

Intersol 16 mars 2016 - Lille

**Stratégie de gestion : bilan de masse et
bilan CO2 comme critères de sélection.
Exemple sur un site industriel**




**Carole VILLECROZE, Sébastien KASKASSIAN
et Jean-Baptiste GUERIN (Tauw France)**



Tauw



Plan de gestion - source

- Critères de choix du bilan coûts-avantages
 - Avantages : abattement de concentrations ou masses, réduction des émissions, retours d'expérience, ...
 - Contraintes : durée, accès, sécurité, aléas, ...
 - Coûts : financier, social, environnemental, ...
- Définition de la pollution concentrée (guide )
 - Indices de terrain
 - Interprétations cartographique et statistique
 - Bilan massique
 - Présence de phase organique
 - Géostatistique



Tauw

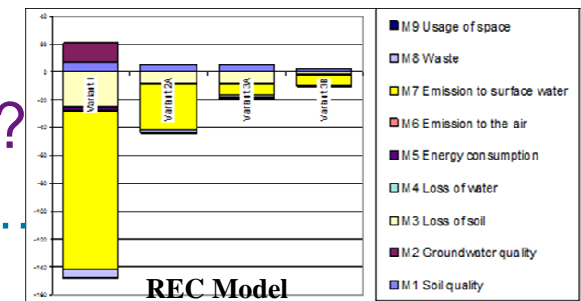
Indicateurs d'efficacité de dépollution

- Bilan de masse

- Initial = définition de la pollution concentrée, hiérarchisation
- Final (attendu) après dépollution : calculé ou estimé (expérience)
- Indicateurs = abattement total (kg polluants), rapporté à l'aire traitée (kg polluants / m²), au coût de dépollution (kg polluants / €) ...

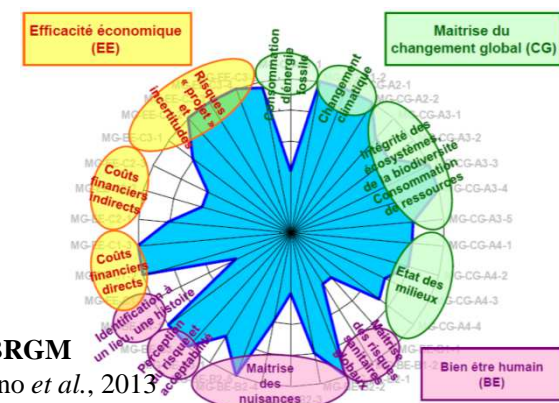
- Coût environnemental, quelle méthode ?

- Bilan CO₂ : modèle Ademe, modèle Tauw, ...
- Analyse Multi-Critères, exemples :
 - REC model
 - méthode BRGM
- Approche « SURF » : AMC co-construite avec les différents acteurs du projet



Haselhoff *et al.*, 2011

Tauw



AMC - BRGM
Colombano *et al.*, 2013



Bilan CO2 – modèle Tauw

- Développé dans le cadre d'un projet SKB (Pays-Bas)
- Input = caractéristiques des méthodes de dépollution
- Paramétrage
 - Source d'électricité (7 choix)
 - Consommation & carburants
 - Matériaux
 - Réactions
 - Polluants et efficacité attendue
 - ...
- Output = CO2 émis
 - Equipement
 - Transport, engines
 - Maintenance & monitoring
 - Matières premières, rejets, déchets

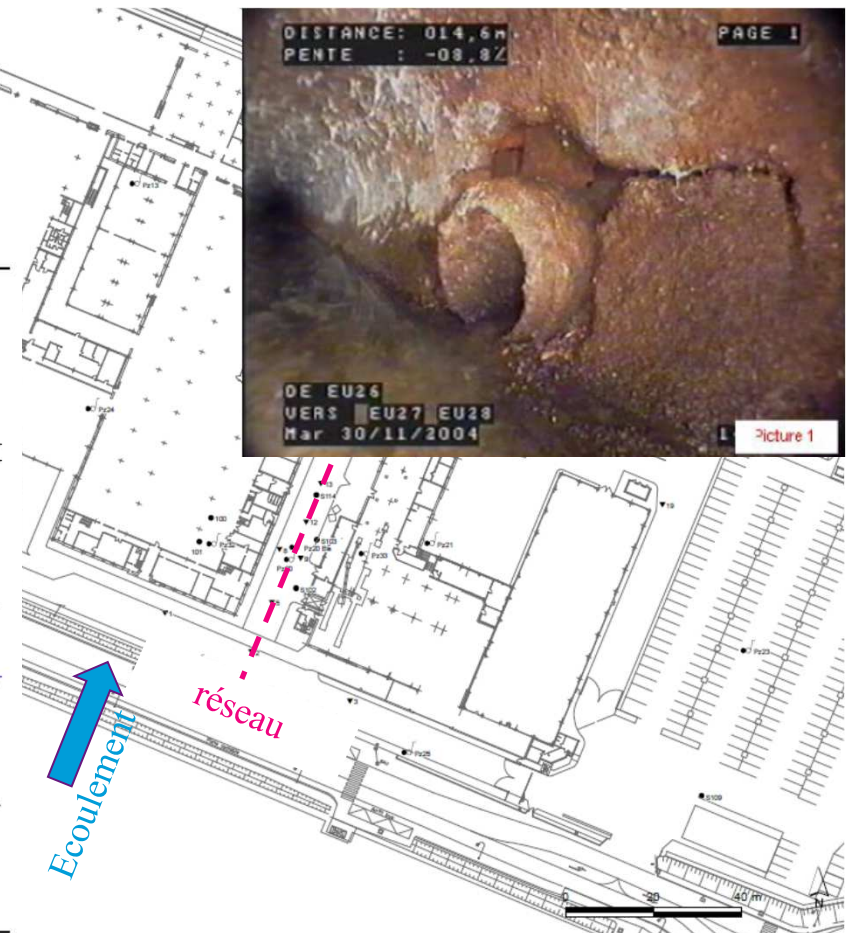
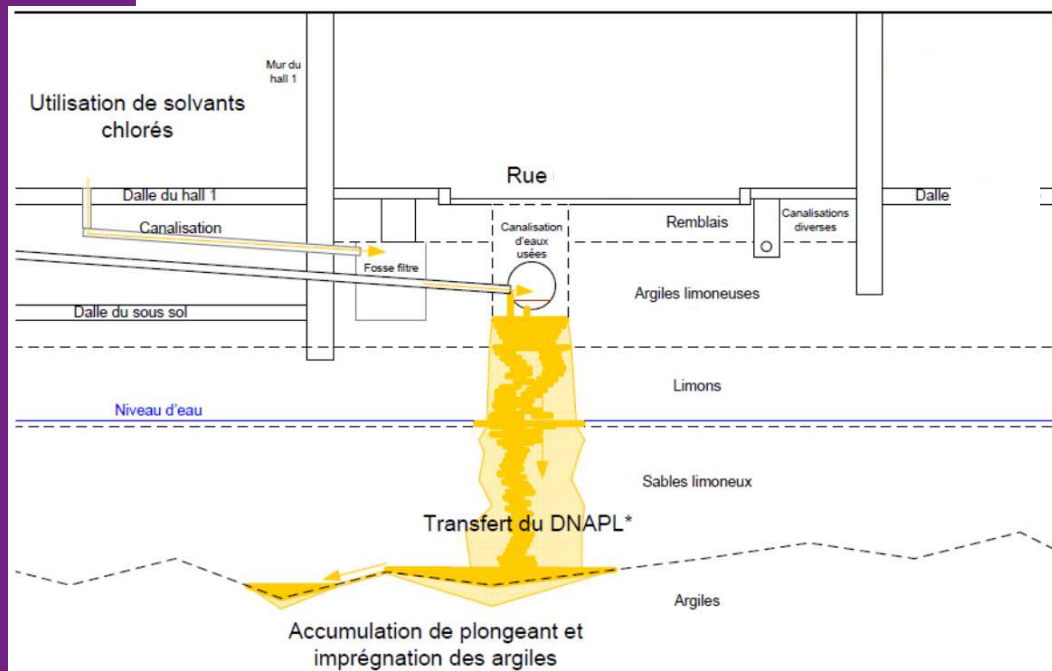
The screenshot shows the 'Import screen' of the 'Calculation model CO₂ for soil remediations' software. The interface includes a header with the Tauw logo and version 1.3.3-NL. Below the header, there are input fields for 'Projectname', 'Remediationvariant', 'Date', and 'Model filled by'. A list of remediation methods is displayed on the left, each with a dropdown arrow: 'Excavation landsoil', 'Groundwater extraction', 'Groundwater purification', 'In situ remediation Airsparging and Soil Vapor Extraction (SVE)', 'In situ remediation Multi Phase Extraction (MPE)', 'In situ remediation ISCO', 'In situ remediation Biostimulation', 'In situ remediation Thermal', and 'Monitoring and aftercare'. Two photographs are included: one showing an excavator at a site and another showing a person in a white protective suit operating equipment. The bottom navigation bar includes 'Manual', 'Import', 'Output', 'Datasheet 1', 'Datasheet 2', 'Datasheet 3', and 'Calculations'.



Tauw
...

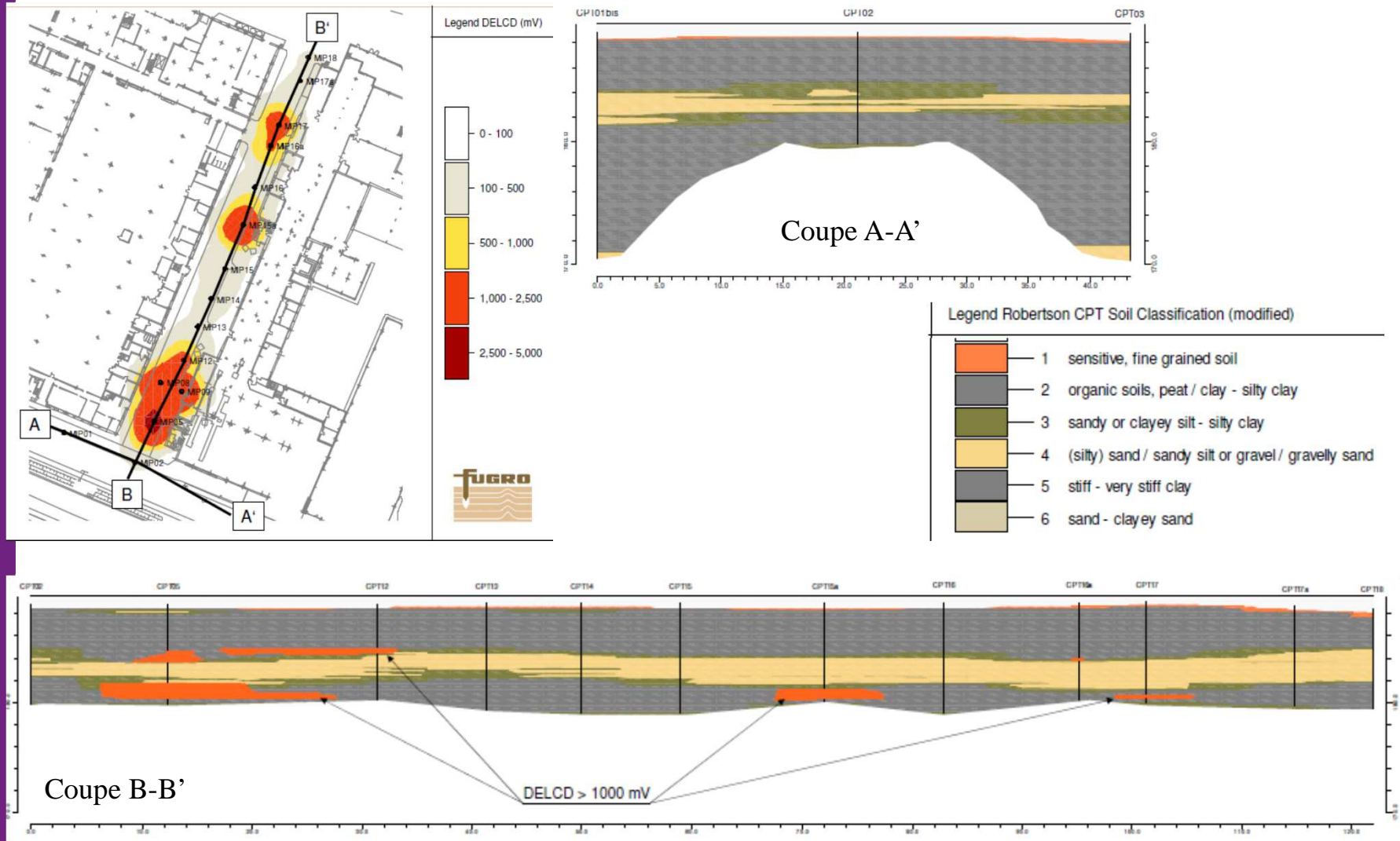
Site industriel : présentation

- Partie du site contaminée par les solvants chlorés :
 - Sol : jusqu'à 50 000 mg/kg MS en PCE et 3 300 mg/kg MS en TCE
 - Nappe : jusqu'à 130 mg/l en PCE et 56 mg/l en TCE (quasi-absence de CV)
- Réseaux fuyards



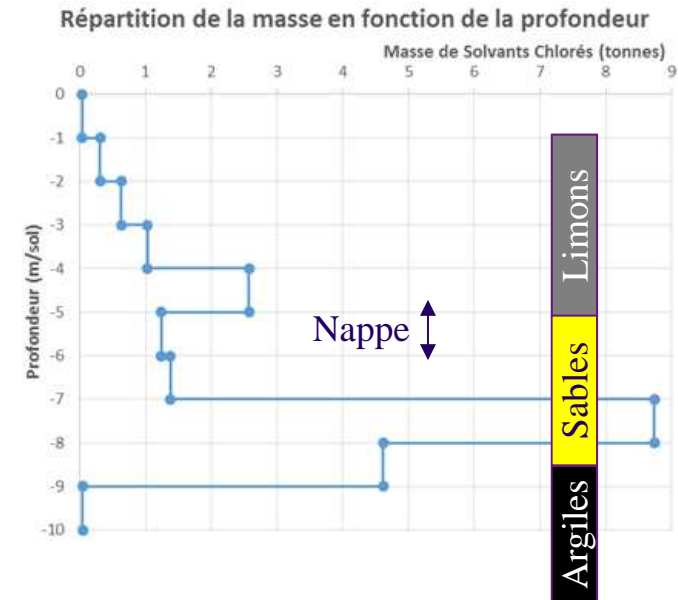
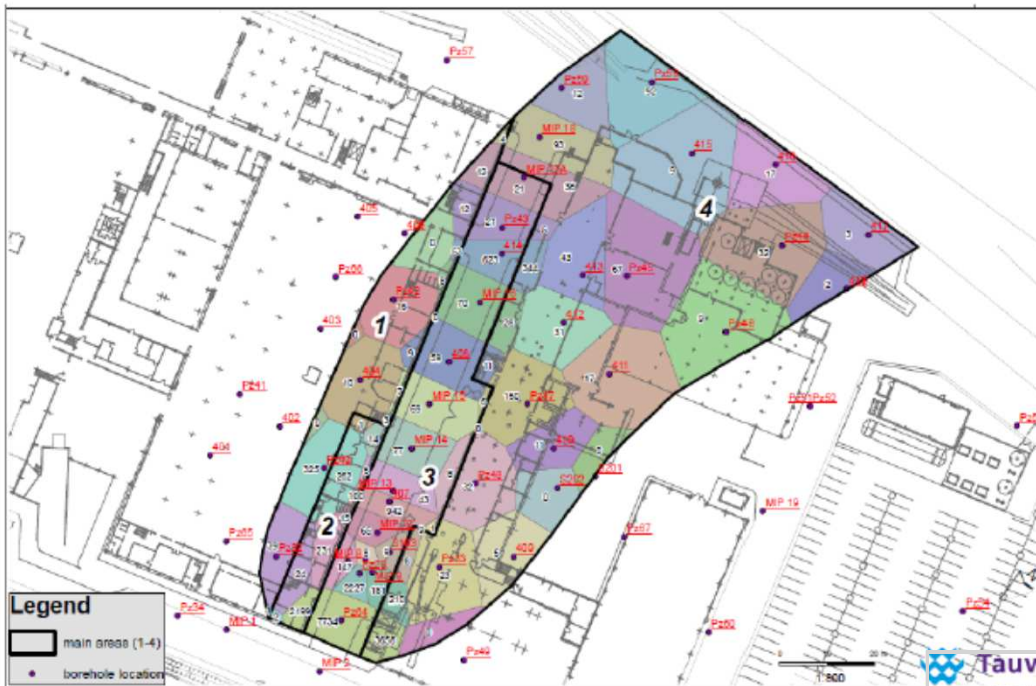
Site industriel : diagnostic

- Diagnostics successifs : 32 piézomètres, 21 MIP, 53 sondages



Site industriel : bilan de masse (1)

- Calcul de la masse « PCE + TCE » ~ 20 tonnes
 - concentrations sols + équivalent nappe et MIP
 - discrétisation par mètre aquifère & selon coupe litho
 - voisinage représentatif autour de chaque sondage



Répartition de la masse par zone

Masse (tonnes)	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
	0,50	2,80	12,30	4,90



Tauw

Site industriel : bilan de masse (2)

- Contraintes du site :

- Accessibilité & activités des différentes zones
- Seuil de dépollution bas (10mg/kg) = impact hors site proche AEP

Rappel = concentration moyenne en source 1 580 mg/kg MS

	Répartition de la masse par zone				
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	TOTAL
Masse (tonnes)	0,50	2,80	12,30	4,90	20,5
Superficie (m2)	1060	370	1530	5730	8690
"masse surfacique" (kg/m2)	0,5	7,6	8	0,9	
contraintes	atelier production	stockage	rue	atelier production	

← Critère d'efficacité

← Contrainte d'accès

Les zones 2 et 3 sont retenues comme prioritaires pour la dépollution



Site industriel : modes de dépollution

- Excavation + gestion des eaux en fond de fouille :
 - Talutage
 - Palplanches = réduction des volumes excavés / extension définie
 - Forages sécants (diam. 1 à 2m) = cher
- ISTD
 - Steam Enhanced Extraction (K faible)
 - Thermal Conductive Heating
 - Electrical Resistive Heating
- ISCO (permanganate)
 - injection (K faible)
 - malaxage in-situ -> fortes incertitudes sur la capacité à atteindre les seuils de dépollution, effets rebonds ...



Site industriel : bilan coût avantage

- Synthèse partielle
 - Excavation + gestion des eaux
 - ISTD (+vapeurs) bénéfiques hors « TTZ »
 - ISCO par malaxage in-situ
- > fortes incertitudes (absence d'essais) mais on estime le bilan CO2 tout de même

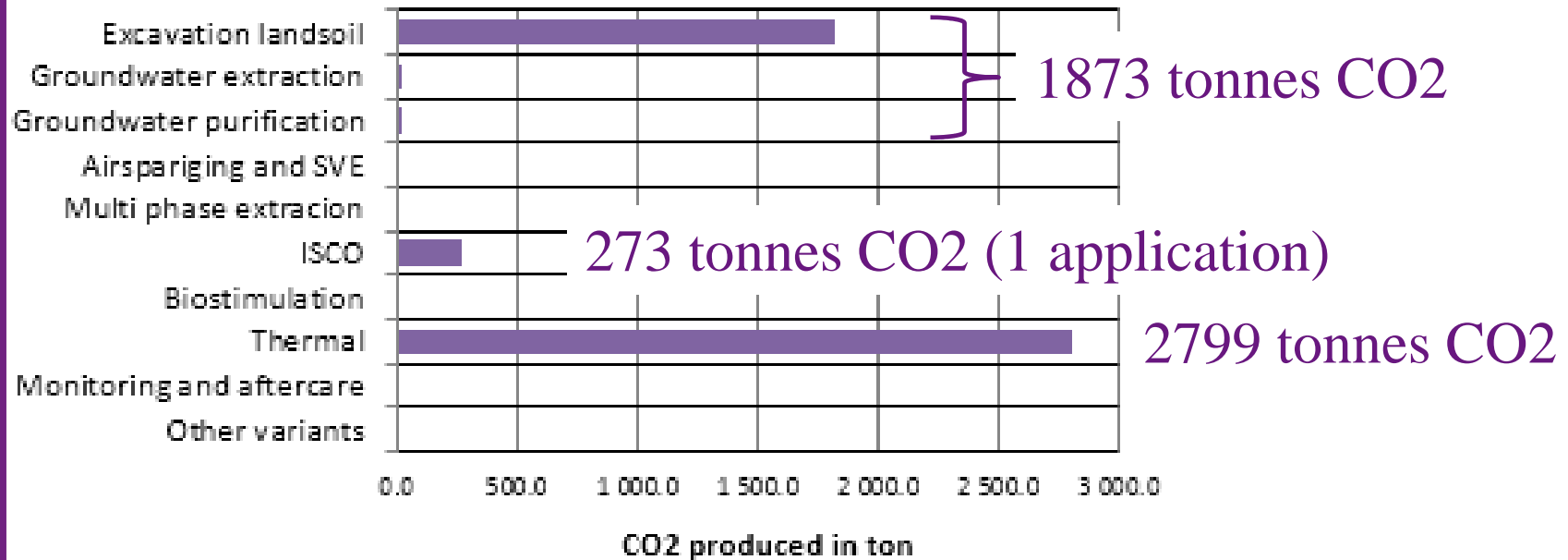
	excavation par talutage + eaux	ISTD - ERH	ISCO - mixing
démolition	partiel	-	-
volume à excaver (m3)	54 600	-	-
volume pollué (m3)	17 300	-	-
traitement complémentaire	P&T nappe	Extraction vapeurs	
durée (semaines)	30	40 *	25 **
coût (M€)	11 à 12	7 à 8	3 à 4 ***
atteinte des objectifs (10 mg/kg)	oui (sauf hors fouille)	oui (>99%)	incertain (rebond, abattement de 70 à 90%)
propagation de pollution	non	possible	possible
* hors période de refroidissement			
** hors période de réessuyage des sols			
*** pour 1 application			



Tauw

Site industriel : bilan CO2 (1)

Remediation parts

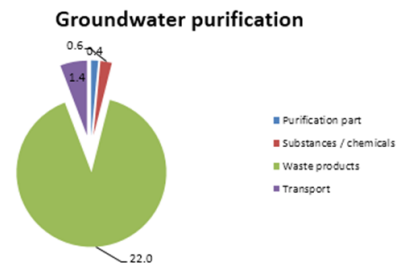
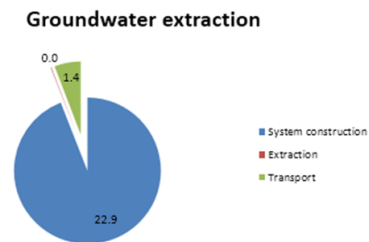


- Excavation = pas d'émission CO2 lié au stockage hors site
 - ISCO = pas d'émission CO2 pour la fabrication d'oxydant
 - ISTD = hypothèse d'émission [électricité] ~ 0,09 kg/kW.h
- Tauw** transport (engins, véhicules, camions) = diesel

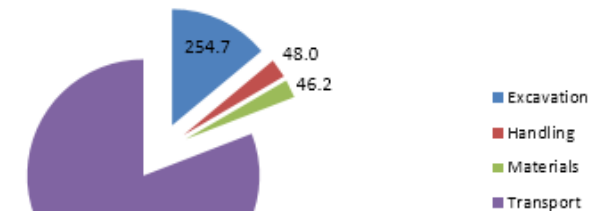


Site industriel : bilan CO2 (2)

- Excavation : essentiel CO2 lié au transport des terres

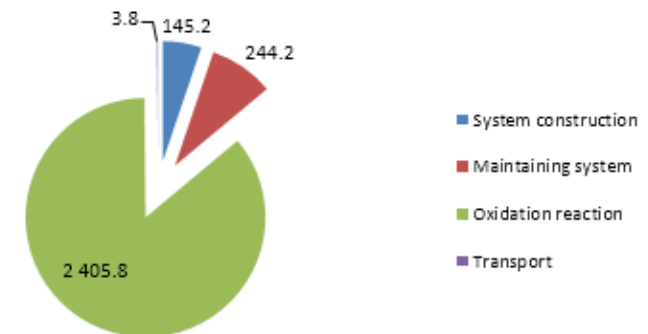


Excavation landsoil



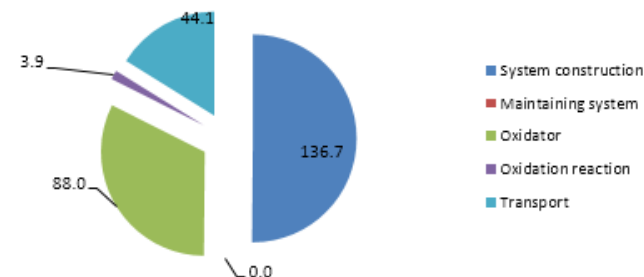
- ISTD : essentiel CO2 lié au traitement des gaz (Catox) et à l'oxydation in-situ de la MO

Thermal



- ISCO : essentiel CO2 lié au mixing Tauw

ISCO



Conclusions & perspectives

- Bilan de masse

- Hiérarchisation des zones à traiter
- Dimensionnement des méthodes de dépollution
- Évaluation de l'efficacité de dépollution = % réduction de masse / méthode, kg polluant retiré / € dépensé, ...
- **Perspectives** = bilans de flux (polluants émis), évolution à long terme des effets de la dépollution de la source (abattements dans les panaches)

- Bilan CO2

- Hiérarchisation des méthodes de dépollution
- **Perspectives** =
 - Modèle perfectible (émissions non prises en compte), autres techniques de dépollution, déconstruction, sources d'énergie ...
 - intégration des paramètres de nuisance et des autres coûts -> AMC

- **Choix final dépend de la pondération des critères !**

Tauw

**=> cela nécessite la participation des différents acteurs
(a minima le donneur d'ordre)**



Merci de votre attention !

Contact : s.kaskassian@tauw.com



Tauw