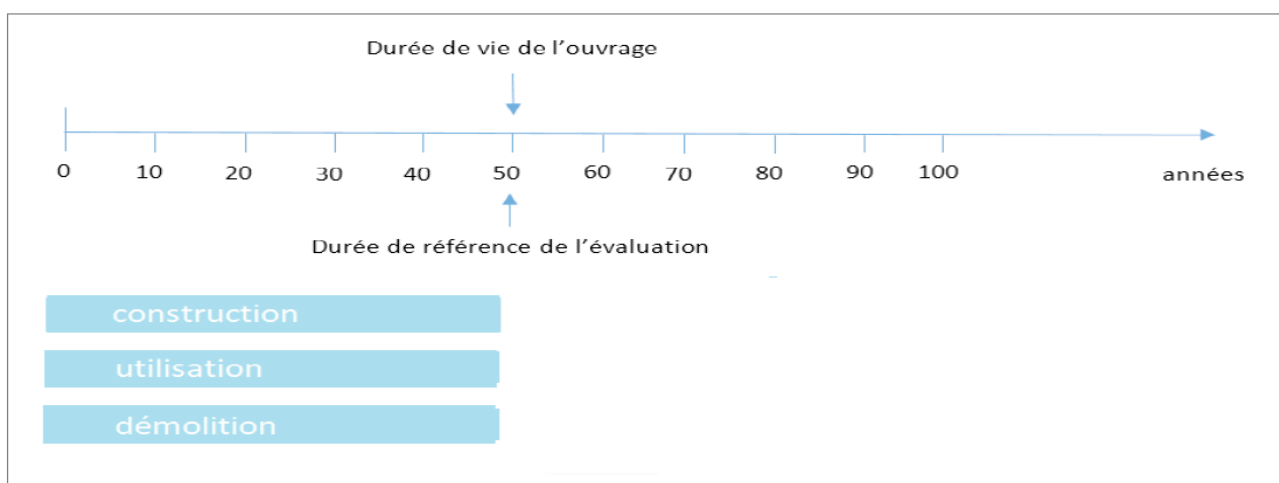
### Comment mener l'évaluation sur la période de référence ?

Les normes NF EN 15 978<sup>16</sup> et NF EN15643-5<sup>17</sup> utilisent les notions de "période de référence pour le calcul" (NF EN 15978) ou de " période d'étude de référence" (NF EN 15643-5) pour définir la période pendant laquelle sont analysées les caractéristiques temporelles de l'objet de l'évaluation. Cette notion est appelée ici période de référence.

La période de référence pour le calcul peut être différente de la durée de vie requise de l'objet de l'évaluation. Cependant, dans tous les cas les impacts doivent d'abord être calculés en analyse de cycle de vie pour la durée de vie requise.

La norme NF EN 15 978 propose les principes d'affectation suivants, que nous proposons d'adopter dans présent document pour mener l'évaluation sur la période de référence.

#### a) Si la durée de vie de l'ouvrage est égale à la période de référence retenue pour l'évaluation

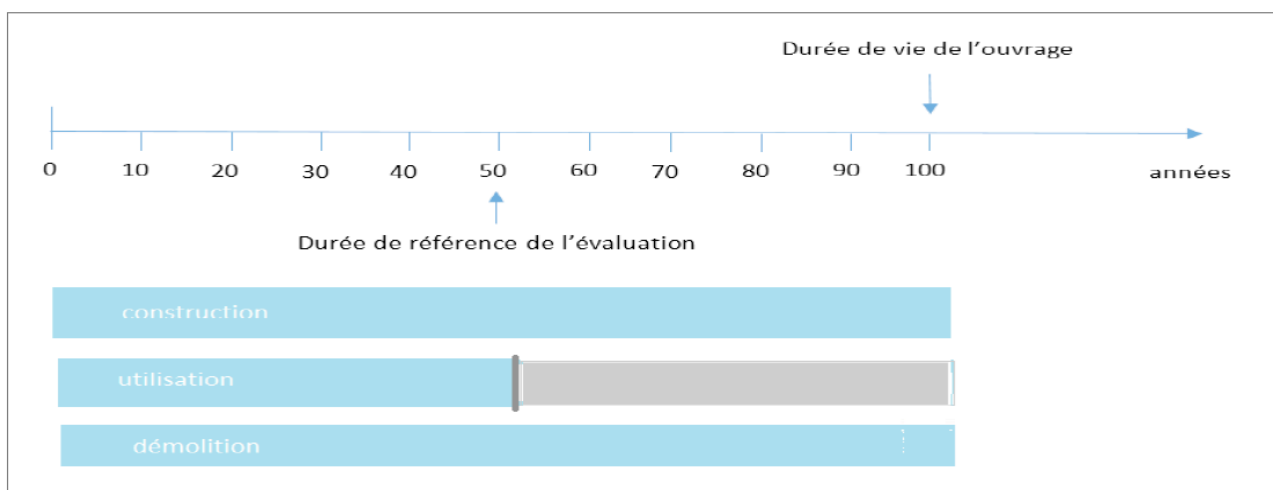


L'analyse du cycle de vie intègre l'ensemble des émissions de GES de la construction, de l'utilisation et de la déconstruction de l'infrastructure (module A à C).

<sup>16</sup> NF EN 15 978 - Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Évaluation de la performance environnementale des bâtiments - Méthode de calcul.

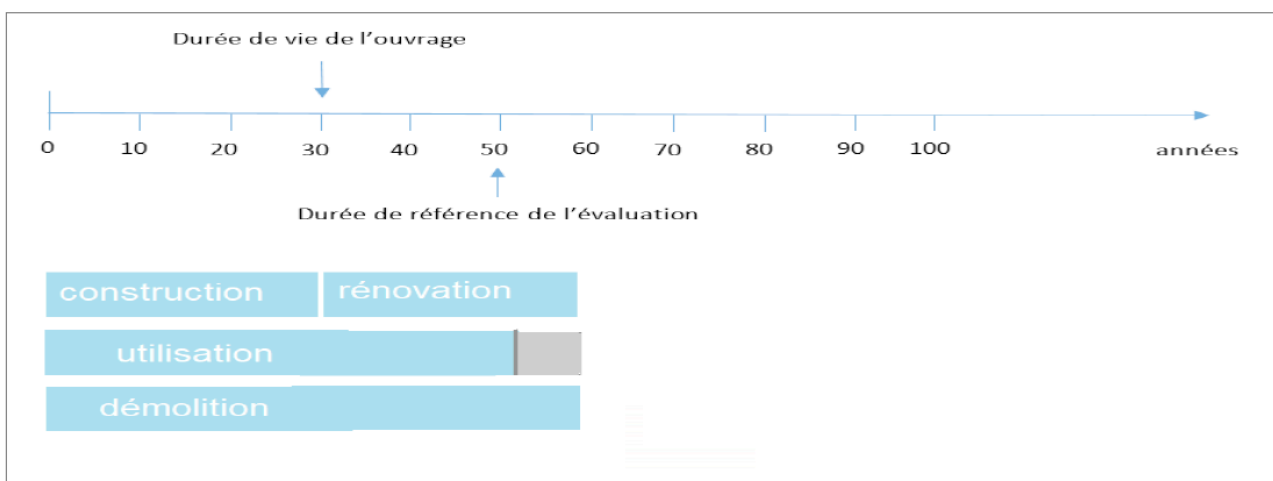
<sup>17</sup> NF EN15643-5 « Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Évaluation de la contribution des bâtiments et des ouvrages de génie civil au développement durable - Partie 5 : Cadre méthodologique définissant les principes et les exigences spécifiques aux ouvrages de génie civil ».

## b) Si la durée de vie de l'ouvrage est supérieure à la période de référence



Les impacts environnementaux de la phase d'utilisation (module B) calculés sur la durée de vie de l'ouvrage sont ramenés à la période de référence au prorata de la durée.

## c) Si la durée de vie de l'ouvrage est plus courte que la période de référence



Des scénarios de rénovation, de démolition et de construction d'un nouvel ouvrage de génie civil équivalent sont élaborés. Ces scénarios doivent permettre une prolongation de la durée de vie pour atteindre ou dépasser la période de référence. L'ensemble des impacts environnementaux relatifs à la durée de vie initiale et son extension de durée de vie sont alors pris en compte selon les règles énoncées ci-dessus.

## d) Règles générales

Dans tous les cas, les valeurs correspondant aux étapes de production des matières premières, de construction des ouvrages et de fin de vie (modules A et C) sont indépendantes de la valeur de la période de référence.

Seuls les impacts de la phase utilisation sont ajustés au *prorata* du rapport entre la période de référence et la durée de service.

Les coûts ou bénéfices environnementaux rapportés dans le module D (issus des modules A, B et C) sont également ajustés de la même manière.

## Annexe n°3 : Principes d'addition et de multiplication des incertitudes

Il n'a pas été possible de présenter dans cette version du document, une méthode satisfaisante permettant de combiner entre elles les incertitudes des différentes émissions, qui aurait permis de quantifier le degré de précision de l'évaluation.

Une méthode a été testée, basée sur la propagation d'erreur, qui nécessite d'être approfondie, car elle semble sous-estimer trop fortement l'incertitude globale des émissions dans l'exemple du projet routier traité. Les principes d'addition et de multiplication sont les suivants<sup>18</sup> :

### a) Pour une multiplication

A partir des incertitudes associées à la valeur d'une donnée d'activité et d'un facteur d'émissions, nous pouvons les combiner pour obtenir l'incertitude du résultat de la multiplication.

L'incertitude totale  $U_{total}$  provenant de la combinaison d'un facteur d'émissions et d'une donnée d'activité se calcule selon la formule suivante :

$$U_{total} = \sqrt{U_{DA}^2 + U_{FE}^2}$$

Où :

$U_{FE}$  est le pourcentage d'incertitude associé au facteur d'émissions

$U_{DA}$  est le pourcentage d'incertitude associé à la donnée d'activité

### b) Pour une addition (somme de différentes émissions)

L'incertitude totale associée à une addition se calcule à partir de la formule suivante.

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + (U_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{x_1 + x_2 + \dots + x_n}$$

Où :

$U_{total}$  est le pourcentage d'incertitude associé à la somme des émissions  $X_i$

$x_i$  sont les émissions des différents postes

$U_i$  sont les incertitudes associées à chacune des émissions  $x_i$

<sup>18</sup> Guide méthodologique ABC Bilan Carbone® V8 – annexes : ANNEXE 1.2 - Gestion de l'incertitude dans les tableurs du Bilan Carbone®.

## Annexe n°4 : Méthode simplifiée en émissions des GES par euro investi<sup>19</sup>

Au stade des études d'opportunité ou en l'absence de données détaillées permettant de mettre en œuvre la méthode de calcul des émissions des GES proposée dans les fiches thématiques, il paraît intéressant de pouvoir disposer d'une méthode simplifiée permettant d'évaluer les émissions de GES à partir du montant des investissements des différents postes.

Afin d'examiner ce que pourrait donner une telle méthode, des ratios ont été établis à partir des quantités et coûts par postes issus de la base INFRAcoût et des facteurs d'émissions de niveau 2 des fiches thématiques.

Ainsi des facteurs d'émissions par euro ont pu être établis pour les postes chaussées, terrassements et ouvrages d'art, à multiplier par le coût du poste (en €<sub>2018</sub>). Toutefois, ces ratios sont assortis d'une forte incertitude, compte-tenu de la forte variabilité des projets.

Nonobstant ces limites, il a été possible d'établir, par postes ; les facteurs d'émissions et méthodes de calculs simplifiés suivants :

- **ouvrages d'art** : 485 t eq.CO<sub>2</sub> /M€ ;
- **chaussées** : 690 t eq.CO<sub>2</sub> /M€ ;
- **terrassements** : 702 t eq.CO<sub>2</sub>/M€. Pour le poste terrassement, dans les cas où l'on connaîtrait l'estimation des traitements des remblais et de la couche de forme, on pourra décomposer les émissions du poste terrassement en sommant le coût du poste terrassement hors traitement multiplié par 376 t eq.CO<sub>2</sub> /M€ et le coût des traitements multiplié par 2 867 t eq.CO<sub>2</sub> /M€ ;
- **artificialisation des sols** : 90 % des émissions du poste « chaussée » ;
- **exploitation** : 300 t eq.CO<sub>2</sub> /km ;
- **équipements** : 5 % des émissions totales du projet hors trafic et équipements ;
- **trafic** : Les émissions liées au trafic devront être calculées en fonction des trafics estimés en situation de référence et de situation de projet. Un calcul simplifié par vkm (véhicule.km) pourra être réalisé à partir des variations de TMJA VL et PL entre l'option de référence et l'option de projet. Pour les VL, on pourra prendre un facteur d'émission pour 2016 de 0,170 kg eq.CO<sub>2</sub> /VL.km et pour les PL un facteur de 0,840 kg eq.CO<sub>2</sub> /PL.km. En cohérence avec les objectifs de la Stratégie Nationale bas Carbone, on pourra supposer une décroissance des émissions par vkm des VL de -4 % par an jusqu'en 2030 et -10 % par an au-delà, et pour les PL de -2,5 % par an jusqu'en 2030 et -10 % par an au-delà.

Ils comprennent les phases de construction, entretien/exploitation et fin de vie.

L'incertitude globale du calcul est estimée à 40 % (± 20 %) pour un seuil de confiance de 80 %.

Cette approche n'est pas encore opérationnelle. Elle nécessite d'être approfondie par l'analyse de nouveaux projets routiers et la constitution d'une base de données robuste.

<sup>19</sup> Etude réalisée par la DGITM.



*Mise en œuvre de la méthode simplifiée sur un exemple :*

Le projet considéré dans cet exemple est d'une longueur de 8 km, et son estimation par poste, pour les postes utiles dans le calcul simplifié des émissions de GES, est la suivante :

	Coût (k€)
<b>Terrassements</b>	13 974
<b>Chaussées</b>	9 257
<b>OA</b>	14 297

Le calcul des émissions de GES (hors trafic) est alors le suivant :

- **ouvrages d'art** :  $485 \text{ t eq.CO}_2 / \text{M€} * 14,297 \text{ M€} = 6 941 \text{ t eq.CO}_2$
- **chaussées** :  $690 \text{ t eq.CO}_2 / \text{M€} * 9,257 \text{ M€} = 6 387 \text{ t eq.CO}_2$
- **terrassements** :  $702 \text{ t eq.CO}_2 / \text{M€} * 13,974 \text{ M€} = 9 810 \text{ t eq.CO}_2$
- **artificialisation des sols** : 90 % des émissions du poste « chaussée »  
 $= 0,9 * 6 387 = 5 749 \text{ t eq.CO}_2$
- **exploitation** :  $300 \text{ t eq.CO}_2 / \text{km} * 8 \text{ km} = 2 400 \text{ t eq.CO}_2$
- **équipements** : 5 % des émissions totales du projet hors trafic et équipement  
 $= 0,05 * (6 941 + 6 387 + 9 810 + 5 749) = 1 404 \text{ t eq.CO}_2$

Hors trafic, les émissions de GES dues à ce projet sont de 33kt eq.CO<sub>2</sub>, avec une probabilité de 80 % que ces émissions soient comprises entre 27 et 40kt eq.CO<sub>2</sub>.

## **Annexe n°5 : Textes réglementaires**

**Décret n°2017-725 du 3 mai 2017 relatif aux principes et modalités de calcul des émissions de gaz à effet de serre des projets publics**

**Article R122-5 du code de l'environnement**

## Article R122-5 du code de l'environnement

Modifié par [Décret n°2019-190 du 14 mars 2019 - art. 6](#)

I. – Le contenu de l'étude d'impact est proportionné à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et la nature des travaux, installations, ouvrages, ou autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine.

II. – En application du 2° du II de l'article [L. 122-3](#), l'étude d'impact comporte les éléments suivants, en fonction des caractéristiques spécifiques du projet et du type d'incidences sur l'environnement qu'il est susceptible de produire :

1° Un résumé non technique des informations prévues ci-dessous. Ce résumé peut faire l'objet d'un document indépendant ;

2° Une description du projet, y compris en particulier :

– une description de la localisation du projet ;

– une description des caractéristiques physiques de l'ensemble du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition nécessaires, et des exigences en matière d'utilisation des terres lors des phases de construction et de fonctionnement ;

– une description des principales caractéristiques de la phase opérationnelle du projet, relatives au procédé de fabrication, à la demande et l'utilisation d'énergie, la nature et les quantités des matériaux et des ressources naturelles utilisés ;

– une estimation des types et des quantités de résidus et d'émissions attendus, tels que la pollution de l'eau, de l'air, du sol et du sous-sol, le bruit, la vibration, la lumière, la chaleur, la radiation, et des types et des quantités de déchets produits durant les phases de construction et de fonctionnement.

Pour les installations relevant du titre Ier du livre V et les installations nucléaires de base relevant du titre IX du même livre, cette description peut être complétée, dans le dossier de demande d'autorisation, en application des articles R. 181-13 et suivants et de l'article R. 593-16.

3° Une description des aspects pertinents de l'état actuel de l'environnement, dénommée "scénario de référence", et de leur évolution en cas de mise en œuvre du projet ainsi qu'un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet, dans la mesure où les changements naturels par rapport au scénario de référence peuvent être évalués moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles ;

4° Une description des facteurs mentionnés au III de l'article [L. 122-1](#) susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet : la population, la santé humaine, la biodiversité, les terres, le sol, l'eau, l'air, le climat, les biens matériels, le patrimoine culturel, y compris les aspects architecturaux et archéologiques, et le paysage ;

5° Une description des incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement résultant, entre autres :

a) De la construction et de l'existence du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition ;

b) De l'utilisation des ressources naturelles, en particulier les terres, le sol, l'eau et la biodiversité, en tenant compte, dans la mesure du possible, de la disponibilité durable de ces ressources ;

c) De l'émission de polluants, du bruit, de la vibration, de la lumière, la chaleur et la radiation, de la création de nuisances et de l'élimination et la valorisation des déchets ;

d) Des risques pour la santé humaine, pour le patrimoine culturel ou pour l'environnement ;

e) Du cumul des incidences avec d'autres projets existants ou approuvés, en tenant compte le cas échéant des problèmes environnementaux relatifs à l'utilisation des ressources naturelles et des zones revêtant une importance particulière pour l'environnement susceptibles d'être touchées. Ces projets sont ceux qui, lors du dépôt de l'étude d'impact :

– ont fait l'objet d'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article [R. 181-14](#) et d'une enquête publique ;

– ont fait l'objet d'une évaluation environnementale au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.

Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté mentionnant un délai et devenu caduc, ceux dont la décision d'autorisation est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le maître d'ouvrage ;

f) Des incidences du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique ;

g) Des technologies et des substances utilisées.

La description des éventuelles incidences notables sur les facteurs mentionnés au III de l'article L. 122-1 porte sur les effets directs et, le cas échéant, sur les effets indirects secondaires, cumulatifs, transfrontaliers, à court, moyen et long termes, permanents et temporaires, positifs et négatifs du projet ;

6° Une description des incidences négatives notables attendues du projet sur l'environnement qui résultent de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs en rapport avec le projet concerné. Cette description comprend le cas échéant les mesures envisagées pour éviter ou réduire les incidences négatives notables de ces événements sur l'environnement et le détail de la préparation et de la réponse envisagée à ces situations d'urgence ;

7° Une description des solutions de substitution raisonnables qui ont été examinées par le maître d'ouvrage, en fonction du projet proposé et de ses caractéristiques spécifiques, et une indication des principales raisons du choix effectué, notamment une comparaison des incidences sur l'environnement et la santé humaine ;

8° Les mesures prévues par le maître de l'ouvrage pour :

– éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine et réduire les effets n'ayant pu être évités ;

– compenser, lorsque cela est possible, les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. S'il n'est pas possible de compenser ces effets, le maître d'ouvrage justifie cette impossibilité.

La description de ces mesures doit être accompagnée de l'estimation des dépenses correspondantes, de l'exposé des effets attendus de ces mesures à l'égard des impacts du projet sur les éléments mentionnés au 5° ;

9° Le cas échéant, les modalités de suivi des mesures d'évitement, de réduction et de compensation proposées ;

10° Une description des méthodes de prévision ou des éléments probants utilisés pour identifier et évaluer les incidences notables sur l'environnement ;

11° Les noms, qualités et qualifications du ou des experts qui ont préparé l'étude d'impact et les études ayant contribué à sa réalisation ;

12° Lorsque certains des éléments requis ci-dessus figurent dans l'étude de maîtrise des risques pour les installations nucléaires de base ou dans l'étude des dangers pour les installations classées pour la protection de l'environnement, il en est fait état dans l'étude d'impact.

III. – Pour les infrastructures de transport visées aux 5° à 9° du tableau annexé à l'article [R. 122-2](#), l'étude d'impact comprend, en outre :

– une analyse des conséquences prévisibles du projet sur le développement éventuel de l'urbanisation ;

– une analyse des enjeux écologiques et des risques potentiels liés aux aménagements fonciers, agricoles et forestiers portant notamment sur la consommation des espaces agricoles,

naturels ou forestiers induits par le projet, en fonction de l'ampleur des travaux prévisibles et de la sensibilité des milieux concernés ;

– une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité. Cette analyse comprendra les principaux résultats commentés de l'analyse socio-économique lorsqu'elle est requise par l'[article L. 1511-2 du code des transports](#) ;

– une évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'elle entraîne ou permet d'éviter ;

– une description des hypothèses de trafic, des conditions de circulation et des méthodes de calcul utilisées pour les évaluer et en étudier les conséquences.

Elle indique également les principes des mesures de protection contre les nuisances sonores qui seront mis en œuvre en application des dispositions des articles [R. 571-44 à R. 571-52](#).

IV. – Pour les installations, ouvrages, travaux et aménagements relevant du titre Ier du livre II et faisant l'objet d'une évaluation environnementale, l'étude d'impact contient les éléments mentionnés au II de l'article R. 181-14.

V. – Pour les projets soumis à une étude d'incidences en application des dispositions du chapitre IV du titre Ier du livre IV, le formulaire d'examen au cas par cas tient lieu d'évaluation des incidences Natura 2000 lorsqu'il permet d'établir l'absence d'incidence sur tout site Natura 2000. S'il apparaît après examen au cas par cas que le projet est susceptible d'avoir des incidences significatives sur un ou plusieurs sites Natura 2000 ou si le projet est soumis à évaluation des incidences systématique en application des dispositions précitées, le maître d'ouvrage fournit les éléments exigés par l'article [R. 414-23](#). L'étude d'impact tient lieu d'évaluation des incidences Natura 2000 si elle contient les éléments exigés par l'article R. 414-23.

VI. – Pour les installations classées pour la protection de l'environnement relevant du titre Ier du livre V et les installations nucléaires de base relevant du titre IX du même livre, le contenu de l'étude d'impact est précisé et complété, en tant que de besoin, conformément aux dispositions du II de l'article D. 181-15-2 et de l'article R. 593-17.

VII. – Afin de veiller à l'exhaustivité et à la qualité de l'étude d'impact :

a) Le maître d'ouvrage s'assure que celle-ci est préparée par des experts compétents ;

b) L'autorité compétente veille à disposer d'une expertise suffisante pour examiner l'étude d'impact ou recourt si besoin à une telle expertise ;

c) Si nécessaire, l'autorité compétente demande au maître d'ouvrage des informations supplémentaires à celles fournies dans l'étude d'impact, mentionnées au II et directement utiles à l'élaboration et à la motivation de sa décision sur les incidences notables du projet sur l'environnement prévue au I de l'article [L. 122-1-1](#).

## Décret n°2017-725 du 3 mai 2017 relatif aux principes et modalités de calcul des émissions de gaz à effet de serre des projets publics

### Décret n° 2017-725 du 3 mai 2017 relatif aux principes et modalités de calcul des émissions de gaz à effet de serre des projets publics

Publics concernés : personnes publiques ou privées chargées de la mise en œuvre ou du financement de projets publics.

Objet : prise en compte de la contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le financement des projets publics et détermination des principes et modalités de calcul des émissions de gaz à effet de serre des projets publics.

Entrée en vigueur : le décret s'applique aux décisions de financement des projets publics prises à compter du 1<sup>er</sup> octobre 2017 .

Notice : le décret s'applique aux projets publics soumis à étude d'impact en application de l'article L. 122-1 du code de l'environnement et aux projets publics de construction ou de rénovation de bâtiments.

Le III de l'article L. 222-1 B créé par la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte prévoit que « (...) / Dans le cadre de la stratégie bas-carbone, le niveau de soutien financier des projets publics intègre, systématiquement et parmi d'autres critères, le critère de contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Les principes et modalités de calcul des émissions de gaz à effet de serre des projets publics sont définis par décret. ».

Afin de permettre aux financeurs de projets publics de tenir compte, dans le financement qu'ils consentent, de la contribution à la réduction des émissions de GES du projet concerné, le présent décret expose les méthodes auxquelles les porteurs des projets publics peuvent recourir pour mettre en lumière leur contribution à la réduction des émissions de GES.

Références : le décret, pris pour l'application de l'article 173 I 2° de la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, peut être consulté sur le site Légifrance (<http://www.legifrance.gouv.fr>).

Le Premier ministre,

Sur le rapport de la ministre de l'environnement, de l'énergie et de la mer, chargée des relations internationales sur le climat,

Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L. 122-1, L. 222-1-B, R. 229-45 et R. 229-49 ;

Vu la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, notamment son article 173 ;

Vu le décret n° 94-501 du 20 juin 1994 portant publication de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (ensemble deux annexes), conclue à New York le 9 mai 1992 et signée par la France le 13 juin 1992 ;

Vu l'avis du Conseil national d'évaluation des normes en date du 6 avril 2016 ;

Vu les observations formulées lors de la consultation du public réalisée du 16 mars au 7 avril 2016, en application de l'article L. 120-1 du code de l'environnement,

Décète :

#### Article 1

Après l'article D. 222-1 C du code de l'environnement, sont insérés les articles D. 222-1-D à D. 222-1-I ainsi rédigés :

« Art. D. 222-1-D.-Au sens des articles D. 222-1-E à D. 222-1-I, on entend par :

« 1° " projet public " : travaux ouvrages ou aménagements résultant d'un investissement réalisé sous maîtrise d'ouvrage publique (Etat, collectivité territoriale, établissement public, entreprise publique) ou par une entreprise privée dans le cadre d'un marché de partenariat, d'un contrat de concession de service public ou d'un contrat de concession de travaux publics.

« 2° " maître d'ouvrage " : l'entité publique ou privée qui a l'initiative du projet.

« 3° " source d'énergie " : carburant, combustible, électricité ou toute autre énergie utilisée lors de la phase de réalisation d'un projet public, durant sa phase de fonctionnement ou lors de sa phase de fin de vie.

« 4° La " phase de réalisation " d'un projet public intègre les phases du projet depuis la phase d'études jusqu'à la mise en service.

« Lorsque le projet public conduit à l'artificialisation d'un terrain agricole, forestier ou d'un espace naturel, les émissions de la phase de réalisation intègrent les émissions de dioxyde de carbone résultant de la diminution du stock de carbone du sol.

« 5° La " phase de fonctionnement " comprend les opérations d'exploitation, d'entretien, de maintenance, de réhabilitation et d'utilisation du projet public. Pour le calcul des gaz à effet de serre émis lors de la phase de fonctionnement des projets de zones d'aménagement concerté et des projets de construction de bâtiments susceptibles d'accueillir du public sont intégrées les émissions liées aux déplacements des personnes résidant et/ ou se rendant dans la zone d'aménagement concerté ou le bâtiment ainsi que les émissions liées au transport de marchandises ayant pour origine ou destination les entreprises présentes dans la zone d'aménagement concerté.

« 6° La " phase de fin de vie " comprend les opérations de transformation effectuées à l'issue de la phase de fonctionnement, telles que la déconstruction, le transport et le traitement des déchets des matériaux et équipements du projet. »

« Art. D. 222-1-E.-Les principes et modalités de calcul des émissions de gaz à effet de serre spécifiés aux articles D. 222-1. F. à D. 222-1-I s'appliquent aux projets suivants :

«-tout projet public soumis, en application de l'article L. 122-1 du code de l'environnement, à une étude d'impact,

«-tout projet public de construction ou de rénovation de bâtiments d'un montant d'investissement supérieur à 20 000 000 euros hors taxes ou d'une surface de plancher supérieure à 10 000 m<sup>2</sup>.

« Les seuils d'investissement de 20 000 000 euros hors taxes et de surface de plancher de 10 000 m<sup>2</sup> mentionnés ci-dessus peuvent être modifiés par arrêté du ministre chargé de l'environnement.

« Pour les projets qui ne seraient pas soumis à une étude d'impact en application de l'article L. 122-1 ou qui se situeraient en deçà des seuils mentionnés au précédent alinéa, le maître d'ouvrage propose des modalités de calcul simplifiées permettant au financeur de porter une appréciation sur la contribution du projet à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.



« Art. D. 222-1-F.-L'information requise pour répondre au critère de contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre est apportée en appliquant les modalités de calcul prévues aux articles D. 222-1. G. à D. 222-1-I, ou sur la base de l'analyse relative aux incidences du projet sur le climat fournie dans l'étude d'impact en application de l'article L. 122-1 du code de l'environnement, en précisant la méthodologie employée et l'origine des données utilisées.

« Art. D. 222-1-G.-I.-Le calcul des émissions de gaz à effet de serre mentionné au deuxième alinéa du III de l'article L. 222-1 B porte sur les quantités de gaz à effet de serre dont la liste est fixée par l'arrêté pris en application de l'article R. 229-45, émises pour un ensemble comprenant au moins les phases de réalisation et de fonctionnement du projet public ainsi que la phase amont de production des sources d'énergie et des matériaux et équipements nécessaires à chaque phase lorsque les données sur les facteurs d'émissions de la phase amont sont disponibles. Le maître d'ouvrage peut inclure dans le calcul mentionné au deuxième alinéa du III de l'article L. 222-1 B, les quantités de gaz à effet de serre émises lors de la phase de fin de vie du projet public s'il le juge pertinent au vu des données disponibles.

« II.-L'évaluation mentionne les émissions pour chacune des différentes phases susmentionnées, en précisant, s'il y a lieu, les émissions liées à l'artificialisation du sol et les émissions liées aux déplacements de personnes et de marchandises.

« III.-La personne publique accordant le soutien financier peut demander que les dispositions de l'article D. 222-1-F soient appliquées à des variantes et alternatives du projet public, en comparaison avec la situation sans projet public.

« Art. D. 222-1-H.-Pour évaluer la contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre d'un projet public, le maître d'ouvrage identifie les différentes opérations afférentes aux phases de réalisation, de fonctionnement et de fin de vie du projet public, évalue les quantités de gaz à effet de serre pour chaque opération et agrège les valeurs ainsi obtenues.

« Art. D. 222-1-I.-La quantité de gaz à effet de serre d'une opération est obtenue par le produit de la quantité d'énergie, de gaz consommés, de matériaux ou d'équipements mis en œuvre d'une part et du facteur d'émission de la source d'énergie, du gaz, du matériau ou de l'équipement considéré d'autre part. Pour les projets publics de traitement ou d'élimination des déchets, la quantité de gaz à effet de serre d'une opération est obtenue par le produit de la quantité de déchets traités d'une part et du facteur d'émission correspondant au procédé de traitement ou d'élimination utilisé d'autre part.

« L'établissement des facteurs d'émission répond aux principes suivants :

« Pour chaque source d'énergie, le facteur d'émission opère la conversion d'une quantité de source d'énergie en émissions de gaz à effet de serre relatives à un ensemble comprenant a minima les phases d'utilisation et la phase amont de production de la source d'énergie. La phase amont comprend l'extraction, le raffinage, la transformation, le transport et la distribution des sources d'énergie. L'ensemble de ces émissions, y compris celles de la phase amont, sont supposées intervenir au cours de l'année d'utilisation de la source d'énergie.

« Pour les matériaux et équipements, les facteurs d'émissions intègrent les émissions de gaz à effet de serre liées aux consommations d'énergie intervenant dans le processus de production de ces matériaux et équipements (émissions directes et afférentes à la phase amont), ainsi que les émissions liées aux procédés industriels éventuellement mis en œuvre. L'ensemble de ces émissions y compris les émissions de la phase amont, sont supposées intervenir au cours des années de réalisation ou de fonctionnement du projet public.

« Pour l'établissement des facteurs d'émissions, le maître d'ouvrage recourt aux facteurs d'émissions déterminés par le " pôle de la coordination nationale sur les bilans d'émissions de gaz à effet de serre " mentionné à l'article R. 229-49 du code de l'environnement.

« Pour les matériaux et équipements de construction nécessaires à un projet public de construction ou de rénovation de bâtiments les données à utiliser sont les valeurs de l'indicateur " changement climatique " disponible dans chaque déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction et chaque " Projet Environnemental Produit écopassport " pour les équipements de constructions, réalisées selon les dispositions du décret n° 2013-1264



du 23 décembre 2013 relatif à la déclaration environnementale de certains produits de construction destinés à un usage dans les ouvrages de bâtiment et des arrêtés pris pour son application. A défaut, le maître d'ouvrage utilise les valeurs mises à disposition dans la base de données française INIES (Informations sur les impacts environnementaux et sanitaires).

« En l'absence de données disponibles sur un ou plusieurs facteurs d'émissions de la phase amont dans les sources susmentionnées, le maître d'ouvrage procède, dans la mesure du possible, à une évaluation des valeurs de ces facteurs d'émissions manquants en précisant la méthodologie employée et l'origine des données utilisées. A défaut, il procède à un calcul des émissions de gaz à effet de serre du projet public en omettant les sources pour lesquelles les facteurs d'émissions ne sont pas disponibles et informe le " pôle de la coordination nationale sur les bilans d'émissions de gaz à effet de serre " que ces facteurs d'émissions ne sont pas disponibles. »

#### Article 2

Le présent décret s'applique aux projets publics dont la décision de financement est signée à compter du 1<sup>er</sup> octobre 2017.

#### Article 3

La ministre de l'environnement, de l'énergie et de la mer, chargée des relations internationales sur le climat, la ministre du logement et de l'habitat durable et le secrétaire d'Etat chargé des transports, de la mer et de la pêche sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait le 3 mai 2017.

Bernard Cazeneuve

Par le Premier ministre :

La ministre de l'environnement, de l'énergie et de la mer, chargée des relations internationales sur le climat,

Ségolène Royal

La ministre du logement et de l'habitat durable,

Emmanuelle Cosse

Le secrétaire d'Etat chargé des transports, de la mer et de la pêche,

Alain Vidalies

## Bibliographie

IFSTTAR, Manuel de référence ECORCE 2.0, version du 19 mars 2013.

Ademe, « Gestion de l'incertitude dans les tableurs du Bilan Carbone® -Note explicative », version octobre 2013.

Cerema, « Étude des éco-comparateurs : phase 3 : étude du cycle de vie sur plusieurs scénarios de construction et d'entretien des chaussées », mars 2018.

Cerema, « Economie circulaire des matériaux et ouvrages du BTP : l'analyse de cycle de vie appliquée aux infrastructures de transport », 2019.

Sétra, « rapport d'étude : Transport et gaz à effet de serre (GES) : Analyse des outils et méthodes utilisés pour quantifier les émissions de GES dans les projets d'infrastructures selon les différents modes de transport ».

MTES, « guide méthodologique : Information GES des prestations de transport : application de l'article L. 1431-3 du code des transports », mars 2018.

ADEME, « Gestion de l'incertitude dans les tableurs du Bilan Carbone® -Note explicative », version octobre 2013.

ADEME, « Documentation des facteurs d'émissions de la Base Carbone ® », décembre 2017.

OEET, « Evaluation énergie – environnement des infrastructures de transport : méthodologie version1 », avril 2011.

Collection technique CimBéton T87, « Analyse du Cycle de Vie d'un pont en béton – exemple d'application pour un pont courant », 2010.

Collection technique CimBéton T89, « Analyse du Cycle de Vie de structures routières », 2011.

IFSTTAR, Manuel de référence ECORCE 2.0, version du 19 mars 2013.

ISO 14040:2006, « Management environnemental : analyse du cycle de vie : principes et cadre ».

ISO 14044:2006, « Management environnemental : analyse du cycle de vie : exigences et lignes directrices ».

NF EN 15804+A1:2014, « Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant les catégories de produits de construction ».

NF EN 15978:2012 « Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Évaluation de la performance environnementale des bâtiments - Méthode de calcul ».

NF EN 15643-5:2017 « Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Évaluation de la contribution des bâtiments et des ouvrages de génie civil au développement durable - Partie 5 : Cadre méthodologique définissant les principes et les exigences spécifiques aux ouvrages de génie civil ».

Information GES des prestations de transport - Application de l'article L.1431-3 du code des transports - Guide méthodologique - Version actualisée suite à l'article 67 de la loi n° 2015-992.

Sétra – LCPC, « GTR : Guide technique pour la réalisation des remblais et des couches de forme », 2000.

Sétra – LCPC, « Catalogue des structures types de chaussées neuves ».

Rapport BEGES (Bilan des émissions de gaz à effet de serre) selon la méthode Bilan Carbone de plusieurs DIR :

- Bilan Gaz à Effet de Serre de la DIR MED – DIR Méditerranée – décembre 2012.
- Bilan des émissions de gaz à effet de serre de la DIR Est selon la méthode Bilan Carbone® - DIR Est – juillet 2016.
- Bilan des émissions de gaz à effet de serre de la DIR Centre Ouest selon la méthode Bilan Carbone® - année de reporting 2015 - DIR Centre Ouest – 2016.
- Bilan Carbone® de la DIR Atlantique : entretien et maintenance du réseau routier – DIR Atlantique – mars 2012.
- Bilan 2015 des émissions de gaz à effet de serre de la DIR Nord-Ouest selon la méthode Bilan Carbone® - DIR Nord-Ouest – 2017
- Bilan Carbone de la DIR Massif Central – JC Rotger – juin à novembre 2010

Base carbone :

facteurs d'émission « Changement d'affectation des sols direct » : [http://www.bilans-  
ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/liste-element?  
recherche=Changement+d+affectation+des+sols+direct](http://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/liste-element?recherche=Changement+d+affectation+des+sols+direct)

Base carbone : facteurs d'émission « béton armé »

[http://www.bilans-  
ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/liste-element/idRegle?  
recherche=b%C3%A9ton](http://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/liste-element/idRegle?recherche=b%C3%A9ton)

Contribution à la lutte contre l'effet de serre - Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ? - Expertise Scientifique Collective D. Arrouays, J. Balesdent, J.C. Germon, P.A. Jayet, J.F. Soussana, P. Stengel Rapport d'expertise réalisé par l'INRA à la demande du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable - Octobre 2002

© 2020 - Cerema

Le Cerema, l'expertise publique pour le développement et la cohésion des territoires.

Le Cerema est un établissement public qui apporte un appui scientifique et technique renforcé dans l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques de l'aménagement et du développement durables. Centre de ressources et d'expertise, il a pour vocation de produire et de diffuser des connaissances et savoirs scientifiques et techniques ainsi que des solutions innovantes au cœur des projets territoriaux pour améliorer le cadre de vie des citoyens. Alliant à la fois expertise et transversalité, il met à disposition des méthodologies, outils et retours d'expérience auprès de tous les acteurs des territoires : collectivités territoriales, services de l'État et partenaires scientifiques, associations et particuliers, bureaux d'études et entreprises.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (loi du 11 mars 1957). Cette reproduction par quelque procédé que se soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Coordination et suivi d'édition › Cerema Infrastructures de transport et matériaux, Département de la valorisation technique, Pôle édition multimédia.

Mise en page › Cerema

Illustration couverture › © Cerema Sud-Ouest

ISBN : 978-2-37180-453-1

ISSN : 2552-884X

Gratuit

#### Éditions du Cerema

Cité des mobilités

25 avenue François Mitterrand

CS 92803

69674 Bron Cedex

Pour commander nos ouvrages › [www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)

Pour toute correspondance › Cerema - Bureau de vente - 2 rue Antoine Charial - CS 33927 - 69426 Lyon Cedex 03

ou par mail › [bventes@cerema.fr](mailto:bventes@cerema.fr)

**[www.cerema.fr](http://www.cerema.fr) › Nos publications**



## La collection « Expériences et pratiques » du Cerema

Cette collection regroupe des exemples de démarches mises en œuvre dans différents domaines. Elles correspondent à des pratiques jugées intéressantes ou à des retours d'expériences innovantes, fructueuses ou non, dont les premiers enseignements pourront être valorisés par les professionnels. Les documents de cette collection sont par essence synthétiques et illustrés par des études de cas.

## Recommandations pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des projets routiers

Le document propose une méthode d'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des projets routiers en application du décret 2017-725 relatif aux principes et modalités du calcul des émissions de gaz à effet de serre des projets publics. Cette méthode repose sur une démarche d'analyse de cycle de vie et intègre les phases de construction, d'utilisation et de fin de vie de l'infrastructure. Elle peut être utilisée au stade amont des projets routiers, c'est-à-dire antérieurement à leur déclaration d'utilité publique ou à leur déclaration de projet. Le document est composé d'une partie générale et de fiches thématiques portant sur l'artificialisation des sols, les terrassements, les chaussées, les ouvrages d'art, les glissières de sécurité, l'exploitation du réseau ainsi que la circulation des véhicules.

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment

Gratuit  
ISSN : 2552-884X  
ISBN : 978-2-37180-453-1



9 782371 804531