



# Rapport Bilan Carbone

## **Bilan Carbone prévisionnel des techniques de dépollution des anciens sites miniers de Saint Laurent le Minier**

Janvier 2013

Bureau d'études MEV  
23 rue Alfred Nobel  
77420 Champs-sur-Marne  
Tél. : 01 60 33 06 61  
Email : [info@be-mev.com](mailto:info@be-mev.com)  
Code Siret : 480 956 622 00025

## Coordonnées des interlocuteurs

Bureau d'études MEV	
<b>NOM</b>	Lebasnier Jérôme
<b>FONCTION</b>	Consultant environnement
<b>TELEPHONE</b>	01 60 33 06 61
<b>MAIL</b>	<a href="mailto:j.lebasnier@be-mev.com">j.lebasnier@be-mev.com</a>
<b>ADRESSE</b>	23 rue Alfred Nobel - 77420 CHAMPS SUR MARNE

---

## SOMMAIRE

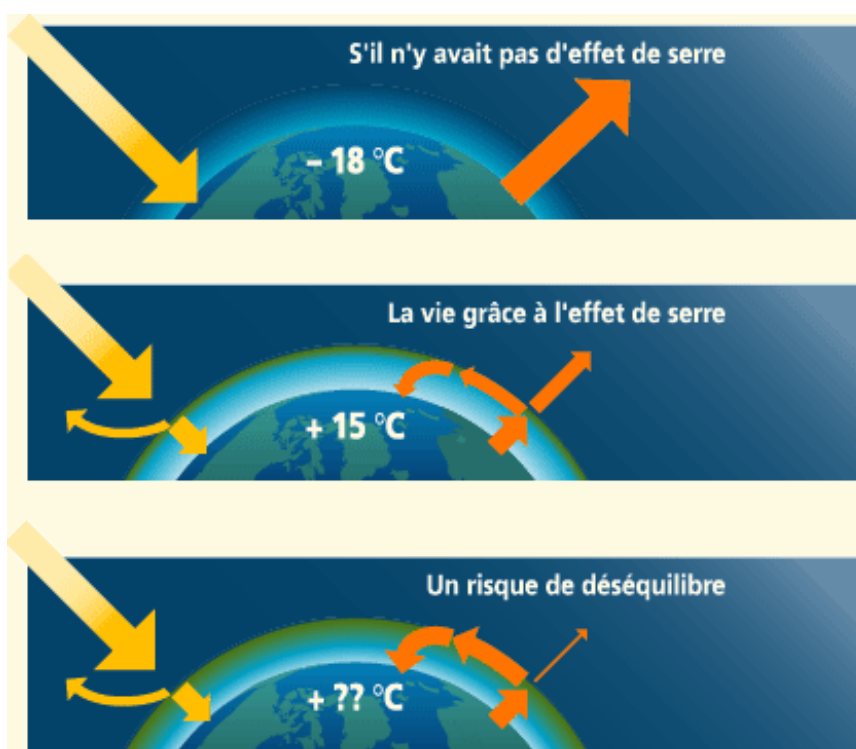
Sommaire .....	3
L'effet de Serre : rappel sur le contexte actuel.....	4
Le principe de l'effet de Serre .....	4
Les principaux GES.....	5
Cycle simplifié du CO <sub>2</sub> .....	7
Concentrations atmosphériques des GES et températures.....	8
Réchauffement atmosphérique .....	9
Conséquences du réchauffement climatique .....	10
Panorama des émissions de GES.....	10
Le Bilan Carbone : Principe et Objectif.....	11
Contexte de l'étude .....	12
Techniques retenues pour la dépollution des sols .....	12
Technique 1 : Excavation, Evacuation, remblaiement, traitement des déchets .....	12
Technique 2 : Confinement sous terre végétale .....	13
Technique 3 : Confinement grave .....	13
Technique 4 : Confinement grave et terre végétale .....	13
Technique 5 : Confinement enrobé .....	13
Technique 6 : phyto-extraction .....	14
Technique 7 : phyto-stabilisation.....	14
Bilan carbone prévisionnel.....	15
Technique 1.a : Excavation, Evacuation, remblaiement, traitement des déchets sur une profondeur de 50 cm.....	15
Technique 1.B : Excavation, Evacuation, remblaiement, traitement des déchets sur une profondeur de 3m .....	16
Technique 1.c : Excavation, Evacuation, remblaiement, traitement des déchets sur une profondeur de 6m .....	17
Technique 2 : Confinement sous terre végétale .....	18
Technique 3 : Confinement grave .....	19
Technique 4 : Confinement grave et terre végétale .....	20
Technique 5 : Confinement enrobé .....	22
Technique 6 : phyto-extraction .....	23
Technique 7 : phyto-stabilisation.....	24
Comparaison des différentes techniques de dépollution.....	26

## L'EFFET DE SERRE : RAPPEL SUR LE CONTEXTE ACTUEL

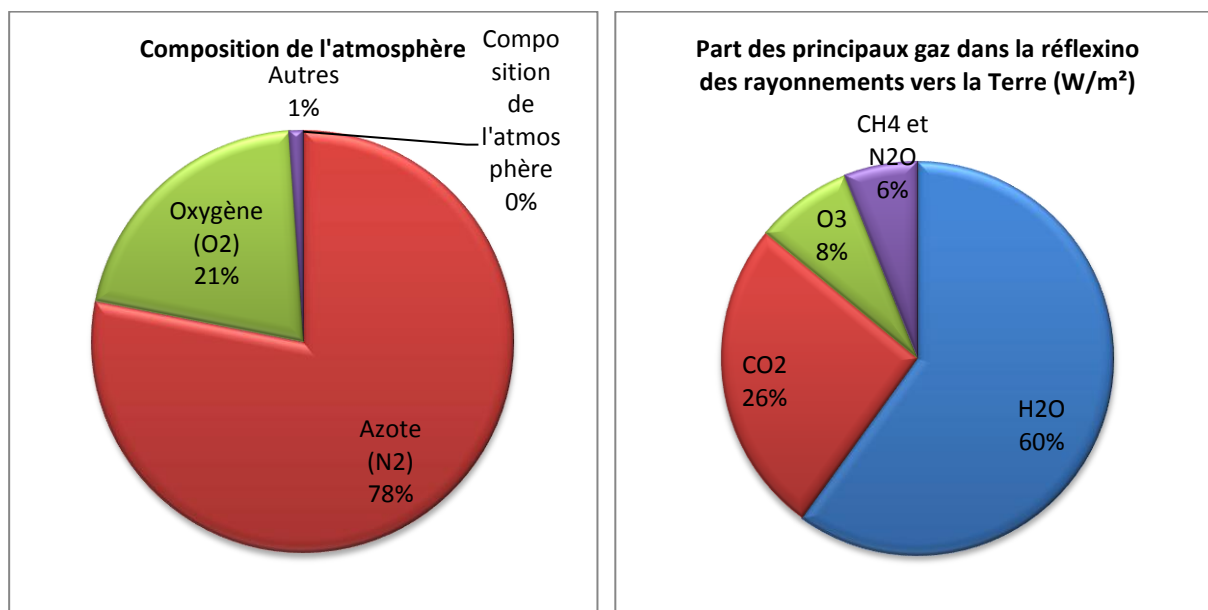
### LE PRINCIPE DE L'EFFET DE SERRE

Les rayons solaires fournissent de l'énergie à la Terre, qui se réchauffe et réémet la même quantité d'énergie sous forme de rayonnements infrarouges (IR). Sans gaz à effet de serre (GES), la température terrestre serait de  $-18^{\circ}\text{C}$ .

En présence de GES, une partie des IR est réfléchi vers le sol. La température de la Terre s'accroît jusqu'à ce que l'énergie réémise égale l'énergie reçue. Avec les GES, la température terrestre au sol atteint  $+15^{\circ}\text{C}$ .



## LES PRINCIPAUX GES



Les GES occupent moins de 0,1 % du volume atmosphérique, auxquels s'ajoute la vapeur d'eau (0,4 – 4 %). Celle-ci est le principal gaz à effet de serre, d'origine naturelle.

La température de l'atmosphère a augmenté au cours de l'ère industrielle du fait de l'amplification de l'effet de serre naturel par les activités humaines qui émettent des GES dits anthropiques.

## Les gaz à effet de serre anthropiques

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>
<b>Concentration atmosphérique 2005</b>	379 ppm	1 774 ppb	319 ppb	60,6 ppt	76,9 ppt	5,6 ppt
<b>Durée de séjour dans l'atmosphère</b>	entre 2 ans et des milliers d'années	12 ans	114 ans	entre 1 et 260 ans	environ 10 000 ans	3 200 ans
<b>Pouvoir de réchauffement global (cumulé sur 100 ans)</b>	1	25	298	[124 ; 14 800]	[7 300 ; 12 200]	22 800
<b>Origine des émissions anthropiques</b>	combustion d'énergie fossile et déforestation tropicale	décharges, agriculture, élevage et procédés industriels	agriculture, procédés industriels, utilisation d'engrais	sprays, réfrigération, fonte d'aluminium		
<b>Modification du forçage radiatif depuis 1750 par les émissions anthropiques (W/m<sup>2</sup>)</b>	+ 1,66	+ 0,48	+ 0,16	+ 0,337		

Notes : ozone et vapeur d'eau non inclus du fait de leurs cycles complexes.  
ppm = partie par million, ppb = partie par milliard, ppt = partie par trillion.

Source : GIEC, 1<sup>er</sup> groupe de travail, 2007.

**Pouvoir de réchauffement global (PRG)** : rapport entre l'énergie renvoyée vers le sol en 100 ans par 1 kg de gaz et celle que renverrait 1 kg de CO<sub>2</sub>. Dépend des concentrations et des durées de vie des gaz. Ex. : 1 kg de CH<sub>4</sub> et 25 kg de CO<sub>2</sub> auront autant réchauffé l'atmosphère au cours du siècle qui suit leur émission.

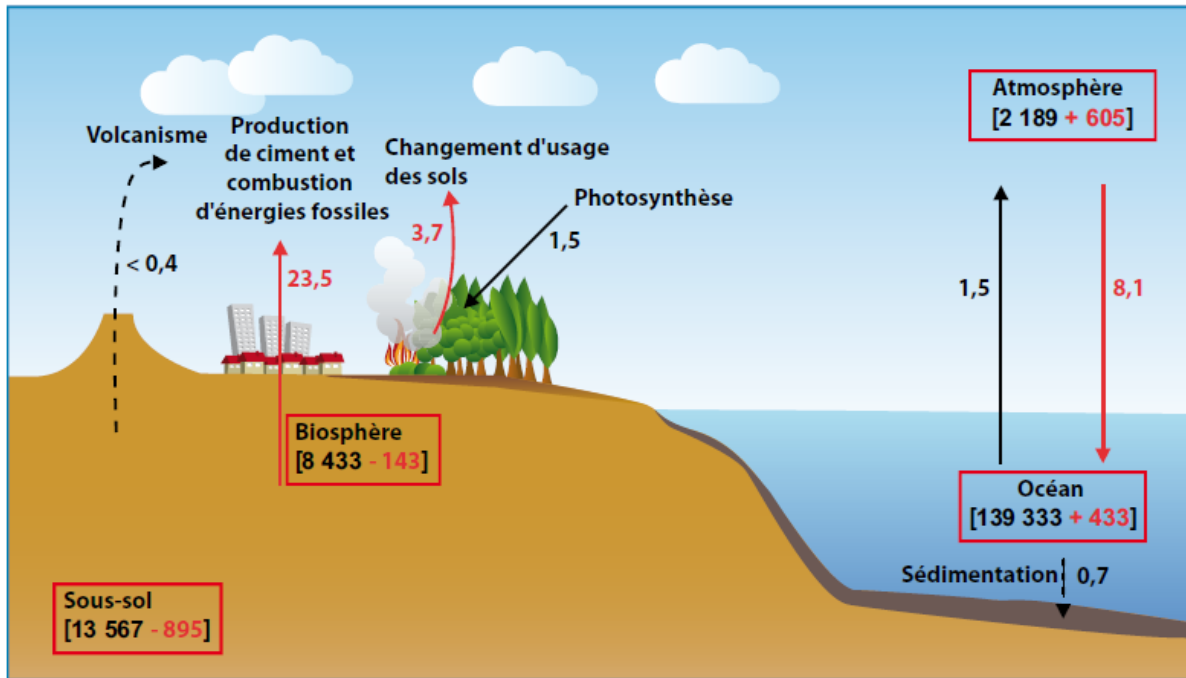
**Forçage radiatif (en W/m<sup>2</sup>)** : quantifie par rapport à une année de référence (ici 1750) les modifications de radiation, c'est-à-dire d'énergie renvoyée vers le sol, dues aux GES. Une valeur positive indique une contribution positive au réchauffement.

Si le CO<sub>2</sub> est le gaz qui a le plus petit pouvoir de réchauffement par molécule, il est celui qui a contribué le plus au réchauffement climatique depuis 1750 de par sa concentration élevée.

Certaines activités humaines, notamment l'émission d'aérosols, contribuent à diminuer le renvoi d'énergie vers le sol provoqué par les GES mais ne le compensent pas. Ce forçage radiatif négatif est estimé à -1,20 W/m<sup>2</sup> depuis 1750, alors que le forçage radiatif positif des six GES anthropiques est de + 2,64 W/m<sup>2</sup>.

CYCLE SIMPLIFIÉ DU CO<sub>2</sub>

Cycle simplifié du CO<sub>2</sub> au cours des années 1990



Ce graphique présente :

- Sous forme de flèches, les flux de carbone entre les réservoirs sur la période 1990-1999 en milliards de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par an ;
- Entre crochets, la taille des réservoirs en milliards de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> et leur variation sur la période 1750-1994. Réservoirs et flux préindustriels sont en noir. Ceux qui sont liés au développement des activités anthropiques à partir de 1750 sont en rouge.

Quatre grands réservoirs permettent de stocker le carbone sous différentes formes :

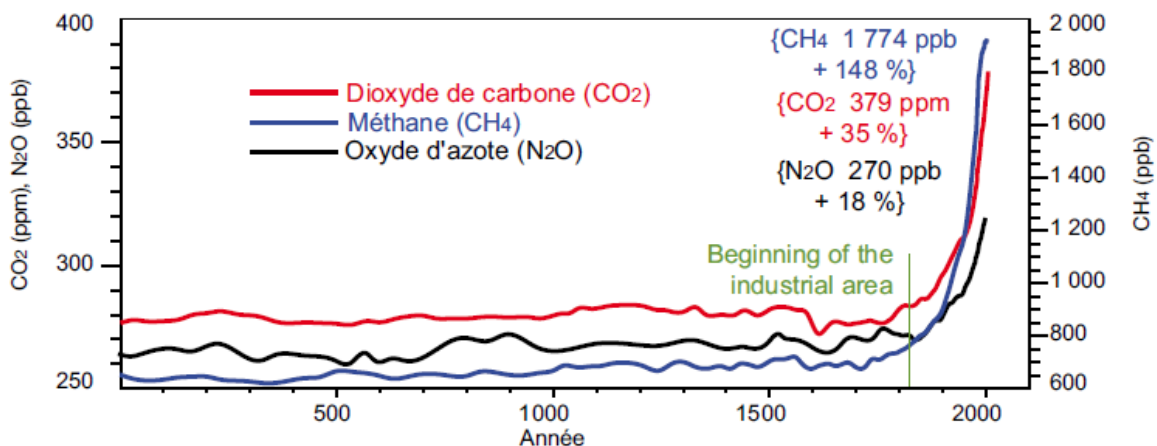
- Atmosphère : CO<sub>2</sub> gazeux,
- Biosphère : matière organique des êtres vivants,
- Océan : calcaire, CO<sub>2</sub> dissous,
- Sous-sol : roches, sédiments, combustibles fossiles.

Les flux de carbone entre ces réservoirs constituent le cycle naturel du carbone, dérégulé par les émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> qui modifient les flux échangés ou en créent de nouveaux.

On voit ici l'importance de la combustion d'énergie fossile (et production ciment), ainsi que le changement d'usage des sols dans le bilan du CO2 sur une échelle globale.

**CONCENTRATIONS ATMOSPHERIQUES DES GES ET TEMPERATURES**

**Concentrations atmosphériques de GES de l'An 0 à 2005**

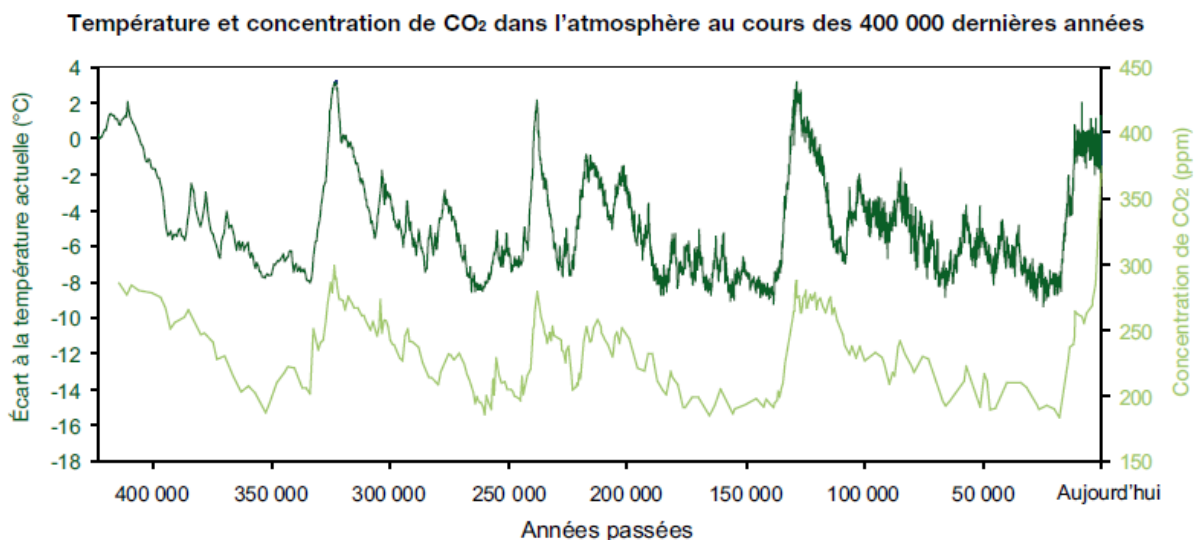


Les chiffres entre crochets correspondent à la concentration atmosphérique du gaz en 2005 et à son taux de croissance entre 1750 et 2005.

Source : GIEC, 1<sup>er</sup> groupe de travail, 2007.

La constance des concentrations avant l'ère industrielle fait place à partir de 1750 à une forte croissance due à l'intensification des activités humaines émettrices de GES.

**Corrélation entre la température et la concentration de CO2**



Ces résultats ont été obtenus à partir de l'analyse de carottage de glace à Vostok (Antarctique).

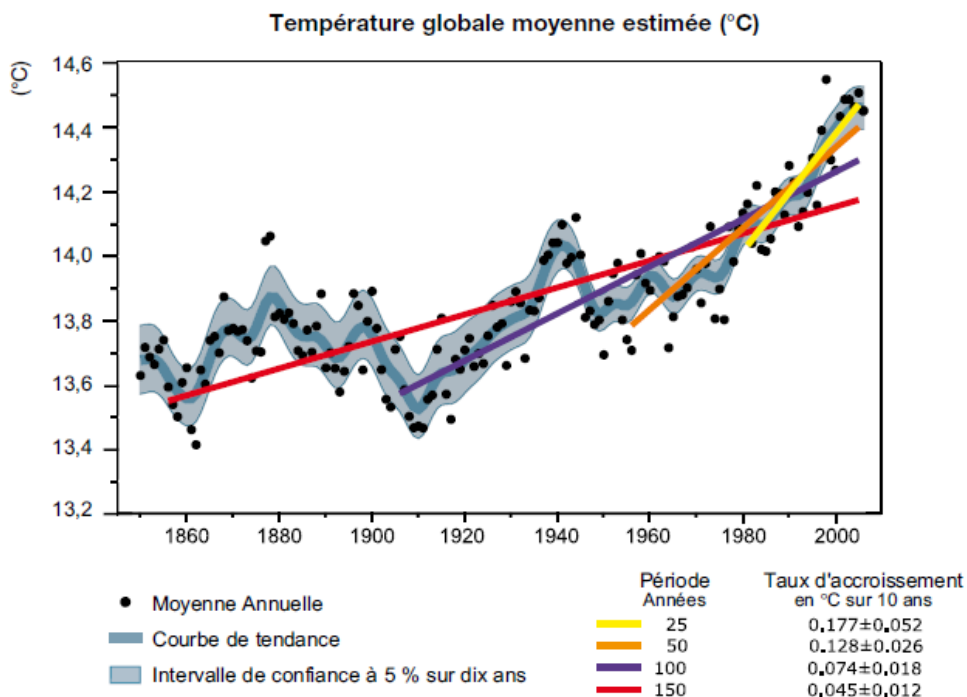


Les évolutions de la température globale et de la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> sont similaires. Si les causes en sont encore mal comprises, on estime que perturber l'un de ces deux paramètres conduit à perturber l'autre.

La concentration actuelle en CO<sub>2</sub> est de 30 % supérieure au maximum observé sur les 450 000 années d'archives climatiques.

## RECHAUFFEMENT ATMOSPHERIQUE

### Température globale estimée et taux d'accroissement depuis 1850



Source : GIEC, 1<sup>er</sup> groupe de travail, 2007.

La température moyenne globale a augmenté d'environ 1°C sur un siècle. Cette augmentation s'est accentuée sur les 25 dernières années où le taux de croissance de la température a été le plus fort du siècle.

En France comme au niveau mondial, la dernière décennie présente un écart de température systématiquement positif à la moyenne de la période de référence. Au niveau mondial, quatorze des quinze années les plus chaudes depuis 1900 sont situées sur les 15 dernières années (1995-2009).

## CONSEQUENCES DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Les conséquences du réchauffement climatiques sont multiples. On peut néanmoins retenir les principales conséquences suivantes :

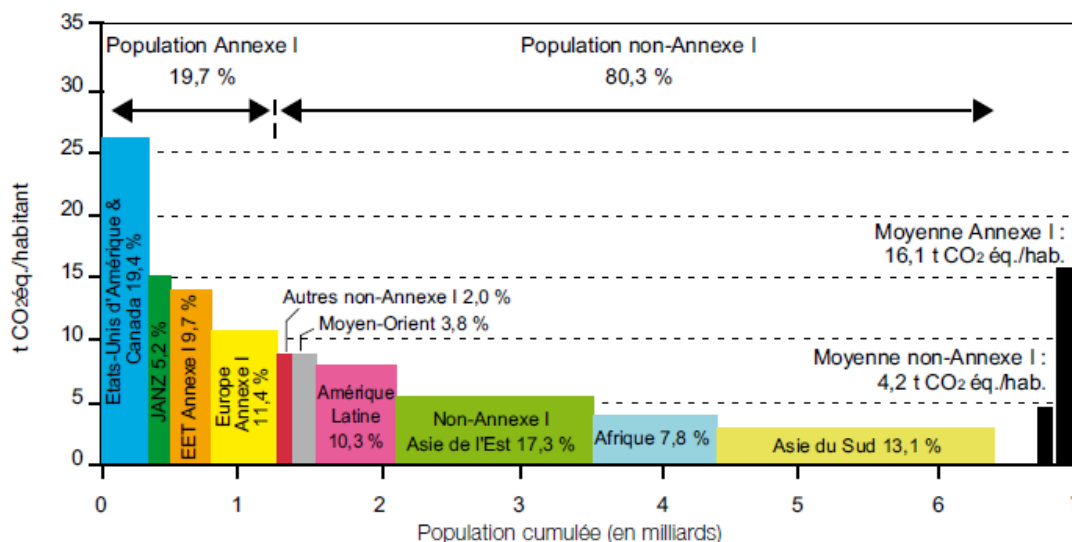
- Élévation du niveau des mers du globe,
- Températures extrêmes (canicules, froid),
- Précipitations et sécheresse extrêmes.

Il faut surtout voir dans les deux derniers points une augmentation des phénomènes extrêmes (à l'échelle nationale : canicule de 2003, neiges en novembre 2010, sécheresse printemps 2011...).

## PANORAMA DES EMISSIONS DE GES

Les émissions mondiales des 6 GES couverts par le protocole de KYOTO ont augmenté de 70% depuis les années 1970 et de 24% depuis les années 1990 pour atteindre 49 Gt équivalent CO<sub>2</sub> en 2004.

### Répartition régionale des émissions de GES<sup>1</sup> par habitant



Le pourcentage indiqué correspond à la part des régions dans les émissions mondiales de GES.

EET : Economies en transition, JANZ : Japon, Australie, Nouvelle-Zélande.

Source : GIEC, 1<sup>er</sup> groupe de travail, 2007.

Ce graphique met clairement en avant le poids des pays développés et le fait que les pays d'Asie (Chine et Inde) sont de grands émetteurs de GES par leur grande population, mais que, rapporté à l'habitant, ces émissions sont relativement faibles.

## LE BILAN CARBONE : PRINCIPE ET OBJECTIF

Le Bilan Carbone dresse l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre sur un périmètre donné. Il convient donc en premier lieu de définir ce périmètre.

Le Bilan Carbone que nous avons réalisé s'articule autour de 2 phases principales de natures et de durées différentes.

**1ère phase : récolte de données.** Cette phase nécessite un travail commun visant à obtenir l'ensemble des données nécessaires à l'élaboration du Bilan Carbone.

**2ème phase : traitement des données.** Initiée pendant la phase 1, cette partie est à la charge du bureau d'études, elle consiste à la réalisation du bilan en lui-même grâce à l'outil Bilan Carbone.

Les données quantitatives collectées sont converties en équivalent Carbone ou en équivalent CO<sub>2</sub> à l'aide de facteurs d'émissions fournis par l'outil Bilan Carbone.

### Avertissement :

Le Bilan Carbone® permet de dégager des ordres de grandeur et non des valeurs absolues reflétant l'exacte réalité des émissions produites par les activités sur le site de Saint Laurent le Minier.

## CONTEXTE DE L'ETUDE

Nous vous proposons, à travers ce document, une simulation des émissions de CO<sub>2</sub> prévisionnelle des solutions de gestion des sols qui pourront être retenues pour les anciens sites miniers de Saint Laurent le Minier.

Nous détaillerons donc, dans un premier temps, les différentes étapes des techniques retenues en identifiant les postes émetteurs de gaz à effet de serre. Cette première étape nous permettra de définir les périmètres étudiés.

Puis, dans un deuxième temps, Nous estimerons les émissions de CO<sub>2</sub> de ces postes (grâce aux facteurs d'émissions de CO<sub>2</sub> du Bilan Carbone), ce qui, dans un troisième temps, nous permettra de comparer les techniques de dépollution selon l'axe carbone.

Cette étude reprend les émissions des activités propres à chaque technique. Sont exclues les émissions des petits postes que l'on retrouve sur chaque technique (surveillance des chantiers, maîtrise d'œuvre, ...).

La comparaison des différentes techniques se fera par unité de surface (par m<sup>2</sup> de terre traité).

## TECHNIQUES RETENUES POUR LA DEPOLLUTION DES SOLS

### TECHNIQUE 1 : EXCAVATION, EVACUATION, REMBLAIEMENT, TRAITEMENT DES DECHETS

Nous étudierons ici le traitement sur 50 cm, 3m et 6m de profondeur. À partir de ces profondeurs, nous estimons des volumes de terre et, à partir de la masse volumique de la terre, un poids de terre à traiter.

Nous considérerons les hypothèses suivantes :

- Masse volumique de la terre : 1,8 tonne/m<sup>3</sup>,
- Excavation : 0,3748 litre de gasoil par tonne de terre excavée (source anciennes études),
- Evacuation : en camion 25T vers le site de Bellegarde à 109 km,
- Traitement : matériaux mis en CET,
- Apport de remblais : distance du fournisseur 50 km,
- Pelle remblaiement : 0,3748 litre de gasoil par tonne de terre traitée.

#### TECHNIQUE 2 : CONFINEMENT SOUS TERRE VEGETALE

Cette technique consiste à confiner sous 30 cm de terre végétale la zone polluée et d'installer au-dessus de cette zone un filet de protection.

Nous considérerons les hypothèses suivantes :

- 30 cm de terre avec une masse volumique de 1,8 tonne/m<sup>2</sup>,
- Apport de terre végétale depuis St Hippolyte du Fort (distance de 20km),
- Apport et pose d'un grillage en polypropylène en 120g/m<sup>2</sup>,
- Pelle remblaiement : 0,3748 litre de gasoil par tonne de terre traitée,
- Végétalisation du site : non significatif.

#### TECHNIQUE 3 : CONFINEMENT GRAVE

Cette technique consiste à confiner sous 30 cm de grave la zone polluée et d'installer au-dessus de cette zone un filet de protection.

Nous considérerons les hypothèses suivantes :

- 30 cm de grave avec une masse volumique de 2,2 tonnes/m<sup>2</sup>,
- Apport de grave : distance fournisseur 20 km,
- Apport et pose d'un grillage en polypropylène en 120g/m<sup>2</sup>,
- Pelle remblaiement : 0,3748 litre de gasoil par tonne de grave traité.

#### TECHNIQUE 4 : CONFINEMENT GRAVE ET TERRE VEGETALE

Cette technique reprend les techniques 2 et 3. Elle consiste à mettre en œuvre 20 cm de grave et 10 cm de terre. Cette technique inclut également une revégétalisation du site non significative en termes d'émissions de CO<sub>2</sub>.

#### TECHNIQUE 5 : CONFINEMENT ENROBE

Cette technique consiste à poser un enrobé sur la zone à traiter.

Nous considérerons les hypothèses suivantes :

- Nombre de poids lourd par jour passant sur la chaussée : moins de 25,
- Type de structure : chaussée bitumeuse.

## TECHNIQUE 6 : PHYTO-EXTRACTION

Cette technique, à l'état expérimental, consiste à planter des espèces ayant la capacité d'absorber les métaux polluants sur site. Une tonte de ces végétaux permet leur extraction vers un site où, par une attaque acide, les métaux sont extraits des végétaux.

Nous considérerons les hypothèses suivantes :

- Préparation du terrain avec un motoculteur (consommation : 0,26 litres/kW.h<sup>1</sup>, production 410 m<sup>2</sup>/h<sup>2</sup>, puissance 13 kw pour un gros motoculteur, soit 0,00824 l/m<sup>2</sup>),
- Apport et pose de 10 cm de terre végétale (petites surfaces à traiter, pas de pelle mécanique) depuis St Hyppolyte du Fort (distance de 20km),
- 2 tontes par an (consommation de 5 litres d'essence pour 1000 m<sup>2</sup> de tonte, soit 0.005 l/m<sup>2</sup> x 2 tontes),
- Attaque acide : 10 litres d'acide par m<sup>2</sup> de végétaux.

## TECHNIQUE 7 : PHYTO-STABILISATION

Cette technique consiste à fixer durablement les métaux lourds dans des arbres plantés.

Nous considérerons les hypothèses suivantes :

- Utilisation d'engrais pour la pousse des arbustes : 0,5 kg d'engrais pour 10 m<sup>2</sup> de végétaux avec 13% d'azote,
- Transport en camionnette des arbustes vers le site : 10 litres de gasoil pour 5 arbustes apportés sur site,
- Photosynthèse : 0,0005 tonne de CO<sub>2</sub> par arbre par an.

---

1

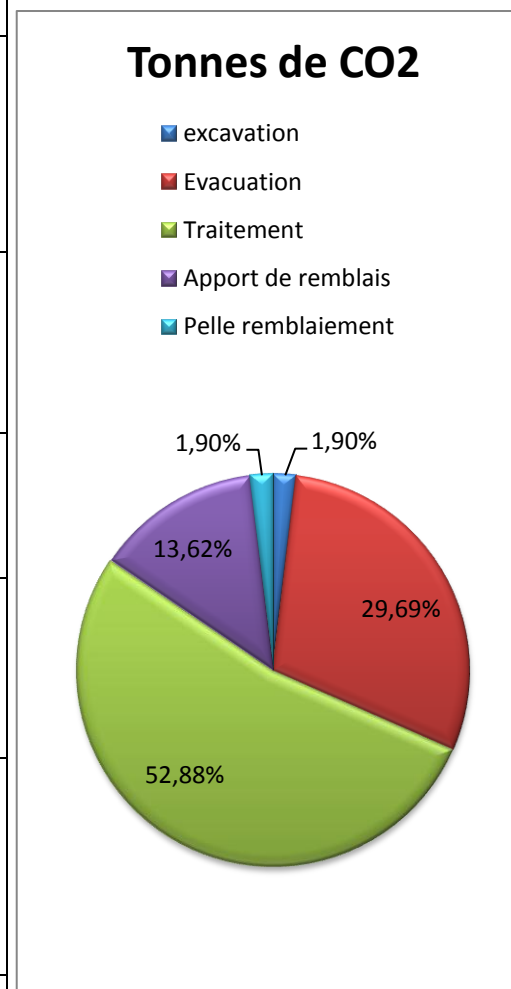
[http://agroequipement-energie.fr/cms\\_page\\_media/25/consommation%20de%20carburant%20pour%20travaux%20de%20printemps%20CDA%2050.pdf](http://agroequipement-energie.fr/cms_page_media/25/consommation%20de%20carburant%20pour%20travaux%20de%20printemps%20CDA%2050.pdf)

<sup>2</sup> <http://www.anafide.org/doc/HTE%20102/102-13.pdf>

**BILAN CARBONE PREVISIONNEL**

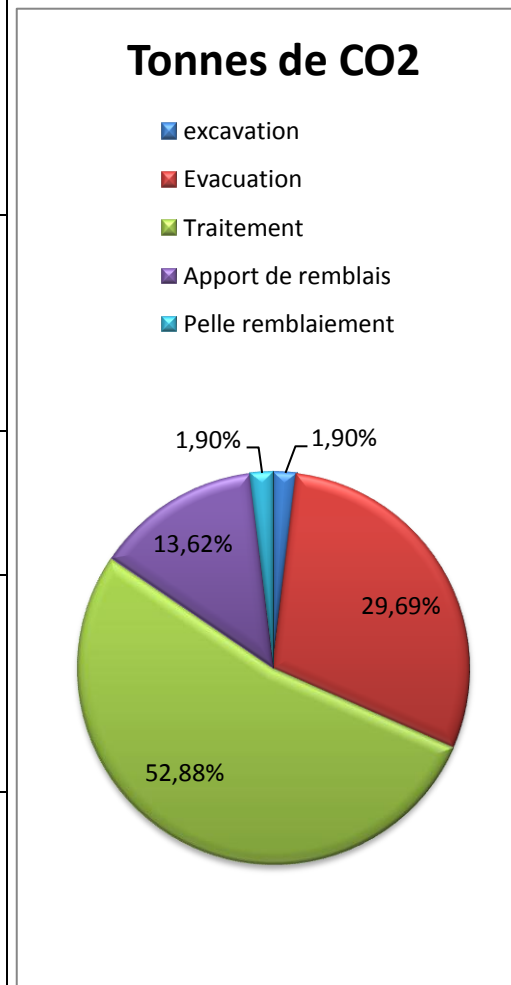
**TECHNIQUE 1.A : EXCAVATION, EVACUATION, REMBLAIEMENT, TRAITEMENT DES DECHETS SUR UNE PROFONDEUR DE 50 CM**

Activité	donnée	Quantité	Facteur d'émission	Tonnes de CO2
excavation	0,3748 litre de gasoil/T	0,33732	Ancien projet : 2138 Tonnes en 8 jours, 100 litres par jour soit 1T : 0,3748 litres de gasoil par tonne traitée. FE : 3,169 kgCO2 par litre de gasoil	0,00107
Evacuation	Distance du centre de tri en km	109	Fret routier Tonne.km >21 tonnes 50% du trajet à vide 100% en charge utile FE : 0,170 kgCO2 par Tonne.km	0,01668
Traitement	Matériaux mis en CET, T	0,9	Matériaux mis en CET, divers non combustible et non fermentescible FE : 33 kgCO2 par Tonne	0,02970
Apport de remblais	Distance du fournisseur en km	50	Fret routier Tonne.km >21 tonnes 50% du trajet à vide 100% en charge utile FE : 0,170 kgCO2 par Tonne.km	0,00765
Pelle remblaiement	0,3748 litre de gasoil/T	0,33732	Ancien projet : 2138 Tonnes en 8 jours, 100 litres par jour soit 1T : 0,3748 litres de gasoil par tonne traitée. FE : 3,169 kgCO2 par litre de gasoil	0,00107
<b>Total</b>				<b>0,05616</b>



TECHNIQUE 1.B : EXCAVATION, EVACUATION, REMBLAIEMENT, TRAITEMENT DES DECHETS SUR UNE PROFONDEUR DE 3M

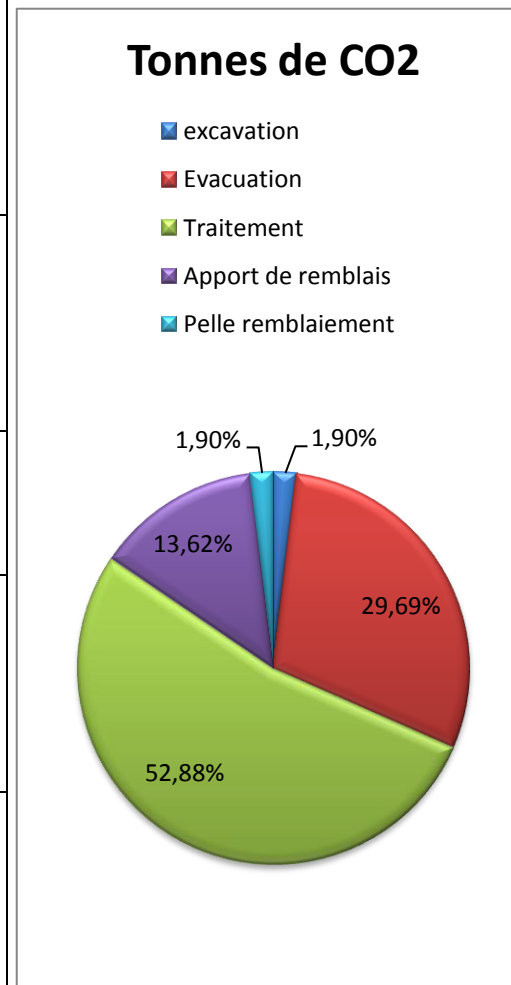
Activité	donnée	Quantité	Facteur d'émission	Tonnes de CO2
excavation	0,3748 litre de gasoil/T	2,02392	Ancien projet : 2138 Tonnes en 8 jours, 100 litres par jour soit 1T : 0,3748 litres de gasoil par tonne traitée. FE : 3,169 kgCO2 par litre de gasoil	0,00641
Evacuation	Distance du centre de tri en km	109	Fret routier Tonne.km >21 tonnes 50% du trajet à vide 100% en charge utile FE : 0,170 kgCO2 par Tonne.km	0,10006
Traitement	Matériaux mis en CET, T	5,4	Matériaux mis en CET, divers non combustible et non fermentescible FE : 33 kgCO2 par Tonne	0,17820
Apport de remblais	Distance du fournisseur en km	50	Fret routier Tonne.km >21 tonnes 50% du trajet à vide 100% en charge utile FE : 0,170 kgCO2 par Tonne.km	0,04590
Pelle remblaiement	0,3748 litre de gasoil/T	2,02392	Ancien projet : 2138 Tonnes en 8 jours, 100 litres par jour soit 1T : 0,3748 litres de gasoil par tonne traitée. FE : 3,169 kgCO2 par litre de gasoil	0,00641
<b>Total</b>				<b>0,33699</b>





TECHNIQUE 1.C : EXCAVATION, EVACUATION, REMBLAIEMENT, TRAITEMENT DES DECHETS SUR UNE PROFONDEUR DE 6M

Activité	donnée	Quantité	Facteur d'émission	Tonnes de CO2
excavation	0,3748 litre de gasoil/T	4,04784	Ancien projet : 2138 Tonnes en 8 jours, 100 litres par jour soit 1T : 0,3748 litres de gasoil par tonne traitée. FE : 3,169 kgCO2 par litre de gasoil	0,01283
Evacuation	Distance du centre de tri en km	109	Fret routier Tonne.km >21 tonnes 50% du trajet à vide 100% en charge utile FE : 0,170 kgCO2 par Tonne.km	0,20012
Traitement	Matériaux mis en CET, T	10,8	Matériaux mis en CET, divers non combustible et non fermentescible FE : 33 kgCO2 par Tonne	0,35640
Apport de remblais	Distance du fournisseur en km	50	Fret routier Tonne.km >21 tonnes 50% du trajet à vide 100% en charge utile FE : 0,170 kgCO2 par Tonne.km	0,09180
Pelle remblaiement	0,3748 litre de gasoil/T	4,04784	Ancien projet : 2138 Tonnes en 8 jours, 100 litres par jour soit 1T : 0,3748 litres de gasoil par tonne traitée. FE : 3,169 kgCO2 par litre de gasoil	0,01283
<b>Total</b>				<b>0,67398</b>

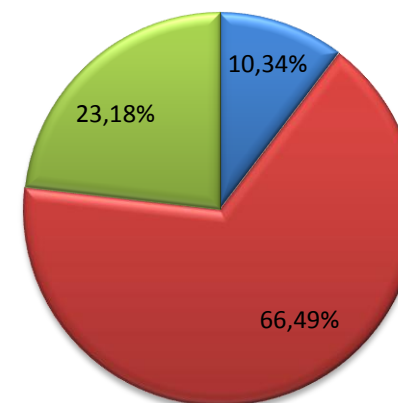


TECHNIQUE 2 : CONFINEMENT SOUS TERRE VEGETALE

Matériaux utilisés et transportés sur site	Provenance en km	Qté (poids, m <sup>2</sup> , m linéaire)	Facteur d'émission	Tonnes de CO2
Grillage sécurité 120g/m <sup>2</sup>	20	1	Transport + matériaux entrants : Ens. art. 40 t, transport de marchandises diverses, régional FE : 0,10586 kg CO2/T.km FE plastique moyenne : 2,382 tonne CO2/tonne	0,00029
Terre végétale	20	0,54	Transport Fret routier Tonne.km >21 tonnes 50% du trajet à vide 100% en charge utile FE : 0,170 kgCO2 par Tonne.km	0,00184
<b>Activité</b>		<b>Qté</b>		<b>Tonnes de CO2</b>
Pelle remblaiement, consommation gasoil		0,202392	Ancien projet : 2138 Tonnes en 8 jours, 100 litres par jour soit 1T : 0,3748 litres de gasoil par tonne traitée. FE : 3,169 kgCO2 par litre de gasoil	0,00064
<b>Total</b>				<b>0,00277</b>

### Tonnes de CO2

- Grillage sécurité 120g/m<sup>2</sup>
- Transport Terre végétale
- Pelle remblaiement, consommation gasoil

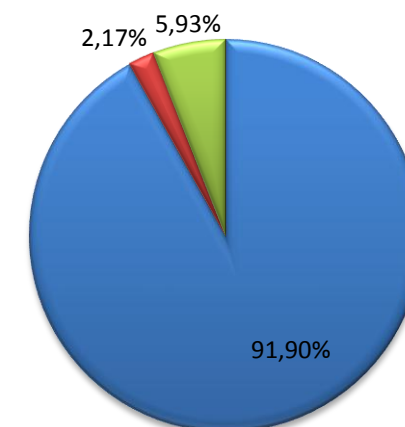


TECHNIQUE 3 : CONFINEMENT GRAVE

Matériaux utilisés et transportés sur site	Provenance en km	Qté (poids, m <sup>2</sup> , m linéaire)	Facteur d'émission	Tonnes de CO2
Grave	20	1	Transport + produit entrant Fret routier Tonne.km >21 tonnes 50% du trajet à vide 100% en charge utile FE : 0,170 kgCO2 par Tonne.km Grave non traitée : FE 15 kgCO2 par Tonne	0,01214
Grillage sécurité 120g/m <sup>2</sup>	20	1	Transport + matériaux entrants : Ens. art. 40 t, transport de marchandises diverses, régional FE : 0,10586 kg CO2/T.km FE plastique moyenne : 2,382 tonne CO2/tonne	0,00029
Activité	Qté			Tonnes de CO2
Pelle remblaiement, consommation gazoil	0,247368		Ancien projet : 2138 Tonnes en 8 jours, 100 litres par jour soit 1T : 0,3748 litres de gazoil par tonne traitée. FE : 3,169 kgCO2 par litre de gazoil	0,00078
<b>Total</b>				<b>0,01321</b>

Tonnes de CO2

- Transport Grave
- Grillage sécurité 120g/m<sup>2</sup>
- Pelle remblaiement, consommation gazoil



TECHNIQUE 4 : CONFINEMENT GRAVE ET TERRE VEGETALE

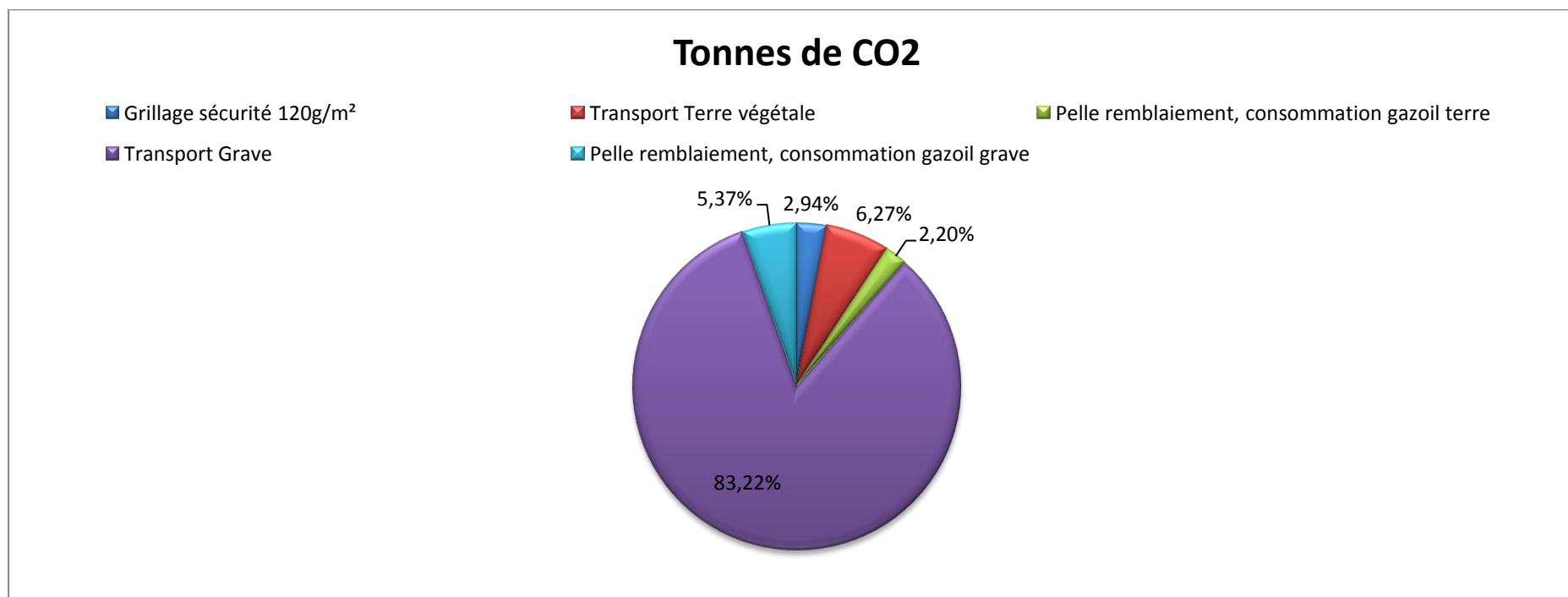
Matériaux utilisés et transportés sur site	Provenance en km	Qté (poids, m <sup>2</sup> , m linéaire)	Facteur d'émission	Tonnes de CO2
Grillage sécurité 120g/m <sup>2</sup>	20	1	Transport + matériaux entrants : Ens. art. 40 t, transport de marchandises diverses, régional FE : 0,10586 kg CO2/T.km FE plastique moyenne : 2,382 tonne CO2/tonne	0,00029
Terre végétale	20	0,18	Transport Fret routier Tonne.km >21 tonnes 50% du trajet à vide 100% en charge utile FE : 0,170 kgCO2 par Tonne.km	0,00021

Activité	Qté		Tonnes de CO2
Pelle remblaiement, consommation gazoil terre	0,067464	Ancien projet : 2138 Tonnes en 8 jours, 100 litres par jour soit 1T : 0,3748 litres de gazoil par tonne traitée. FE : 3,169 kgCO2 par litre de gazoil	0,00021

<b>Total geo</b>			<b>0,00111</b>
------------------	--	--	----------------

Matériaux utilisés et transportés sur site	Provenance en km	Qté (poids, m <sup>2</sup> , m linéaire)		Tonnes de CO2
Grave	20	1	Transport + produit entrant Fret routier Tonne.km >21 tonnes 50% du trajet à vide 100% en charge utile FE : 0,170 kgCO2 par Tonne.km Grave non traitée : FE 15 kgCO2 par Tonne	0,00810

Activité	Qté	Tonnes de CO2
Pelle remblaiement, consommation gazoil grave	0,164912	0,00052
<b>Total grave</b>		<b>0,00862</b>
<b>Total mixte</b>		<b>0,00973</b>



TECHNIQUE 5 : CONFINEMENT ENROBE

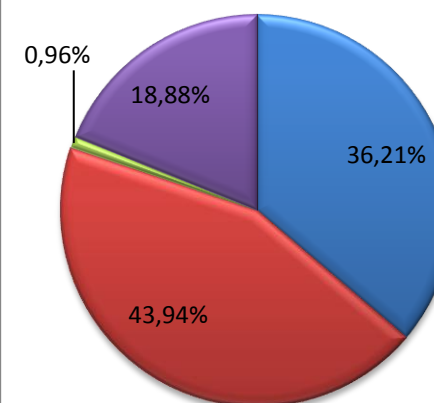
<b>Nombre de PL par jour</b>	<b>Type de structure</b>	<b>Facteur d'émission</b>	<b>Tonnes de CO2</b>
<25	Chaussée bitumeuse	55 kg CO2/m <sup>2</sup> de chaussée	0,05500

TECHNIQUE 6 : PHYTO-EXTRACTION

Poste	Utilités	Type de donnée	Quantité	Facteur d'émission	Tonnes de CO2
Préparation du terrain motoculteur	Préparation du terrain motoculteur	litres d'essence	0,00824	FE : 2,79 kgCO2/litre d'essence	0,02299
Tontes	Tonte deux fois par an	litres d'essence	0,01	FE : 2,79 kgCO2/litre d'essence	0,02790
Plantation	Travail à la main				
Transport Terre végétale	Transport	tonne.km	0,18	Transport Fret routier Tonne.km >21 tonnes 50% du trajet à vide 100% en charge utile FE : 0,170 kgCO2 par Tonne.km	0,00061
Extraction (expérimental)	Minéralisation par attaque acide	litres d'acide	10	Acide chlorhydrique FE : 1,199 kgCO2/litre d'HCl	0,01199
<b>Total</b>					<b>0,06349</b>

Tonnes de CO2

- Préparation du terrain motoculteur
- Tontes
- Transport Terre végétale
- Extraction (expérimental)

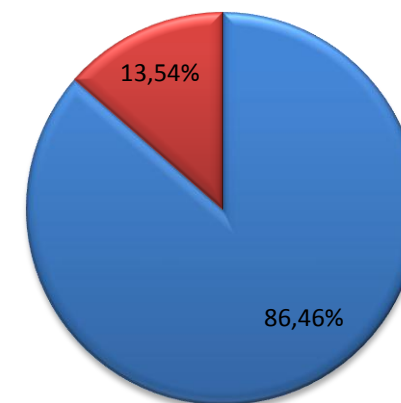


TECHNIQUE 7 : PHYTO-STABILISATION

Poste	Utilités	Type de donnée	Quantité	Facteur d'émission	Tonnes de CO2
Production des arbustes	Engrais	Tonnes d'azote	0,0000065	Protoxyde d'azote FE : 6,228 kgCO2 par kg d'azote	0,04048
Transport sur site	Transport en camionnette	litres de gasoil	2	Gasol routier FE : 3,169 kgCO2 par litre de gasoil routier	0,00634
Plantation	Travail à la main	-			
<b>Total</b>					<b>0,04682</b>

Tonnes de CO2

- Production des arbustes
- Transport sur site





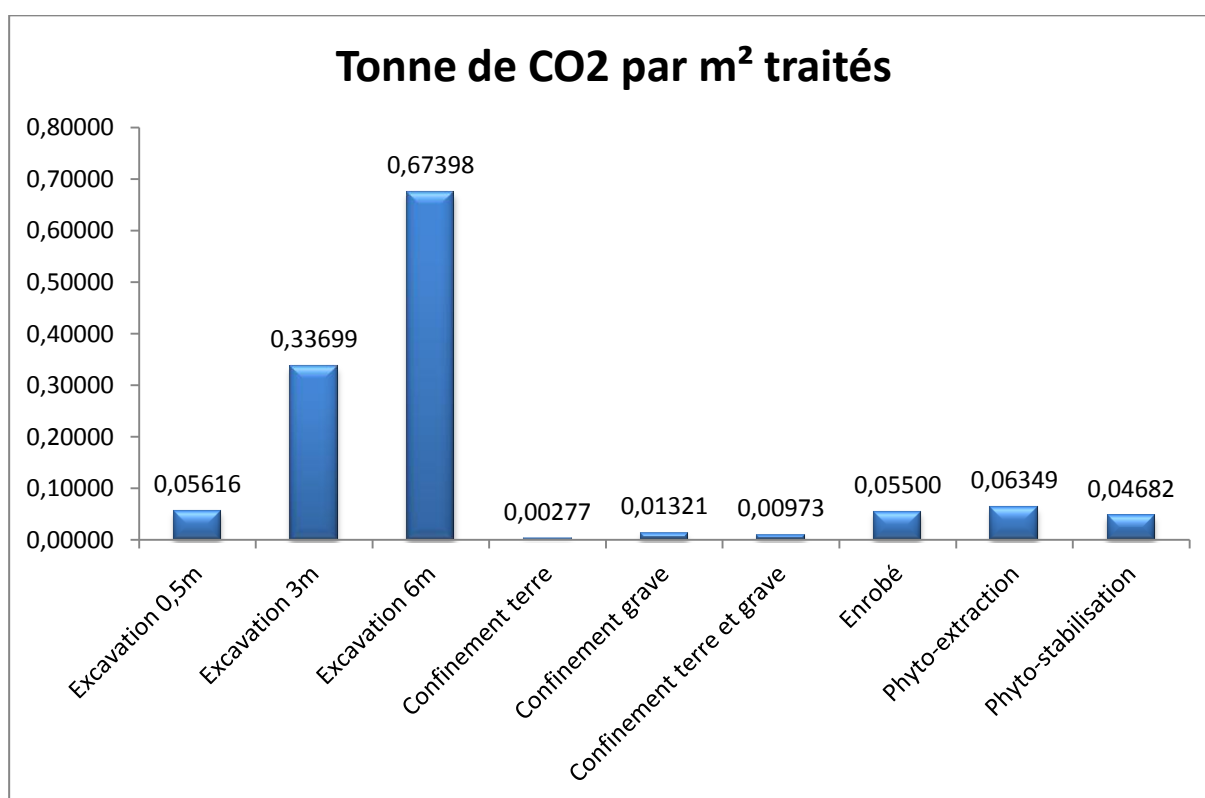
Bilan Carbone prévisionnel des techniques de dépollution des anciens sites miniers de Saint Laurent le Minier

Poste	Utilités	Type de donnée	Quantité	Facteur d'émission	Tonnes de CO2/an
Puits de CO2 par plantation d'arbres	Absorption de CO2 par photosynthèse	nombre d'arbres plantés	0,1	La CCNUCC, Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, a de son côté calculé et convenu de la valeur moyenne de 10 kg absorbés chaque année par un arbre. Par précaution, nous considérerons une valeur de 5kg/an.	0,00050

Le bilan de cette technique devient positif au bout de 100 ans.

## COMPARAISON DES DIFFERENTES TECHNIQUES DE DEPOLLUTION

Méthode	Tonne de CO2 par m <sup>2</sup> traités
Excavation 0,5m	0,05616
Excavation 3m	0,33699
Excavation 6m	0,67398
Confinement terre	0,00277
Confinement grave	0,01321
Confinement terre et grave	0,00973
Enrobé	0,05500
Phyto-extraction	0,06349
Phyto-stabilisation	0,04682



Avec un coût « traitement des déchets », un coût « transport des déchets » et un coût « transport de remblais » très élevé, la technique 1 (excavation) a un poids très important dès lors que la profondeur d'excavation devient importante.

La phyto-extraction a un poids important (en comparaison des techniques hors excavation). Cela est dû à l'utilisation de motoculteurs et de tondeuses.

Les techniques de confinement semblent être celles dont les impacts carbone sont les moindres avec, en priorité, le confinement par de la terre végétale.

Il est également à noter que la phyto-stabilisation permet, par photosynthèse, de piéger le CO<sub>2</sub>. Le temps de retour sur investissement CO<sub>2</sub> de cette technique est cependant de 100 ans à la condition que les espèces plantées soient très persistantes (durée de vie supérieure à 100 ans).

