



MÉTHODOLOGIE & SOURCES

Version 5.1

Janvier 2024

1 SOMMAIRE

1	Sommaire	2
2	Historique des versions	3
3	Introduction	4
4	Méthodologie	5
4.1	Frontière du système	5
4.2	Indicateurs.....	6
4.3	Comparaison.....	7
4.4	Sources de données.....	7
5	Produits	9
5.1	Granulats.....	9
5.2	Liants bitumineux.....	11
5.3	Liants hydrauliques.....	14
5.4	Bétons et mortiers	16
5.5	Asphaltes	17
5.6	Additifs pour enrobés.....	18
5.7	Pavés et dalles	18
5.8	Canalisations	20
5.9	Autres.....	21
6	Transport	22
6.1	Transport routier	22
6.2	Transport ferroviaire	25
6.3	Transport fluvial.....	25
6.4	Transport maritime.....	26
7	Engins	27
8	Usine d'enrobés	29
8.1	Combustibles	29
8.2	Brûleur / sécheur.....	29
8.3	Consommations annexes.....	30
9	Usine de mélanges à froid	31
10	Matériaux sortant du chantier	32
11	Module simplifié d'éco-conception ECO-PRO	33
11.1	Principe de calcul	33
11.2	Produits.....	34
11.3	Transport	35
11.4	Mise en œuvre.....	36

2 HISTORIQUE DES VERSIONS

Version 5.1 (mise à jour janvier 2023)

- Liants hydrauliques :
 - Modification des données Ciment- données France Ciment, février 2023
 - Ajout LHR à taux intermédiaire de clinker (de 30 à 50%) et LHR à taux intermédiaire de clinker (de 50 à 70 %) – données France Ciment, juin 2022
- Granulat laitier : prise en compte des recommandations de la DHUP
- Pavé de voirie en béton : intégration des données FDES CERIB 2022
- Transport :
 - Prise en compte de la fabrication des matériels roulants (transports routiers et ferroviaire)
 - Actualisation des consommations de référence
- Prise en compte FDES asphaltes 2022

3 INTRODUCTION

SEVE-TP est un logiciel **éco-comparateur** qui permet de comparer **l'impact environnemental** de solutions de construction et d'entretien d'infrastructures dans le domaine de la route, voirie et réseaux divers. L'impact environnemental est évalué sur la base de 7 indicateurs quantitatifs et 2 indicateurs qualitatifs (optionnels) décrits dans ce document.

SEVE-TP fournit un rapport de synthèse standardisé comportant de manière transparente l'ensemble des données saisies par l'utilisateur. Il est particulièrement adapté à la **phase de consultation** des entreprises pour les marchés de travaux en tant qu'outil d'aide à la décision pour le maître d'ouvrage. Il permet également de modéliser l'impact environnemental d'une infrastructure sur son **cycle de vie complet** en intégrant l'entretien et la fin de vie.

Ce document présente les hypothèses retenues pour l'élaboration de la **base de données SEVE-TP** et de la **méthode de calcul des indicateurs**.

4 METHODOLOGIE

4.1 Frontière du système

Périmètre du système

Le périmètre de modélisation comprend :

- La **production des matériaux entrants** dans la fabrication des constituants du chantier, y compris l'extraction du milieu naturel des différents traitements et les différentes opérations de fret en amont du chantier ou des usines ;
- La **transformation de ces matériaux** dans des usines (usine d'enrobés à chaud, usine d'enrobés à l'émulsion, unité de production de béton, usine de matériaux traités au liant hydraulique) ;
- Les opérations de **fret** tout au long du chantier (de l'usine vers le chantier, du chantier vers l'extérieur, ou internes au chantier) ;
- Les opérations de **mise en œuvre** sur le chantier (démolitions, rabotages, tranchées, canalisations, terrassement, réglages, etc.) ;
- Le **traitement** des matériaux à l'issue du chantier ;
- La fabrication et l'utilisation des **infrastructures** des usines et des engins de chantier.

À noter que pour chaque MJ d'énergie consommée sur le chantier ou en usine, la « mise à disposition » de cette énergie est prise en compte. Par exemple, pour le gazole, l'extraction du pétrole, le transport vers l'Europe, le raffinage et la distribution sont calculés.

Le « système » ne prend pas en compte :

- Le déplacement du personnel (agence ou usine de fabrication), dont le l'impact est jugé négligeable ;
- Les infrastructures des usines, hors usines d'enrobés à chaud.

Segmentation des indicateurs

Les indicateurs sont segmentés selon différentes étapes :

- Extraction et fabrication de constituants ;
- Transport en amont de l'usine de fabrication ;
- Fabrication des mélanges ;
- Transport vers le chantier ;
- Mise en œuvre sur chantier ;
- Fret sortant du chantier.

La « fabrication des mélanges » et le « transport en amont » sont présentés de façon séparée uniquement pour les produits suivants :

- Enrobés bitumineux ;
- Asphaltes ;
- Matériaux traités aux liants hydrauliques.

Pour ces trois types de produits, les impacts environnementaux sont donc présentés selon 6 segments : matériaux, transport en amont, fabrication des mélanges, transport chantier, mise en œuvre et fret sortant du chantier.

Ces produits sont parmi les plus significatifs dans le domaine des travaux routiers. Cette segmentation permet d'identifier les postes les plus émetteurs et ceux pour lesquels il existe une marge de manœuvre pour réduire les impacts.

Pour les autres produits fabriqués de type béton, une découpe en 6 segments n'a pas été possible par manque de données spécifiques sur certaines sous-étapes. L'évaluation des impacts a donc été réalisée en intégrant la « fabrication des mélanges » et le « transport en amont » dans le segment « extraction des matériaux ». Une segmentation plus fine aurait eu ici moins d'intérêt car les leviers d'action sont limités.

4.2 Indicateurs

Indicateurs

L'éco-comparateur SEVE-TP permet de comparer l'empreinte environnementale de solutions techniques **offrant le même niveau de service** pour la construction ou l'entretien d'une infrastructure, sur la base de :

- **Sept indicateurs quantitatifs :**



- **Consommation des ressources énergétiques** exprimée en MJ :
Cet indicateur correspond à la somme des énergies primaires renouvelables et non renouvelables utilisées pour la réalisation de l'ouvrage.



- **Émission de gaz à effet de serre** exprimée en tonnes de CO₂ équivalent :
Cet indicateur rend compte de l'impact environnemental des solutions technique sur le changement climatique.



- **Quantité de transport** exprimée en tonne.kilomètre :
Cet indicateur apporte des informations sur la sollicitation de l'infrastructure support ou encore sur la gêne occasionnée aux riverains.



- **Préservation de la ressource**, décomposée en 4 sous-indicateurs :
 - Consommation de granulats naturels (en tonnes) ;
 - Consommation de matériaux recyclés (en tonnes) ;
 - Consommation d'agrégats d'enrobés¹ (en tonnes) ;
 - Consommation de déblais issus du chantier et réutilisés sur l'emprise du projet (en tonnes).



- **Deux indicateurs qualitatifs (optionnels) :**

- **La gestion de l'eau**, qui reflète le niveau d'engagement de l'entreprise à préserver la ressource en eau et à mettre en valeur ses capacités à utiliser de l'eau recyclée sur ses projets.
- **La prise en compte de la biodiversité**, qui décrit le niveau d'engagement et les modalités d'action de l'entreprise pour préserver la biodiversité.



¹ Les agrégats d'enrobés sont élaborés par un procédé industriel à partir de matériaux de récupération : fraisats des chantiers, retours de déconstruction de chantiers d'enrobés sous forme de plaques et de croûtes, retours d'enrobés des chantiers non mis en œuvre, rebus et les surplus de production d'usine d'enrobés.

4.3 Comparaison

SEVE-TP est un outil de comparaison de l’empreinte environnementale entre plusieurs solutions techniques offrant **le même niveau de service** et les mêmes fonctionnalités.

Il serait par exemple incorrect de comparer deux solutions n’ayant pas la même durée de vie.

Ainsi, deux solutions techniques comparées dans SEVE-TP devront satisfaire aux contraintes suivantes :

- **Adéquation au cahier des charges du projet ;**
- **Durée de vie identique et même qualité de service (les solutions pouvant avoir, ou non, un scénario avec un ou plusieurs entretien(s)).**

4.4 Sources de données

Données externes

Document	Emetteur	Année
FD P01-015 : Fascicule de données énergies et transports	AFNOR (Association française de normalisation)	
Base Carbone	ADEME	
Life Cycle Inventory for bitumen	Eurobitume	2012
Déclaration Environnementale de Produit Ciments courants français	France Ciment	2023
Modules d’informations environnementales de la production de granulats et granulats recyclés	UNPG (Union nationale des producteurs de granulats)	2017
Modules d’informations environnementales de la production d’enrobés à l’émulsion	Routes de France	2022
Déclaration environnementale et sanitaire - Pavé de voirie en pierre naturelle	CTMNC (Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction)	2008
FDES Bordure et caniveau en béton	CERIB (Centre d’études et d’expertises de l’industrie du béton)	2011
FDES pavé de voirie en béton	CERIB (Centre d’études et d’expertises de l’industrie du béton)	2022
Base Eco-Invent v2.2		
Base Eco-Invent v3.6		
Base de données INIES	INIES	2020
Fiches de données environnementales et sanitaires des asphaltes	Office des Asphaltes	2022
Rapport ICV de la chaux	Union des Producteurs de Chaux (UPC)	

Données internes

Certaines données n'étant pas directement accessibles, un groupe de travail constitué de membres de Routes de France a travaillé à l'élaboration des ratios, consommations et autres données indispensables à la constitution de la base de données.

Produit rendu

La notion de produit rendu s'applique uniquement aux additifs pour enrobés. Un produit rendu correspond à un produit livré. Dans le cas d'un produit rendu, une hypothèse est prise sur un transport moyen intégré dans le coût environnemental du produit.

5 PRODUITS

5.1 Granulats

Sources

Les facteurs d'émission sont issus des modules d'informations environnementales (MIE) publiés par l'UNPG² en 2017 pour trois catégories de matériaux :

- « Granulats issus de roche massive »,
- « Granulats issus de roche meuble »,
- « Granulats recyclés ».

L'unité déclarée retenue pour ces MIE est la production « du berceau à la porte de l'usine » d'une « tonne de granulats représentatifs du contexte français, avec un taux d'humidité compris entre 0% et 7% ».

Les impacts environnementaux des matériaux utilisés dans la famille « granulats » de SEVE-TP reposent sur ces résultats.

Granulats naturels

Les « **granulats naturels** » sont issus de carrière de matériaux naturels disposant d'installation de traitement des matériaux. L'impact environnemental des « granulats naturels » est calculé en faisant une pondération à hauteur de 50% pour les granulats de roche massive et 50 % pour les granulats de roche meuble.

Les données retenues dans SEVE-TP sont :

Pour 1 tonne	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
MIE « Granulats issus de roches massives »	2,60 10 ⁻³	7,41 10 ¹
MIE « Granulats issus de roches meubles »	2,75 10 ⁻³	7,98 10 ¹
Granulats naturels	2,68 10⁻³	7,70 10¹

Gravillons, sables, filler d'apport

Les données environnementales des gravillons et des sables sont considérées comme équivalentes à celles de la ressource « Granulats naturels ». Ils ont en revanche des teneurs en eau spécifiques qui ont un impact sur la phase de production des enrobés à chaud.

Concernant le filler d'apport, il n'existe pas aujourd'hui de FDES (fiche de données environnementale et sanitaire) ou DEP (déclaration environnementale de produit) collective réalisée sur ce matériau. Le recours au filler d'apport se fait généralement en faible quantité (<2%) et les impacts environnementaux dus au transport sont souvent nettement supérieurs au coût environnemental liées au processus de fabrication. Pour ces raisons, le filler d'apport est modélisé dans SEVE-TP comme un granulats naturel.

Granulats recyclés

Cette ressource correspond aux matériaux issus d'une installation de recyclage de déblais de chantier. Les déblais de chantier réceptionnés à l'installation de recyclage de déchets inertes sont généralement des bétons de démolitions, blocs de chaussées, bordures, etc.

² Union nationale des producteurs de granulats

Les granulats recyclés sont destinés à plusieurs types d'utilisation :

- directement sur le chantier (en remblai ou dans le corps d'une structure de chaussée)
- dans des formules de matériaux traités aux liants hydrauliques (MTLH) (passage en centrale de malaxage) ou de béton.

Les données environnementales retenues pour les granulats recyclés sont celles du MIE « Production de granulats recyclés » de l'UNPG de 2017 :

Pour 1 tonne	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
MIE « Granulats recyclés »	1,50 10 ⁻³	3,29 10 ¹
Granulats recyclés	1,50 10⁻³	3,29 10¹

Les agrégats d'enrobés ne sont pas pris en compte dans cette catégorie de ressource car ils font l'objet d'une rubrique et d'un indicateur spécifiques.

Granulat laitier

Les laitiers sont des co-produits de l'acier. Le rapport final produit par la DHUP recommande l'intégration de l'allocation économique entre la fonte et le laitier de haut fourneau à une hauteur de 1,4% pour le laitier de haut fourneau.

En ajoutant l'impact environnemental lié au procédé d'élaboration, considéré équivalent à celui des granulats recyclés, les valeurs suivantes sont retenues dans SEVE-TP :

Pour 1 tonne	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
Granulat laitier	8,45 10 ⁻²	1,16 10 ³

Granulat schiste

Les schistes correspondent aux matériaux issus des terrils houillers (Nord Pas de Calais et Loire notamment). En vue de leur utilisation en technique routière, ces produits nécessitent un passage dans une installation de traitement (concassage, criblage...). Il est par conséquent considéré que ces matériaux présentent une empreinte environnementale équivalente à celle du granulat recyclé.

Agrégats d'enrobés (AE)

Deux types d'agrégats d'enrobés (AE) sont considérés³ :

- les matériaux issus du recyclage ou de la fabrication des enrobés (fraisats, croûtes d'enrobé, co-produits de fabrication), ayant subi un traitement (concassage / criblage), classés selon la norme NF EN 13108-8 et destinés à être utilisés dans la fabrication d'enrobés. **On considère que l'impact environnemental (impact changement climatique et consommation d'énergie) de ces agrégats d'enrobés est identique à celui des granulats recyclés.**
- les fraisats issus du rabotage de chaussée classés selon la norme NF EN 13108-8 et n'ayant fait l'objet d'aucun traitement de type concassage /

³ Les fraisats contenant de l'amiante ne sont pas considérés comme des agrégats d'enrobés ; ils sont traités dans la partie 10

Déblais réutilisés

criblage avant réintroduction dans le procédé de fabrication des enrobés.
L'impact environnemental est nul pour ce type d'AE.

Une ressource « Déblais bruts réutilisés (sans traitement) » est créée avec une empreinte environnementale nulle. Cela correspond aux déblais inertes destinés à une réutilisation sur le périmètre du chantier.

5.2 Liants bitumineux

Bitumes purs

Les données relatives au bitume sont issues de l'Inventaire du cycle de vie référencé 2.0 publié par EUROBITUME en 2012 (*Life-Cycle Inventory for bitumen version 2.0, process with infrastructure, Eurobitume 2012*).

Les valeurs prennent en compte l'extraction du pétrole brut, le transport, le raffinage et le stockage dans la raffinerie. Elles correspondent à un bitume pur. Ne disposant pas de données plus fines par rapport au grade du bitume, il est considéré en première approche que l'impact environnemental est le même pour tous les grades de bitumes routiers.

Le bitume est dérivé du pétrole brut, il contient donc une énergie « matière ». Cependant, utilisé comme constituant de matériaux de construction notamment pour les infrastructures routières, le bitume ou les mélanges bitumineux ne sont jamais utilisés comme combustibles, même en fin de vie. Ils sont systématiquement recyclés, valorisés ou stockés en ISDI⁴. L'énergie matière du bitume n'est donc jamais libérée. Il est par conséquent retenu que **l'utilisation des ressources d'énergie primaire utilisées en tant que matière première pour le bitume n'est pas comptabilisée dans SEVE-TP.**

Pour 1 tonne	Changement climatique (en t eq. CO ₂)	Energie (MJ)
Bitume pur 10/20	2,47 10 ⁻¹	3,69 10 ³
Bitume pur 15/25	2,47 10 ⁻¹	3,69 10 ³
Bitume pur 20/30	2,47 10 ⁻¹	3,69 10 ³
Bitume pur 35/50	2,47 10 ⁻¹	3,69 10 ³
Bitume pur 50/70	2,47 10 ⁻¹	3,69 10 ³
Bitume pur 70/100	2,47 10 ⁻¹	3,69 10 ³
Bitume pur 160/200	2,47 10 ⁻¹	3,69 10 ³

Bitumes fluxés au fluxant pétrolier

Les données relatives au bitume fluxé au fluxant pétrolier sont considérées comme équivalentes à celles d'un bitume pur.

Bitumes modifiés aux polymères

Les données relatives au bitume modifié par des polymères sont calculées à partir des données de ses constituants et du procédé de fabrication :

- bitume : ICV Eurobitume 2012 (voir paragraphe précédent) ;
- additif polymérisé (source : Eco-Profile of SBS, The International Institute of Synthetic Rubber Producers, I. Boustead & D.L.Cooper, July 1998) à différents pourcentages

⁴ Installation de stockage de déchet inerte

- Procédé de fabrication du bitume modifié en usine : la consommation d'électricité pour le mélange des constituants est évaluée à 72 MJ d'électricité/t (source : ICV Eurobitume 2012). Le coefficient de conversion de l'énergie électrique en énergie primaire est pris à 2.90 (source : Bilan énergétique de la France en 2018 - Commissariat général au développement durable). Le facteur d'émission du MJ électrique est issu de la base carbone ADEME (Electricité - 2018 - usage : Industrie base - consommation).

Pour 1 tonne	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
Additif polymérisé	3,65 10 ⁰	4,32 10 ⁴
Bitume pur	2,47 10 ⁻¹	3,69 10 ³
Fabrication du liant modifié	7,80 10 ⁻⁴	2,09 10 ²

Soit :

Pour 1 tonne	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
Bitume polymère 3%	3,67 10 ⁻¹	5,29 10 ³
Bitume polymère 3,5%	3,84 10 ⁻¹	5,48 10 ³
Bitume polymère 4%	4,01 10 ⁻¹	5,68 10 ³
Bitume polymère 4,5%	4,18 10 ⁻¹	5,88 10 ³
Bitume polymère 5%	4,34 10 ⁻¹	6,07 10 ³
Bitume polymère 5,5%	4,51 10 ⁻¹	6,27 10 ³
Bitume polymère 6%	4,68 10 ⁻¹	6,47 10 ³
Bitume polymère 6,5%	4,85 10 ⁻¹	6,66 10 ³
Bitume polymère 7%	5,05 10 ⁻¹	6,86 10 ³

Mousse de bitume pur

Les deux usages de la mousse de bitume pur sont :

- en tant que liant d'enrobage pour la fabrication des enrobés à température abaissée en usine ;
- en tant que liant d'enrobage pour le recyclage en place.

Dans les deux cas, le procédé de moussage a un impact environnemental considéré comme négligeable. La mousse de bitume pur est donc modélisée comme le bitume pur.

Emulsions bitume

L'émulsion est constituée d'un mélange de :

- de bitume à 160°C,
- d'eau à 55°C,
- de fluxant,
- de stabilisant de type « amine »
- d'acide chlorhydrique.

La mise en émulsion est réalisée dans une usine de liant spécialement dédiée, comportant l'unité d'émulsification, mais aussi tous les processus de maintien des produits en température, de circulation des fluides, de commande, etc.

Les impacts de l'étape de production sont issus de l'étude ACV menée pour le compte de Routes de France et ayant permis la publication en 2022 du module d'informations environnementales des enrobés à l'émulsion.

Le stabilisant tensio-actif de type « amine », en l'absence de données transmises par le fabricant, est assimilé à du diéthanolamine (base Ecoinvent 3.6, diéthanolamine, at plant / RER). Ce stabilisant est en faible quantité, on retient les valeurs suivantes :

Pour 1 tonne	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
Amine	2,75 10 ⁰	9,60 10 ⁴

Les données pour acide chlorhydrique sont issues de la base Ecoinvent 3.6 (hydrochloric acid, 30% in H₂O, at plant / RER) :

Pour 1 tonne	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
Acide chlorhydrique	7,48 10 ⁻¹	1,63 10 ⁴

En première approche, la fabrication d'une mousse de bitume peut être assimilée à celle d'une émulsion.

La distance de transport moyenne retenue pour le bitume est 200 km (le transport des autres constituants est considéré comme négligeable). On en déduit la table suivante :

	Emulsion d'enrobage 60%	Emulsion d'enrobage 65%	Emulsion de répandage 65%	Emulsion de répandage 69%
Amines	0,50%	0,50%	0,15%	0,15%
Acide chlorhydrique	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%
Bitume pur	60,00%	65,00%	65,00%	69,00%
Fluxant	1,50%	1,50%	1,00%	1,00%
Eau	37,80%	32,80%	33,65%	29,65%
Fabrication de l'émulsion (mise en émulsion et chauffe liants) : consommation d'énergie (MJ)	3,56 10 ²	3,56 10 ²	3,56 10 ²	3,56 10 ²
Fabrication de l'émulsion (mise en émulsion et chauffe liants) : émission GES (t eq. CO ₂)	8,00 10 ⁻³	8,00 10 ⁻³	8,00 10 ⁻³	8,00 10 ⁻³
Energie (MJ / t émulsion)	3,32 10³	3,52 10³	3,14 10³	3,30 10³
Changement climatique (tCO₂eq / t émulsion)	2,07 10⁻¹	2,22 10⁻¹	2,02 10⁻¹	2,13 10⁻¹

5.3 Liants hydrauliques

Ciments

Les données relatives aux ciments sont issues d'un Inventaire du cycle de vie (ICV) sur la France métropolitaine publié par le Syndicat Français de l'Industrie Cimentière en en février 2023.

Les ciments ciblés par l'ICV du SFIC sont des ciments "gris" répondant aux exigences de la norme NF EN 197-1 et dont les compositions correspondent à des formulations moyennes de ciments produits en France métropolitaine.

- Ciment Portland CEM I
- Ciment Portland au laitier CEM II A-S, CEM II A-M, CEM II A-V
- Ciment Portland au calcaire CEM II AL ou LL
- Ciment Portland au calcaire CEM II BL ou LL
- Ciment Portland composé CEM II B-M ou B-S
- Ciment de haut fourneau CEM III A avec caractéristiques PM et ES
- Ciment de haut fourneau CEM III B
- Ciment courant français CEM III C
- Ciment composé CEM V/A (S, V)
- Ciment à maçonner MC 12,5

Par tonne		Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
Ciments portland	CEM I	7,52 10 ⁻¹	4,25 10 ³
Ciments Portland composés	CEM II AS, CEM II AM, CEM II AV	6,19 10 ⁻¹	3,43 10 ³
	CEM II AL ou LL	6,40 10 ⁻¹	3,40 10 ³
	CEM II BL ou LL	5,47 10 ⁻¹	2,99 10 ³
	CEM II BM ou BS	5,54 10 ⁻¹	3,26 10 ³
Ciments de hauts fourneaux	CEM III A avec caractéristiques PM et ES	3,34 10 ⁻¹	2,98 10 ³
	CEM III B	3,16 10 ⁻¹	3,08 10 ³
Ciment courant	CEM III C	1,99 10 ⁻¹	2,47 10 ³
Ciments composés	CEM V/A (S-V)	4,79 10 ⁻¹	3,39 10 ³
Ciment à maçonner	MC 12,5	4,37 10 ⁻¹	3,44 10 ³

Pour l'indicateur « Consommation de granulats », il est considéré que les ciments CEM II et CEM III sont constitués de matériaux valorisés : laitiers, cendres volantes, etc. n'impactant pas l'indicateur « consommation de granulats », ce qui n'est pas le cas du clinker, essentiellement constitué de matériaux issus du milieu naturel. Il est considéré que le CEM II est composé en moyenne de 60% de clinker et que le CEM III est lui composé de 40% de clinker en moyenne. Le clinker étant le seul matériau impactant sur l'indicateur consommation de granulats.

Les valeurs suivantes pour l'indicateur « Consommation de granulats naturels » sont retenues :

Pour 1 tonne	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)	Conso granulats (t)
--------------	--	--------------	---------------------

CEM I	7,65 10 ⁻¹	4,47 10 ³	0,950
CEM II	6,30 10 ⁻¹	3,67 10 ³	0,750
CEM III	3,81 10 ⁻¹	2,97 10 ³	0,500
CEM V	4,84 10 ⁻¹	3,22 10 ³	0,660

Chaux

Les données relatives à l'impact changement climatique et à l'énergie sont issues de l'agrégation de valeurs de 6 producteurs de chaux. Une consommation d'1 tonne de granulats pour une tonne de chaux a été retenue conformément au calcul adopté pour les granulats naturels et le clinker.

Pour 1 tonne	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)	Conso granulats (t)
Chaux vive « type route »	1,10 10 ⁰	4,50 10 ³	1,000
Chaux éteinte	8,57 10 ⁻¹	3,85 10 ³	1,000

Liants hydrauliques routiers (LHR)

Les fournisseurs et les types de liants hydrauliques routiers (LHR) sont multiples. L'impact carbone des liants routiers est en très grande majorité attribuable à la quantité de clinker et de chaux dans la formulation.

L'impact sur l'indicateur « consommation de granulats » dépend de la formulation du LHR. Les constituants qui peuvent impacter cet indicateur sont par exemple le clinker, le gypse, le calcaire. Les laitiers ou les cendres volantes n'ont aucun impact sur cet indicateur.

Des déclarations environnementales de produits collectives ont été publiées par le Syndicat français de l'industrie cimentière (SFIC) en décembre 2021 et actualisées en juin 2022.

Les catégories retenues dans SEVE-TP avec les valeurs associées sont les suivantes :

Pour 1 tonne	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)	Conso granulats (t)
LHR à très faible teneur en clinker (< 10%)	1,63 10 ⁻¹	2,45 10 ³	0,0975
LHR à faible teneur en clinker (10 à 30%)	2,58 10 ⁻¹	2,70 10 ³	0,2875
LHR à teneur intermédiaire en clinker (30 à 50%)	3,91 10 ⁻¹	2,90 10 ³	0,4775
LHR à teneur intermédiaire en clinker (50 à 70%)	4,86 10 ⁻¹	2,94 10 ³	0,9675
LHR à forte teneur en clinker (> 70%)	6,20 10 ⁻¹	3,56 10 ³	0,9575
LHR avec ajout de chaux	6,16 10 ⁻¹	4,05 10 ³	0,7725

Cendres volantes

Les cendres volantes sont considérées comme un co-produit de la combustion du charbon dans les chaudières des centrales thermiques, par conséquent avec un impact environnemental nul.

Par tonne	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)	Conso granulats (t)	Conso agrégats d'enrobés (t)
Cendres volantes	0	0	0	0

5.4 Bétons et mortiers

Données externes

SEVE-TP dispose d'un modèle de centrale de malaxage à froid qui permet la création de formules de matériaux traités aux liants hydrauliques (MTLH) « sur mesure ». Le recours à cette fonctionnalité dans SEVE-TP est donc à privilégier, en particulier lorsque les quantités de matériaux utilisés sont importantes.

Toutefois, pour faciliter l'utilisation de SEVE-TP, la base de données met à disposition des utilisateurs 2 formules-type de bétons ainsi qu'une formule de mortier qui peuvent être utilisées pour un travail de première approche, ou bien dans le cas où les quantités de MTLH sont faibles.

Pour ces trois matériaux, l'impact associé à l'eau est considéré comme négligeable (<2%). On ajoute enfin un forfait de malaxage en centrale.

Béton C25/30

Béton C25/30	Changement climatique (tCO ₂ eq)	Energie (MJ)	Conso granulats (t)	Formule
Granulats naturels	2,68 10 ⁻³	7,70 10 ¹	1,000	88,18%
CEM II	6,76 10 ⁻¹	3,847 10 ³	0,500	11,82%
				(% x distance)
Transport des granulats (30km)	8,81 10 ⁻⁵	1,06 10 ⁰	0	25,2
Transport du CEM II (100km)	8,81 10 ⁻⁵	1,06 10 ⁰	0	15,9
				(Fabrication)
Fabrication en centrale	1,61 10 ⁻³	4,80 10 ¹	0	1
Densité : 2,25				
Par tonne	8,72 10⁻²	6,11 10²	0,920	
Par m³	1,96 10⁻¹	1,38 10³	2,071	

Béton C35/45

Béton C35/45	Changement climatique (t CO ₂ eq)	Energie (MJ)	Conso granulats (t)	Formule
Granulats naturels	2,68 10 ⁻³	7,70 10 ¹	1,000	83,00%
CEM I	7,65 10 ⁻¹	4,47 10 ³	0.950	17,00%
				(% x distance)

Mortier

Transport des granulats (30km)	8,81 10 ⁻⁵	1,06 10 ⁰	0	24,9
Transport du CEM I (100km)	8,81 10 ⁻⁵	1,06 10 ⁰	0	17,0
				(Fabrication)
Fabrication en centrale	1,61 10 ⁻³	4,80 10 ¹	0	1
Densité : 2,25				
Par tonne	1,38 10⁻¹	9,16 10²	0,992	
Par m³	3,10 10⁻¹	2,06 10²	2,231	

Mortier	Changement climatique (t CO ₂ eq)	Energie (MJ)	Conso granulats (t)	Formule
Granulats naturels	2,68 10 ⁻³	7,70 10 ¹	1,000	78,05%
CEM I	7,65 10 ⁻¹	4,47 10 ³	0,950	21,95%
				(% x distance)
Transport des granulats (30km)	8,81 10 ⁻⁵	1,06 10 ⁰	0	23,4
Transport du CEM I (100km)	8,81 10 ⁻⁵	1,06 10 ⁰	0	21,95
				(Fabrication)
Malaxage en centrale	1,61 10 ⁻³	4,80 10 ¹	0	1
Densité : 2,05				
Par tonne	1,76 10⁻¹	1,14 10³	0,989	
Par m³	3,60 10⁻¹	2,33 10³	2,028	

5.5 Asphaltes

FDES de l'Office des asphaltes

Les FDES publiées par l'Office des asphaltes en 2022 sont utilisées :

- Revêtements à base d'asphalte pour une application en voirie de type chaussée (épaisseur 35 mm)
- Revêtements à base d'asphalte pour une application en voirie de type trottoir (épaisseur 20 mm)
- Revêtements d'étanchéité à base d'asphalte pour ouvrage d'art, appelé complexe bicouche mixte (feuille bitumineuse de 3 mm d'épaisseur + couche d'asphalte gravillonné de 25 mm d'épaisseur)

Les valeurs retenues dans SEVE-TP sont extraites des FDES en prenant en compte les données relatives à la production uniquement (les données relatives au transport et à la mise en œuvre sont prises en compte de façon séparée dans l'outil SEVE-TP) :

Pour 1 tonne	Changement climatique (t CO ₂ eq)	Energie (MJ)	Conso de granulats (t)	Utilisation d'agrégats (t)
Asphalte de voirie	8,85 10 ⁻²	2,64 10 ³	0,83	0
Asphalte de trottoir	8,94 10 ⁻²	2,71 10 ³	0,83	0

Asphalte d'étanchéité pour ouvrage d'art	1,25 10 ⁻¹	3,40 10 ³	0,86	0
--	-----------------------	----------------------	------	---

Unité d'œuvre : m²

L'unité d'œuvre retenue dans SEVE-TP pour l'asphalte est le m². La masse par unité d'œuvre est la suivante :

- 84 kg/m² pour l'asphalte de chaussée ;
- 48 kg/m² pour l'asphalte de trottoir ;
- 64 kg/m² pour l'asphalte d'étanchéité d'ouvrage d'art.

5.6 Additifs pour enrobés

Additif polyéthylène Basse Densité (PE BD)

On utilise cet additif comme un additif polymérisé pour ajout direct en centrale de fabrication.

On utilise les valeurs données dans la base de données Ecoinvent 3.6 : « Polyethylene, HDPE, granulate, at plant, RER ».

Pour 1 tonne	Unité	Changement climatique (tCO ₂ eq)	Energie (MJ)
Additif Polyéthylène PEBD	tonne	2,178 10 ⁰	80,8110 ³

Pigment rouge (oxyde de fer)

On utilise les valeurs données dans la base de données EcoInvent v3.6 (Iron ore, 65% Fe, at beneficiation, GL).

Pour 1 tonne	Unité	Changement climatique (tCO ₂ eq)	Energie (MJ)
Pigment rouge	tonne	1,22 10 ⁻¹	1,86 10 ³

5.7 Pavés et dalles

Pavés de voirie en béton

Deux catégories de pavés sont disponibles dans SEVE-TP :

- Les pavés bétons ;
- Les pavés en matériau naturel (granit ou grès par exemple).

Les facteurs associés aux pavés béton sont calculés à partir de la FDES « Pavé de voirie en béton d'épaisseur 6 cm (avec joint et lit de pose) » publiée par le CERIB (février 2022).

Dans cette FDES, l'unité fonctionnelle correspond à 1 m² de pavés béton sur 6 cm d'épaisseur. Les données relatives au transport et à la mise en œuvre étant prises en compte de façon séparée dans l'outil SEVE-TP, seule la phase de production est considérée dans les indicateurs. En ce qui concerne la consommation de granulat, il a été pris en compte une consommation équivalente à la masse de pavé + lit de pose considérée dans l'unité fonctionnelle.

Pour 1 tonne	Changement climatique (t CO ₂ eq)	Energie (MJ)	Consommation granulats (t)
Pavés béton + lit de pose	6,86 10⁻²	6,03 10²	1,000

L'unité d'œuvre retenue dans SEVE-TP pour les pavés en béton est le m². La masse par unité d'œuvre pour les pavés d'épaisseur 6 cm est de 195 kg/m² dont 60 kg/m² correspondent au lit de pose.

Pavés en matériaux naturels

Pour les pavés en matériaux naturels, nous avons utilisé l'ICV « pavé de voirie en pierre naturel » du CTMNC d'août 2008. Les données sont fournies pour 1 m² de pavés aux dimensions 10x10x7 cm. Le lit de pose et les joints ne sont pas pris en compte dans ces ressources. L'utilisateur doit donc rajouter ces matériaux (exemple : sable, mortier, émulsion) dans les simulations SEVE-TP.

Les valeurs pour le changement climatique et l'énergie sont tirées de la FDES en prenant en compte les données indiquées dans la colonne production et en multipliant ces données par la durée de vie typique considérée dans la FDES. En ce qui concerne la consommation de granulat, il a été pris en compte une consommation équivalente à la masse de pavé considérée dans l'unité fonctionnelle.

Ces données ont ensuite été extrapolées pour les pavés en 10x10x10 cm et 10x10x14 cm. Pour les dimensions différentes de pavés, on considère en première approche que les facteurs à appliquer seront proportionnels à la hauteur des pavés.

L'unité d'œuvre retenue dans SEVE-TP est le m².

Pour une tonne de pavé en pierre naturelle	Changement climatique (tCO ₂ eq)	Energie (MJ)	Consommation granulats (t)	Masse par unité d'œuvre (t/m ²)
Pavés en pierre naturelle (10x10x7 cm)	6,90 10 ⁻²	3,16 10 ³	1,000	0,141
Pavés en pierre naturelle (10x10x10 cm)	6,90 10 ⁻²	3,16 10 ³	1,000	0,201
Pavés en pierre naturelle (10x10x14 cm)	6,90 10 ⁻²	3,16 10 ³	1,000	0,282

Dalles en pierre naturelle

Le principe retenu pour les dalles en pierre naturelle est identique à celui utilisé pour les pavés en pierre naturelle

Pour une tonne de dalle en pierre naturelle	Changement climatique (tCO ₂ eq)	Energie (MJ)	Consommation granulats (t)	Masse par unité d'œuvre (t/m ²)
Dalles en pierre naturelle – épaisseur 8 cm	6,90 10 ⁻²	3,16 10 ³	1,000	0,161
Dalles en pierre naturelle – épaisseur 10 cm	6,90 10 ⁻²	3,16 10 ³	1,000	0,201

Dalles en pierre naturelle – épaisseur 12 cm	$6,90 \cdot 10^{-2}$	$3,16 \cdot 10^3$	1,000	0,241
--	----------------------	-------------------	-------	-------

5.8 Canalisations

Matériaux

Trois natures de matériaux sont utilisées pour les canalisations :

- Béton armé
- Fonte ductile
- PVC

Les impacts environnementaux ramenés à la tonne pour ces trois matériaux sont les suivants :

Pour 1 tonne	Changement climatique (t CO ₂ eq)	Energie (MJ)	Consommation granulats (t)
Béton armé	$1,31 \cdot 10^{-1}$	$1,18 \cdot 10^3$	0,980
Fonte ductile	$1,68 \cdot 10^0$	$2,21 \cdot 10^4$	0,000
PVC	$2,28 \cdot 10^0$	$3,78 \cdot 10^4$	0,000

Les indicateurs sont ramenés au mètre linéaire de canalisation en considérant les masses linéiques suivantes :

	Masse linéique (t/ml)
Tuyau béton armé Ø 300	$1,80 \cdot 10^{-1}$
Tuyau béton armé Ø 400	$2,54 \cdot 10^{-1}$
Tuyau béton armé Ø 500	$3,60 \cdot 10^{-1}$
Tuyau béton armé Ø 600	$4,47 \cdot 10^{-1}$
Tuyau béton armé Ø 800	$7,04 \cdot 10^{-1}$
Tuyau béton armé Ø 1000	$1,08 \cdot 10^0$
Tuyau fonte ductile Ø 150	$2,36 \cdot 10^{-2}$
Tuyau fonte ductile Ø 200	$3,12 \cdot 10^{-2}$
Tuyau fonte ductile Ø 250	$4,06 \cdot 10^{-2}$
Tuyau fonte ductile Ø 300	$5,08 \cdot 10^{-2}$
Tuyau fonte ductile Ø 350	$8,05 \cdot 10^{-2}$
Tuyau fonte ductile Ø 400	$9,55 \cdot 10^{-2}$
Tuyau PVC CR4 Ø 125	$1,42 \cdot 10^{-3}$
Tuyau PVC CR8 Ø 125	$1,69 \cdot 10^{-3}$
Tuyau PVC CR4 Ø 160	$2,30 \cdot 10^{-3}$
Tuyau PVC CR8 Ø 160	$2,78 \cdot 10^{-3}$
Tuyau PVC CR4 Ø 200	$3,60 \cdot 10^{-3}$
Tuyau PVC CR8 Ø 200	$4,36 \cdot 10^{-3}$
Tuyau PVC CR4 Ø 250	$5,52 \cdot 10^{-3}$
Tuyau PVC CR8 Ø 250	$6,76 \cdot 10^{-3}$
Tuyau PVC CR4 Ø 315	$8,74 \cdot 10^{-3}$
Tuyau PVC CR8 Ø 315	$1,08 \cdot 10^{-2}$
Tuyau PVC CR4 Ø 400	$1,44 \cdot 10^{-2}$
Tuyau PVC CR8 Ø 400	$1,74 \cdot 10^{-2}$
Tuyau PVC CR8 Ø 500	$2,60 \cdot 10^{-2}$
Tuyau PVC CR4 Ø 630	$3,46 \cdot 10^{-2}$
Tuyau PVC CR8 Ø 630	$4,20 \cdot 10^{-2}$

5.9 Autres

Eau potable

Les données relatives à le « mise à disposition d'1 m³ d'eau potable » sont issues de la base INIES (de type donnée environnementale conventionnelle).

	Unité	Changement climatique (t CO ₂ eq)	Energie (MJ)
Eau	m³	2,35 10⁻⁴	1,05 10¹

Acier pour armature béton

Données extraites de la base de données DIOGEN : Armatures passives du béton armé (Toutes utilisations) et Ecoinvent (Reinforcing steel {RER}) production | Cut-off, U).

Pour 1 tonne	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)	Conso granulats (t)	Conso agrégats d'enrobés (t)
Acier pour armature béton	6,07 10⁻¹	2,58 10⁴	0	0

Géotextile

L'origine des données pour le géotextile représentatif de ceux utilisés dans les TP provient de Plasticeurope, il est considéré le coût énergie et CO₂ du polypropylène auquel est ajouté un coût de 50% pour le façonnage.

M2	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)	Conso granulats (t)	Conso agrégats d'enrobés (t)
Géotextile 100 g/m²	3,00 10⁻⁴	3,06 10⁰	0	0
Géotextile 150 g/m²	4,50 10⁻⁴	4,59 10⁰	0	0

6 TRANSPORT

6.1 Transport routier

Périmètre transport routier

Sont pris en compte pour les transports routiers :

- les impacts environnementaux imputables à la consommation d'énergie des véhicules sont évalués ;
- Les impacts environnementaux liés à la fabrication des matériels roulants.

Energies disponibles

SEVE-TP offre la possibilité de sélectionner **2 catégories d'énergies** pour les transports par la route :

- Le diesel B7 ;
- Le biodiesel de type B100.

L'énergie de référence renseignée par défaut est le diesel de type B7. C'est pour cette référence que sont détaillés les hypothèses et calculs dans les paragraphes suivants, menant aux données environnementales ramenées à la tonne.kilomètre (une tonne transportée sur un kilomètre). Le facteur d'émission du diesel B7 est issu de la base carbone de l'ADEME. La consommation d'énergie retenue est celle de la base de données OMINEA.

Pour 1 L	Changement climatique (tCO2eq)	Energie (MJ)
Diesel B7	3,10 10⁻³	3,83 10¹

Les données relatives aux autres énergies sont obtenues en affectant les **coefficients** ci-dessous aux données environnementales de référence du gasoil. Les sources de données à l'origine de ces coefficients sont détaillées dans le même tableau.

Pour 1 t.km	Coefficient de conversion – Energie (MJ/MJ)	Coefficient de conversion – changement climatique (tCO2eq/tCO2eq)	Source
Gasoil	1,00	1,00	N/A
Biocarburant B100	1,05	0,40	Base carbone ADEME Biodiesel – Filière Colza – sans changement d'affectation des sols

Transport par semi 38t TR2+SR2 25t

La consommation moyenne d'un transport par semi de type 38t TR2+SR2 de charge utile 25t à plein est évaluée à 43,5L/100km. Cette valeur est issue d'une enquête menée auprès des membres de Routes de France.

Pour déterminer la consommation à vide, on applique un facteur de 2/3.

Consommation en litre par tonne kilomètre avec retour à vide en L/(t.km)	2,90 10⁻²
Consommation en litre par tonne kilomètre avec retour à plein en L/(t.km).	1,74 10⁻²

Dans ce deuxième cas, la consommation imputable à la tonne effectivement transportée prend en compte que le trajet aller	
--	--

Transport par catégorie de charge utile

Le retour des entreprises de travaux routiers a permis d'établir que :

- La consommation moyenne d'un transport par semi 44t (charge utile 30t) à plein est de 47 L/100km ;
- La consommation moyenne d'un transport par semi 40t (charge utile 26t) à plein est de 45 L/100km ;
- La consommation moyenne d'un transport par camion 18t (4 essieux) à plein est de 40 L/100km ;
- la consommation moyenne d'un camion de charge utile 14t (3 essieux) est de 37 L/100km à plein ;
- la consommation moyenne d'un camion de charge utile 9t (2 essieux) est de 33 L/100km à plein.

Pour déterminer la consommation à vide, on applique un facteur de 2/3.

Transport par citerne 24t

Ce mode de transport concerne essentiellement les transports de bitume.

Les consommations moyennes sont identiques à celle d'une semi TR2+SR2 25t. Le retour s'effectue majoritairement à vide. Le coût environnemental d'une citerne 25t est donc identique à celui de semi 25t retour à vide.

Transport d'émulsion en répandeuse

Ce mode de transport concerne le transport des émulsions dans des répanduses de liant, spécialement dédiées à cette activité.

La consommation moyenne d'une répandeuse dépend de sa capacité (habituellement 4, 6, 8 ou 10 m³). En première approche, on considère l'impact de la t.km de la répandeuse comme équivalent à celui d'un camion 14T avec retour à vide. L'impact environnemental du camion 14t retour à vide est donc identique à celui du transport d'émulsion en répandeuse.

Transport par tombereau ou dumper

Ce mode de transport concerne les transports réalisés par des engins spécialisés pour les travaux de terrassement restant dans l'emprise du chantier.

Les puissances des moteurs sont équivalentes entre le tombereau/dumper et le camion 24T. De plus, le transport est toujours en retour à vide, il n'y a aucun matériau qui est acheminé vers le front de taille.

Fabrication des véhicules de transport

L'impact environnemental lié à la fabrication des véhicules est pris en compte de la manière suivante :

Changement climatique (tCO ₂ eq/t de véhicule) (source ADEME)	Energie (MJ/t de véhicule)
3,30 10 ⁰	3,55 10 ⁴

Il est ramené à la tonne.kilomètre en considérant les hypothèses suivantes :

Pour 1 t.km	Masse type (t)	Durée de vie type (km)
Transport par semi 44t, CU 30t	14,0	600 000
Transport par semi 40t, CU 26t	14,0	600 000
Transport par semi 38t (TR2+SR2), CU 25t	13,0	600 000
Transport par camion 4ess, CU 18t	14,0	375 000
Transport par camion 3ess, CU 14t	11,5	350 000
Transport par camion 2ess, CU 9t	8,1	300 000
Transport par citerne, CU 25t	13,0	600 000
Transport par camion toupie 6 à 9 m ³	14,0	375 000
Transport par répandeuse	14,0	375 000

Synthèse pour l'énergie de référence (gasoil)

L'impact environnemental du transport routier correspond à la l'impact lié à la consommation de carburant additionné de l'impact lié à la fabrication de l'engin. Les valeurs disponibles dans SEVE-TP pour l'énergie de référence (le diesel B7) sont fournies ci-dessous.

Pour 1 t.km	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
Transport par semi 44t, CU 30t (retour à vide)	8,33 10 ⁻⁵	9,50 10 ⁻¹
Transport par semi 44t, CU 30t (retour à plein)	5,09 10 ⁻⁵	5,80 10 ⁻¹
Transport par semi 40t, CU 26t (retour à vide)	8,54 10 ⁻⁵	9,75 10 ⁻¹
Transport par semi 40t, CU 26t (retour à plein)	5,22 10 ⁻⁵	5,96 10 ⁻¹
Transport par semi 38t (TR2+SR2), CU 24t (retour à vide)	8,86 10 ⁻⁵	1,01 10 ⁰
Transport par semi 38t (TR2+SR2), CU 24t (retour à plein)	5,42 10 ⁻⁵	6,17 10 ⁻¹
Transport par camion 4ess CU 18t (retour à vide)	1,22 10 ⁻⁴	1,49 10 ⁰
Transport par camion 4ess CU 18t (retour à plein)	7,57 10 ⁻⁵	9,24 10 ⁻¹
Transport par camion 3ess, CU 14t (retour à vide)	1,44 10 ⁻⁴	1,64 10 ⁰
Transport par camion 3ess, CU 14t (retour à plein)	8,94 10 ⁻⁵	1,02 10 ⁰
Transport par camion 2ess, CU 9t (retour à vide)	1,97 10 ⁻⁴	2,25 10 ⁰
Transport par camion 2ess, CU 9t (retour à plein)	1,22 10 ⁻⁴	1,39 10 ⁰
Transport par citerne, CU 24t	8,86 10 ⁻⁵	1,01 10 ⁰
Transport par camion toupie 6 à 9 m ³	1,45 10 ⁻⁴	1,65 10 ⁰
Transport par répandeuse	1,45 10 ⁻⁴	1,65 10 ⁰

6.2 Transport ferroviaire

Catégories de transport ferroviaire

Les facteurs d'émissions comprenant la combustion et l'amont de l'énergie sont issus de la base carbone de l'Ademe :

- Ferroviaire électrique : ADEME 2022 Train - Traction électrique - Chargement dense ;
- Ferroviaire Diesel : ADEME 2022 Train - Traction diesel - Chargement dense ;
- Ferroviaire mixte : 80% électrique / 20% diesel.

Pour 1 t.km	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
Transport ferroviaire électrique	1,07 10 ⁻⁶	1,56 10 ⁻¹
Transport ferroviaire fuel	2,42 10 ⁻⁵	2,77 10 ⁻¹
Transport ferroviaire mixte français	5,70 10 ⁻⁶	1,80 10 ⁻¹

Fabrication du matériel roulant

La fabrication du matériel roulant est prise en compte en considérant un facteur d'émission de 2,59 kgCO₂eq/t.km (chargement lourd - source ADEME), calculé en fonction de la masse, de la durée de vie (en km), de la charge utile et d'un facteur d'émission par unité de masse du matériel forfaitaire. Pour l'énergie, une méthode analogue est utilisée, conduisant à la valeur de 1,32 10⁻² MJ/t.km.

Synthèse

Les valeurs retenues dans SEVE-TP sont donc les suivantes :

Pour 1 t.km	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
Transport ferroviaire électrique	3,67 10 ⁻⁶	2,10 10 ⁻¹
Transport ferroviaire fuel	2,68 10 ⁻⁵	3,12 10 ⁻¹
Transport ferroviaire mixte français	8,30 10 ⁻⁶	2,30 10 ⁻¹

6.3 Transport fluvial

La donnée retenue est celle de la base carbone de l'ADEME « Bateau automoteur - 1 000 à 1499 TPL » en France continentale.

Pour 1 t.km	Changement climatique (tCO ₂ eq)	Energie (MJ)
Transport fluvial	2,98 10⁻⁵	3,60 10⁻¹

6.4 Transport maritime

La donnée retenue est celle de la base carbone ADEME « Vraquier - 10 000 à 100 000 tonnes - HFO – MGO ».

Pour 1 t.km	Changement climatique (en t eq CO2)	Energie (MJ)
Transport maritime	7,41 10⁻⁶	8,94 10⁻²

7 ENGIN

Paramètres

Le coût environnemental d'un engin est établi à partir des paramètres suivants :

- [U] : nombre d'heures d'utilisation moyenne par jour (Heures/j) : heures de fonctionnement au compteur du matériel
- [DVE] : durée de vie de l'engin (en heures) : durée de première vie habituelle du matériel dans les entreprises routières avant la vente du matériel
- [M] : masse de l'engin (en t)
- [E] : entretien
- [T] : transferts
- [FE] : facteurs d'émission du fuel/gazole et de l'acier

Champs d'application

Les paramètres retenus dans SEVE-TP sont adaptés aux matériels de travaux. Ils ne sont pas applicables pour les matériels de production industrielle (carrières particulièrement), les taux de ralenti, la durée de vie et le coefficient d'entretien pouvant être sensiblement différent dans ces applications.

Impact des infrastructures

Les infrastructures ont été prises en compte pour les engins. En revanche elles sont considérées comme négligeables pour les transports routiers et les transports sur site.

Consommation

Les consommations des engins (L/h) sont issues d'une enquête menée auprès des membres de Routes de France pour les 71 sous-familles d'engins retenues dans SEVE-TP.

Le carburant utilisé est le GNR (gazole non routier).

Prise en compte des transferts de matériel

Seuls les engins non immatriculés ont besoin d'être transférés à l'aide de camions porte-engins. Les engins utilisant du gazole ne sont pas concernés par ces transferts. L'amenée d'un camion sur un chantier est prise dans ses heures de fonctionnement. Un « forfait de transfert » est établi sur la base suivante : 1 transfert tous les 3 jours par engin, ce qui, représente 15 litres/transfert, soit 5 litres/ jour pour l'engin (donnée Routes de France).

$$Conso_{transf} = 5 L/j$$

Amortissement

L'amortissement [A] est évalué en t acier / jour d'utilisation.

$$[A] = \frac{[M]}{[DVE]} \times [U]$$

Après cette première vie, les engins sont généralement reconditionnés pour alimenter le marché d'occasion.

Dans SEVE-TP, l'approche retenue consiste à répartir les coûts environnementaux de la fabrication des engins sur cette première vie (et non pas sur la durée de vie totale de l'engin) et à ne pas considérer l'étape de reconditionnement et fin de vie des engins.

Entretien

Le coût de l'entretien [E] s'évalue ainsi :

$$[E] = Coeff_{entretien} \times [A]$$

Facteurs
d'émission
carburant et acier

Le coefficient d'entretien est le coefficient qu'il faut appliquer à la masse de matière initiale pour évaluer le coût de l'entretien (en moyenne 1 pour les matériels classiques et 2 pour les matériels consommant beaucoup de pièces d'usure).

On retient les valeurs suivantes pour les ressources carburant et acier :

Pour 1 unité	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
Gazole Non Routier (GNR)	3,17 10⁻³	3,83 10¹
Acier (t) *	1,72 10⁰	3,55 10⁴

* données acier issues de Ecoinvent 2.2: Steel, low-alloyed, at plant/RER (63% converter low alloyed, 37% electric un and low alloyed + hot rolling)

Impact
environnemental
des engins

Au total :

$$CO_{2_{engin}} = (Conso_{carb} + Conso_{transf})CO_{2_{carb}} + ([A] + [E])CO_{2_{acier}}$$

$$Energie_{engin} = (Conso_{carb} + Conso_{transf})Energie_{carb} + ([A] + [E])Energie_{acier}$$

8 USINE D'ENROBES

La consommation d'énergie de l'usine d'enrobés (hors transports amont) provient de :

- la consommation du bruleur/sécheur (environ 75% du total) ;
- les « consommations annexes » : stockage des liants, fonctionnement de l'usine, fonctionnement des engins, amortissement de la construction de l'usine (béton / acier).

L'utilisateur de SEVE-TP en profil « industrie » permet de paramétrer les constituants ainsi que les transports amont au moment de la création de la formule.

8.1 Combustibles

Six types de combustibles sont utilisés pour calculer l'impact environnemental lié à la fabrication des enrobés bitumineux à chaud : fioul lourd, fioul domestique, gaz naturel.

Combustible	Unité	Changement climatique (en t eq. CO ₂)
Gaz naturel	MJ	6,31 10 ⁻⁵
Fioul domestique	MJ	9,16 10 ⁻⁵
Fioul lourd	MJ	9,12 10 ⁻⁵
Gaz naturel liquéfié	MJ	6,61 10 ⁻⁵
Gaz de pétrole liquéfié	MJ	7,56 10 ⁻⁵
Lignite	MJ	1,10 10 ⁻⁴

Les données liées à ces combustibles sont issues de la Base Carbone de l'ADEME.

8.2 Brûleur / sécheur

La consommation du bruleur est fonction de multiples paramètres. Trois données d'entrée sont nécessaires dans le modèle thermique de SEVE-TP :

- Température de fabrication de l'enrobé ;
- Teneur en eau des matériaux ;
- Teneur en eau résiduelle des enrobés (uniquement pour les enrobés fabriqués à moins de 100°C).

La température de l'enrobé est la température de l'enrobé préconisée sur sa fiche technique.

Teneur en eau

La teneur en eau moyenne des matériaux est calculée à partir de teneur en eau des constituants (sable, gravillons, agrégats d'enrobés...). Elle est donc variable pour chaque formule.

Le pourcentage d'agrégats d'enrobés est calculé à partir des constituants de la formule dont l'impact « utilisation d'agrégats d'enrobés » est égal à 1. C'est le cas de la ressource GR250 « Agrégats d'enrobés ».

Abaissement des températures de fabrication

L'utilisateur de SEVE-TP devra impérativement tenir compte de l'ensemble des additifs éventuels (transport et production) dans les formulations d'enrobés pouvant contribuer à réduire les températures de fabrication.

8.3 Consommations annexes

Les consommations annexes suivantes sont prises en compte :

- Fonctionnement du/des chargeur(s) qui alimentent l'usine ;
- Chaudière de maintien des liants en températures ;
- Fonctionnement des parties électriques sur la centrale et sur le local du chef de poste / pupitreur ;
- Amortissement des installations (béton + acier).

Au total les « consommations annexes » représentent :

Pour 1 tonne d'enrobé	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
Consommations annexes	3,77 10⁻³	1,09 10²

9 USINE DE MELANGES A FROID

Le modèle « Usine de mélanges à froid » de SEVE-TP correspond aux usines permettant la fabrication des matériaux suivants :

- enrobés à l'émulsion ;
- matériaux traités aux liants hydrauliques ;
- béton hydraulique.

Les impacts de l'étape de production sont issus de l'étude ACV menée pour le compte de Routes de France et ayant permis la publication en 2022 du module d'informations environnementales des enrobés à l'émulsion. Sont pris en compte :

- La consommation imputable au fonctionnement du malaxeur ;
- Le fonctionnement du chargeur d'alimentation de l'usine ;
- Le fonctionnement de l'usine (installations électriques) ;
- Le stockage du liant.

L'empreinte environnement liée à l'amortissement des installations (acier et béton de génie civil) ne sont pas considérées. En effet, contrairement aux usines d'enrobés, la part de l'entretien et de l'amortissement sur ces installations ramenée à l'ensemble du cycle de vie apparaît comme négligeable.

L'utilisateur de SEVE-TP doit aussi tenir compte des transports amont des matériaux (granulats et liants) dans la formulation. Pour la partie fabrication uniquement, on retient :

Pour 1 tonne	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
Malaxage d'une tonne	1,61 10⁻³	4,80 10¹

10 MATERIAUX SORTANT DU CHANTIER

Matériaux destinés à être valorisés

L'impact environnemental des matériaux destinés à être valorisés selon les modalités suivantes est nul (hors transport car comptabilisé indépendamment dans SEVE-TP) :

- Déblais inertes destinés à une réutilisation sur un chantier ou au recyclage ;
- Fraisats issus de chantier destinés au recyclage.

Matériaux destinés au stockage en ISDI

En ce qui concerne les déblais inertes destinés au stockage définitif en ISDI (installation de stockage de déchets inertes), les impacts environnementaux sont issus de la base de données INIES « Traitement des déchets inertes par enfouissement » dont le périmètre comprend :

- L'impact de la construction du centre d'enfouissement
- Le processus d'enfouissement des déchets inertes constitués d'un mélange de briques, béton, matériaux d'excavation (consommation de diesel pour les engins d'enfouissement + consommation d'électricité et chaleur pour le fonctionnement du centre d'enfouissement)

Pour 1 tonne	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
Déblais inertes destinés au stockage en ISDI	5,44 10⁻³	1,60 10²

Matériaux destinés au stockage en ISDND

Les matériaux destinés au stockage définitif en ISDND (installation de stockage de déchets non dangereux) sont modélisés à partir de la base de données INIES « Traitement des déchets non dangereux par enfouissement » dont le périmètre comprend :

- L'impact de la construction du centre d'enfouissement ;
- Le processus d'enfouissement des déchets (gazole pour les engins d'enfouissement + électricité et chaleur pour le fonctionnement du centre d'enfouissement).

Pour 1 tonne	Changement climatique (en t eq CO ₂)	Energie (MJ)
Déblais inertes destinés au stockage en ISDND	2,75 10⁻²	2,77 10²

Les fraisats contenant de l'amiante sont considérés comme des « matériaux destinés au stockage définitif en ISDND.

11 MODULE SIMPLIFIE D'ECO-CONCEPTION ECO-PRO

11.1 Principe de calcul

Module simplifié Eco-Pro

Le module simplifié d'éco-conception ECOPRO est une interface intégrée dans SEVE-TP permettant à l'utilisateur de calculer et de comparer de manière simple et rapide les indicateurs environnementaux de projets d'infrastructures décomposés en catégories d'infrastructures ou d'aménagements.

Catégories d'infrastructures / aménagement

Les catégories d'infrastructures / aménagements disponibles dans le module ECO-PRO sont listées ci-dessous avec leur unité d'œuvre associée :

Catégorie d'infrastructures / aménagements	Unité d'œuvre
Bordure et caniveau	ml
Canalisation	ml
Chaussée	m ²
Espace vert	m ²
Piste cyclable	m ²
Plantation	unité
Regard et grille	unité
Terrassement m²	m ²
Terrassement m³	m ³
Trottoir et aménagement piéton	m ²

Chacune des catégories est décrite par unité d'œuvre (mètre carré, mètre linéaire ou unité) et est décomposée en sous-catégories de manière à bien orienter l'utilisateur dans sa modélisation et à lui faciliter la saisie des données.

A titre d'exemple, la catégorie « Chaussée » comporte les sous-catégories suivantes :

- Chaussée à faible trafic
- Chaussée à trafic faible à modéré
- Enduits superficiels d'usure
- Entretien de couche de surface
- Stationnement

Ces sous-catégories pourront être enrichies par la suite.

Modèles de structures

Des **modèles de structures** sont proposées par défaut pour chaque sous-catégorie. Elles sont elles-mêmes décomposées en éléments-type dont certains sont paramétrables (épaisseur, matériau, distance de transport, etc.).

Les indicateurs environnementaux sont donc calculés à partir :

- De **paramètres variables** renseignés par l'utilisateur ;
- De **paramètres fixes** correspondant à des hypothèses pertinentes et transparentes vis-à-vis de l'utilisateur pour qu'il puisse comprendre comment les valeurs ont été calculées (notamment quelles données de la BDD SEVE-TP ont été utilisées).

Principes de calcul

Le module simplifié ECOPRO fournit les 7 indicateurs disponibles sans l'éco-comparateur SEVE-TP. Les calculs ECOPRO sont réalisés de la même manière que pour la version complète. Les indicateurs d'impacts (CEU) sont calculés par décomposition selon les catégories d'infrastructures / aménagements puis de structure.

Dans la suite, CEU désigne les indicateurs d'impact (notation générique) et U_{CEU} l'unité de l'indicateur d'impact.

$$CEU_{infra/aménagement} = \sum CEU_{structure} * quantité$$

Où *quantité* est la quantité de l'unité d'œuvre de chaque structure. L'unité d'œuvre dépend de la nature de la structure :

- **mètre linéaire (ml)** dans les cas suivants : Bordures et caniveaux, Canalisation
- **mètre carré (m²)** dans les cas suivants : Chaussée, Espace Vert, Piste cyclable, Terrassement, Trottoir et aménagement piéton
- **unité** dans les cas suivants : Plantation, Regard & grille

$$CEU_{structure} = \sum CEU_{opération}$$

$CEU_{opération}$ correspond aux indicateurs d'impact d'une opération :

$$CEU_{opération} = CEU_{matériau} + CEU_{transport} + CEU_{MOE}$$

$CEU_{opération}$ est exprimé en U_{CEU} par unité d'œuvre (tonne par m², tonne par ml ou tonne par unité).

11.2 Produits

Matériaux

Les indicateurs d'impact des matériaux sont calculés selon les formules ci-dessous en fonction du cas considéré :

- Matériau avec unité d'œuvre à la tonne :

$$CEU_{matériau} = épaisseur * MV * CEU_{produit} + quantité_{accro} * CEU_{accro}$$

où

- MV est la masse volumique ;
- $CEU_{produit}$ est l'indicateur d'impact du produit (disponible dans la base de données SEVE-TP) dont l'unité est U_{CEU} par tonne ;
- $quantité_{accro}$ est la masse d'émulsion de répandage par m² (terme utilisé uniquement dans le cas des matériaux bitumineux) ;
- CEU_{accro} est l'indicateur d'impact de l'émulsion de répandage (terme utilisé uniquement dans le cas des matériaux bitumineux).

- Matériaux avec unité d'œuvre différente de la tonne :

$$CEU_{matériau} = CEU_{produit} * densité_{produit}$$

Où $densité_{produit}$ correspond à la masse par unité d'œuvre choisie (tonne par m², tonne par ml ou tonne par unité). $CEU_{produit}$ est exprimé en U_{CEU} par tonne.

Produits complexes

- Produits complexes :

$$CEU_{matériau} = CEU_{produitcomplexe}$$

Les produits complexes correspondent à un ensemble de produits entrant ou sortant du chantier. Les indicateurs d'impacts du produit complexe ($CEU_{produitcomplexe}$) ont été renseignés en fonction de l'unité d'œuvre à partir des quantités (en tonne) des différents constituants.

L'exemple ci-dessous correspond à un réseau Béton DN300 de profondeur 1,5m ramené à l'unité d'œuvre « mètre linéaire » pour lequel les produits suivants sont pris en compte :

- Déblais destinés à une installation de stockage de déchet inerte ;
- Canalisation béton DN 300 ;
- Matériau d'enrobage (sable).

Famille*
Produit complexe [PC] Unité d'oeuvre*
Mètre linéaire

Description

Produit Complexe

Composition

Code	Libellé	Transport	Énergie	Distance (km)	Double Fret	Unité d'oeuvre (UO) / UO du produit complexe	Quantité
DISD	Déblais inertes destinés au stockage définitif	Transport par semi 40t, CU 28t	Diesel	50	<input type="checkbox"/>	Tonne	4.64
GR150	Sables (granulats naturels)	Transport par semi 40t, CU 28t	Diesel	50	<input type="checkbox"/>	Tonne	1.04
CAN BA300	Tuyau béton armé Ø300	Transport par semi 40t, CU 28t	Diesel	100	<input type="checkbox"/>	Mètre linéaire	0.18

Coût environnemental pour une Tonne

Energie (MJ)	CO2 (t)	Granulats naturels (t)	Agrégats d'enrobés (t)
1342.492	0.0772413	1.2164	0
Matériaux recyclés (t)	Déblais réutilisés au sein du projet (t)		
0	0		

Couche d'accrochage des enrobés bitumineux

La couche d'accrochage des enrobés bitumineux est rentrée par défaut et non paramétrable :

- Emulsion de répandage 65%
- 350 g/m² de liant résiduel

Distance de transport 100 km avec une répandeuse.

11.3 Transport

Modalités de transports

Les distances et modalités de transport ont été simplifiées dans ECO-PRO. Elles sont paramétrables pour les matériaux arrivant sur le chantier mais pas pour les constituants des matériaux fabriqués en usine, selon les possibilités suivantes :

Transport ECO-PRO	Description
Majoritairement ferroviaire	90% Transport ferroviaire mixte français + 10% semi TR2+SR2, CU 24t
Majoritairement fluvial	80% Transport fluvial + 20% semi TR2+SR2, CU 24t
Majoritairement maritime	95% Transport maritime + 5% semi TR2+SR2, CU 24t
Routier camion 3 essieux	Transport par camion 3ess, CU 14t
Routier Semi-remorque	Transport par semi TR2+SR2, CU 24t

Routier toupie-béton

Transport par toupie 6 à 9 m3

Calcul

Les indicateurs d'impacts du transport sont calculés selon les formules ci-dessous en fonction du cas considéré :

- Transport d'un matériau dont l'unité d'œuvre est la tonne :

$$CEU_{transport} = \text{épaisseur} * MV * CEU_{transport} * \text{distance} + 100 \text{ (km)} \\ * CEU_{citerne24t} * \text{quantité}_{accro}$$

où

- MV est la masse volumique
- $distance$ est la distance de transport
- $CEU_{citerne24t}$ est l'indicateur d'impact d'un camion-citerne de charge utile 24 tonnes
- $quantité_{accro}$ est la masse d'émulsion de répandage par m^2 (terme utilisé uniquement dans le cas des matériaux bitumineux)
- Une distance de transport de 100 km est considérée par défaut entre l'usine d'émulsion et le chantier ; cette donnée n'est pas paramétrable mais a une influence faible sur les résultats

- Transport d'un matériaux dont l'unité d'œuvre est différente de la tonne :

$$CEU_{transport} = CEU_{transport} * \text{densité}_{produit} * \text{distance}$$

- Transport d'un produit complexe :

$$CEU_{transport} = CEU_{transport_produitcomplexe}$$

11.4 Mise en œuvre

Mise en œuvre des matériaux

La mise en œuvre des matériaux a été paramétrée par défaut pour l'ensemble des structures modélisées, ce qui simplifie la modélisation pour l'utilisateur. Des engins et rendements associés ont été sélectionnés en fonction des matériaux considérés. Ils ne peuvent pas être modifiés par l'utilisateur mais sont accessible en lecture.

A titre d'exemple, pour une canalisation béton de diamètre nominale 300 mm, les informations suivants sont visibles.

Canalisation Béton DN < 300		Rendement (UO / Jour) : 50	Unité d'oeuvre : Mètre linéaire	
Engin	Quantité	Impact CO2 (tCO2eq)	Impact Énergie (MJ)	
Minipelle 8 à 15t	1	2.01e-1	2.69e+3	
Petit compacteur 1m à 1,20m	1	1.14e-1	1.48e+3	
Total		3.16e-1	4.17e+3	

Les indicateurs d'impacts du transport sont calculés selon les formules ci-dessous en fonction du cas considéré :

- Mise en œuvre d'un matériau dont l'unité d'œuvre est la tonne :

$$CEU_{MOE} = \text{épaisseur} * MV * CEU_{atelier} * \frac{1}{\text{Rendement}}$$

- Mise en œuvre d'un matériau dont l'unité d'œuvre est différente de la tonne :

$$CEU_{MOE} = CEU_{atelier} * \frac{1}{\text{Rendement}}$$

- Mise en œuvre d'un produit complexe :

$$CEU_{MOE} = CEU_{MOE_produitcomplexe}$$