

## **SM SOCOGETRA-BESIX**

**Echelle de performance CO<sub>2</sub> :**

**Suivi des émissions du chantier de Pommeroeul**



**Décembre 2023**

## 1. DESCRIPTION DU CHANTIER

Le chantier consiste en la création d'un mur de quai à Pommeroeul équipé de bollards et d'échelles, d'une dalle en béton armé en vue du transbordement de cargaisons de bateaux, d'une voirie d'accès, d'un réseau d'égouttage provisoire et d'une zone verte. Ce chantier est réalisé en design & build par la Société Momentanée BESIX-SOCOGETRA. L'adjudicateur du marché est le Service Public de Wallonie (Direction des études d'Ouvrages hydrauliques).

Le chantier a démarré en avril 2022 et a duré 20 mois.

Pour l'essentiel, le marché comprend :

- l'installation de chantier ;
- l'étude complémentaire en « design & build » d'une solution optimale pour la réalisation du mur de quai de 357m de longueur et de la dalle armée ;
- le maintien d'un croisement conforme de bateaux de classe 5a au droit du canal Nimy-Blaton et dans le bassin amont de l'écluse ;
- le maintien de l'étanchéité du canal et du bassin amont de l'écluse ;
- la démolition d'une partie du Ravel existant;
- les terrassements en déblais pour les coffres de voirie et la réfection de l'étanchéité au droit du mur de quai ;
- les terrassements en remblais pour la réalisation de la plate-forme de travail et de la dalle de quai ;
- la réalisation d'un mur de quai et d'une dalle (rideau de pieux, poutre de couronnement et égouttage);
- la réalisation d'une voirie d'accès et la déviation du Ravel;
- la création d'une zone verte en bordure de parcelle.

## 2. MÉTHODOLOGIE

La méthodologie utilisée pour calculer l’empreinte carbone du chantier a été établie conformément à la norme ISO 14064-1.

## 3. PERSONNE RESPONSABLE DU RAPPORT

Les données nécessaires à la réalisation de ces bilans prévisionnel et réels des émissions de gaz à effet de serre (GES) ont été fournies par le département Génie Civil de la SM. Le rapport a été réalisé par Monsieur Sébastien Moreaux du cabinet de conseil Atrasol en charge du suivi carbone du chantier.

## 4. PÉRIODE COUVERTE :

Le bilan prévisionnel des émissions de GES évalue les émissions de l’ensemble du chantier sur base des quantités présumées. Le bilan réel des émissions de GES comptabilise les émissions de l’ensemble du chantier sur base du suivi des transport, déplacements et des consommations liés au chantier. La durée totale du chantier est de 20 mois. Celui-ci a commencé en avril 2022 et s’est terminé en novembre 2023.

Ce bilan de GES couvre l’ensemble de la durée du projet et ne comprend donc pas la notion d’année de référence. Le bilan de GES prévisionnel réalisé en début de projet est comparé au bilan réel réalisé en fin de projet grâce au suivi des consommations énergétiques.

## 5. PÉRIMÈTRE ORGANISATIONNEL :

Le périmètre de bilan de GES prévisionnel et réel couvre le projet de création d’un mur de quai à Pommeroeul incluant l’ensemble des activités de l’adjudicateur et de ses sous-traitants.

## 6. POSTES D’ÉMISSIONS :

Les émissions significatives des scopes 1 (émissions directes) et 2 (électricité du réseau) ont été prises en compte pour le bilan de GES.

En dehors des déplacements du personnel, les émissions du scope 3 (émissions indirectes de la chaîne) n’ont pas été comptabilisées.

L’ensemble des activités recensées pour le calcul des coûts du projet comprennent :

- l’énergie consommées sur le chantier (combustible et électricité) ;
- le transport des matériaux ;
- le transport des équipements et machines de chantier (mobilisation et démobilisation) ;
- les déplacements du personnel de la SM et de ses sous-traitants

Pour plus de lisibilité ces émissions ont été regroupées en 3 catégories.

- I. Energie
- II. Fret (matériaux et équipements)
- III. Mobilité du personnel

Aucun puits de carbone ou mesures compensatoires n'ont été inclus dans ce bilan de GES.

Aucun voyage d'affaire lié au projet n'a été réalisé.

Les émissions liées aux visiteurs du chantier et aux visites d'audit de échelles de performance CO<sub>2</sub> ont été négligées (scope 3) car elles totalisent clairement moins de 5 % des émissions totales (en raison du faible nombre de visiteurs).

## 7. FACTEURS D'ÉMISSIONS

Les facteurs d'émissions utilisés sont les facteurs recommandés par la SKAO pour le calcul des émissions et disponibles sur le site <https://www.facteursdemissionco2.be/facteurs>. Ils sont exprimés en équivalent CO<sub>2</sub>.

Dans la mesure du possible les facteurs les plus spécifiques à la situation belge ont été utilisés.

La liste des facteurs d'émissions utilisés est reprise en annexe 1.

## 8. INCERTITUDES

Le calcul des émissions de CO<sub>2</sub> comprend des incertitudes à deux niveaux :

- Les incertitudes sur les données encodées :
  - les données d'activités encodées pour le bilan prévisionnel sont des prévisions des activités liées aux chantier. Ce sont les mêmes données qui ont servi à établir les coûts du chantier. Etant donné la nature d'un tel chantier, les quantités annoncées peuvent parfois varier en fonction des contraintes rencontrées. Le bilan du chantier se base cependant sur les quantités réelles qui sont connues avec une bonne précision.
  - Les données d'activités encodés pour le bilan réel, bien que plus précises présentent également une certaine incertitude. Dans la mesure du possible les données présentant l'incertitudes la plus faible ont été sélectionnées. Par exemple, lorsque cela était possible, les données de consommation en carburant a été préférée calcul avec les temps de fonctionnement et consommation par unité de temps.
- Les incertitudes sur les facteurs d'émissions (FE) : chaque facteur d'émission qui convertit une activité en émission possède également son incertitude. Ces incertitudes sont relativement faibles sur les facteurs d'émission les plus directs, comme la consommation de combustibles (de l'ordre de 5%), mais plus importants sur les facteurs d'émissions calculés via des hypothèses spécifiques, comme les émissions du transport de marchandises en tonnes.km (de l'ordre 50%)

Les données utilisées ont été choisies de manière à minimiser les incertitudes. Les incertitudes n'ont pas été calculées car les facteurs d'émissions proposés sur <https://www.facteursdemissionco2.be/> ne les prennent pas en compte.

## 9. EMISSIONS DIRECTES

Aucune émission du scope 2 n'a été identifiée car le chantier n'a pas été relié au réseau électrique. La mobilité du personnel est considérée dans le scope 1 étant donné que le périmètre organisationnel du bilan de GES est le chantier. Les émissions prévisionnelles du scope 1 (émissions directes) du chantier de Pommeroeul sont les suivantes.

Tableau 1: Emissions prévisionnelles et réelles au 04/12/2023 du chantier.

Poste	Prévisions		Réelles (04/12/2023)	
	Emissions [tonne CO <sub>2</sub> e]	Répartition [%]	Emissions [tonnes CO <sub>2</sub> e]	Répartition [%]
Energie	563,3	66%	459,3	68%
Fret	247,5	29%	157,7	23%
Mobilité du personnel	46,2	5%	58,4	9%
<b>Total</b>	<b>857,0</b>	<b>100%</b>	<b>675,3</b>	<b>100%</b>

Les émissions en fin de chantier, en date du 04/12/2023, sont de 675,3 t de CO<sub>2</sub>e sur les 857 t de CO<sub>2</sub>e initialement attendues pour l'ensemble du projet. Cela représente 78,8 % des émissions prévisionnelles.

Le premier poste d'émissions est l'énergie consommée sur le chantier avec 563 t de CO<sub>2</sub>e prévues. A la fin du chantier, en date du 04 décembre 2023, 81,5 % des émissions prévues soit 459,3 t de CO<sub>2</sub>e ont été réellement émises.

Le second poste est le fret (transport de matériaux et d'engins) avec 247,5 t de CO<sub>2</sub>e. A la fin du chantier, en date du 04 décembre 2023, 63,7 % des émissions prévues soit 157,7 t de CO<sub>2</sub>e ont été réellement émises.

Le troisième poste est la mobilité du personnel avec 46,2 t de CO<sub>2</sub>e prévues. A la fin du chantier, en date du 04 décembre 2023, 126 % des émissions prévues soit 58,4 t de CO<sub>2</sub>e ont été réellement émises.

Nous observons ainsi qu'en fin de chantier, le total des émissions réelles est inférieur de 21,2% aux émissions prévues en début de chantier. Ces réductions d'émissions sont liées aux postes de l'énergie du chantier (- 104 t CO<sub>2</sub>e ou 18,5% de réduction) et du fret (-89,8 t de CO<sub>2</sub> ou 36,3% de réduction). En revanche, les émissions de la mobilité du personnel sont supérieures à celles attendues de 12,2 tonnes de CO<sub>2</sub>e (26 % d'augmentation).

La suite du rapport analyse plus en détail les différences observées

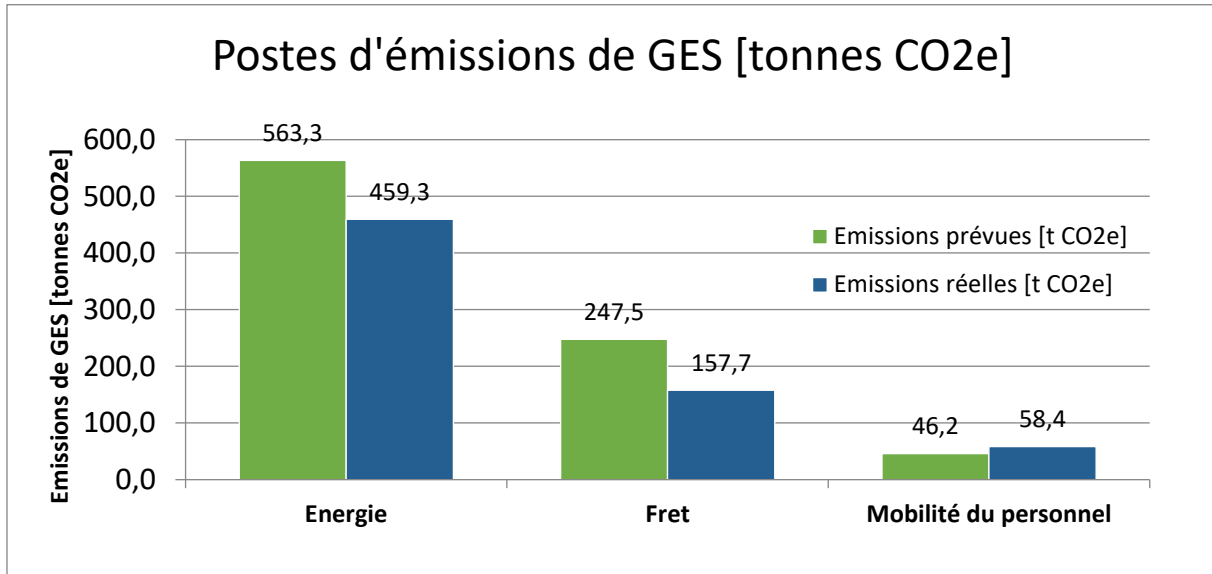


Figure 1 : Graphiques des émissions prévisionnelles et réelles du chantier, par catégorie.

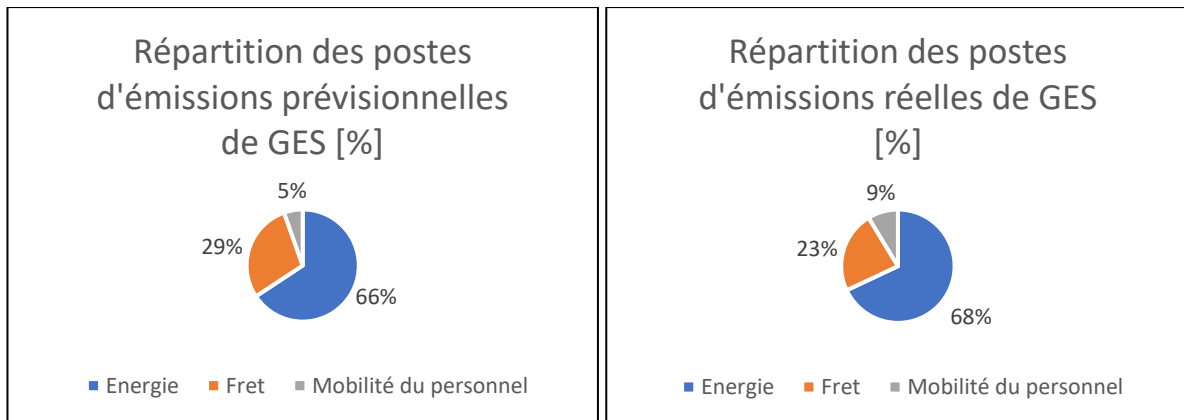


Figure 2 : Répartition des émissions prévisionnelles et réelles du chantier par catégorie.

Les émissions attendues classées par scope sont reprises ci-dessous :

Tableau 2: Emissions prévisionnelles du chantier par scope.

Poste	Emissions prévues [tonne CO <sub>2</sub> e]	Emissions réelles au 04/12/23 [tonne CO <sub>2</sub> e]
<b>Scope 1</b>		
Energie - diesel	563,3	459,3
Fret - diesel	247,5	157,7
Mobilité du personnel	46,2	58,4
<b>Scope 2</b>		
Electricité du réseau	0	0
<b>Scope 3</b>		
Voyages d'affaire	0	0
<b>Total</b>	<b>857,0</b>	<b>675,3</b>

## 10. EMISSIONS PAR POSTE

Les poste d'émissions du chantier sont détaillés par source ci-dessous :

### 10.1. ENERGIE

Le tableau et le graphique suivant détaillent les émissions du poste *énergie* prévues par source.

Tableau 3 : Détail des émissions prévues de la catégorie Energie par poste.

Source d'émissions	Emissions prévues [kg CO <sub>2</sub> e]	% des émissions du scope 1
Bull	19.803,01	2,31%
Compresseur	145,74	0,02%
Essais de sol	10.718,40	1,25%
Groupes électrogènes	126.978,36	14,82%
Machine de forage à pieux	31.262,00	3,65%
Manitou	61.248,00	7,15%
Pelles	275.743,46	32,18%
Pompes	9.818,72	1,15%
Ponton petite taille	3.436,77	0,40%
Remorqueur	2.871,00	0,34%
Rouleau compacteur	21.274,05	2,48%
<b>Total général</b>	<b>563.299,50</b>	<b>65,73%</b>

Le tableau suivant reprend les postes de consommations réels au 04/12/2023.

Tableau 4 : Détail des émissions réelles en date du 04/12/2023 de la catégorie Energie par poste.

Source d'émissions	Emission réelles [kg CO <sub>2</sub> e]	% des émissions du scope 1
Autre	2.500,96	0,37%
Bull	18.058,59	2,67%
Compresseurs	1.365,32	0,20%
Concassage des bétons	5.480,42	0,81%
Dumper	13.248,07	1,96%
Groupes électrogènes	127.270,22	18,85%
Machine de forage à pieux	115.710,87	17,13%
Manitou	33.252,56	4,92%
Pelles	122.945,79	18,20%
Pompes	12.559,03	1,86%
Rouleaux compacteurs	6.906,35	1,02%
<b>Total général</b>	<b>459.298,18</b>	<b>68,01%</b>

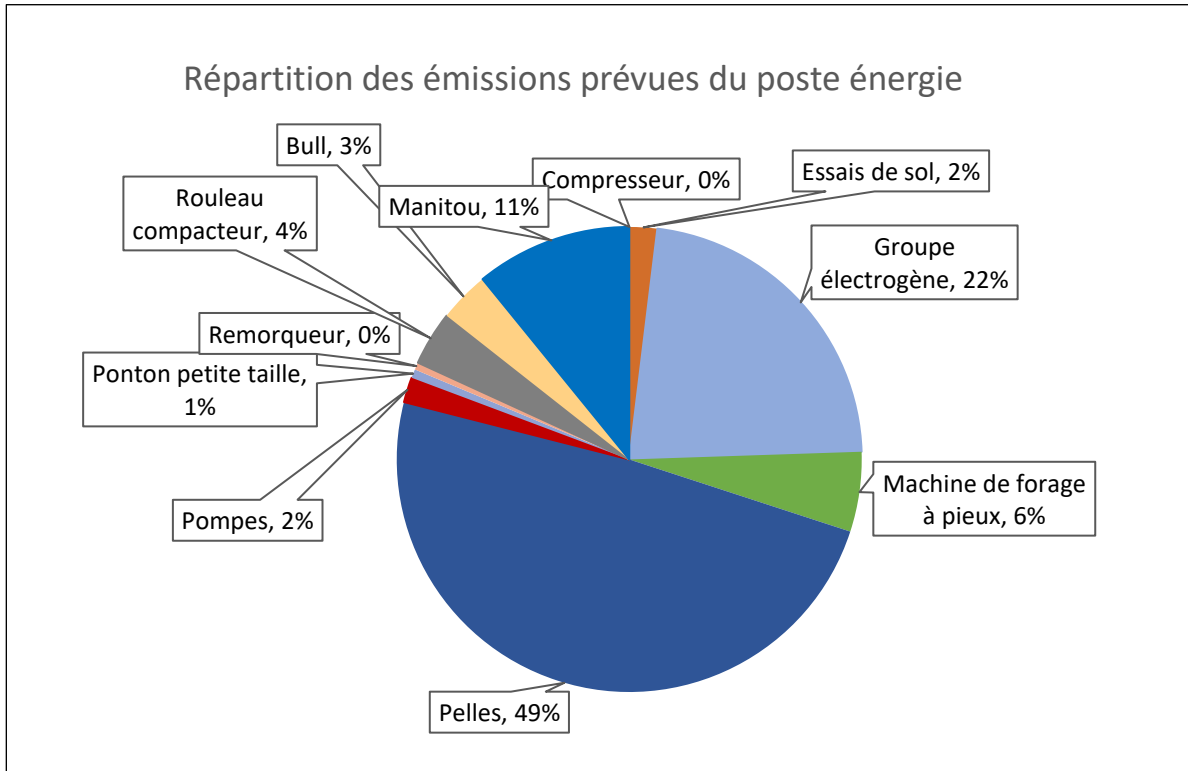


Figure 3 : Répartition des émissions prévues du poste énergie

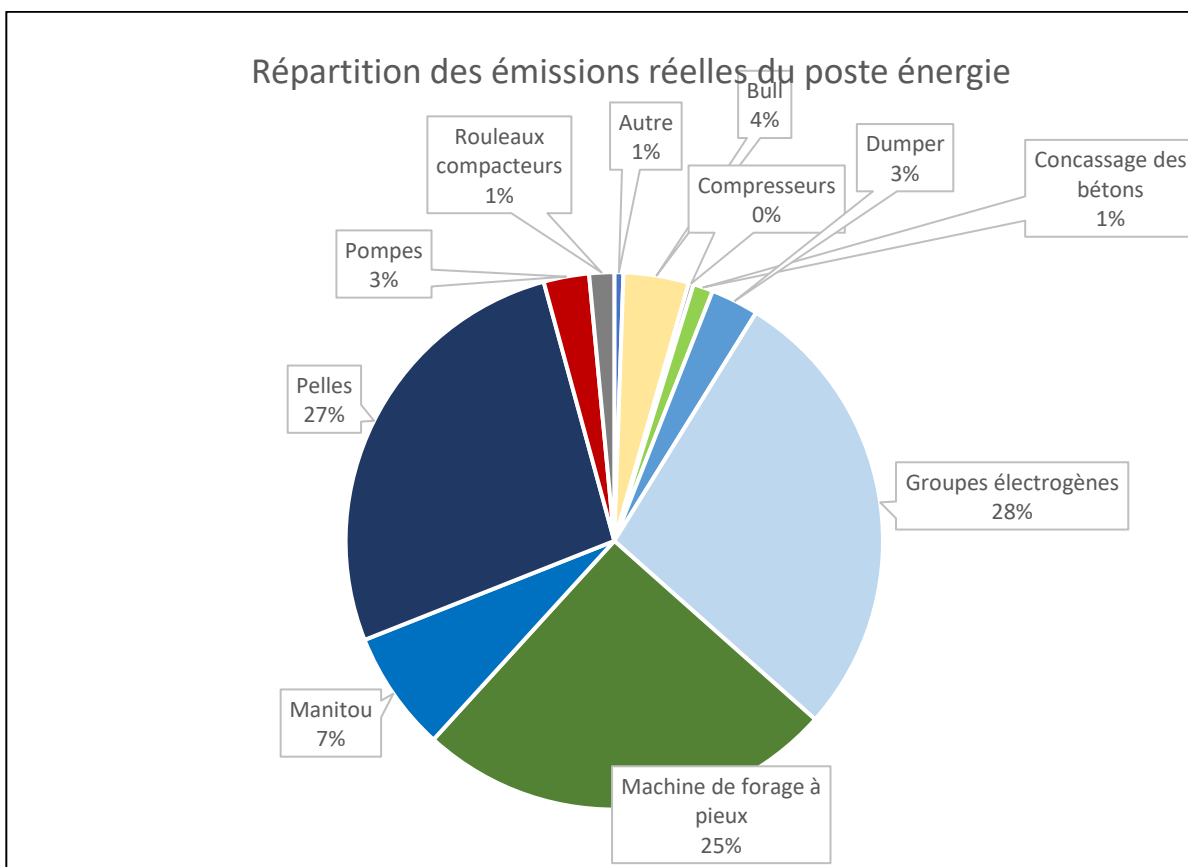


Figure 4: Répartition des émissions réelles du poste énergie



Les émissions de GES liées au poste énergie sont inférieures de 18,5% à celles attendues lors du bilan prévisionnel.

Sur base de l'analyse des sources d'émissions, les constats suivants peuvent être fait :

- Les émissions du bull sont semblables à celles attendues avec 8,8 % d'émissions en moins que prévu. Cela est dû au fait que le bull a presté moins d'heures qu'initialement estimé.
- Le compresseur a émis presque 10 fois plus qu'initialement prévu. Cela s'explique par des aléas de chantier. Il a été utilisé plus que prévu pour nettoyer les ouvrages avant de bétonner. Ces émissions restent cependant négligeables par rapport à l'ensemble du chantier (0,2%).
- Les émissions des essais de sol dans les émissions réelles sont incluses dans les forages des pieux.
- En pratique, un dumper a été utilisé sur le chantier à la place de tracteurs.
- Les groupes électrogènes ont émis la même quantité de GES qu'estimé initialement. C'est toutefois un très bon résultat étant donné que le chantier a duré plus longtemps que prévu (20 mois à la place de 12 mois). L'utilisation de 8.638 litres de biodiesel [HVO100] a permis de réduire de 24,5 t de CO<sub>2</sub>e les émissions des groupes électrogènes (19,3% des émissions des groupes électrogènes). L'objectif était de réduire les émissions des groupes électrogènes de 19,90% grâce au biodiesel. L'utilisation de cabines de chantier récentes et isolées et l'optimisation des périodes de chauffe avaient pour objectif de réduire les émissions des groupes électrogènes des bureaux de respectivement 5% et 10%.
- Les machines de forage à pieux ont émis 3,7 fois plus qu'attendu (115,7 t CO<sub>2</sub>e au lieu de 31,3 t CO<sub>2</sub>e). Cela peut s'expliquer par des forages plus compliqués que prévu (dalle de béton en profondeur). Cela comprend également les émissions de la pelle à chenille qui a été utilisée comme engin de levage et de terrassement pour alimenter la machine à pieux.
- Le manitou a émis 54% des émissions prévues. Il a en effet presté moins d'heures que prévues grâce à l'utilisation de panneaux plus légers et l'utilisation de la pelle pour le levage.
- Les émissions liées aux pelles sont bien inférieures à celles attendues (122,9 au lieu de 275,7 tonnes CO<sub>2</sub>e). Le rototilt des pelles hydrauliques (PLC24 et PLC26) et l'utilisation de matériel de pointe a permis des économies conséquentes en carburant pour les pelles. L'objectif était de réduire les émissions des pelles de 25% grâce au matériel de pointe. Elles ont été réduites de 55,4 %.
- Les pompes ont émis 28% de plus que les émissions prévues. Le système de start & stop a eu un impact limité sur les émissions car un pompage presque continu a été nécessaire durant la phase de réalisation de la poutre de couronnement. Lors du travail sur la poutre de butée, le système start & stop a été plus efficace. Les objectifs de réductions des émissions des pompes grâce au système start & stop étaient de 10%.
- Le ponton de petite taille et le remorqueur n'ont pas été utilisés car ce poste a été réalisé par autre prestataire, cependant une pelle équipée d'un long bras a dû être utilisée pour pousser les quelques centimètres de vase restant pour la réalisation de la poutre d'étanchéité dans le fond du canal.
- Les rouleaux compacteurs ont émis 4 fois moins de GES qu'initialement estimé. Cela est dû à la qualité de l'empierrement qui a nécessité bien moins de compactage que prévu.
- Un poste de concassage du béton a été ajouté sur le bilan de GES réel. Celui-ci a cependant permis de réduire le poste fret en diminuant les émissions des apports d'empierrement.

Globalement grâce aux mesures de réduction et à la bonne gestion du chantier, les émissions de l'énergie sur chantier ont été largement réduites par rapport aux émissions prévues (18,5% de réduction).

Certains enseignements peuvent être tirés de cette analyse :

- Certaines variables, comme la qualité de l'empierrement peuvent avoir un impact très significatif sur les émissions liées au compactage.
- Le choix du matériel ou des machines peut avoir un impact important sur les émissions de GES. Par exemple l'utilisation de grue avec rototilt a réduit significativement les émissions de ce poste.
- L'utilisation de cabines de chantier récentes et bien isolées avec une bonne gestion de l'énergie peut avoir un impact visible sur les émissions du chantier.
- L'utilisation du biodiesel permet de réduire fortement les émissions (selon la méthodologie des facteurs d'émissions proposés sur [www.facteursdemissionco2.be](http://www.facteursdemissionco2.be)).
- Certains aléas comme des difficultés de forages ou la durée du chantier peuvent aussi augmenter significativement les émissions.

## 10.2. FRET

Le tableau et le graphique suivant détaille les émissions prévues du poste *fret* par source d'émissions.

Tableau 5 : Détail des émissions prévues de la catégorie Fret par poste.

Source d'émissions	Emissions [kg CO <sub>2</sub> e]
Coffrage traditionnel	192,78
CONTAINER 2,4x6	146,36
Grue hydraulique 25T	405,50
Grue hydraulique 50T	608,26
Pompe à béton de 32 m	2.620,80
Ponton petite taille	545,30
Fourniture AE 235 classique	351,59
Acier BE50	2.934,75
Caniveau béton 50/30 avec couvercle	3.996,43
Fourniture de chaux vive	3.171,86
Empierrement 0-20	111.864,00
Enkadrain en 10 mm d'épaisseur	17.531,44
PIEUX	28.685,36
Joint d'étanchéité à intégrer au béton	2.721,98
Manchon diam 20	27.423,24
Ferronnerie	161,28
Lissage de dalle	13.164,80
Béton	26.530,94
Sable stabilisé	2.021,18
Essais de sol	966,24
Voirie	1.418,00
<b>Total général</b>	<b>247.462,11</b>

Le tableau et le graphique suivant détaille les émissions prévues du poste *fret* par source d'émissions.

Tableau 6 : Détail des émissions réelles au 05/04/2023 de la catégorie Fret par poste.

Source d'émissions	Emissions [kg CO <sub>2</sub> e]
Machines Diverses	1862,77
Empierrement Lebailly	27050,79
Equipement de Chantier	3842,21
Fuel	3161,84
Sable	55,57
Empierrement Sous-Fondation	1547,44
Argile	13563,17
Empierrement 32/63	137,36
Stabilisé SC 100 S0	1838,32

Empierrement Sous-Fondation 0/40	3031,74
Tuyaux	26321,75
Chambres de Visites	8321,37
Béton voirie	41,78
Empierrement ciment	433,15
AC20 Base3-1	1348,19
AC10 Surf4-1	1085,53
Béton C30/37	12225,95
Produits Sika	23,48
Doka	495,46
Produits Plaka	2587,74
Rails Halfen	9,25
Empierrement drainant	403,63
Pompes	197,17
Bois	471,32
Ferronnerie Coffrage	281,38
Evacuation Béton	1528,72
Ferraillage pieux	1813,91
Béton C35/45	12345,06
Autre	10,74
Accessoire ferraillage	809,84
Groutex	205,95
Béton C16/20	714,93
Empierrement 20/32	120,26
Béton C50/60	138,66
Empierrement Sous-Fondation 0/120	9031,44
Ferraillage Quai	9554,25
Stabilisé TV 100 S0	94,07
Stabilisé 150	45,69
Béton W37/20	7751,02
Empierrement 0/63	1087,41
C-BUILD COMPO 200 C5 14 S0	87,68
Stabilisé SC 150 S0	228,13
Béton B50/20	1720,29
Ciment	0,85
Tarmac	27,93
Stabilisé 100	21,20
<b>Total général</b>	<b>157676,39</b>

Les économies d'émissions du fret peuvent être expliquées par :

- Le fait qu'il ait été possible de trouver certains matériaux plus localement qu'initialement prévu (béton et empierrement Lebailly) a permis de réduire fortement les émissions des postes correspondants.

- Des camions semi ont été utilisés plutôt que des 8x4 pour l'apport de l'empierrement Lebailly. Ces camions sont moins émetteurs par tonne.km transportée (0,105 kg CO<sub>2</sub>e.t.km au lieu de 2,56kg CO<sub>2</sub>e.t.km), ce qui a contribué à réduire ces émissions.
- Le design & build a permis de réduire le volume de béton et les quantités d'acier des pieux. De plus le béton des pieux est venu de CCB qui est proche du chantier. Les émissions sont de 15 935 kgCO<sub>2</sub>e alors que 28 685 de kgCO<sub>2</sub>e étaient attendus.
- Les mesures liées à l'écoconduite et à la vérification des pneus ne sont pas mesurées dans ce suivi car des facteurs d'émission à la tonne.km ont été utilisés et non les consommations réelles.
- Une attention particulière a été portée afin d'avoir des charges complètes pour les transports de camion. Cela n'est pas non plus mesurable dans ce bilan car des facteurs d'émission à la tonne.km ont été utilisés

### 10.3. MOBILITÉ DU PERSONNEL

Le tableau et le graphique suivant détaillent les émissions prévues pour le poste *déplacements du personnel* par source d'émissions.

Tableau 7 : Détail des émissions prévues de la catégorie déplacements du personnel par poste.

Source d'émissions	Emissions [kg CO <sub>2</sub> e]
Conducteur	5.964,00
Gestionnaire	4.792,50
Equipe topo SOCO	460,08
Main d'œuvre bétonnage	2.409,02
Main d'œuvre coffrage	3.993,64
Main d'œuvre diverse	6.466,55
Main d'œuvre ferrailage	6.088,28
Main d'œuvre opérateur	5.325,43
Main d'œuvre de terrassement	106,86
Sous-traitant divers	774,80
Bureau de stabilité	1.042,85
Ensemencement	178,80
Essais de sol	436,27
Injection du coulis pour les ancrages	149,00
PIEUX	872,54
Equipe de 3 hommes avec ZODIAK	2.853,65
Signalisation routière	375,48
Travaux de voirie	745,00
<b>Total général</b>	<b>43.034,74</b>

Le tableau et le graphique suivant détaillent les émissions réelles en date du 4/12/2023 pour le poste *déplacements du personnel* par source d'émissions.

Tableau 8 : Détail des émissions réelles de la catégorie déplacements du personnel par poste.

Source d'émissions	Emissions [kg CO <sub>2</sub> e]
<b>SMET</b>	<b>630,81</b>
Personnel Smet	630,81
<b>BESIX</b>	<b>1061,60</b>
Ouvriers	1061,60
<b>SOCOGETRA</b>	<b>37213,39</b>
Employés	19445,20
Ouvriers	17768,19
<b>Jennen</b>	<b>5184,21</b>
Ferrailleurs	566,58
Ouvriers	3824,42
Personnel Jennen	793,21
<b>Boutique</b>	<b>535,14</b>
Opérateur grue	535,14
<b>Quality Pump</b>	<b>70,92</b>

Technicien	70,92
<b>Dufour</b>	<b>1022,07</b>
Opérateur	77,53
Opérateur bull	347,11
Opérateur D6K	185,24
Ouvriers	412,19
<b>Bonge</b>	<b>47,68</b>
Opérateur tracteur	47,68
<b>Signaroute</b>	<b>63,18</b>
Ouvriers	63,18
<b>Fisse sprl</b>	<b>443,07</b>
Opérateur PC350+BF120	443,07
<b>Octo Diving</b>	<b>6250,85</b>
Ouvriers	2445,98
Plongeurs	3804,86
<b>Inisma</b>	<b>57,22</b>
Ouvriers	57,22
<b>TSCM</b>	<b>164,50</b>
Ouvriers	164,50
<b>SRS Benelux</b>	<b>44,70</b>
Ouvriers	44,70
<b>Robuco</b>	<b>3434,75</b>
Ouvriers	3434,75
<b>Armasteel</b>	<b>665,14</b>
Ouvriers	665,14
<b>Solalux</b>	<b>1317,16</b>
Ouvriers	1317,16
<b>Poncelet</b>	<b>164,50</b>
Ouvriers	164,50
<b>Total général</b>	<b>58370,86</b>

Les émissions de déplacement du personnel sont 26 % plus importantes que prévues initialement.

Les émissions liées à la mobilité du personnel peuvent être expliquées par :

- La durée du chantier, plus longue que prévu initialement (20 mois au lieu de 12). Cela a un impact sur les déplacements des employés et ouvriers SOCOGETRA.
- L'origine des ouvriers de nombreux sous-traitants était estimée à Charleroi pour le bilan prévisionnel. Il s'est avéré qu'en pratique pour certains postes (Solalux, Robuco), il a été difficile de trouver de la main d'œuvre qualifiée dans à une distance aussi proche.
- Octodiving a presté plus de jours de travail qu'initialement prévu (42 jours ouvrables alors qu'il était prévu pour 25 jours).

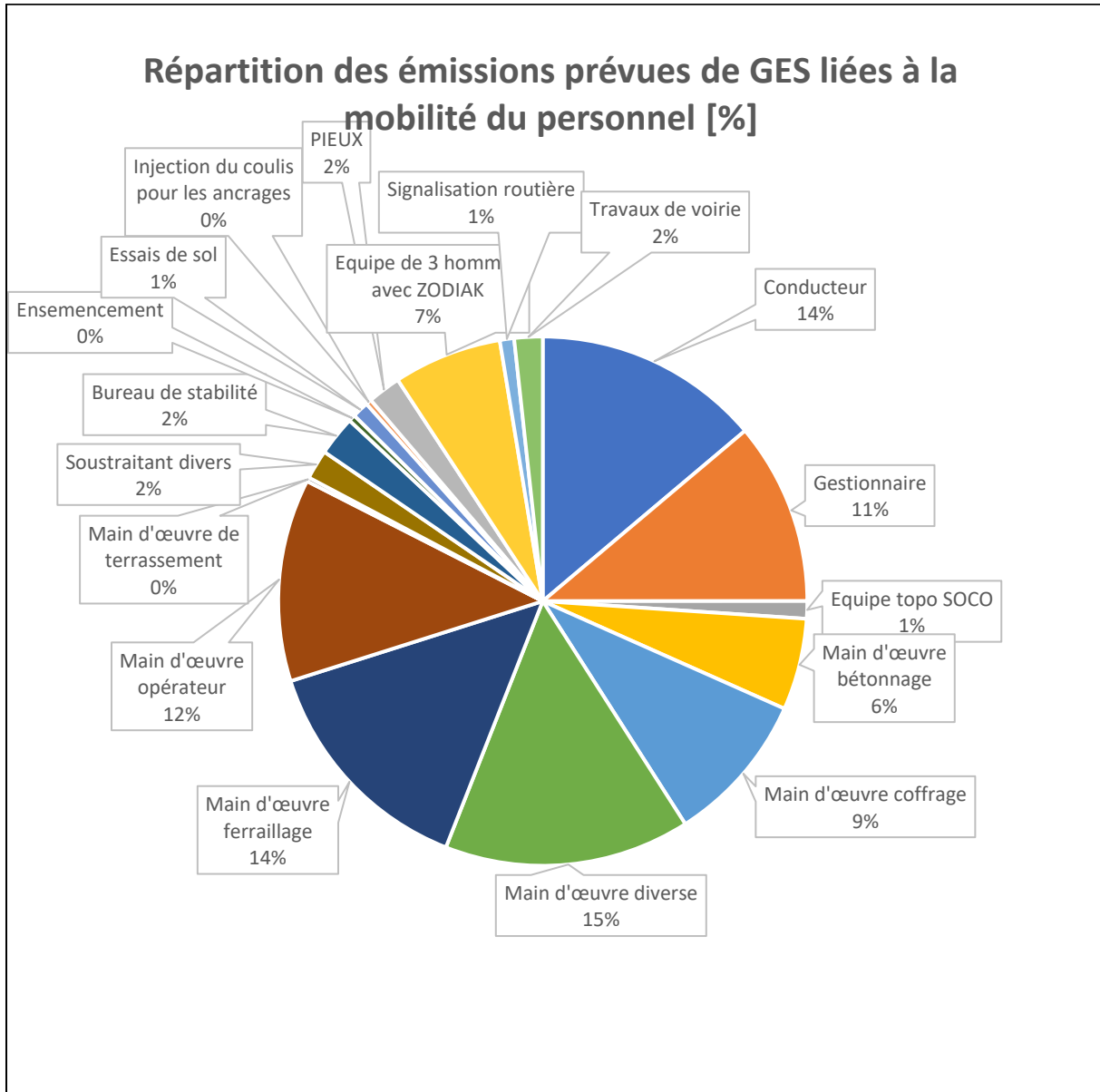


Figure 5 : Répartition des émissions prévues de la catégorie Mobilité du personnel par poste.



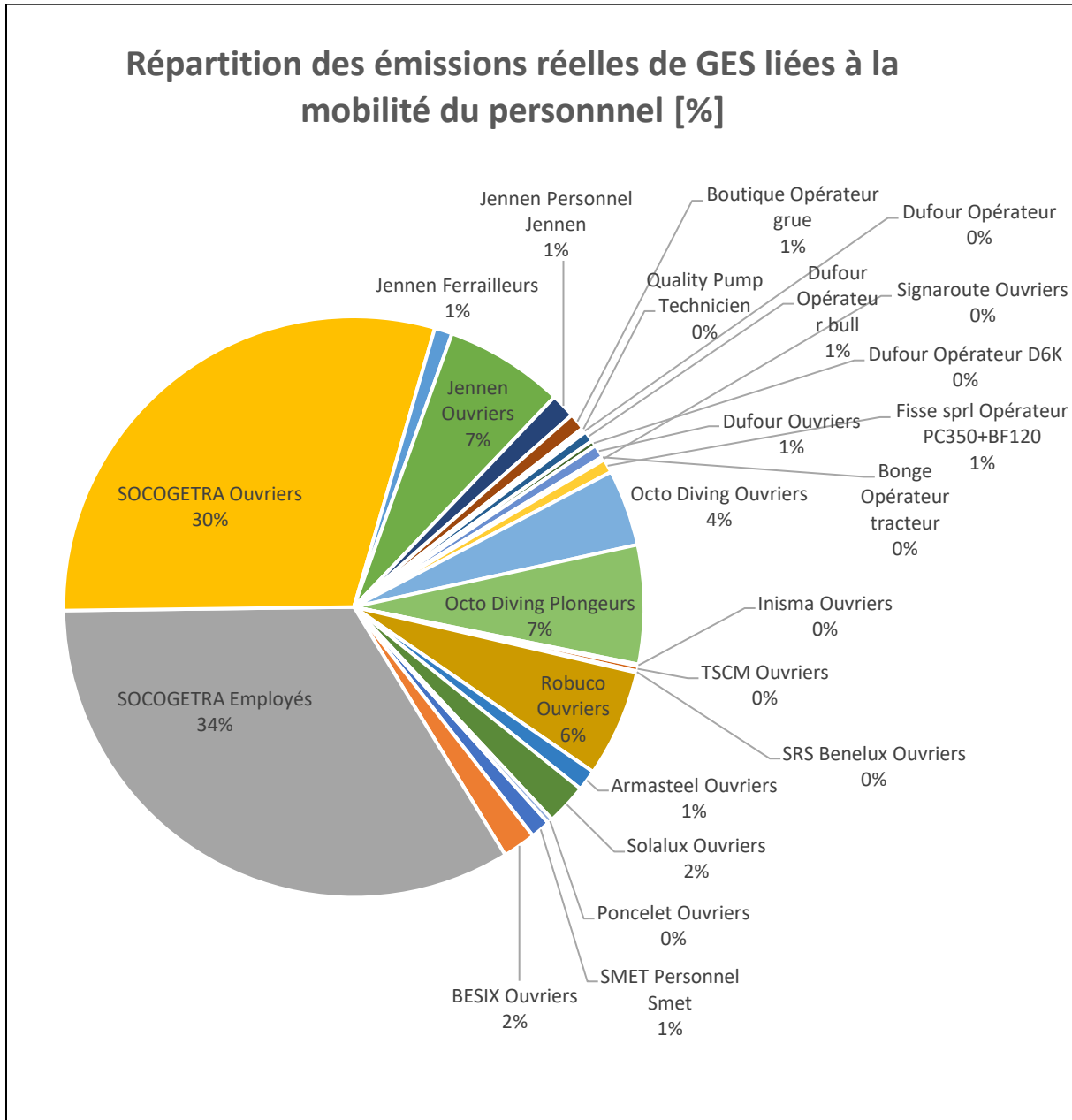


Figure 6 : Répartition des émissions réelles de la catégorie Mobilité du personnel par poste.

## 11. ANNEXE 1 : FACTEURS D'ÉMISSIONS

### 11.1. ENERGIE

Nom	Type	Unité	FE total (well to wheel) [kgCO <sub>2</sub> /unité]	FE production électricité [kgCO <sub>2e</sub> /unité]	FE amont/production carburant [kgCO <sub>2e</sub> /unité]	Source
Electricité		kWh	0,23			AWAC[28]
Electricité grise	Energie grise	kWh	0,205	0,169	0,036	IEA[29]
Electricité verte	Energie verte	kWh	0,024	0	0,024	Febeg[9]
Gaz naturel - kWh LHV	Gaz naturel (BE)	kWh LHV	0,203	0,203		Fluvius[16]
Gaz naturel - kWh HHV	Gaz naturel (BE)	kWh HHV	0,202	0,202		Fluvius[16]
Gaz naturel - m <sup>3</sup>	Gaz naturel (BE)	m <sup>3</sup>	2,5	2,1	0,4	AWAC[28]
Butane	Butane (BE)	litre	2,1	1,8	0,3	AWAC[28]
Propane	Propane (BE)	litre	1,9	1,6	0,3	AWAC[28]
Fioul domestique	Le fioul domestique	litre	3,3	2,7	0,6	AWAC[28]
Fioul lourd	Le fioul lourd	litre	3,5	3	0,5	AWAC[28]
Essence	Essence (BE) - inconnue	litre	2,67			AWAC[28]
Biodiesel	Biodiesel (HVO)	litre	0.347	0.032	0.314	co2emissie factoren.nl[1]
Diesel	Diesel (B7) - Standard BE	litre	3,19			AWAC[28]

## 11.2. FRET

Nom	Type de marchandises	Type de transport	Poids - classe - carburant	Unité	FE total (well to wheel) [kgCO <sub>2</sub> e/unité]	FE direct (well to wheel) [kgCO <sub>2</sub> e/unité]
Camionnette / fourgon 8 m <sup>3</sup>	Marchandises en vrac et à la pièce	Voiture de déménagement	8 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> -kilomètre	0,1814	0,144
Camion Benne TP	Conteneur	Camion remorque	Tracteur-remorque lourd	tonne-kilomètre	0,121	0,092
Camion 10 tonnes	Marchandises en vrac et à la pièce	Camion remorque	10-20 tonnes	tonne-kilomètre	0,256	0,194
Semi-articulé - tracteur routier	Marchandises en vrac et à la pièce	Camion remorque	Tracteur-remorque lourd	tonne-kilomètre	0,088	0,067
Tracteur routier avec conteneur	Conteneur	Camion remorque	Tracteur-remorque lourd	tonne-kilomètre	0,121	0,092
VRAC - Voiture de commande-> 2 tonnes	Marchandises en vrac et à la pièce	Voiture de commande	> 2 tonnes	tonne-kilomètre	1,326	1,005
VRAC - Véhicule Utilitaire Léger express-ramasse distribution, colis	Marchandises en vrac et à la pièce	Véhicule Utilitaire Léger express	ramasse distribution, colis	tonne-kilomètre	1,115	0,884
VRAC - Poids lourd, livraison urbaine-électrique	Marchandises en vrac et à la pièce	Poids lourd, livraison urbaine	électrique	tonne-kilomètre	0,0467	0
VRAC - Poids lourd, livraison urbaine-hybride full	Marchandises en vrac et à la pièce	Poids lourd, livraison urbaine	hybride full	tonne-kilomètre	0,2636	0,22

VRAC - Voiture de déménagement-45 m <sup>3</sup>	Marchandises en vrac et à la pièce	Voiture de déménagement	45 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> -kilomètre	0,155	0,043
VRAC - Voiture de déménagement-8 m <sup>3</sup>	Marchandises en vrac et à la pièce	Voiture de déménagement	8 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> -kilomètre	0,1814	0,144
VRAC - Camion remorque-<10 tonnes	Marchandises en vrac et à la pièce	Camion remorque	<10 tonnes	tonne-kilomètre	0,363	0,275
VRAC - Camion remorque-10-20 tonnes	Marchandises en vrac et à la pièce	Camion remorque	10-20 tonnes	tonne-kilomètre	0,256	0,194
VRAC - Camion remorque->20 tonnes + remorque	Marchandises en vrac et à la pièce	Camion remorque	>20 tonnes + remorque	tonne-kilomètre	0,105	0,08
VRAC - Camion remorque-Tracteur-remorque lourd	Marchandises en vrac et à la pièce	Camion remorque	Tracteur-remorque lourd	tonne-kilomètre	0,088	0,067
VRAC - Camion remorque-LHV	Marchandises en vrac et à la pièce	Camion remorque	LHV	tonne-kilomètre	0,017	0,013
VRAC - Train-Moyen	Marchandises en vrac et à la pièce	Train	Moyen	tonne-kilomètre	0,013	
VRAC - Navigation intérieure-Petite, 300-600 tonnes (Spits-Kempenaar)	Marchandises en vrac et à la pièce	Navigation intérieure	Petite, 300-600 tonnes (Spits-Kempenaar)	tonne-kilomètre	0,041	0,031
VRAC - Navigation intérieure-Moyen, 1500-3000 tonnes (RHK-grosse barge du Rhin)	Marchandises en vrac et à la pièce	Navigation intérieure	Moyen, 1500-3000 tonnes (RHK-grosse barge du Rhin)	tonne-kilomètre	0,031	0,023
VRAC - Navigation intérieure-Grande, 500-11000 tonnes (barge d'attelage)	Marchandises en vrac et à la pièce	Navigation intérieure	Grande, 500-11000 tonnes (barge d'attelage)	tonne-kilomètre	0,021	0,016

VRAC - Navigation intérieure-Moyen	Marchandises en vrac et à la pièce	Navigation intérieure	Moyen	tonne-kilomètre	0,031	0,023
VRAC - Transport maritime-Transport côtière	Marchandises en vrac et à la pièce	Transport maritime	Transport côtière	tonne-kilomètre	0,022	0,018
VRAC - Transport maritime-Deep sea	Marchandises en vrac et à la pièce	Transport maritime	Deep sea	tonne-kilomètre	0,007	0,005
VRAC - Transport maritime-Moyen	Marchandises en vrac et à la pièce	Transport maritime	Moyen	tonne-kilomètre	0,007	0,005
Conteneur - Camion remorque - > 20 tonnes	Conteneur	Camion remorque	> 20 tonnes	tonne-kilomètre	0,212	0,161
Conteneur - Camion remorque - > 20 tonnes avec remorque	Conteneur	Camion remorque	> 20 tonnes avec remorque	tonne-kilomètre	0,122	0,093
Conteneur - Camion remorque - Tracteur-remorque lourd	Conteneur	Camion remorque	Tracteur-remorque lourd	tonne-kilomètre	0,121	0,092
Conteneur - Camion remorque - LHV	Conteneur	Camion remorque	LHV	tonne-kilomètre	0,109	0,083
Conteneur - Train - Moyenne	Conteneur	Train	Moyenne	tonne-kilomètre	0,015	
Conteneur - Navigation intérieure - 40 TEU (Neo Kemp)	Conteneur	Navigation intérieure	40 TEU (Neo Kemp)	tonne-kilomètre	0,054	0,041
Conteneur - Navigation intérieure - 96 TEU (Canal Rhin-Herne)	Conteneur	Navigation intérieure	96 TEU (Canal Rhin-Herne)	tonne-kilomètre	0,052	0,039

Conteneur - Navigation intérieure - 208 TEU (grand bateau du Rhin)	Conteneur	Navigation intérieure	208 TEU (grand bateau du Rhin)	tonne-kilomètre	0,032	0,024
Conteneur - Navigation intérieure - 348 TEU	Conteneur	Navigation intérieure	348 TEU	tonne-kilomètre	0,027	0,02
Conteneur - Navigation intérieure - Moyenne	Conteneur	Navigation intérieure	Moyenne	tonne-kilomètre	0,032	0,024
Conteneur - Transport maritime - Transport côtière	Conteneur	Transport maritime	Transport côtière	tonne-kilomètre	0,032	0,026
Conteneur - Transport maritime - Deep sea	Conteneur	Transport maritime	Deep sea	tonne-kilomètre	0,012	0,009
Conteneur - Transport maritime - Moyen	Conteneur	Transport maritime	Moyen	tonne-kilomètre	0,012	0,009
Conteneur - Transport aérien - Courte distance (<1000 km)	Navigation aérienne	Transport aérien	Courte distance (<1000 km)	tonne-kilomètre	3,54	3,386
Conteneur - Transport aérien - Trajet moyen (1000 - 4000 km)	Navigation aérienne	Transport aérien	Trajet moyen (1000 - 4000 km)	tonne-kilomètre	2,242	2,144
Conteneur - Transport aérien - Longue distance (>4000 km)	Navigation aérienne	Transport aérien	Longue distance (>4000 km)	tonne-kilomètre	1,152	1,102

### 11.3. TRANSPORT DE PERSONNES

Nom	Type	Carburant	Unité	FE total [kgCO <sub>2</sub> e/unité]	FE direct [kgCO <sub>2</sub> e/unité]	FE indirect [kgCO <sub>2</sub> e/unité]
Voiture	Voiture	Inconnu (BE)	véhicule-km	0,213	0,171	
Moto - Essence	Moto	Essence	véhicule-km	0,0616	0,0528	
Vélo - Électrique	Vélo	Électrique	véhicule-km	0,003	0	
Camionnette / minibus	Minibus (max. 8 personnes)	Diesel	véhicule-km	0,298	0,24	
Autocar - Diesel	Autocar	Diesel	véhicule-km	1,043	0,853	
Transport en commun général -	Transport en commun général		voyageur-km	0,0306		
Bus - STIB	Bus	STIB	voyageur-km	0,11		
Bus - De Lijn	Bus	De Lijn	voyageur-km	0,07326	0,066	
Bus - TEC	Bus	TEC	voyageur-km	0,07735	0,07	
Train - SNCB	Train	SNCB	voyageur-km	0,021	0,019	
Train - Eurostar	Train	Eurostar	voyageur-km	0,0115	0,011	
Train - Thalys	Train	Thalys	voyageur-km	0,0086	0,009	
Metro - STIB	Metro	STIB	voyageur-km	0,02		
Tram - STIB	Tram	STIB	voyageur-km	0,03		

Tram - De Lijn	Tram	De Lijn	voyageur -km	0,02308	0,023	
Avion - Moyenne distance (500-3000 km)	Avion	Moyenne distance (500- 3000 km)	voyageur -km	0,441	0,399	
Avion - Longue distance (>3000km)	Avion	Longue distance (>3000km)	voyageur -km	0,236	0,213	
Carburant - Essence	Essence (BE) - inconnue		litre	2,67		
Carburant - Bioéthanol	Bioéthanol		litre	0,75713	0,00913	0,748
Carburant - Diesel (B7)	Diesel (B7) - Standard BE		litre	3,19		
Carburant - Biodiesel (B100)	Biodiesel (B100) (EUR)		litre	1,92	0	1,92
Carburant - GPL	GPL (BE)		litre	1,58		
Carburant - GNC	GNC (BE)		litre	0,438		