



PROVADÉMSE

Développement des écotechnologies



GINGERT-LAB





Retours d'expérience sur l'application du guide ESTRAPOL

Lessons learned on the application of the ESTRAPOL guidelines

Annelise GAUTHIER (GINGER) – Emmanuel VERNUS (PROVADEMSE)





➤ Le Guide ESTRAPOL

- ▷ Son objectif
- ▷ Sa place dans la méthodologie SSP
- ▷ Son contenu

➤ Retour d'expérience

- ▷ Représentativité des échantillons
- ▷ Désorption thermique
- ▷ Lavage
- ▷ Stabilisation
- ▷ Oxydation chimique
- ▷ Biodégradation aérobie

➤ Conclusions - Perspectives



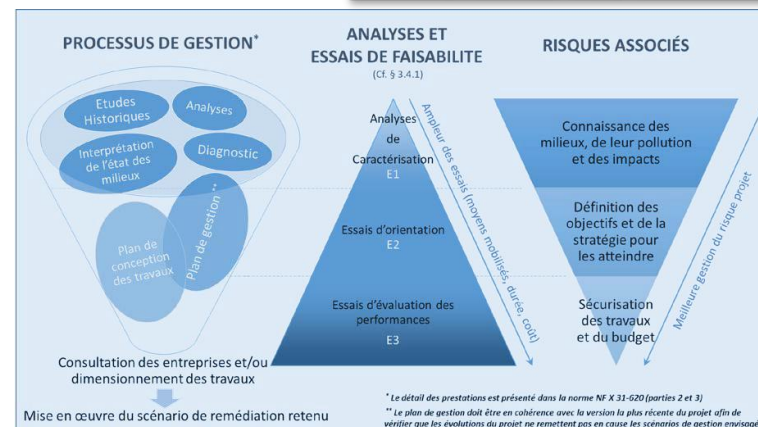
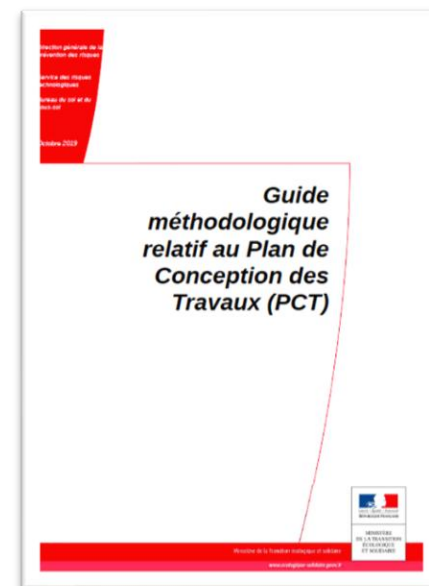
Guide ESTRAPOL

Les essais de faisabilité de traitement (ESTRAPOL)

Le Guide technique vise à apporter aux différents acteurs du domaine des sites et sols pollués des éléments détaillés de contenu des essais de faisabilité de traitement en laboratoire et de terrain pour les principales techniques de traitement de sols mises en œuvre en France



Publication Nov 2020





Fondamentaux communs pour différentes techniques

- › Définition des termes « Traitabilité », « Faisabilité », « Essais pilotes »
- › Domaine d'application (zones concentrées, panaches)
- › Constantes physico-chimiques pour les polluants organiques
- › Biodégradabilité
- › Perméabilité des sols
- › Représentativité des échantillons
- › Conditionnement, transport avant essais
- › Témoins
- › Réplication d'essais en parallèle
- › Rapport d'essai
- › Budget prévisionnel



Fiches techniques des essais : objectifs et résultats attendus

Technique 9 – Désorption thermique in situ

1. Description de la technique

2. Paramètres d'exclusion

3. Paramètres critiques

4. Essais en laboratoire

5. Essais de terrain

6. Pour aller plus loin

Paramètres d'exclusion	
Paramètre	Valeur seuil
Température d'ébullition	$T_{eb} < 550^{\circ}\text{C}$
Pression de vapeur saturante (P_v)	$P_v < 10 \text{ mm Hg (1 340 Pa)}$ à 20°C $P_v > 0,5 \text{ mm Hg (64 Pa)}$ dans la gamme de températures de désorption (100 à 350°C)
Paramètres critiques	
Paramètre	Commentaire
Teneur en eau	Dépense énergétique plus importante Facteur potentiellement favorable à l'entraînement.
Perméabilité des sols – Porosité structurale	Doit permettre l'entraînement des vapeurs vers le collecteur (à la température de désorption)
Perméabilité – Vitesse de nappe	Une vitesse élevée de la nappe entraîne une importante dissipation d'énergie calorifique à compenser
Teneur en matière organique (MOT)	La MOT en grande quantité peut générer, après traitement, des effets parasites lors de l'analyse GC/FID
Teneur en matières volatiles	La proportion de matières volatiles indique la sensibilité à l'auto-échauffement.
Teneur en précurseurs d'émissions polluantes	problèmes de corrosion et/ou d'émissions de polluants atmosphériques liés à la présence de soufre, azote, chlore fluor et/ou brome en grande quantité dans le sol.



Technique 9 – Désorption thermique in situ

1. Description de la technique

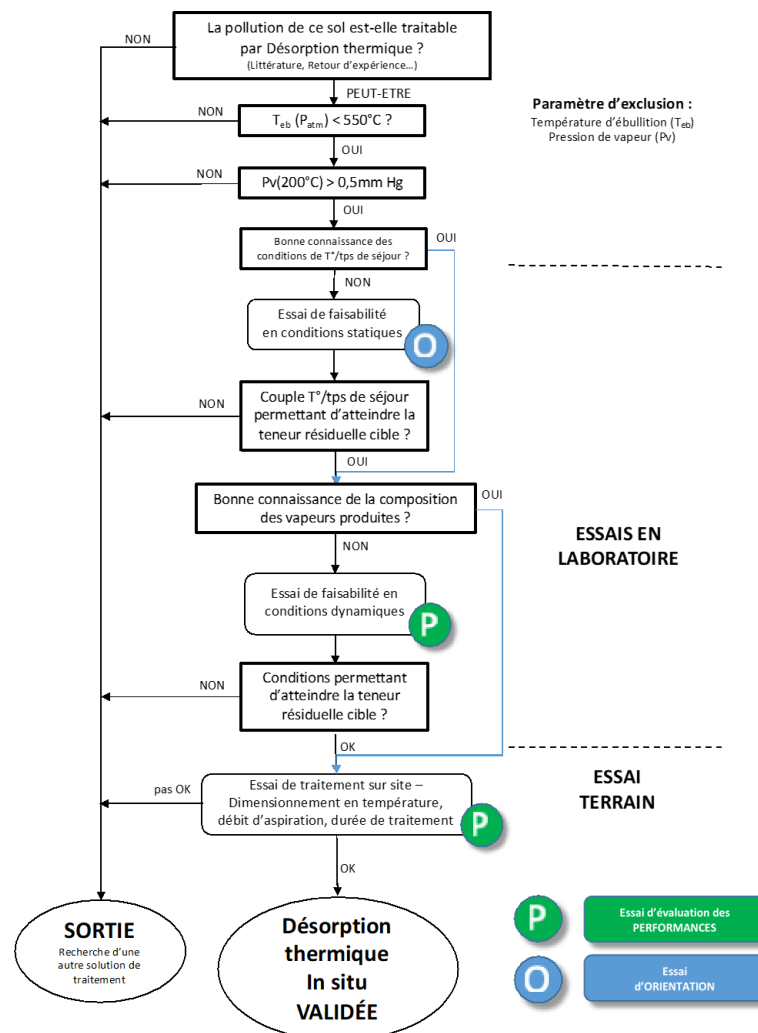
2. Paramètres d'exclusion

3. Paramètres critiques

4. Essais en laboratoire

5. Essais de terrain

6. Pour aller plus loin





Retours d'expérience

➤ Représentativité des échantillons (Rappels)

- Essais sur de petites quantités (risque de passer à côté de la pollution) - Influence du changement d'échelle (effet de matrice)
- Le temps entre la réalisation du diagnostic et les essais de faisabilité peut être relativement long (de qq mois à plusieurs années) – Evolution de la pollution ?
D'où l'importance de caractériser l'échantillon avant essais (composition et répartition granulométrique de la pollution)

L'échantillon représentatif doit avoir été prélevé dans la zone de sol à traiter et contenir les polluants tels que définis à leur niveau de concentration.

Stratégie d'échantillonnage (NF EN ISO 18400) fondée sur l'objectif :

- De vérifier la faisabilité du traitement d'un lot représentatif du **niveau de concentration le plus élevé** et/ou de la **matrice la plus difficile à traiter** ;
- De vérifier la faisabilité du traitement d'un **lot représentatif d'un niveau moyen** de concentration et/ou d'une matrice comportant en proportions représentatives les différentes typologies de matrice présentes dans la zone à traiter ;
- De vérifier distinctement la faisabilité du traitement de **lots représentatifs de chaque niveau** de concentration et/ou typologie de matrice.





Retours d'expérience

► Désorption thermique

- Un niveau élevé de MOT doit donner l'alerte quant à la pertinence de la désorption thermique (cas d'échantillons de résidus de pyrolyse).

La teneur en Carbone fixe permet de vérifier le caractère non volatilisable avant de lancer les essais de désorption.



HCT C10-C40	10 100 mg/kg MS
HAP (16)	5 300 mg/kg MS

Composition	Méthode	Valeur (%MB)	Valeur (%MS)
Humidité	Etuve 105°C	17,7%	0%
Cendres	Calcination 550°C – 3h	24,5%	29,8%
Matières volatiles	900°C – Creuset fermé – 7min	13,2%	16,0%
Carbone fixe	900°C – Creuset fermé – 7min	44,2%	53,7%
MOT (matières organiques totales)	Calcination 550°C – 3h	57,8%	70,3%

PCI	25 MJ/kg MS
-----	-------------



Retours d'expérience



➤ Désorption thermique

- L'application d'une légère dépression lors des essais de désorption peut permettre d'améliorer l'efficacité du traitement tout en se rapprochant des conditions d'une désorption thermique in situ



Abattement de 96% des HCT
et plus de 99% des PCB

essais en four tubulaire réalisés à 200°C durant 60 min avec une dépression d'environ 200 mbar ( PROVADEMSE)



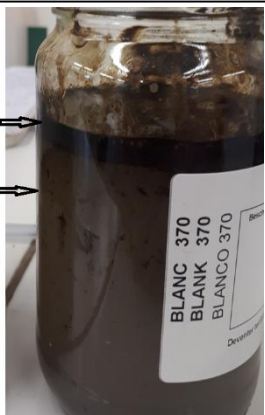
Retours d'expérience



➤ Lavage

- L'étude de l'influence du temps de contact et/ou de la température voire d'un traitement en deux séquences peut permettre d'améliorer l'efficacité du traitement et limiter éventuellement l'utilisation de réactifs (TA).
- Tenir compte des conditions locales de température (cas des DOM COM)

Phase flottante



Essais à l'Eau					
27°C			60°C		
5 min	30 min	120 min	5 min	30 min	120 min

Essais au Tensioactif à Tamb								
C1 (0,5xCMC)			C2 (1,5xCMC)			C3 (5% en masse)		
5 min	30 min	120 min	5 min	30 min	120 min	5 min	30 min	120 min



Risque de déstructuration du sol
(perte de cohésion des particules,
structure plus granulaire)



Retours d'expérience



► Stabilisation

- La stabilisation peut être envisagée pour la formation de blocs monolithiques mais aussi de granulats stabilisés.

Paramètres	Objectif de dépollution (mg/kg MS)
Zinc sur brut	10 000
Zinc sur éluat	10
Chrome sur éluat	2



Matériau granulaire compatible avec un sol végétalisé

- Retour d'expérience PROVADEMSE :

Bons résultats de stabilisation du zinc par substitution cationique, sorption dans la structure des CSH et éventuelle précipitation ZnO avec

- Ciment sulfo-alumineux
- Ciment sulfo-alumineux additionné de CEM I



Retours d'expérience

➤ Essais préliminaires en micro-éprouvettes en pâte pure avec l'éluat du sol :

▷ Effet de la composition de l'eau sur la prise

Pas d'influence significative sur la résistance à la compression à 24h et à 7j de la présence de zinc lixiviable dans l'eau de gâchage de 6 formulations (CEM I, ciment sulfo-alumineux, laitiers de hauts fourneaux)

▷ Influence de la formulation sur le relargage de zinc

Les éprouvettes des formulations ayant développé des résistances mécaniques les plus importantes (7j) présentent un relargage en zinc très faible :

- 0,3 mg/kg MS (CEM I + LHF)
- **<0,2 mg/kg MS (CEM I)**



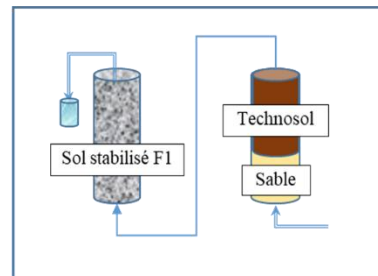
Option privilégiée pour la mise en œuvre après essais de formulation

➤ Caractérisation de la dynamique de relargage par percolation

1



2



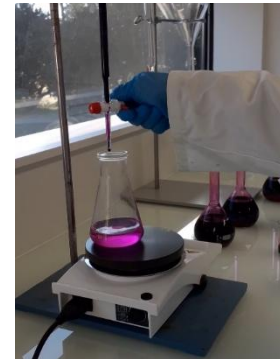


Retours d'expérience

GINGERT-LAB

➤ Oxydation chimique

- ▷ 2 étapes dans la réalisation des essais
 - DSO sur sols sains pour vérifier la faisabilité technique et financière du traitement
 - ▷ DSO > 5 % massique peut être rédhibitoire
 - DTO sur sol pollué pour confirmation de l'efficacité
- ▷ Plusieurs oxydants à tester en fonction de leur réactivité vis-à-vis des polluants
- ▷ Plusieurs concentrations à tester pour détermination du ratio optimal
- ▷ REX GINGER T-LAB : influence de certains paramètres dans l'interprétation
 - Matière organique : teneurs < 1g/kg ou > 3 g/kg → difficultés d'interprétation de la DSO
 - Matériaux argileux : perturbation du contact entre les sols et l'oxydant
 - pH : pouvoir tampon du sol, efficacité



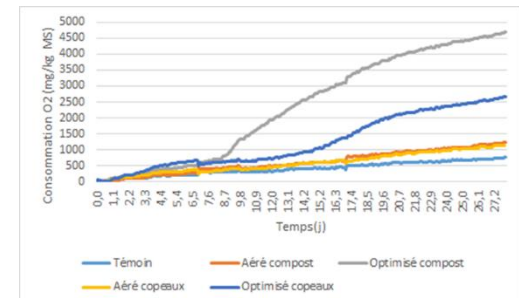


Retours d'expérience

➤ Biodégradation aérobie dans les sols non saturés

- ▷ Applicabilité aux HCT C5-C40, BTEX, HAP
- ▷ Stimulation de l'activité des bactéries endogènes selon différentes conditions et 3 tests :
 - Respirométrie : consommation d'O₂ par les bactéries du sol
 - Biologie moléculaire: identification des microorganismes présents dans le sol
 - Biodégradation aérobie en mésocosmes : évolution des concentrations au cours du temps
- ▷ REX GINGER T-LAB : paramètres influençant l'efficacité du traitement
 - Respirométrie : teneur en eau, présence de phase NAPL, pH, argile, nutriments
 - Mésocosmes : disparition rapide des fractions les plus légères, taux de dégradation : 80% pour les fractions C10-C24 et 50% pour HC>24, observation de l'augmentation des concentrations après 1 mois d'essai

GINGER T-LAB





Conclusions - Perspectives

➤ Point d'attention

- ▷ Représentativité des échantillons et de la pollution
- ▷ Réalisation de répliqués
- ▷ Multiplication des conditions d'essais
- ▷ Changement d'échelle

➤ Démarche d'amélioration continue

- ▷ Recensement plus large des recommandations issues de retours d'expérience
- ▷ Actualisation éventuelle du guide ESTRAPOL sur la base de ces retours d'expérience élargis et complétés par d'autres données



Merci pour votre attention

—

Des questions ?

Contact



Emmanuel VERNUS
Directeur technique
Mobile (+33)6 24 52 25 16
Fixe (+33)4 72 43 71 18
Bâtiment Suzanne Mériaux
12 Avenue des arts
69621 Villeurbanne Cedex

emmanuel.vernus@provademse.com

Annelise Gauthier

Responsable GINGER T-LAB,
Directrice de Projets, Métier Sites et Sols Pollués
T 06 07 34 11 10

a.gauthier@groupeginger.com

gingerlab@groupeginger.com



GINGER T-LAB
Région Sud-Est
1030, rue Jean-René Guilibert Gauthier de la Lauzière
Les Milles
13290 Aix-en-Provence
www.ginger-burgeap.com

