Canopée – Guide méthodologique

Version 1.1 – mise en ligne en novembre 2013

Version post revue critique

Canalisateurs de France
26 novembre 2013

CANALISATEURS DE FRANCE
Les réseaux qui nous rassemblent

bio Intelligence Service

Information sur le projet

CLIENT	Canalisateurs de France
TITRE DU DOCUMENT	Version 1.1 – mise en ligne en novembre 2013
TITRE DU PROJET	Canopée – Guide méthodologique
DATE	26 novembre 2013
CONTACTS CANALISATEURS	Clotilde Terrible – clotilde.terrible@canalisateurs.com
CONTACTS BIOIS	Noëllie Oudet – noellie.oudet@biois.com François Witte – francois.witte@biois.com Yannick Le Guern – yannick.leguern@biois.com

Credit photo: page de garde @ Per Ola Wiberg

Table des matières

INFORMATION SUR LE PROJET **2**

TABLE DES MATIÈRES **3**

CHAPITRE 1 : PRÉAMBULE **5**

1.1 Objectifs et cadre d'utilisation de l'outil 5

1.2 Frontières du système 6

1.3 Unité fonctionnelle 9

1.4 Sources de données 10

1.4.1 Données externes 10

1.4.2 Données internes 11

1.5 Impact environnemental évalué: le changement climatique 12

CHAPITRE 2 : MÉTHODOLOGIE **12**

2.1 Principe de calcul général 12

2.2 Matériaux 14

2.2.1 Production des matériaux 14

2.2.2 Déplacement des matériaux jusqu'au chantier (fret) 15

2.3 Mise en œuvre 17

2.3.1 Utilisation et amortissement des engins 17

2.3.2 Autres utilisations d'énergie 19

2.3.3 Déplacements du personnel 19

2.3.4 Déchets de chantier 20

CHAPITRE 3 : FACTEURS D'ÉMISSIONS **21**

3.1 Matériaux 21

3.1.1 Matériaux plastiques et composites 21

3.1.2 Métaux 23

3.1.3 Grès 23

3.1.4 Bétons et ciments 24

3.1.5 Asphaltes, bitumes et enrobés 25

3.1.6 Sous-couche et remblais 26

3.1.7 Autres matériaux 26

3.1.8 Matériaux de réemploi 27

3.2 Utilisation d'engins et autres consommations énergétiques 27

3.2.1 Engins et matériel 27

3.2.2 Énergie et combustibles 28

3.3 Transports – fret et déplacements 29
3.4 Traitement des déchets 30

Chapitre 1 : Préambule

Ce document présente les hypothèses retenues pour l'élaboration de l'outil Canopée de Canalisateurs de France et les sources des données utilisées dans la base de données.

1.1 Objectifs et cadre d'utilisation de l'outil

L'objectif principal de l'outil Canopée est de permettre aux adhérents de Canalisateurs de France de réaliser une évaluation de l'impact sur le changement climatique de chantiers de canalisation dans le cadre de réponse à appels d'offres publics. L'outil a été créé dans le but de permettre :

- à l'organisme qui comparera les différentes offres d'avoir une information environnementale générée selon un cadre méthodologique et un outil commun à tous les membres de Canalisateurs de France. ;
- aux membres de Canalisateurs de France de comparer les impacts de plusieurs alternatives de chantier dans le cadre d'une réponse à appel d'offres donné.

Concrètement, l'outil Canopée Canalisateurs de France permet :

- d'évaluer les impacts en termes d'émissions de gaz à effet de serre d'un chantier de travaux de canalisation ;
- de comparer plusieurs solutions pour la réalisation d'un ouvrage donné ;
- de comparer des solutions offrant les mêmes fonctionnalités.

L'outil Canopée offre ainsi un cadre homogène pour l'évaluation des impacts GES, en proposant :

- un périmètre commun à tous les utilisateurs,
- une base de données de facteurs d'émissions commune à tous les utilisateurs,
- un mode de restitution commun à tous les utilisateurs,

Il n'est en aucun cas possible d'utiliser cet outil pour calculer les impacts environnementaux d'un chantier de manière absolue et par conséquence il n'est pas adapté pour la réalisation d'un bilan des émissions de gaz à effet de serre d'une organisation (bilan Carbone®, OMEGA TP®, etc.).

Le périmètre géographique considéré est la France métropolitaine.

À date, l'outil ne permet pas d'évaluer les incertitudes des résultats, cette évaluation n'étant pas nécessaire pour satisfaire les objectifs initiaux de l'outil.

1.2 Frontières du système

Description du système

Canopée peut permettre de réaliser l'évaluation :

- de chantiers de pose de canalisation,
- de chantiers de réhabilitation de canalisation.

L'outil couvre toutes les activités d'un chantier de canalisation telles que :

- Creusement de la tranchée et déblai,
- Extraction de l'ancien ouvrage (étape possible dans le cas d'une réhabilitation),
- Dépose d'une sous-couche,
- Pose des canalisations,
- Raccordement,
- Remblai,
- Pose d'un enrobé,
- Etc.

Périmètre d'évaluation

Le « système » comprend :

- La production des matériaux entrants dans la réalisation du chantier, y compris l'extraction du milieu naturel ;
- La transformation des matériaux dans des sites de production ;
- Les différentes opérations de fret depuis le site de production jusqu'au chantier ;
- Les consommations de combustibles liées à la mise en œuvre sur le chantier (fonctionnement d'outils et engins) ;
- Les consommations énergétiques directes liées à la mise en œuvre sur le chantier (consommation électrique…) ;
- Les immobilisations matérielles (engins de chantier) ;
- Les déplacements du personnel : trajets professionnels et domicile travail ;
- Les activités réalisées par les sous-traitants ;
- Le transport et le traitement des produits éliminés ou recyclés à l'issu du chantier (prise en compte du coût environnemental de la mise en décharge, non prise en compte du coût environnemental ou des bénéfices du recyclage conformément à la méthode des stocks préconisée dans la NF P 01-010). Dans le cas d'un

chantier de réhabilitation, cela comprend les canalisations de l'ouvrage précédent si celles-ci sont retirées.

- De manière générale, l'immobilisation des bâtiments est prise en compte : les émissions liées aux infrastructures sont incluses dans les données utilisées pour établir la base de facteurs d'émissions de Canopée (infrastructures nécessaire pour l'extraction et la mise en forme des matériaux, pour la production d'énergie, etc.). Les immobilisations des bâtiments de chantiers (e.g. Algeco) sont cependant exclues du périmètre. Ces constructions étant soumises à une réglementation stricte, il ne s'agit pas d'un critère différenciant entre deux offres.

Le « système » ne prend pas en compte :

- Les déplacements visiteurs ;
- La phase de vie en œuvre (maintenance et pertes techniques) ;
- L'immobilisation liée aux bâtiments (Algeco de chantier) ;
- La fin de vie de l'ouvrage.

Le tableau suivant présente les différents postes d'émissions et leur inclusion ou non dans le périmètre d'évaluation de l'outil.

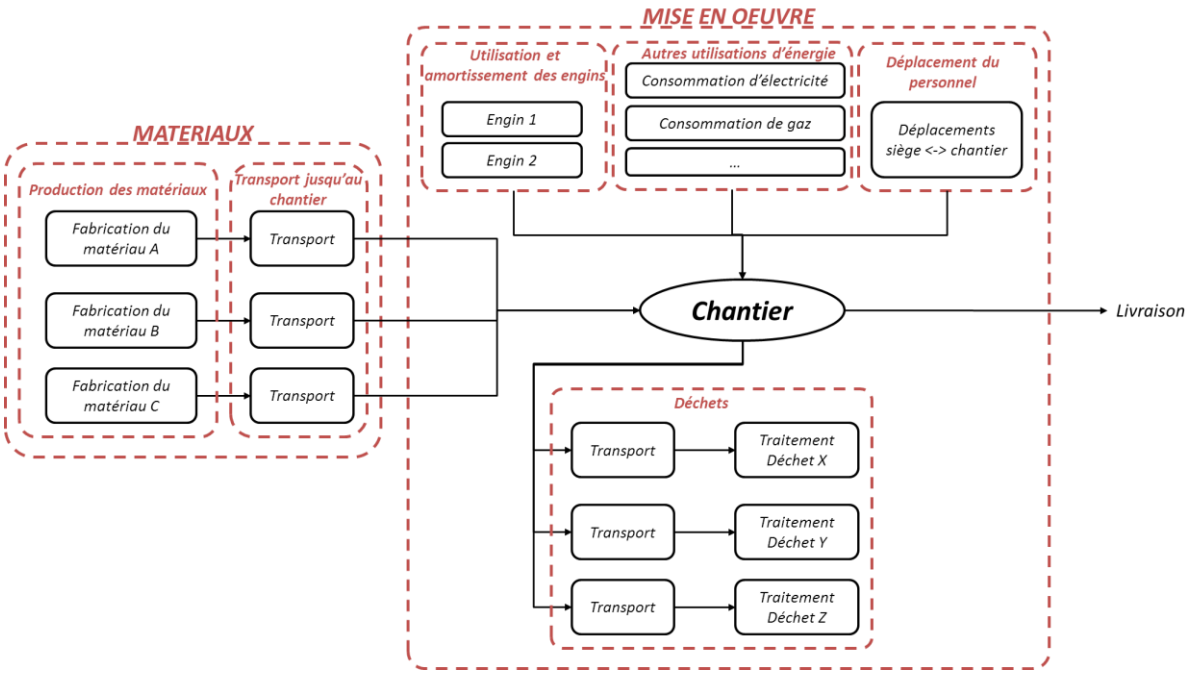
Tableau 1 : Définition du périmètre

Etapes/Postes	Inclusion	Exclusion	Commentaire/Justification
Matériaux: extraction, transformation dans des sites de production	✓		
Fret : acheminement des matériaux depuis le site de production jusqu'au chantier	✓		
Combustibles : extraction et combustion	✓		
Énergie : production d'électricité, vapeur et autres sources d'énergie	✓		
Immobilisations des bâtiments : production et fin de vie des bâtiments		✓	Les seuls bâtiments dédiés sont les Algeco de chantier : leur usage est normé et donc similaire pour tous > Pas de différenciation.
Immobilisations matérielles (engins de chantier) : production et fin de vie des engins	✓		
Déplacements du personnel : trajets professionnels et domicile travail	✓		
Déplacements visiteurs : trajets vers et depuis le chantier		✓	Données difficiles à collecter, a priori peu différenciantes.
Vie en œuvre : Maintenance et pertes techniques (pour les canalisations gaz)		✓	1. Il n'y a quasiment pas de maintenance au cours de la vie en œuvre. On entend par maintenance des travaux d'ampleur réduite, et non de réhabilitation qui font l'objet de nouveaux appels d'offres. 2. Les émissions liées à la maintenance sortent du périmètre de contrôle. Par ailleurs, les pertes techniques ne différencient pas les ouvrages, dans la mesure où ce critère est inclus dans le cahier des charges.
Déchets : acheminement et traitement des déchets produits par le chantier	✓		Certains flux de déchets sont toutefois exclus au vu des trop petites quantités et des impacts correspondants jugés négligeables (cf. section 2.3.4).
Sous-traitance : activités réalisées par des sous-traitants	✓		La sous-traitance n'est pas traitée comme un poste spécifique. Les activités des sous-traitants doivent être renseignées via l'ensemble des étapes couvertes par l'outil (données de matériaux, de mise en œuvre…)
Fin de Vie de l'ouvrage : acheminement et traitement de l'ouvrage en fin de vie.		✓	1. dans le cas d'une rénovation, la fin de vie du chantier précédent est incluse dans le chantier actuel. 2. Le poseur n'est pas forcément celui qui va démanteler la canalisation. Le traitement effectif des matériaux est inconnu. Il dépend du choix des maîtres d'œuvre et d'ouvrage.

Segmentation de l'évaluation

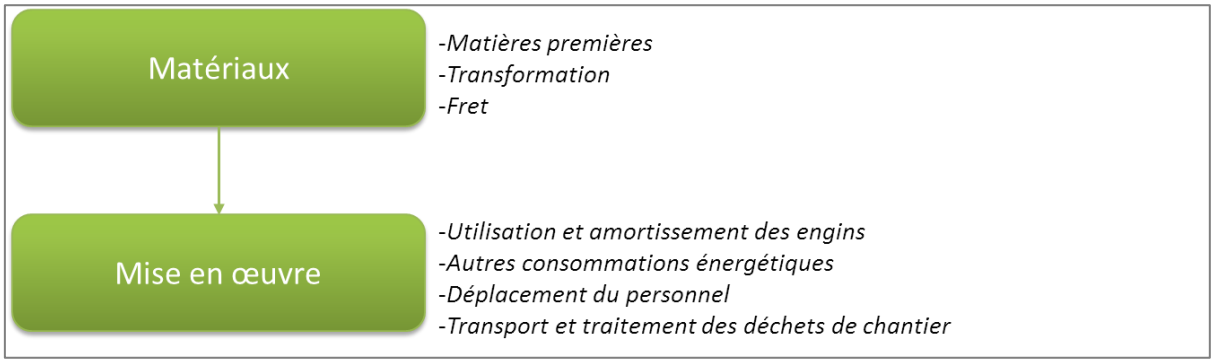
La figure ci-dessous schématise le périmètre retenu pour l'évaluation GES :

Figure 1 : Périmètre d'évaluation de Canopée



La segmentation est faite selon une vision chronologique des activités, regroupées en deux étapes du cycle de vie (Matériaux et Mise en œuvre), comme illustré sur la figure suivante.

Figure 2 : Segmentation du cycle de vie par étape



1.3 Unité fonctionnelle

L'unité fonctionnelle au service des objectifs de l'outil

Canopée est avant tout un outil de comparaison entre plusieurs solutions dans le cadre d'un même appel d'offres. Cela implique de confronter des chantiers ou des variantes comparables du point de vue de leurs fonctionnalités.

La durée de vie des ouvrages étant impossible à évaluer lors de la phase de conception, ce paramètre n'est pas inclus dans la comparabilité des chantiers. L'évaluation s'arrête aux portes de la livraison de l'installation. Dès lors, pour être comparables, deux chantiers ou deux variantes devront satisfaire la seule contrainte d'adéquation parfaite au cahier des charges du client.

- **Unité fonctionnelle retenue pour l'outil**

Satisfaire intégralement le cahier des charges étudié

1.4 Sources de données

Plusieurs sources de données ont été utilisées pour construire la base de données des facteurs d'émissions :

- Les données « externes » sont les données tirées de la bibliographie ;
- Les données « internes » ont été obtenues par sollicitation de l'expertise des adhérents de Canalisateurs de France.

Les différentes sources mentionnées ci-dessous ont fourni certains facteurs d'émissions directement, ou bien des hypothèses utilisées dans les estimations d'autres facteurs d'émissions.

1.4.1 Données externes

- ADEME - Guide des facteurs d'émissions (Version 7)
- Base Carbone (Association Bilan Carbone)
- ADEME Bilan Produit (2008)
- Base EcoInvent 2.2, (2010)
- USIRF – SEVE (Calculs réalisés à partir de l'outil SEVE, transmis par l'USIRF dans le cadre de la constitution de la base de facteurs d'émissions d'Omega TP)
- ATILH 2011 Module d'informations environnementales des ciments (Ciment - CEM I)
- Office des Asphaltes (octobre 2009) :
  - FDES Asphalte de voirie - chaussée (octobre 2009) (accessible via la base INIES[1])
  - FDES Asphalte de voirie - trottoir (octobre 2009) (accessible via la base INIES[1])

[1] www.inies.fr

- CERIB :
  - FDES Regard de visite en béton - Partie production uniquement (au sens de la NF P 01-010) (non affichée dans la FDES, communiquée directement par le CERIB)
  - FDES Tuyau d'assainissement en béton armé - Partie production uniquement (au sens de la NF P 01-010) (non affichée dans la FDES, communiquée directement par le CERIB)
- UNPG - Module d'informations environnementales de la production de granulats issus de roches massives (31 mai 2011)[2]
  - granulats recyclés
  - granulats issus de roches massives
  - granulats issus de roches meubles
- UNPG/ADEME – Guide sectoriel 2012[3]
- HOBAS – Empreinte carbone des canalisations PRV selon l'EN 15 804 (Partie production) (Novembre 2013).
- ACV de l'International Journal of Life Cycle Assessment : Toffoletto et al. (2005). *LCA of Ex-Situ Bioremediation of Diesel-Contaminated Soil*,

Choix des sources de données

L'objectif a été d'identifier les facteurs les plus représentatifs, avec un souci d'homogénéité.

Pour les matériaux: Les données spécifiques publiées par des fédérations du secteur de la construction ont été privilégiées. Lorsque celles-ci n'étaient pas disponibles, la base de données EcoInvent a été utilisée.

Pour les autres postes, les facteurs d'émissions issus du Bilan Carbone de l'ADEME ou de la Base Carbone de l'Association Bilan Carbone ont été privilégiés. La base de données EcoInvent a été utilisée pour les facteurs manquants, ainsi qu'une publication ACV pour établir le facteur d'émissions de la bioremédiation des terres souillées.

1.4.2 Données internes

Certaines données ne sont pas présentes dans les bases de données présentes sur le marché.

Un groupe de travail constitué des membres de Canalisateurs de France a travaillé à l'élaboration des ratios, consommations et autres données indispensables pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des chantiers de canalisation au moyen de cet éco-comparateur.

[2] http://www.unpg.fr/dossiers/environnement/analyse_de_cycle_de_vie_des_granulats?pdf=1

[3] http://www.unicem.fr/documentation/bibliotheque/realisation_de_bilans_des_emissions_de_gaz_a__effet_de_serre

Les données concernées sont les consommations de carburant par les engins utilisés sur les chantiers. Les données utilisées sont présentées au paragraphe 2.3.1

1.5 Impact environnemental évalué: le changement climatique

L'impact environnemental évalué par Canopée est l'impact sur le changement climatique, exprimé en kg de CO_2-équivalent.

Le mécanisme environnemental en jeu pour ce type d'impact est le suivant:

Le rayonnement solaire est réémis par la surface de la terre sous forme de rayonnement infrarouge, qui est lui-même partiellement absorbé par diverses espèces chimiques présentes dans l'atmosphère : c'est ce qu'on appelle « l'effet de serre ». Le bilan radiatif détermine la température moyenne de la planète et la présence de substances « à effet de serre » permet que la température soit compatible avec la vie sur terre (sans cet effet, la température serait de l'ordre de -15°C). Cependant, les activités humaines engendrent des émissions de gaz à effet de serre (GES) à longue durée de vie telles que le CO_2, le méthane (CH_4), l'oxyde nitreux (N_2O) et les hydrocarbures halogénés (un groupe de gaz contenant du fluor, du chlore ou du brome) et il en résulte un forçage radiatif qui entraîne un renforcement de l'effet de serre. En conjonction avec les forces naturelles, cela contribue à des changements climatiques mondiaux : augmentation des températures à la surface de la terre et des océans, modification des précipitations, élévation du niveau de la mer… L'influence des GES sur le changement du système climatique de la planète varie selon les propriétés radiatives de ces gaz et leur durée de vie dans l'atmosphère.

Les principaux gaz à effet de serre émis par les activités humaines sont les suivants : CO_2, CH_4, CO, N_2O, CFCs, HCFCs, HALONs, etc.

La méthode de caractérisation retenue pour évaluer l'impact sur le changement climatique de chacun de ces gaz est celle développé par le GIEC[4].

Chapitre 2 : Méthodologie

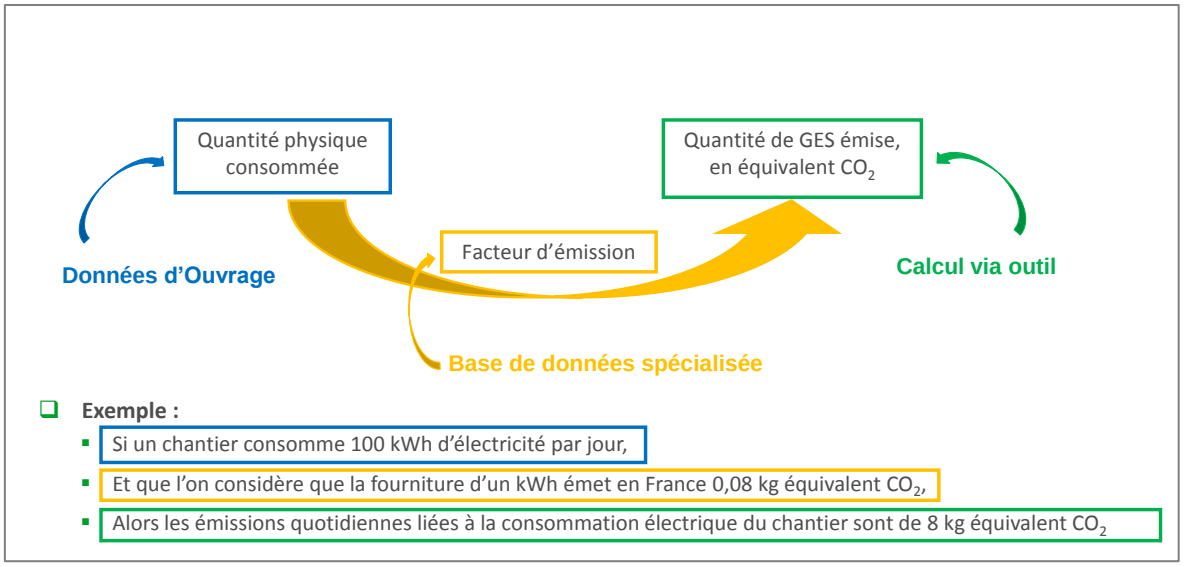
2.1 Principe de calcul général

L'évaluation des émissions de gaz à effet de serre (GES) couvre le cycle de vie du chantier, depuis l'extraction des matériaux mis en œuvre jusqu'à sa livraison.

[4] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, AR4, 2007, Modèle de base sur 100 ans

Pour évaluer l'empreinte carbone complète d'un ouvrage, l'ensemble des sources d'émissions de GES générées par l'activité sont à considérer.

La quantification des émissions de GES s'appuie sur le principe du facteur d'émission, comme présenté ci-dessous.



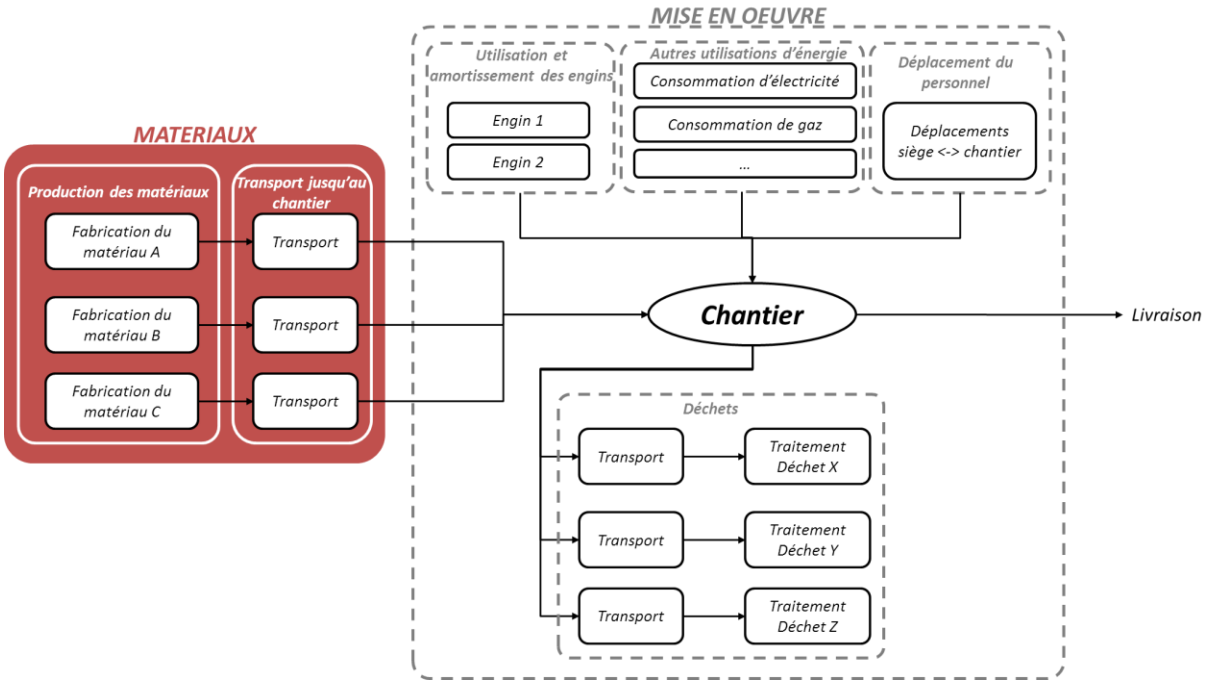
Ce principe de calcul s'applique à l'ensemble des postes et sources d'émissions renseignées. Les postes ont été rassemblés en deux étapes : *Matériaux* et *Mise en œuvre*, comme précisé plus haut. Les paragraphes ci-après précisent le fonctionnement pour les différents postes couverts par ces deux étapes.

La méthodologie utilisée suit les recommandations de la norme ISO 14 064 lorsque celles-ci peuvent être appliquées compte tenu des objectifs de l'étude.

2.2 Matériaux

L'étape « Matériaux » correspond à la fabrication, à la transformation et à l'acheminement des matériaux utilisés sur le chantier.

Figure 3 : Périmètre d'évaluation de l'éco-comparateur – focus sur les matériaux



2.2.1 Production des matériaux

Dans cette section, les données attendues sont les **quantités de matériaux mises en œuvre** sur le chantier prévu : PVC, PET, fonte, grès, etc. pour les canalisations, sables et remblais, matériaux d'étanchéité, matériaux pour les regards et les tampons, etc.

Dans le cas où des produits utilisés font appel à divers matériaux, la masse des produits doit être décomposée par matériau et renseignée dans chaque ligne correspondante.

Les facteurs d'émissions correspondants tiennent compte à la fois de l'extraction des matières premières, de leur acheminement et de leur première transformation avant mise en œuvre sur le chantier (extrusion, mise en forme, etc.).

2.2.2 Déplacement des matériaux jusqu'au chantier (fret)

Pour chaque matériau renseigné, les **distances et modes de transport nécessaires à l'acheminement depuis le site de production[5] jusqu'au chantier** sont attendus.

Le calcul des émissions de gaz à effet de serre repose sur la notion de *tonne.kilomètre* ou t.km. Pour chacun des modes de transport pour lesquels un facteur d'émissions est proposé, l'unité de ce dernier est la t.km. Cette unité permet de tenir compte à la fois des quantités transportées et de la distance parcourue. Les émissions se calculent alors au moyen du produit de la quantité de matériau transporté, de la distance parcourue et du facteur d'émissions.

Remarque : la notion de « tonne.kilomètre » reflète correctement la limitation de charge en masse des camions, et non la limitation en volume dont peuvent faire l'objet les matériaux légers. Le Tableau 2 ci-dessous montre les variations de chargement d'un camion de 24 tonnes pour des canalisations de différents matériaux et de différents diamètres.

Tableau 2 : Chargement d'un camion de 24 tonnes selon le type de canalisation (kg)[6]

Source : CERIB – Communication directe

Diamètre Nominal (mm)	Béton	Fonte	Grès	PEHD	PP	PRV	PVC
300	24 000	24 000	24 000	2 592	2 160	7 644	6 174
400	24 000	23 700	24 000	2 700	2 700	6 600	5 100
600	24 000	14 904	24 000	2 052	2 052	4 968	4 428
800	24 000	11 616	24 000	1 584	1 536	3 984	2 688

Du fait de la limitation par le volume, les camions transportant des matériaux légers ne sont chargés qu'à une fraction de leur charge utile. Par ailleurs, pour des camions chargés au maximum de leur volume, la masse totale du camion (et donc la consommation de carburant pour le transport) sera moindre dans le cas du camion transportant des canalisations légères que pour celui transportant des tuyaux lourds.

Pour tenir compte de la limitation en volume, nous proposons donc une correction des facteurs d'émissions du fret dans le cas du transport de tuyaux en matériaux légers.

Les facteurs d'émissions pour le fret sont issus du *Guide sectoriel* de l'UNPG et de l'ADEME (2012) (cf. chapitre 3.3). Pour chaque type de camion, ce guide fournit :

- Le facteur d'émission du simple fret (FE_{Fsf}), c'est-à-dire les émissions générées par le transport d'une tonne sur une distance d'un kilomètre par un camion

[5] et non depuis le fournisseur ou la plate-forme logistique.

[6] Hypothèse de chargement : P 12 m * L 2,40 m * H 2,40 m

chargé à 50 % de sa charge utile (ce facteur est calculé selon une limitation en masse du chargement du camion),

- Le facteur d'émission du double fret (FE_{Fdf}), c'est-à-dire les émissions générées par le transport d'une tonne sur une distance d'un kilomètre par un camion chargé à 100 % de sa charge utile (ce facteur est calculé selon une limitation en masse du chargement du camion).

Conformément à la norme NF P 01-010, pour un type de véhicule donné et un taux de chargement T_c, le facteur d'émission pour le fret peut se décomposer ainsi :

$$FE\ (T) = FE\ (0\ \%) + (FE\ (100\ \%) - FE\ (0\ \%))\ *\ T_c$$

Selon cette formule : $FE_{Fsf} = FE\ (50\ \%) = FE\ (0\ \%) + (FE\ (100\ \%) - FE\ (0\ \%))\ *\ 50\ \%$

$FE_{Fdf} = FE\ (100\ \%)$

Se déduit alors le facteur d'émission pour un trajet à vide : $FE_{Fv} = FE\ (0\ \%) = 2\ *\ FE_{Fsf} - FE_{Fdf}$

Dès lors, nous proposons d'ajuster les facteurs d'émissions simple et double fret comme suit :

- $FE_{Fdf\ ajusté} = (\ FE_{Fv} + (FE_{Fdf} - FE_{Fv})*T_{cmax}\ )$
- $FE_{Fsf\ ajusté} = (\ FE_{Fv} + (FE_{Fdf\ ajusté} - FE_{Fv})*50\ \%\ )$

  $= (\ FE_{Fv} + (FE_{Fdf} - FE_{Fv})*T_{cmax}*50\ \%\ )$

Où T_{cmax} est le taux de chargement maximal, donné dans le Tableau 3.

Multiplier le la différence (FE_{Fdf} - FE_{Fv}) par T_{cmax} permet de tenir compte à la fois de la moindre consommation de carburant pour des camions moins chargés en masse et du nombre supérieur de camions nécessaires pour transporter une même masse lorsque le chargement est limité par le volume.

Le taux de chargement maximal varie selon le matériau et le diamètre. Les différentes valeurs pour un camion de 24 tonnes sont présentées dans le Tableau 3 ci-dessous. Elles correspondent aux chargements présentés dans le Tableau 2 divisés par la charge utile du camion.

Pour ne pas compliquer l'approche, et démultiplier les facteurs avec les diamètres, un seul taux de chargement maximal est retenu pour chaque matériau : le maximum des valeurs présentées dans le Tableau 3 plutôt qu'une moyenne, pour tenir compte des optimisations de chargements qui peuvent parfois exister (imbrication des moindres diamètres dans les plus grands).

Pour les matériaux lourds (auquel il faut ajouter l'acier), le taux de chargement maximal est donc de 100 % (ce qui équivaut à ne pas ajuster les facteurs d'émissions simple et double fret dans la formule précédente). Pour les plastiques, le taux varie de 11 à 32 %.

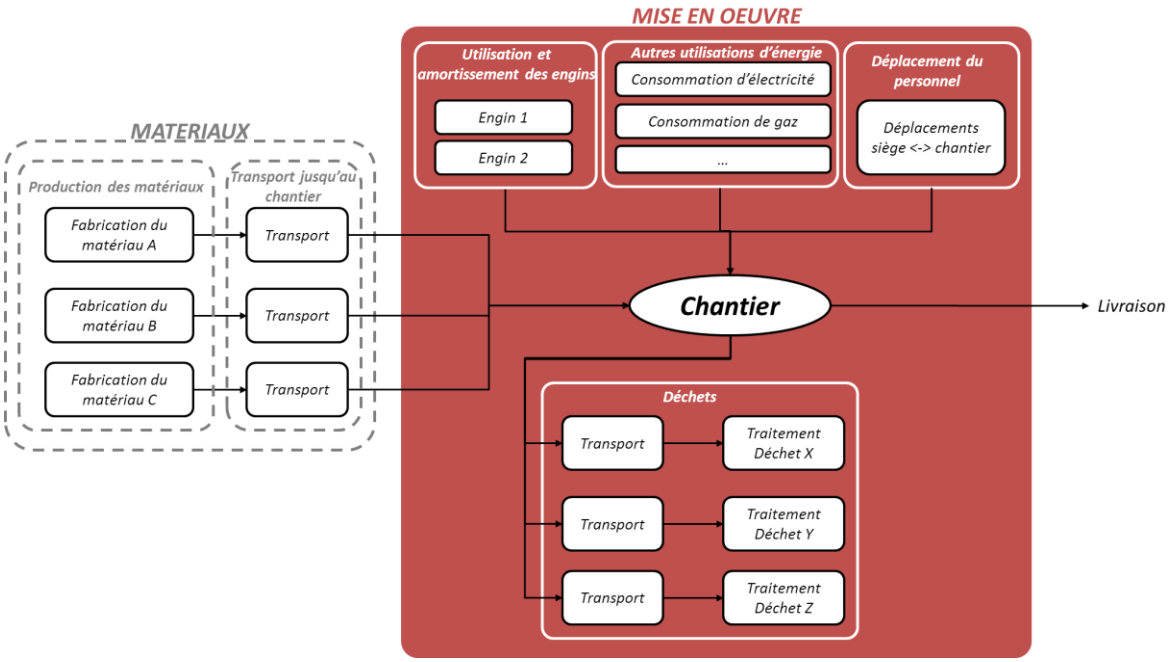
Tableau 3 : Taux de chargement d'un camion de 24 tonnes selon le type de canalisation

Diamètre Nominal (mm)	Béton	Fonte	Grès	PEHD	PP	PRV	PVC
300	100%	100%	100%	11%	9%	32%	26%
400	100%	99%	100%	11%	11%	28%	21%
600	100%	62%	100%	9%	9%	21%	18%
800	100%	48%	100%	7%	6%	17%	11%
T_{cmax} retenu	**100%**	**100%**	**100%**	**11%**	**11%**	**32%**	**26%**

2.3 Mise en œuvre

L'étape de mise en œuvre regroupe l'utilisation des engins sur site, les consommations d'énergie supplémentaires éventuelles, le déplacement du personnel, et l'évacuation et le traitement des déchets.

Figure 4 : Périmètre d'évaluation de l'éco-comparateur - focus sur la mise en œuvre



2.3.1 Utilisation et amortissement des engins

Ce poste comprend les émissions liées à la consommation de diesel ainsi que l'amortissement des engins. Pour les consommations, les données du Tableau 4 sont considérées (calculs Canalisateurs de France à partir de données constructeur), à l'exception du petit outillage (hypothèse BIO).

Tableau 4 : Consommations moyennes de gazole non routier par classe d'engin

Classes d'engin	Consommation moyenne	Unité
Petit outillage (<0,5t)	1	L/h
matériel (0,5-5t)	3,75	L/h
petits engins (5-10t)	6	L/h
gros engins (10-30t)	20	L/h
très gros engins (>30t)	35	L/h

Pour l'amortissement, le calcul correspond au temps d'immobilisation des engins, en heures, rapporté à leur durée de vie prévisionnelle (la durée d'amortissement est une bonne approximation).

Pour évaluer les émissions de ce poste, l'utilisateur est invité à renseigner :

- le nombre d'unités pour chaque catégorie d'engins (qu'elles soient louées ou détenues en propre) ;
- La durée d'utilisation totale en heure pour chaque catégorie (le nombre d'heures total pour l'ensemble des engins de chaque classe) ;
- La durée de vie de l'engin (des données par défaut sont proposées dans l'outil pour simplifier la saisie de l'utilisateur, cf. Tableau 5).

Tableau 5 : Durées de vie estimées par défaut des différentes classes d'engins

Classes d'engin	Durée de vie estimée[7] (années)
Petit outillage (<0,5t)	5
matériel (0,5-5t)	5
petits engins (5-10t)	10
gros engins (10-30t)	10
très gros engins (>30t)	10

Ces trois données sont requises car les émissions liées aux engins sont de deux types : celles liées à l'utilisation proprement dite, c'est-à-dire la consommation de carburant et celles liées à l'immobilisation du matériel.

[7] Données par défaut fondées sur la durée d'amortissement comptable. Source : adhérents Canalisateurs de France.

Pour chaque classe d'engins, le calcul des émissions est effectué de la manière suivante :

- Émissions liées à la consommation de carburant : produit de la durée d'utilisation totale de la classe étudiée, de la consommation moyenne de carburant de la classe étudiée et du facteur d'émission du gazole non routier ;
- Émissions liées à l'immobilisation du matériel : produit du nombre d'engins de la classe étudiée, de la durée du chantier et du facteur d'émissions pour l'immobilisation d'un engin de la classe étudiée divisé par le produit de l'amortissement (la durée de vie de l'engin) et du nombre de jour par an (365).
- Émissions totales de la classe : somme deux sources d'émissions précédentes.

2.3.2 Autres utilisations d'énergie

Ce poste permet de renseigner les consommations énergétiques autres que celles liées à l'utilisation de gazole non routier par les engins.

Ainsi, il est possible d'indiquer une consommation :

- électrique,
- de fioul domestique,
- de diesel,
- d'essence,
- de gazole non routier,
- de gaz naturel,
- de charbon,
- de vapeur.

2.3.3 Déplacements du personnel

Ce poste permet de prendre en compte les déplacements effectués par le personnel de l'entreprise :

- Les trajets quotidiens domicile-chantier. Dans une optique de simplification de la collecte des données, la distance siège-chantier est assimilée à la distance domicile-chantier moyenne ;
- Les trajets professionnels siège-chantier.

Dans une optique de simplification de la collecte des données, la distance domicile-chantier moyenne est assimilée à la distance siège-chantier moyenne.

L'outil considère un transport par voiture individuelle ou assimilé (ex : petite fourgonnette).

Note sur la prise en compte du covoiturage : Celui-ci est pris en compte via le nombre de trajets renseigné, dans la mesure où davantage de covoiturage nécessite moins de trajets.

2.3.4 Déchets de chantier

Ce poste permet de renseigner les données relatives aux déchets générés lors de la mise en œuvre du chantier. Les flux suivants sont considérés :

- Enfouissement de déchets inertes,
- Déchets amiantés stockés en alvéoles,
- Déchets stockés localement (terre propre…),
- Déchets non dangereux (bois, ferraille) traités selon les pratiques réglementaires en vigueur,
- Déchets dangereux traitées ex-situ par bioremédiation (terre souillée),
- Déchets pour retraitement (ex : béton, produits de chaussée…).

Pour chaque flux de déchet, l'utilisateur indique :

- le tonnage de déchets,
- le transport jusqu'au site de traitement, en précisant distance et le type de transport pour chaque étape.

L'outil considère une mise en décharge de déchets inertes pour les déchets de mise en œuvre.

Remarque sur les déchets de matériaux de construction contenant de l'amiante : ceux-ci étant admis en ISDND (Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux), l'outil ne considère pas de traitement spécifique hormis l'enfouissement (ces déchets n'émettent pas de GES pendant leur stockage). Par ailleurs, les déchets contenant des poussières d'amiantes nécessitant un traitement spécifique (ex : masques de protection usagés) ne sont pas pris en compte dans l'outil au vu des très faibles quantités.

Remarque sur les déchets stockés localement : Il s'agit du stockage de matériaux propres (ex : terre) à proximité du chantier. Ce dépôt n'impliquant aucune infrastructure ni émissions particulière, aucun impact n'est associé au stockage. (L'impact du transport est quant à lui bien pris en compte).

Remarque sur les déchets dangereux : Il s'agit de terres souillées. Les autres déchets dangereux (huiles usagées, chiffons souillés…) ne sont pas pris en compte dans l'outil au vu des très faibles quantités. Par ailleurs, il faut renseigner la masse de terre souillée qui est traitée par bio-remédiation. Si toute ou partie de la terre souillée est enfouie en alvéole dans un centre de stockage, il faut alors renseigner la masse correspondante dans la ligne « déchets inertes ».[8]

Remarque sur les déchets pour retraitement : Du fait de l'utilisation de la méthode des stocks pour la prise en compte du recyclage, aucun impact n'est attribué à la fin de vie des matériaux recyclés, en dehors de leur transport jusqu'au site de traitement.

[8] On peut d'ailleurs souligner qu'une part importante des terres souillées traitées hors sites sont stockées en centre d'enfouissement de déchets inertes (http://www2.ademe.fr/servlet/list?catid=10157).

Rappel sur la méthode des stocks

La méthode des stocks est une méthode de prise en compte du recyclage en analyse de cycle de vie, à la fois en en amont (utilisation de matière recyclée) et en fin de vie (mise à disposition de matière recyclable).

La méthode des stocks consiste à considérer que la matière recyclée en fin de vie rejoint un « stock » de matière secondaire disponible pour de nouveaux usages. De la même manière les produits utilisant de la matière secondaire la prélève depuis ce « stock ».

On considère qu'il n'y aucun impact associé au fait de fournir de la matière dans ce « stock » ou d'en prélever. Il y a toutefois des impacts à prendre en compte :

- en fin de vie : le transport de la matière recyclable jusqu'au lieu de traitement
- en amont (pour les produits utilisant de la matière secondaire) : les éventuels procédés de régénération permettant le réemploi de matière secondaire.

Chapitre 3 : Facteurs d'émissions

Préambule :

1. Pour faciliter l'affichage, les facteurs d'émissions sont présentés en notation scientifique avec 3 chiffres significatifs. Exemples :

- 1,38E+03 signifie 1,38 x 10^3 soit 1380
- 2,14E-02 signifie 2,14 x 10^{-2} soit 0,0214

2. La liste des FE inclus dans l'outil a été réalisée avec un groupe de travail constitué de membres de Canalisateurs de France.

3.1 Matériaux

3.1.1 Matériaux plastiques et composites

Les facteurs d'émissions du PVC, du PEHD, du PP et du PET incluent à la fois la fabrication du matériau et son procédé de mise en forme. Pour les procédés de mise en forme, les données proviennent de l'inventaire « Extrusion, plastic pipes/RER » de la base EcoInvent2.2 pour tous les matériaux, à l'exception du géotextile pour lequel l'inventaire « Extrusion, plastic film/RER » est utilisé, et du facteur d'émission du PRV qui contient déjà sa mise en forme.

Les rendements des procédés de mises en forme des matériaux indiqués par EcoInvent pour ces procédés sont les suivants :

- Extrusion, plastic pipes/RER : 99,6% ;

- Extrusion, plastic film/RER : 97,6% ;

Tableau 6 : Facteurs d'émissions retenus pour les matériaux plastiques et composites

Matériau/Poste	Unité	Changement climatique (en kg eq CO_2/unité)	Source		Référence
Matériaux					
PVC extrudé	tonne	**1,26E+03**	Matériau & procédé	INIES	FDES Réseau d'assainissement enterré en PVC. Partie production uniquement (au sens de la NF P 01-010)
PRV	tonne	**1,36+03**	Matériau & procédé	HOBAS	Empreinte Carbone des canalisations PRV
PEHD extrudé	tonne	**2,31E+03**	matériau	EcoInvent2.2	Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER
			procédé	EcoInvent2.2	Extrusion, plastic pipes/RER
PP extrudé	tonne	**2,35E+03**	matériau	EcoInvent2.2	Polypropylene, granulate, at plant/RER
			procédé	EcoInvent2.2	Extrusion, plastic pipes/RER
Géotextile	tonne	**2,50E+03**	matériau	EcoInvent2.2	Polypropylene, granulate, at plant/RER
			Procédé	EcoInvent2.2	Extrusion, plastic film/RER
Procédés (déjà inclus dans les FE par matériaux ci-dessus)					
Extrusion de tube plastique	tonne	**3,79E+02**	EcoInvent2.2		Extrusion, plastic pipes/RER Avec un rendement de 99,6%
Extrusion de film plastique	tonne	**5,36E+02**	EcoInvent2.2		Extrusion, plastic film/RER Avec un rendement de 97,6%

3.1.2 Métaux

Les facteurs d'émissions de l'acier et de la fonte incluent à la fois la fabrication du matériau et son procédé de mise en forme. Pour le procédé de mise en forme, les données proviennent de l'inventaire « Drawing of pipes, steel/RER » de la base EcoInvent2.2.

Tableau 7 : Facteurs d'émissions retenus pour les métaux

Matériau/Poste	Unité	Changement climatique (en kg eq CO_2/unité)	Source		Référence
Matériaux					
Acier	tonne	**3,62E+03**	matériau	Base carbone	acier ou fer blanc neuf - fabrication
			procédé	EcoInvent2.2	Drawing of pipes, steel/RER
Fonte	tonne	**1,91E+03**	matériau	EcoInvent2.2	Cast iron, at plant/RER
			procédé	EcoInvent2.2	Drawing of pipes, steel/RER
Procédé (déjà inclus dans les FE par matériaux ci-dessus)					
Mise en forme de conduits métalliques	tonne	**4,34E+02**	EcoInvent2.2		Drawing of pipes, steel/RER

3.1.3 Grès

Pour le grès, faute de meilleure donnée, et les matières premières et mise en forme étant jugées similaires, l'inventaire des céramiques sanitaires a été utilisé comme proxy.

Tableau 8 : Facteur d'émission retenu pour le grès

Matériau/Poste	Unité	Changement climatique (en kg eq CO_2/unité)	Source	Référence
Grès	tonne	**2,34E+03**	EcoInvent2.2	Sanitary ceramics, at regional storage/CH

3.1.4 Bétons et ciments

Tableau 9 : Facteurs d'émissions retenus pour les bétons et ciments

Matériau/Poste	Unité	Changement climatique (en kg eq CO_2/unité)	Source	Référence
Béton de regard (armature acier et échelons compris)	tonne	**1,47E+02**	CERIB	FDES Regard de visite en béton - Partie production uniquement (non affichée dans la FDES, communiquée directement par le CERIB)
Béton armé de tuyau (armature acier et échelons compris)	tonne	**1,69E+02**	CERIB	FDES Tuyau d'assainissement en béton armé - Partie production uniquement (non affichée dans la FDES, communiquée directement par le CERIB)
Ciment - CEM I	tonne	**8,66E+02**	ATILH 2011 - Module d'informations environnementales des ciments	Ciment - CEM I

3.1.5 Asphaltes, bitumes et enrobés

Tableau 10 : Facteurs d'émissions retenus pour les asphaltes, bitumes et enrobés

Matériau/Poste[9]	Unité	Changement climatique (en kg eq CO_2/unité)	Source	Référence
Asphalte de chaussée	tonne	**1,68E+02**	Office des Asphaltes	FDES Asphalte de voirie - chaussée (octobre 2009)
Asphalte de trottoir	tonne	**2,02E+02**	Office des Asphaltes	FDES Asphalte de voirie - trottoir (octobre 2009)
Bitume pur 35/50 ou 50/70	tonne	**2,77E+02**	USIRF – base OmegaTP	Calcul effectué au moyen de l'outil SEVE
Enrobés bitumineux - 0% REC	tonne	**3,54E+01**	USIRF – base OmegaTP	Calcul effectué au moyen de l'outil SEVE
Enrobés bitumineux - 5% REC	tonne	**3,47E+01**	USIRF – base OmegaTP	Calcul effectué au moyen de l'outil SEVE
Enrobés bitumineux - 10% REC	tonne	**3,41E+01**	USIRF – base OmegaTP	Calcul effectué au moyen de l'outil SEVE
Enrobés bitumineux - 20% REC	tonne	**3,29E+01**	USIRF – base OmegaTP	Calcul effectué au moyen de l'outil SEVE
Enrobés bitumineux - 30% REC	tonne	**3,16E+01**	USIRF – base OmegaTP	Calcul effectué au moyen de l'outil SEVE
Enrobés bitumineux - 50% REC	tonne	**2,92E+01**	USIRF – base OmegaTP	Calcul effectué au moyen de l'outil SEVE
Enrobés tièdes - 0% REC	tonne	**3,39E+01**	USIRF – base OmegaTP	Calcul effectué au moyen de l'outil SEVE
Enrobés tièdes - 5% REC	tonne	**3,32E+01**	USIRF – base OmegaTP	Calcul effectué au moyen de l'outil SEVE
Enrobés tièdes - 10% REC	tonne	**3,25E+01**	USIRF – base OmegaTP	Calcul effectué au moyen de l'outil SEVE
Enrobés tièdes - 20% REC	tonne	**3,13E+01**	USIRF – base OmegaTP	Calcul effectué au moyen de l'outil SEVE
Enrobés tièdes - 30% REC	tonne	**2,99E+01**	USIRF – base OmegaTP	Calcul effectué au moyen de l'outil SEVE
Enrobés tièdes - 50% REC	tonne	**2,74E+01**	USIRF – base OmegaTP	Calcul effectué au moyen de l'outil SEVE

[9] Pour les enrobés bitumineux et les enrobés tièdes, le pourcentage de matériau d'origine recyclée est indiqué (% REC). Les facteurs d'émissions correspondants ont été calculé selon la méthode des stocks, ils sont donc cohérents avec la méthodologie employée ici.

3.1.6 Sous-couche et remblais

Tableau 11 : Facteurs d'émissions retenus pour les matériaux de sous-couches et remblais

Matériau/Poste	Unité	Changement climatique (en kg eq CO_2/unité)	Source	Référence
Sable	tonne	**2,39E+00**	EcoInvent2.2	Sand, at mine/CH
Grave recyclée en externe	tonne	**2,96E+00**	UNPG - Module d'informations environnementales de la production de granulats recyclés[10]	granulats recyclés (31 mai 2011)
Grave naturelle concassée	tonne	**2,57E+00**	UNPG - Module d'informations environnementales de la production de granulats issus de roches massives	granulats issus de roches massives (31 mai 2011)
Grave naturelle roulée	tonne	**2,30E+00**	UNPG - Module d'informations environnementales de la production de granulats issus de roches meubles	granulats issus de roches meubles (31 mai 2011)
Grave bitume 3	tonne	**4,65E+01**	Bilan carbone - V7 - ADEME 2012	Grave bitume 3
Grave ciment	tonne	**5,06E+01**	Bilan carbone - V7 - ADEME 2012	Grave ciment

3.1.7 Autres matériaux

Tableau 12 : Facteurs d'émissions retenus pour le bois, la chaux et l'eau

Matériau/Poste	Unité	Changement climatique (en kg eq CO_2/unité)	Source	Référence
Bois[11]	tonne	**1,43E+02**	EcoInvent2.2	Sawn timber, hardwood, planed, air / kiln dried, u=10%, at plant/RER
Chaux	tonne	**1,04E+03**	Base carbone	chaux - fabrication
Eau	m^3	**3,17E-01**	Bilan Produit - 2011	Eau potable au robinet

[10] Ce facteur d'émissions a été calculé selon la méthode des stocks, il est donc cohérent avec la méthodologie employée ici.

[11] La densité considérée pour le bois est de 650 kg/m^3.

3.1.8 Matériaux de réemploi

L'outil permet d'indiquer une quantité de matériaux réemployés au sein du chantier, dans la mesure où ces derniers n'ont pas subi de traitement pour pouvoir être réutilisés. Seuls les impacts liés à leur acheminement sur le chantier sont alors pris en compte, conformément à la méthode retenue pour la réutilisation ou le recyclage des matériaux (méthode des stocks).

3.2 Utilisation d'engins et autres consommations énergétiques

3.2.1 Engins et matériel

Les facteurs d'émissions pour l'immobilisation des engins sont précisés dans le tableau ci-dessous. Pour l'évaluation des émissions totales générées par l'utilisation des engins, les consommations de carburants sont ajoutées comme décrit au paragraphe 2.3.1. C'est le facteur d'émissions du gazole non routier qui est alors utilisé.

Tableau 13 : Facteurs d'émissions retenus pour les engins

Matériau/Poste	Unité	Changement climatique (en kg eq CO_2/unité)	Source	Référence
Petit outillage (<500 kg)	équipement	**9,17E+02**	Bilan carbone - V7 - ADEME 2012	FE Immobilisations - Machines, en considérant une masse de 250 kg
Matériel (0,5-5t)	équipement	**9,17E+03**	Bilan carbone - V7 - ADEME 2012	FE Immobilisations - Machines, en considérant une masse de 2,5 tonnes
Petits engins (5-10t)	engin	**2,75E+04**	Bilan carbone - V7 - ADEME 2012	FE Immobilisations - Machines, en considérant une masse de 7,5 tonnes
Gros engins (10-30t)	engin	**7,33E+04**	Bilan carbone - V7 - ADEME 2012	FE Immobilisations - Machines, en considérant une masse de 20 tonnes
Très gros engins (>30t)	engin	**1,47E+05**	Bilan carbone - V7 - ADEME 2012	FE Immobilisations - Machines, en considérant une masse de 40 tonnes

3.2.2 Énergie et combustibles

Tableau 14 : Facteurs d'émissions retenus pour l'énergie et les combustibles

Matériau/Poste	Unité	Changement climatique (en kg eq CO_2/unité)	Source	Référence
Fioul domestique	L	**3,24E+00**	Bilan carbone - V7 - ADEME 2012	Fioul domestique, France (amont et combustion)
Diesel pour engin de chantier	kWh	**3,30E-01**	EcoInvent2.2	Diesel, burned in building machine/GLO S
Gazole non routier	L	**3,17E+00**	Base carbone	gasoil non routier
Essence	L	**2,93E+00**	Bilan carbone - V7 - ADEME 2012	Essence pure, France (amont et combustion)
Électricité	kWh	**7,80E-02**	Bilan carbone - V7 - ADEME 2012	Pays de consommation de l'électricité : France
Chaleur, charbon	kWh	**6,00E-01**	EcoInvent2.2	Heat, hard coal coke, at stove 5-15kW/RER
Chaleur, Gaz	kWh	**2,58E-01**	EcoInvent2.2	Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/RER
Vapeur	kWh	**2,03E-01**	Bilan carbone - V7 - ADEME 2012	Moyenne des réseaux de vapeur France

Note : Les facteurs incluent les émissions amont et les émissions de combustion.

3.3 Transports – fret et déplacements

Tableau 15 : Facteurs d'émissions retenus pour le fret et les déplacements du personnel

Matériau/Poste	Unité	Changement climatique (en kg eq CO_2/unité)	Source	Référence
3,5 t simple fret	tkm	**5,20E-01**	Guide sectoriel 2012 UNPG - ADEME	fret routier, 3,5 tonnes; 50% de trajet à vide; 100% de la CU max
3,5 t double fret	tkm	**2,60E-01**	Guide sectoriel 2012 UNPG - ADEME	fret routier, 3,5 tonnes; 0% de trajet à vide; 100% de la CU max
19 t simple fret	tkm	**1,90E-01**	Guide sectoriel 2012 UNPG - ADEME	fret routier, 11 à 19 tonnes; 50% de trajet à vide; 100% de la CU max
19 t double fret	tkm	**1,10E-01**	Guide sectoriel 2012 UNPG - ADEME	fret routier, 11 à 19 tonnes; 0% de trajet à vide; 100% de la CU max
24 t simple fret	tkm	**7,80E-02**	Guide sectoriel 2012 UNPG - ADEME	Hypothèse ADEME : 38L/100km, 2/3 de 38L/100km pour le retour à vide
24 t double fret	tkm	**4,70E-02**	Guide sectoriel 2012 UNPG - ADEME	Hypothèse ADEME : 38L/100km, seul l'aller est compté
Train	tkm	**2,05E-02**	EcoInvent2.2	Transport, freight, rail/FR S
Bateau	tkm	**1,07E-02**	EcoInvent2.2	Transport, transoceanic freight ship/OCE
Voiture individuelle	km	**2,89E-01**	EcoInvent2.2	Transport, passenger car/RER S - exprimé en km en considérant 1 personne par véhicule (au lieu des 1.6 personnes en moyenne considérées dans EcoInvent)
Fourgonnette	km	**3,57E-01**	EcoInvent2.2	Transport, van <3.5t/RER S - Exprimé en km en considérant un chargement moyen de 189 kg (hypothèse EcoInvent).

Note pour le fret :

Simple fret = 50% de trajet à vide, 100% de la charge utile maximum

Double fret = 0% de trajet à vide, 100% de la charge utile maximum.

Par ailleurs, les facteurs d'émissions présentés plus haut sont les facteurs « de base ». Ces facteurs sont en réalités ajustés pour tenir compte des propriétés des matériaux, comme détaillé au chapitre 1.1.1.

Note pour les trajets en voiture individuelle et en fourgonnette :

Seuls le nombre de trajets et la distance sont pris en compte. Le covoiturage se traduit par le fait que l'utilisateur indiquera un nombre plus réduit de trajets si plus de personnes sont transportées à chaque fois. On fait la simplification suivante : on ne considère pas d'émissions supplémentaires pour les trajets plus « chargés », c'est-à-dire transportant plus de personnes.

3.4 Traitement des déchets

Tableau 16 : Facteurs d'émissions retenus pour le traitement des déchets

Matériau/Poste	Unité	Changement climatique (en kg eq CO_2/unité)	Source	Référence
Déchets inertes pour enfouissement	kg	**1,50E-02**	Bilan carbone - V7 - ADEME 2012	Fonctionnement des centres de traitement - stockage
Déchets amiantés pour enfouissement en ISNDN	kg	**1,50E-02**	Bilan carbone - V7 - ADEME 2012	Fonctionnement des centres de traitement - stockage
Déchets Non Dangereux pour enfouissement	kg	**3,30E-02**	Bilan carbone - V7 - ADEME 2012	Mise en CET - Divers non combustible et non fermentescible
Terres souillées pour bio-remédiation ex-situ	kg	**6,20E-02**	Toffoletto et al., LCA of Ex-Situ Bioremediation of Diesel-Contaminated Soil (2005), International Journal of LCA[12]	-
Déchets stockés localement (terre propre…)	kg	**-**	*Il s'agit du stockage de matériaux propres (ex : terre) à proximité du chantier. Ce dépôt n'impliquant aucune infrastructure ni émission particulière, aucun impact n'est associé au stockage. (L'impact du transport est quant à lui bien pris en compte).*	
Déchets pour retraitement (ex : béton, produits de chaussée…)	kg	**-**	*Du fait de l'utilisation de la méthode des stocks pour la prise en compte du recyclage, aucun impact n'est attribué à la fin de vie des matériaux recyclés, en dehors de leur transport jusqu'au site de traitement.*	

[12] La publication originale indique des émissions de 6,2E+05 kg de CO2 pour le traitement de 8000 m^3 de terre souillée. Cette donnée a été convertie en un facteur par kilogramme de terre traitée, en considérant une masse volumique de 1250 kg/m^3.

-Fin du Document-

20-22 Villa Deshayes
75014 Paris

+ 33 (0) 1 53 90 11 80

biois.com