





Empreinte carbone des projets et chantiers de dépollution

Établir un référentiel national sur la méthodologie des calculs d'émission et donner des chiffres clés

Carbon footprint of remediation projects and works

Establishing national reference for the methodology of emission calculations and providing key figures

pollutec LYON 7-10 OCT 2025 LYON EUREXPO FRANCE

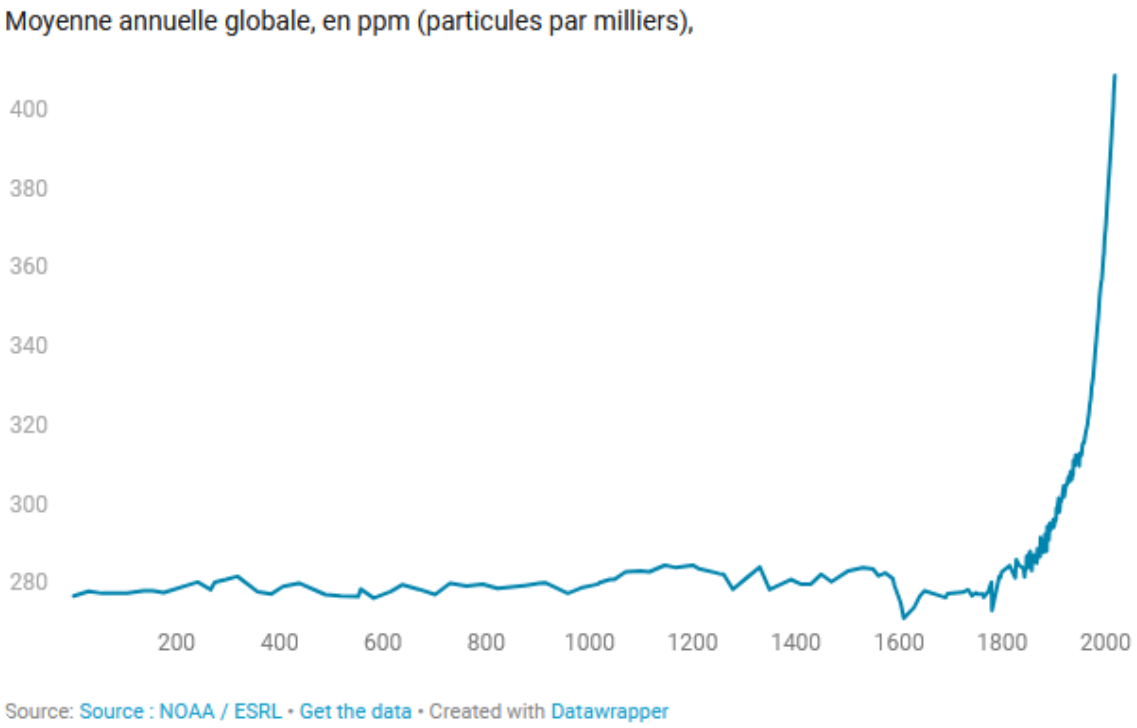
Sébastien Kaskassian, Baptiste Fillebeen, Niama El-Kari Oumaima Ailloul

Bureau d'études en Environnement

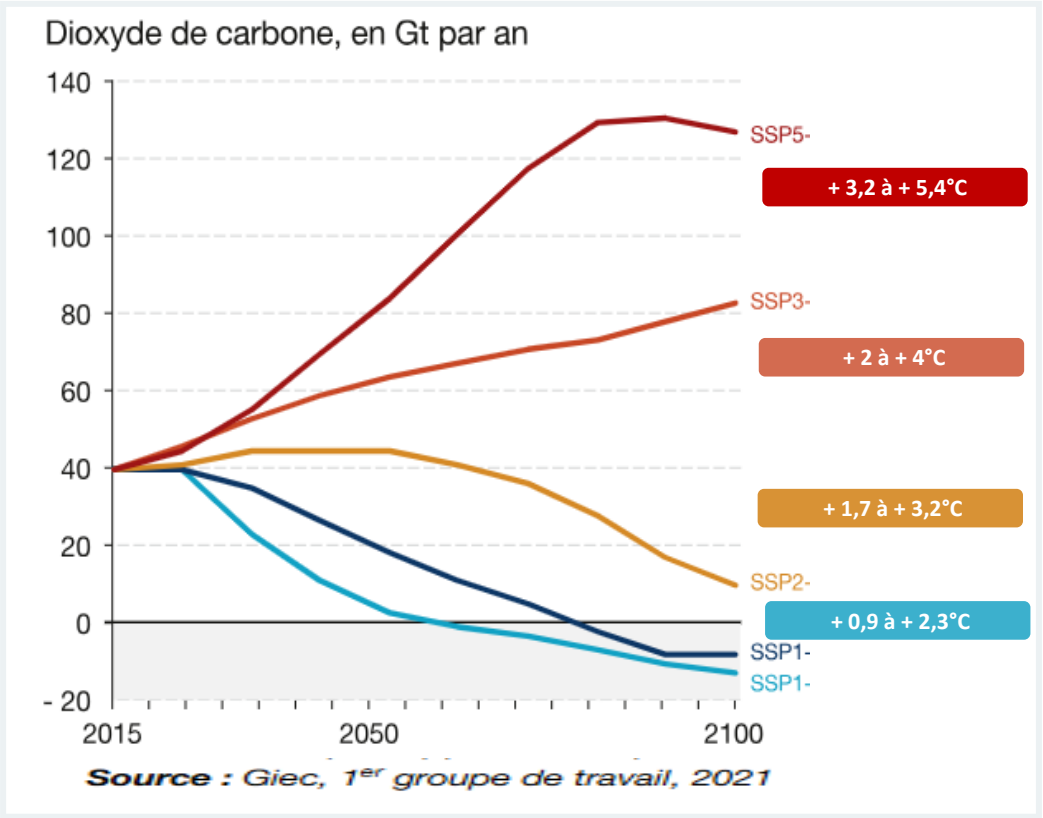
Christophe Chene, **Clotilde Johansson,** Louise Dessertine, Charlotte Morizot

Société de travaux - SSP

Contexte



Scénarios envisagés par le GIEC



Objectifs définis par la COP21 : +1,5°C à +2°C à 2100

Réduire de 45% les émissions mondiales entre 2010 et 2035

Atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050

Charte UPDS

CHARTE_CLIMATIQUE_0325.pdf

➢ **Calculer l'impact « carbone » des activités SSP**

Bibliographie

Conclusion de la synthèse bibliographique :

- **Absence de synthèse comparative** des émissions de GES pour les principales techniques de dépollution menée **sur la base d'études de cas réels**
- **Absence de consensus** quant aux éléments à prendre en compte : périmètre ?
- Absence de consensus sur le FE à utiliser pour un même item, ou absence de certains FE dans les bases de données : utiliser un FE de substitution ? Si oui, lequel ?

	Technique	Emissions de GES	Unité	Nombre d'études
In situ	Phytoremédiation	5,54-7,19	$kgCO_2eq/m^3$	1
	MNA	2,81-60		2
	Bioremédiation	0,38-42,2		2
	BPR / Tranchée drainante	19,9 / 121		2
	Venting / Sparging / SVE	4,75-455		4
	DT IS	526-607		2
	Pompage traitement / écrémage	43-68		3
	Traitement chimique	10,4		1
	Extraction multiphasique	21-78		3
Hors site	Excavation élimination	21-8242		7
On-site	Land farming	92,5		1
	Biotertre / biopile	38-102		2
	Lavage de sol	29-45		1
	Stabilisation / Solidification	0,02		1

➢ **Ecarts importants, incohérences**

Objectifs

Besoin d'un référentiel simple, partagé, consolidé et transparent pour une prise de décision éclairée (PG, PCT, Travaux)

Objectifs du projet :

- Définir une **méthodologie et un périmètre commun au secteur SSP** pour calculer les bilans d'émissions de gaz à effet de serre (GES)

- Livre méthodologique détaillant les hypothèses, le périmètre, les outils, bases de données employées, la méthode de calcul… **pas de promotion d'un outil de calcul spécifique**

- Calculer le bilan carbone pour **60 chantiers cas réels – établir des valeurs de référence**

Fiches techniques - abaques : 1 synthèse par technologie de traitement, avec comparaison de plusieurs cas d'étude, si possible de différentes tailles.

Résultats en kg_{CO2e}/m^3 ou tonnes ou m^2 de terres traitées ou par k€ de traitement…

Partenaires

Partenaires du projet :

Consortium **TAUW France** et **ORTEC SOLEO** pour piloter le projet

Projet co-financé par l'**ADEME**

Un **comité d'experts** pour accompagner le projet : définition du périmètre, la méthodologie, apport de cas d'études

EPIC et organismes

- ADEME
- BRGM
- UPDS

Maître d'Ouvrages

- ARKEMA
- EDF
- ENGIE
- RETIA

Bureau d'Etudes / Laboratoire

- ARTELIA
- BURGEAP
- RAMBOLL
- ***TAUW France***
- WESSLING

Société de Travaux

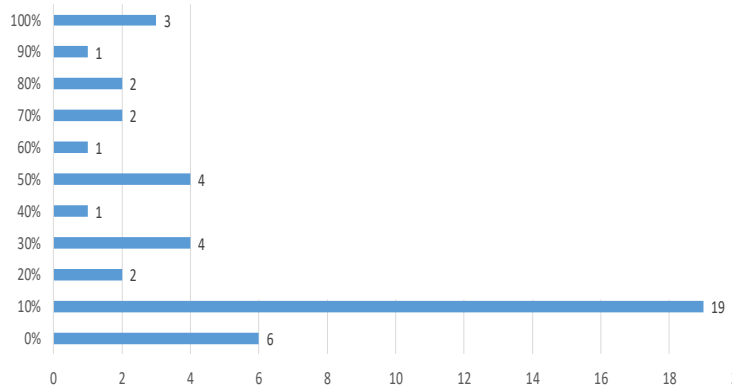
- COLAS
- ***ORTEC SOLEO***
- REMEA
- SECHE
- SERPOL

1ère enquête

Etat des lieux des pratiques actuelles

- 39 réponses : BE (12), Maitres d'Ouvrage (11), Travaux (11), autres structures (6)
- Nombreux **outils internes** de calcul du bilan Carbone

Sondage : BC - *Quelle fréquence ?*



REX de l'enquête

Fréquence de réalisation = rare (médiane à 10%) à faible (moyenne à 30%)

Motivations pour réaliser l'estimation, pour les

- Donneurs d'ordre : projets exceptionnels (28%), politique interne (23%), demande de l'administration (18%), jamais (18%)
- Prestataires : projets exceptionnels (14%), politique interne (20%), demande du client (40%), jamais (16%),

Estimation faites lors = PG (23%), Offre Travaux (29%), Reporting / fin travaux (16%), Non réalisé (14%)

- Utilisation du critère « bilan carbone »
  - En tant que critère indépendant (comme le coût, etc. – 40%) ou à intégrer au sein du critère HSE (30%)
  - Poids décisionnel entre 10 et 15%, critère de choix jugé secondaire (PG, PCT, offres Travaux)

Le poids carbone **ressort comme un critère à part entière**, dont les donneurs d'ordre pourront se servir au stade du plan de gestion.

Périmètre

Définition du périmètre

Un inventaire des flux a été réalisé afin d'inclure toutes les émissions significatives directes et indirectes des chantiers et d'être exhaustif lors de la collecte des données.



1 Moyens généraux

- Base vie / installation
- Consommation énergie, eau
- Transport, matériels et équipements
- Déplacement collaborateurs
- Monitoring

2 Terrassement

- Travaux de terrassement (engins, consommables)
- Périphérique terrassement (tente, blindage, masquant d'odeur)
- Transport de terre sur site
- Remblaiement
- Manutention

3 Traitement sur site / In-situ

- >Engins et consommables pour :
  - Criblage, lavage,
  - Traitement biologique,
  - Traitement thermique,
- Forage
- Pose de réseaux
- Produits Chimiques et Consommables
- Unité de traitement

4 Elimination hors site

Elimination des terres

- Filières d'élimination
- Transport des terres hors site

Gestion des déchets

- Déchets DIB-DIS
- Transport des déchets

Périmètre

Périmètre soumis au Comité d'experts

- Soumis à la relecture du CE en novembre 2024
- Collecte des remarques puis Finalisation réalisée en février 2025

Postes à inclure :

- Amortissement des machines, matériels et véhicules (impact non négligeable)
- Exutoires finaux des plateformes de gestion des terres

Postes exclus :

- Temps du personnel et amortissement des bureaux / agences de la société de travaux
- Trajets domicile-bureau
- Balisage de chantier (si non significatif)
- Déplacements des visiteurs du chantier (audits, visite clients, et déplacements géomètre, organismes certificateurs, huissiers, organismes de géoradar… impact faible)
- Emissions fugitives (forte difficulté de les estimer de façon fiable – pas de méthodologie)
- Emissions évitées – ne peuvent être directement soustraites, mais seront affichées en parallèle.

Validation

- Etude de sensibilité des postes exclus sur quelques cas et des outils (comparaison TAUW & ORTEC)

Périmètre

Choix des facteurs d'émissions

1

Base empreinte de l'ADEME

> Base publique officielle française
> Regroupe les facteurs d'émission nécessaires à la comptabilité carbone des organisations et à l'évaluation environnementale des produits et services.

BASE Empreinte®

ADEME – AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

2

Autres bases de données

> SEVE-TP élaboré par la profession routière et son syndicat Routes de France
> Ecoinvent élaboré en collaboration avec des partenaires externes (instituts de recherche, universités, bureaux d'études, fédérations professionnelles)

SEVE Éco-comparateur TRAVAUX PUBLICS

ecoinvent

3

Fournisseurs ou calculé par Ortec Soléo

> Collecté auprès de fournisseurs
> calculés par Ortec Soléo pour des équipements spécifiques, les unités de traitement et les centres de valorisation des terres

Fournisseurs

ORTEC SOLEO

$$Emissions\ de\ GES = \frac{Poids\ matière\ x\ FEmatière}{durée\ utilisation}$$

Equipements spécifiques (palplanche, filtre, cartouche chauffante…)

Unités de traitement (container 20p, gros équipements, poids acier ou PVC raccords/outillages, maintenance…)

Résultats des calculs

Identification des chantiers finalisés et collecte des données

1 Appel à Candidature

- Lancement grâce à un questionnaire afin d'identifier les chantiers correspondant aux critères de sélection.
- Collecte d'informations (technique utilisée, dates, polluants en présence, prix, volume de terre impacté

Google FORMS

125 Chantiers reçus

2 Sélection des chantiers

- Sélection par le groupe projet.
- Objectif : créer un panel de chantiers diversifiés . La cible initiale était d'étudier à minima 3 chantiers par technique de dépollution

73 Chantiers sélectionnés

3 Mise en œuvre du dispositif de collecte et calcul des émissions GES

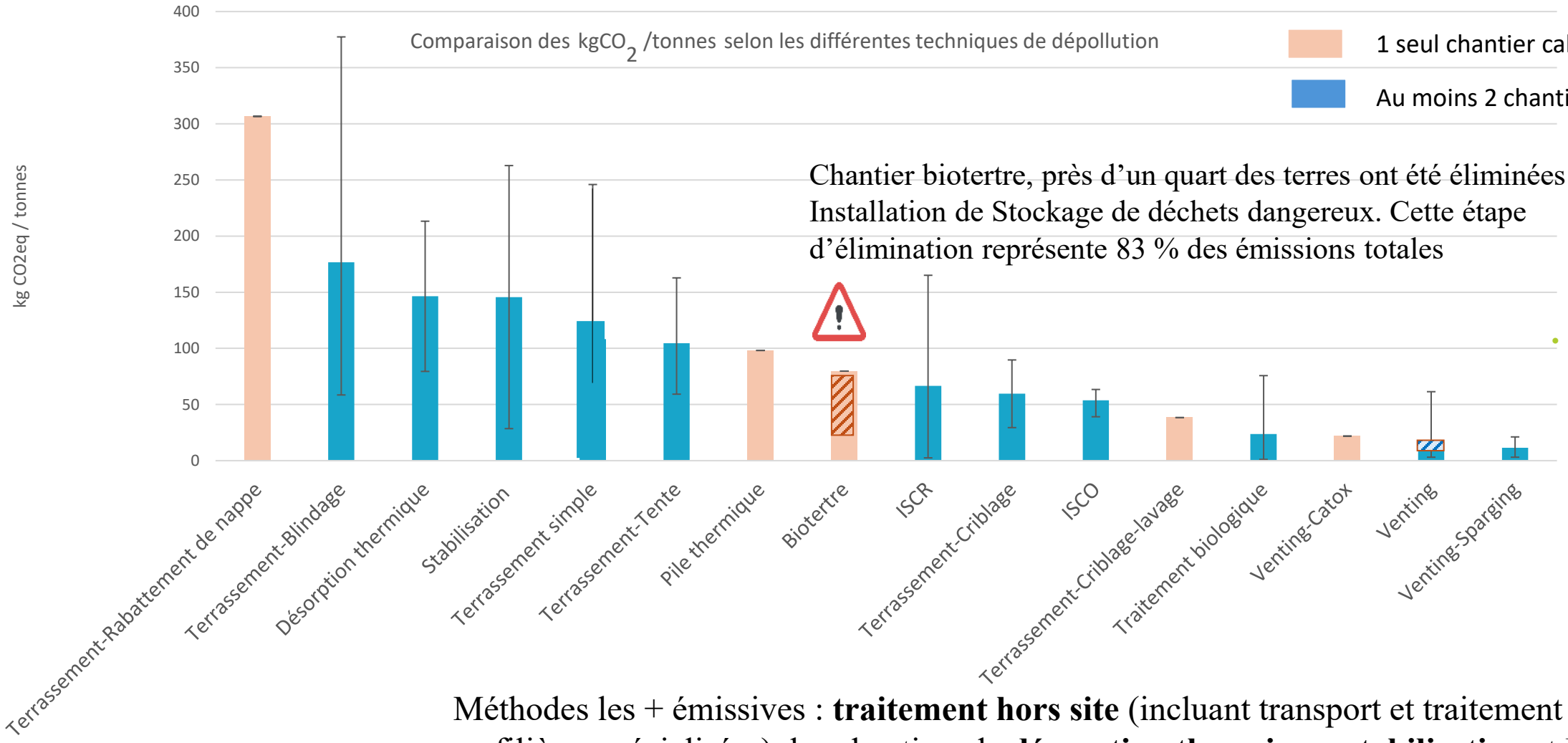
- Envoi d'un questionnaire de collecte qui s'appuie sur l'inventaire des flux
- Relecture, demande de complément et validation du questionnaire
- Calcul des émissions via les 2 outils (ORTEC et TAUW) basées sur les données collectées et les EF

Excel

51 Chantiers collectés

Résultats des calculs

Emissions selon les différentes techniques de dépollution *



Chantier biotertre, près d'un quart des terres ont été éliminées en Installation de Stockage de déchets dangereux. Cette étape d'élimination représente 83 % des émissions totales

- **Calculs en cours de consolidation 51 chantiers**

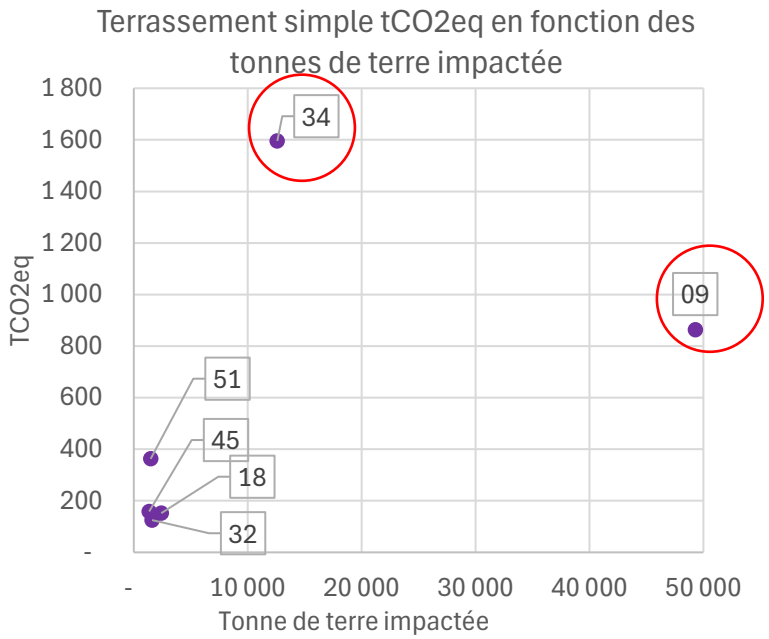
Méthodes les + émissives : **traitement hors site** (incluant transport et traitement des sols en filières spécialisées), les chantiers de **désorption thermique**, **stabilisation** et **ISCO**

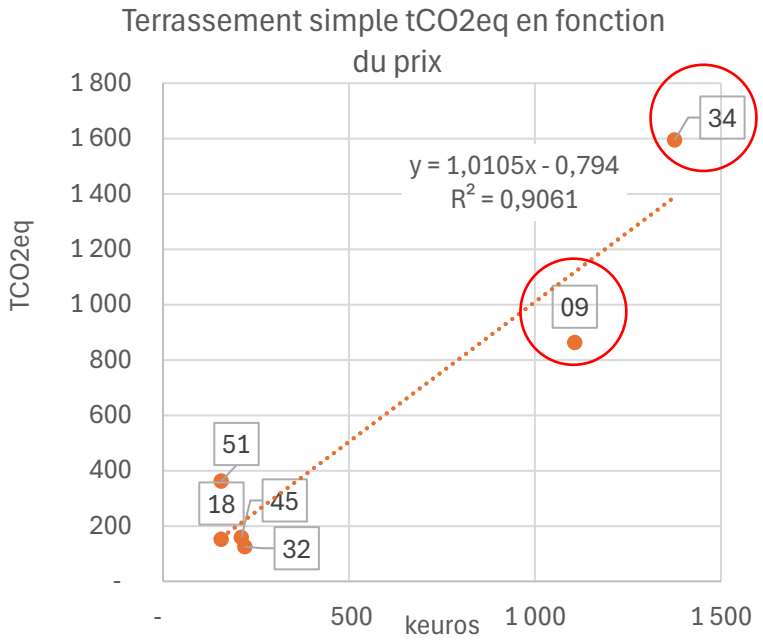
Résultats des calculs

Exemples TERRASSEMENT SIMPLE (impliquant l'évacuation en filières hors site) *

6 chantiers

Gamme de valeur (tCO_2eq)	Moyenne tCO_2eq	Incertitudes liées aux FE	Gamme $kgCO_2eq/t$	Gamme $kgCO_2eq/k€$
125 – 1 595	474 ± 565	30%-67%	(18) 63 – 246	569 – 2 309



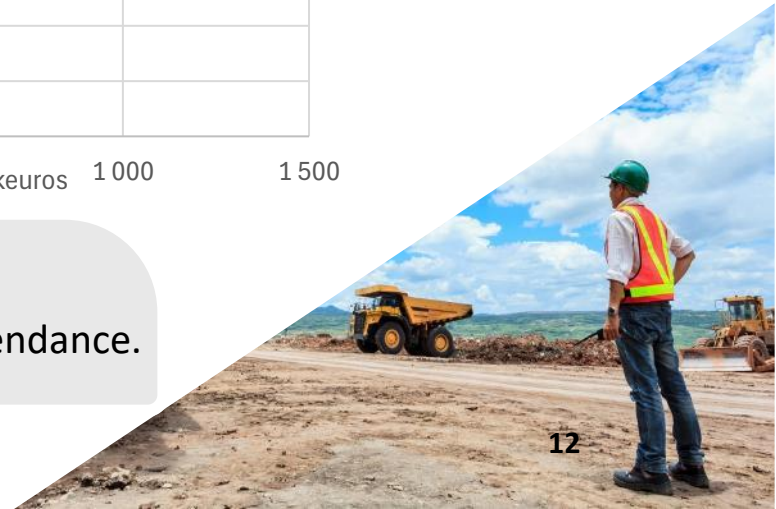


n° du chantier

* Calculs en cours de consolidation

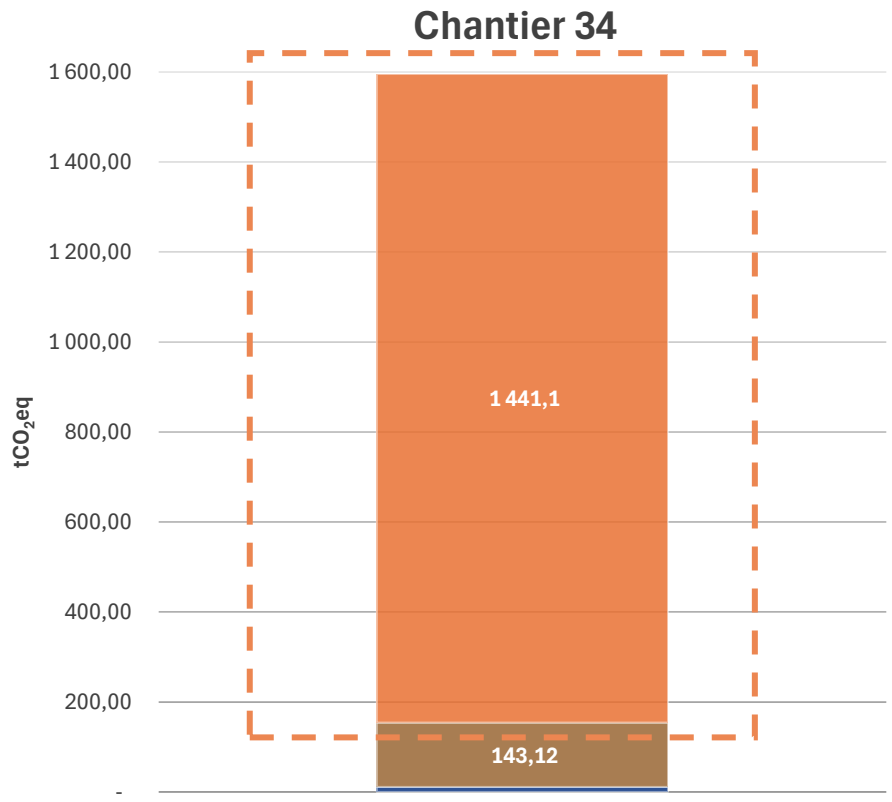
Proportionnalité entre les émissions de GES et le coût des chantiers

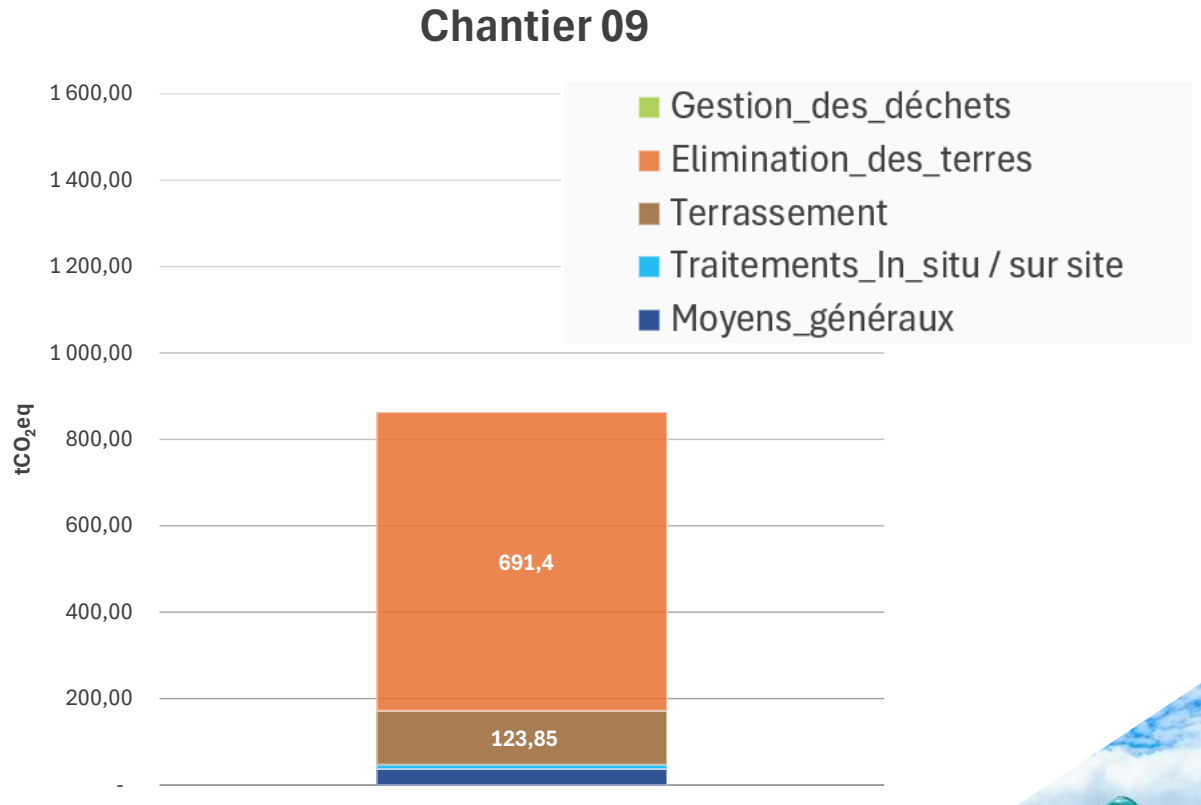
Des chantiers de tailles et de coûts plus variés seraient nécessaires pour confirmer cette tendance.



Résultats des calculs

Exemples TERRASSEMENT SIMPLE (évacuation en filières)



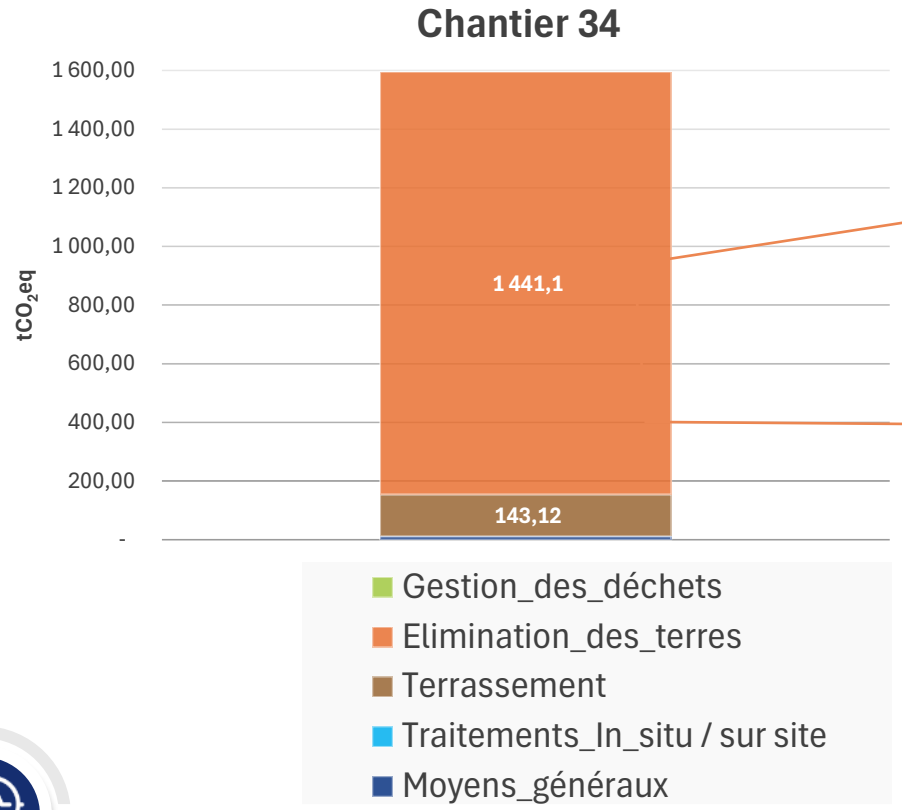


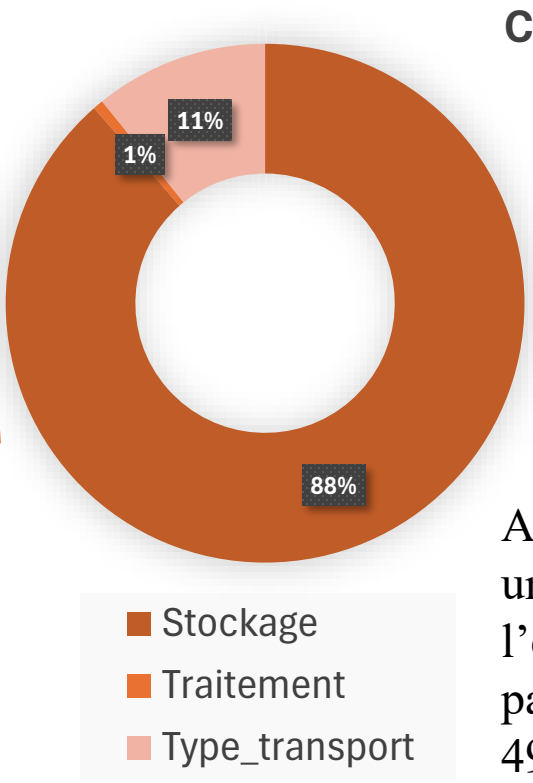
- Le chantier n°09, avec 49 000 tonnes de terres traitées, présente des émissions de GES inférieures à celles du chantier n°34, qui n'en a traité que 13 000 tonnes.



Résultats des calculs

Exemples TERRASSEMENT SIMPLE (évacuation en filières)





A noter que le chantier 9 est un cas ‘’hors norme’’ car l’essentiel des terres n’étaient pas polluées (40 000t sur les 49 000t excavées)

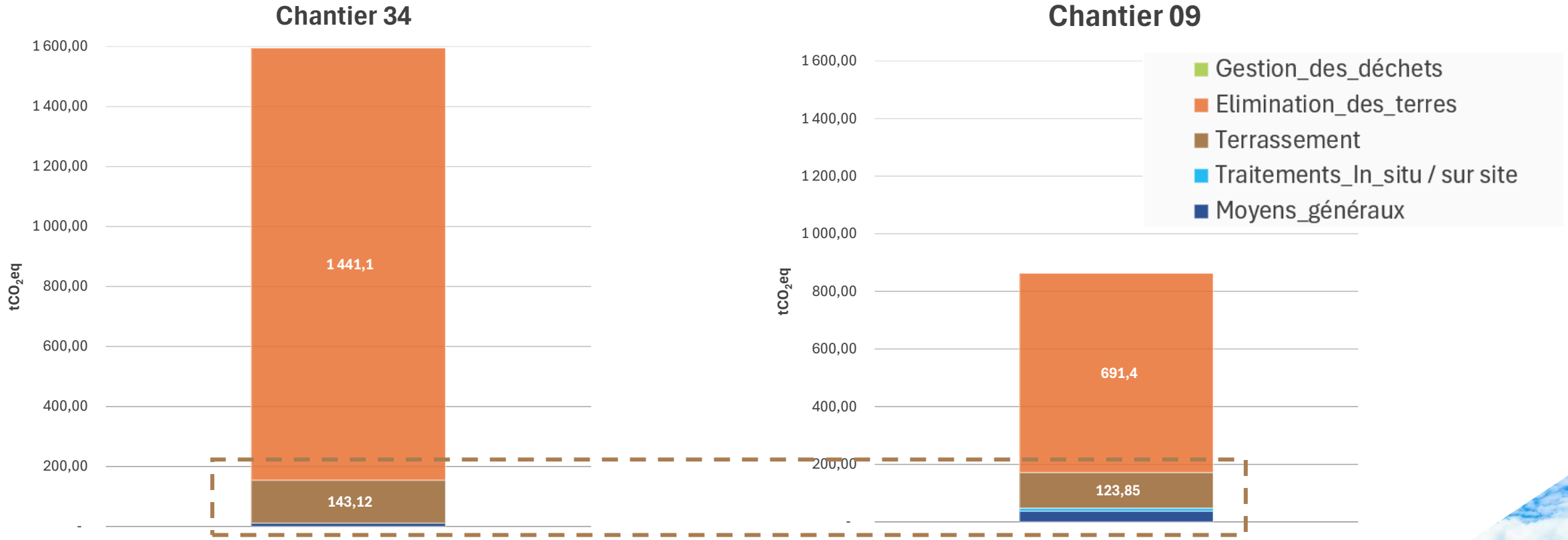
Niveaux de pollution des terres du chantier n°34 plus élevés > stockage en ISDD (Installation de Stockage de Déchets Dangereux), filière plus émissive que l’ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes) et surtout l’Inerte utilisés pour le chantier n°09 par exemple.

- **Le niveau de pollution des sols (choix de filière) affecte les émissions de GES**



Résultats des calculs

Exemples TERRASSEMENT SIMPLE (évacuation en filières)



- Bien que le tonnage de terres excavées soit nettement plus important pour le chantier n°09, la part des émissions de GES de la partie terrassement est du même ordre de grandeur pour les deux chantiers



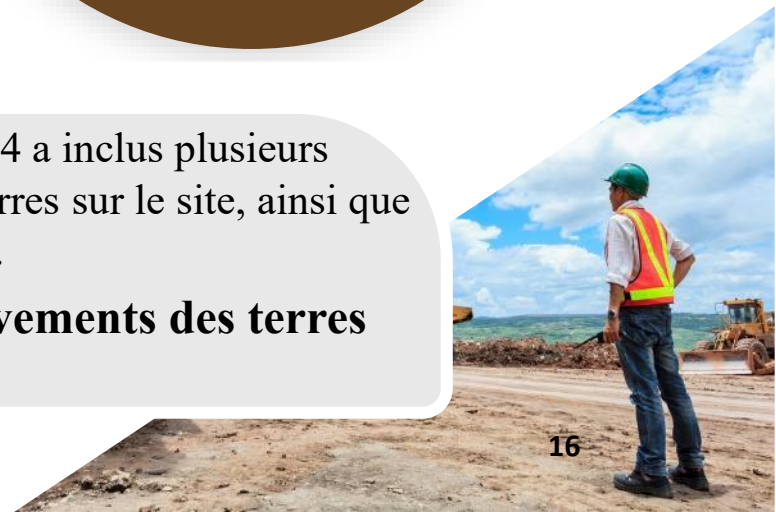
Résultats des calculs

Exemples TERRASSEMENT SIMPLE (évacuation en filières)



Le chantier n°09 a uniquement nécessité un terrassement simple, tandis que le chantier n°34 a inclus plusieurs opérations supplémentaires : apport de matériaux de remblaiement, transport interne des terres sur le site, ainsi que 10 déplacements d'amené repli de la pelle mécanique, contre un seul pour le chantier n°09.

- **Les émissions GES sont dépendantes des activités de remblaiement, des mouvements des terres sur le chantier et de la logistique des engins.**

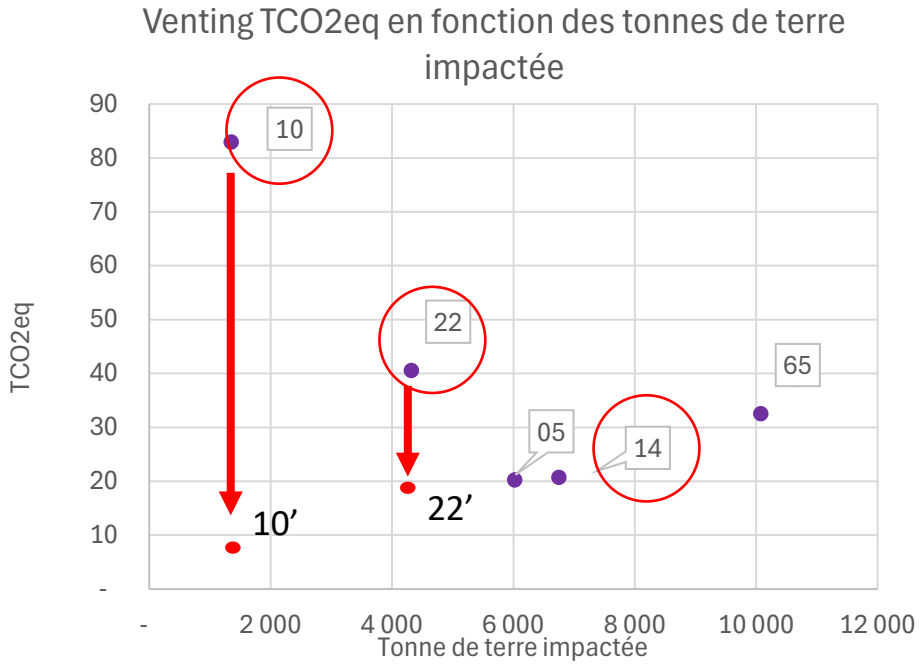


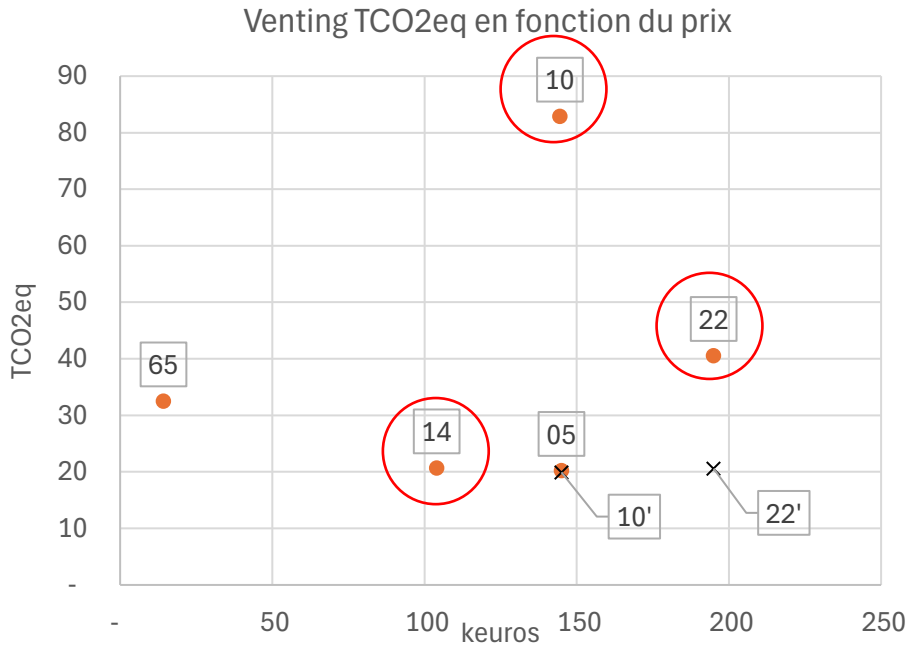
Résultats des calculs

Exemples VENTING *

5 chantiers dont 2 corrigés (10 et 22)

Gamme de valeur (tCO_2eq)	Moyenne tCO_2eq	Incertitudes liées aux FE	Gamme $kgCO_2eq/t$	Gamme $kgCO_2eq/k€$
10 - 41	25 ± 12	28%-60%	3 – 9	71 - 574





n° du chantier

* Calculs en cours de consolidation

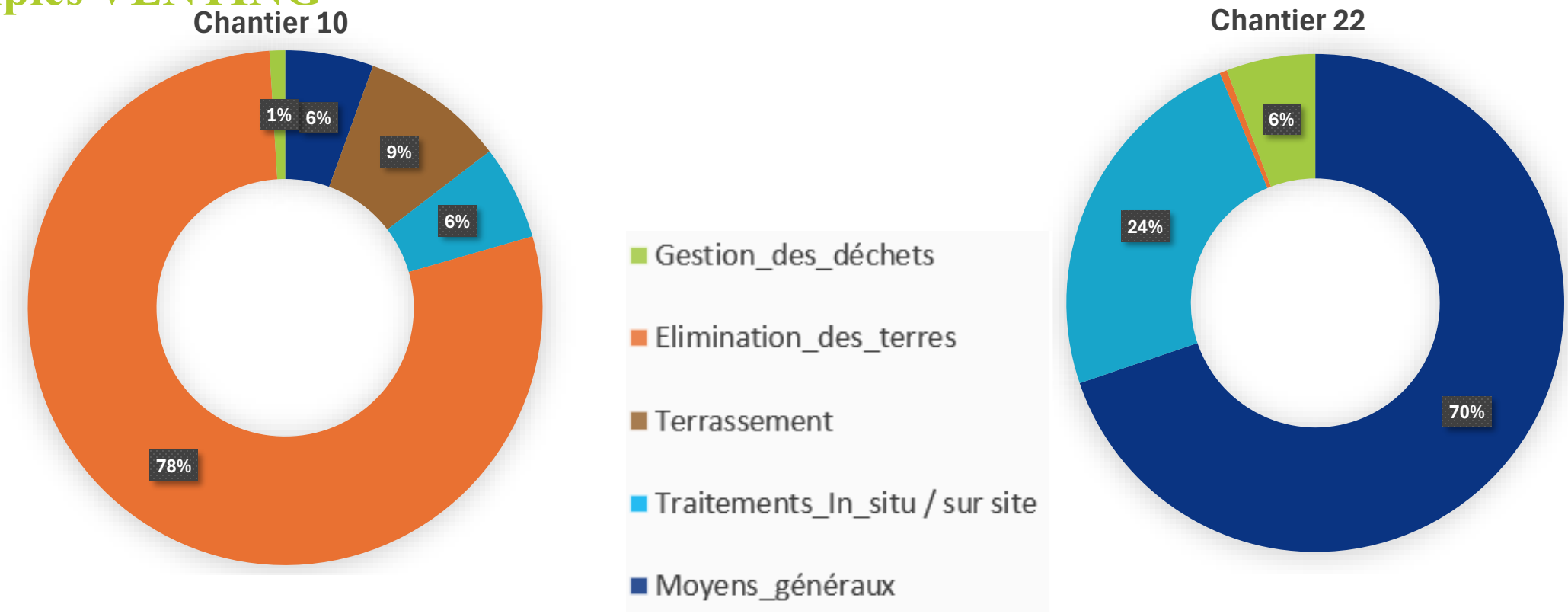
Aucune proportionnalité entre les masses de terres traitées et les émissions totales (tonnages proches). Grande variabilité dans les résultats notamment due à une influence significative des spécificités propres à chaque chantier. Les émissions GES des chantiers n°10 et n°22 ont donc été recalculées (n°10' et n°22') en excluant l'impact des postes d'émissions exceptionnellement haut.



17

Résultats des calculs

Exemples VENTING



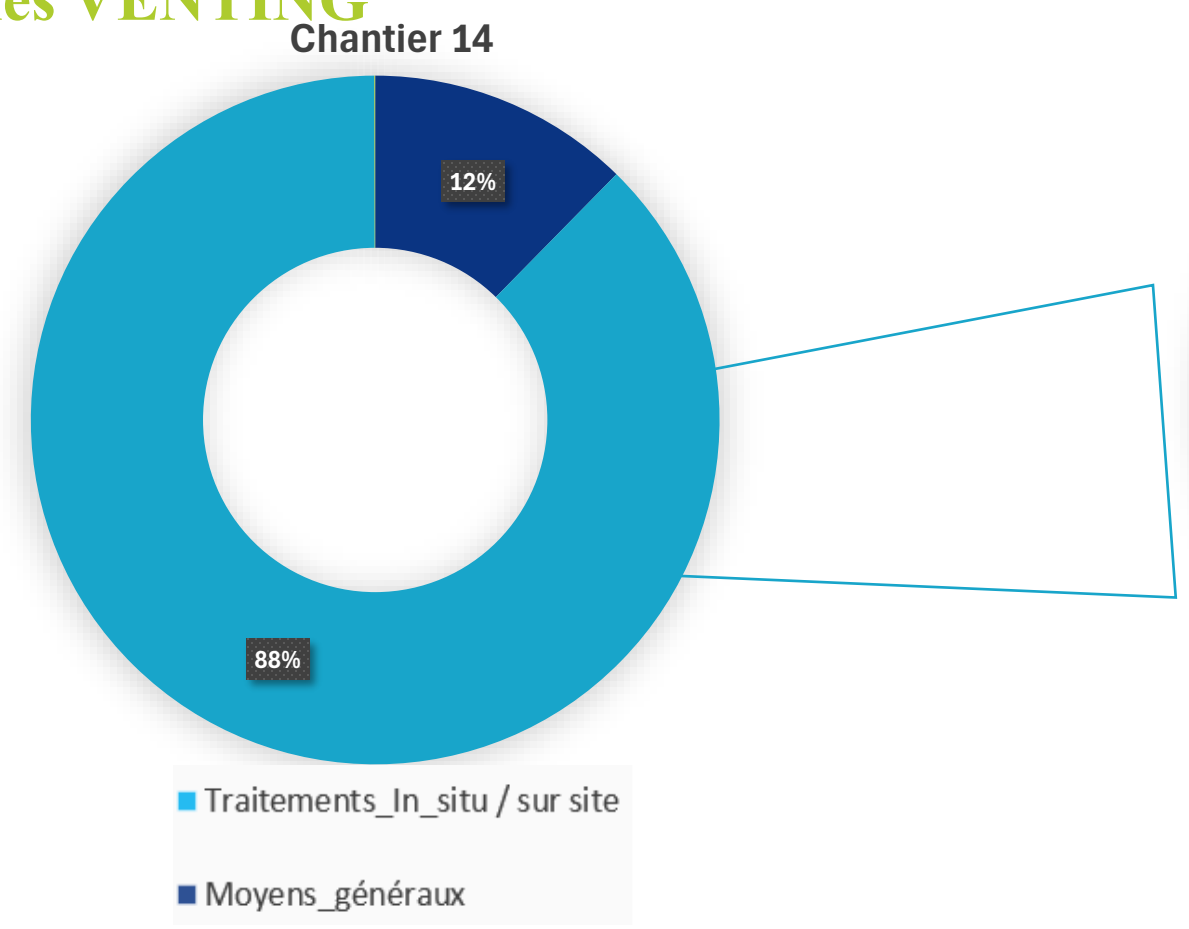
Chantier n°10 : Incinération des terres en filière DIS d'une partie des terres traitées, 63 tCO_2eq, soit 76% de l'impact global du chantier.

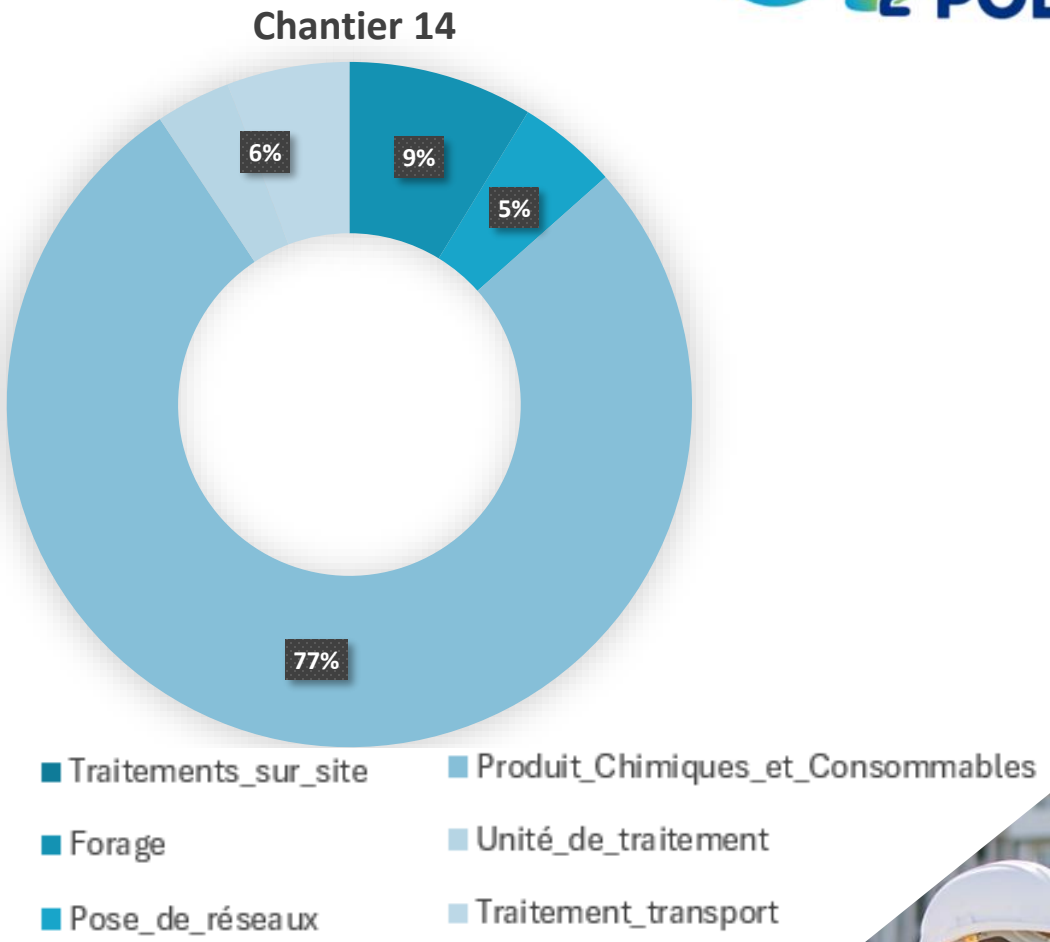
Chantier n°22 : une part importante des émissions est liée au transport des collaborateurs (58%, l'agence de rattachement est éloignée de l'emplacement du chantier)



Résultats des calculs

Exemples VENTING





Le chantiers n°14 semble correspondre à un cas standard

- **Impact majeur de l'achat de charbon actif** (compris dans le poste Traitement sur site), qui représente 68 % pour le chantier n°14

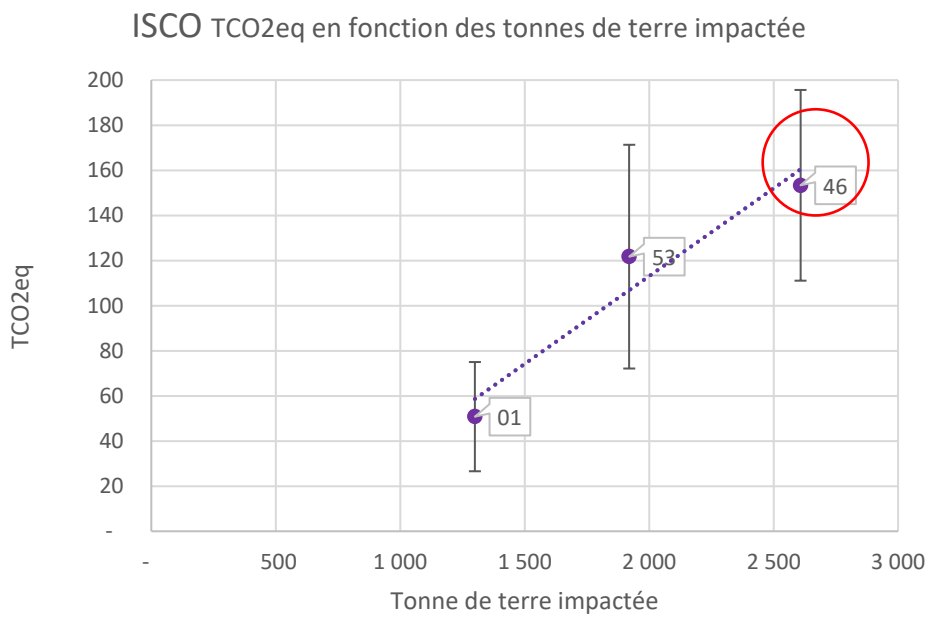


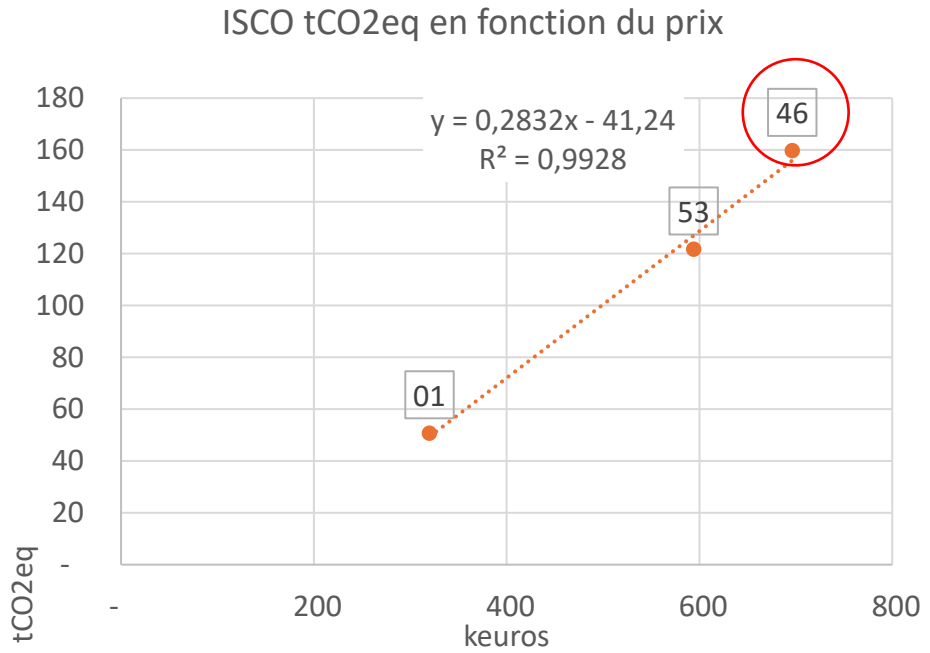
Résultats des calculs

Exemples ISCO *

3 chantiers d'injection

Gamme de valeur (tCO_2eq)	Moyenne tO_2eq	Incertitudes liées aux FE	Gamme $kgCO_2eq/t$	Gamme $kgCO_2eq/k€$
51 - 153	109 ± 53	26%-50%	39 - 63	159 - 220





n° du chantier

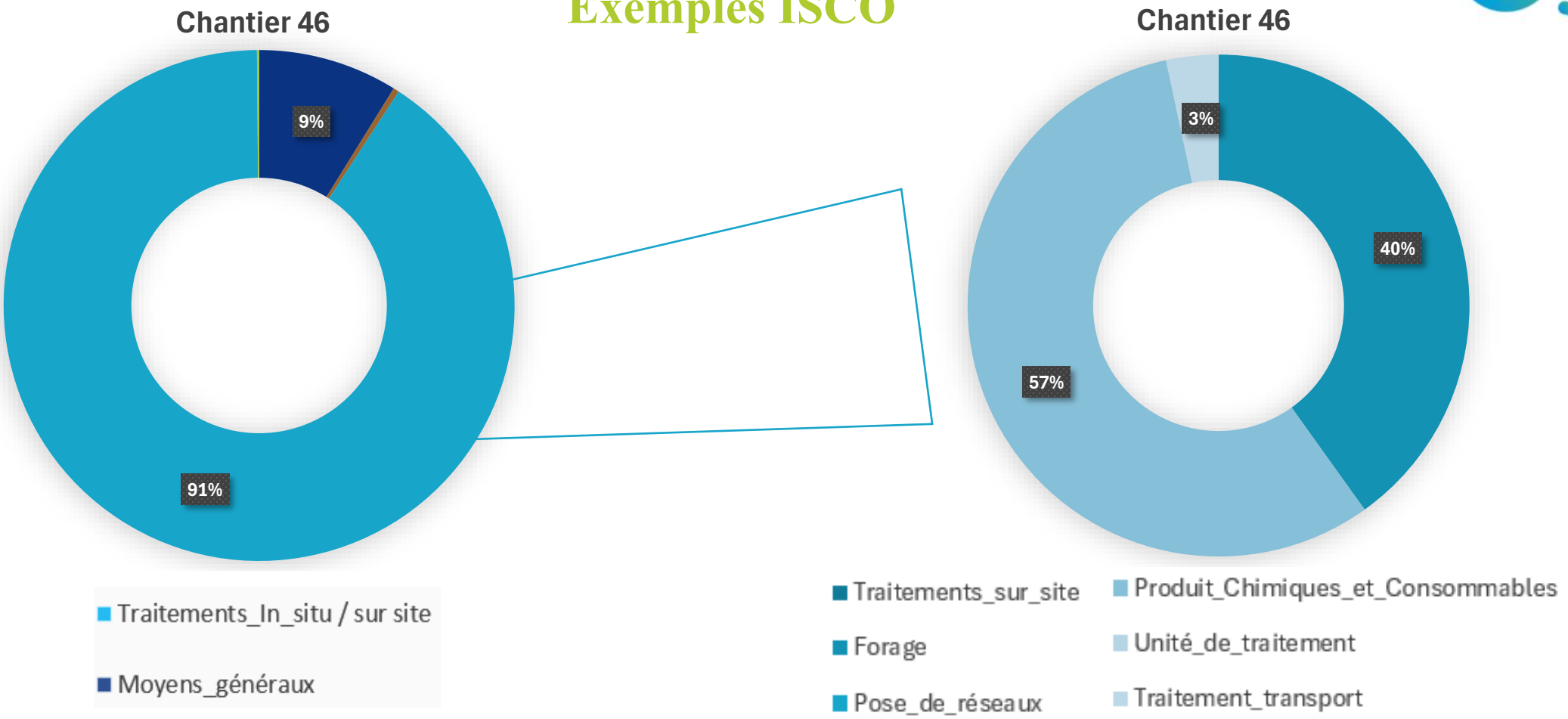
* Calculs en cours de consolidation

Proportionnalité entre les émissions totales de GES et les tonnes de terres traitées / prix
L'achat d'oxydant est un des postes d'émission le plus important. Plus le volume de terre impacté est élevé, plus la quantité d'oxydant utilisée augmente et plus les émissions de GES augmentent



Résultats des calculs

Exemples ISCO



L'achat d'oxydant et la réalisation des forages constituent les principales sources d'impact.
Le forage représente 36 % des émissions et l'oxydant 51 %



Conclusions

Le projet CO_2POL a pour objectif de définir un **périmètre commun aux SSP**, pour le calcul des bilans carbone de chantiers de dépollution.

Donner des **facteurs d'émission de référence** couvrant les principales techniques de dépollution et basés sur l'étude de 60 chantiers réels et finalisés.



Exemples issus de chantiers calculés (consolidation en cours) : **Terrassements simples :** ***63 à 246 $kg_{CO2}eq/t$ traitée*****, ISCO :** ***39 à 63 $kg_{CO2}eq/t$ traitée*****, Venting :** ***3 à 9 $kg_{CO2}eq/t$ traitée***.

Et ainsi, contribuer à faire du **bilan carbone un des critères objectifs** de comparaison pour les donneurs d'ordre dès le Plan de Gestion et jusqu'à la mise en œuvre des Travaux. Les émissions sont liées :

- **au choix de la technique de dépollution (in-situ / sur-site / hors site)**
- **aux modalités de mises en œuvre (mouvement des terres / remblaiement, logistique des engins et des collaborateurs, dimensionnement des aiguilles d'injection, des oxydants et filtre CA…)**.







Merci de votre attention

Contacts

ORTEC SOLEO : clotilde.johansson@ortec.fr

TAUW France : s.kaskassian@tauw.com