

Une approche globale combinant des solutions innovantes et optimisées pour traiter les sols et les eaux souterraines d'un site industriel à grande échelle

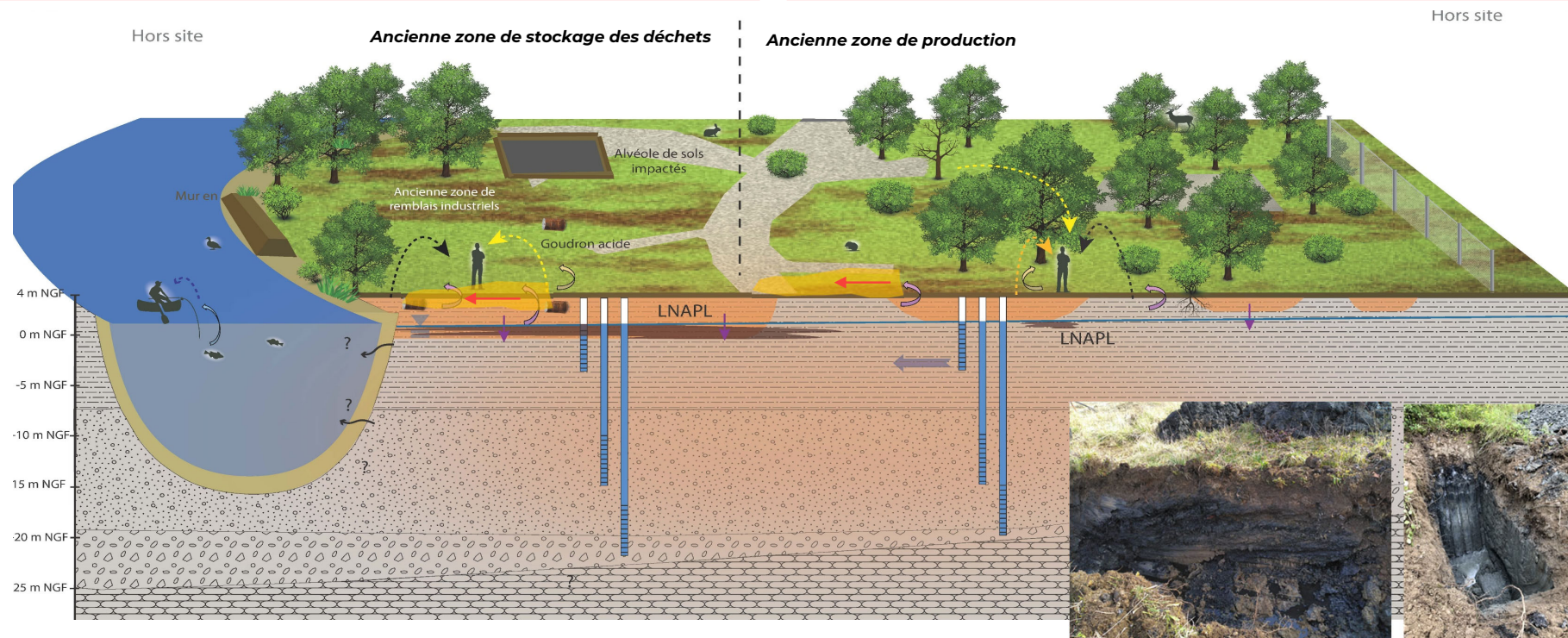
6323625356

- Le contexte du site
- Stratégie générale
- Les essais de bioremédiation
- Les essais de combustion
- Conclusions et suite

CONTEXTE

- Ancien site industriel
- Production d'huile
- Site de grande taille (30 hectares)

- Présence de LNAPL (25 000 m², < 5 m épaisseur)
- Important volume de sols/ résidus impactés (227 000 m³ > 10 000 mg/kg)
- 40 000 -200 000 mg/kg C21C40



- Mise en évidence de l'immobilité de la LNAPL
- Traitement des sols pour production de matériaux végétalisable *après validation technique*
- Traitement des zones sources (sols/résidus) *après validation technique*
- Gestion du flux de HCT vers les eaux de surface via les eaux souterraines par :
 - Immobilisation (stabilisation) *après validation technique*
 - Mise en place d'une couverture de surface
 - Traitement passif du panache résiduel

- Mise en évidence de l'immobilité de la LNAPL
- Traitement des sols pour production de matériaux végétalisable *après validation technique*
- Traitement des zones sources (sols/résidus) *après validation technique*
- Gestion du flux de HCT vers les eaux de surface via les eaux souterraines par :
 - Immobilisation (stabilisation) *après validation technique*
 - Mise en place d'une couverture de surface
 - Traitement passif du panache résiduel

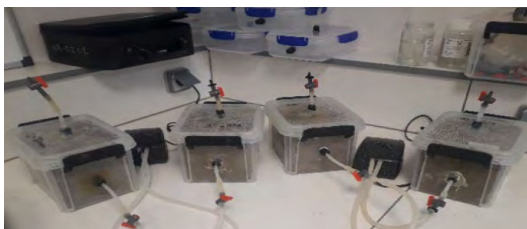
Point de départ

- Contamination lourde défavorable au traitement biologique
- Sols et résidus fins défavorable à un traitement biologique
- Pilote précédent ont conclu en l'inefficacité d'un traitement biologique (piles non aérées, 4000-80 000 mg/kg)
- Client peu favorable pour continuer à explorer le traitement biologique

ESSAIS DE BIOREMEDIATION

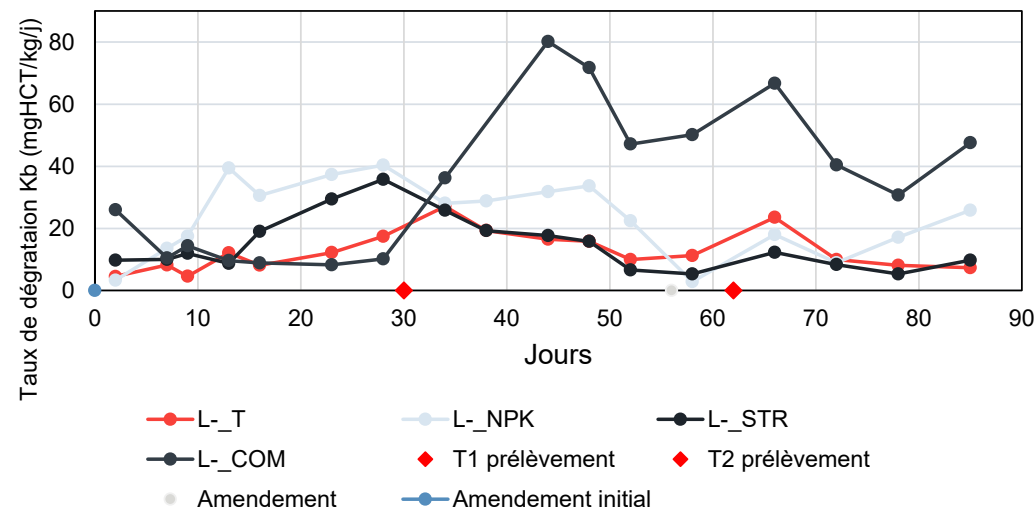
Essais laboratoire

Test laboratoire, WSP,
2021

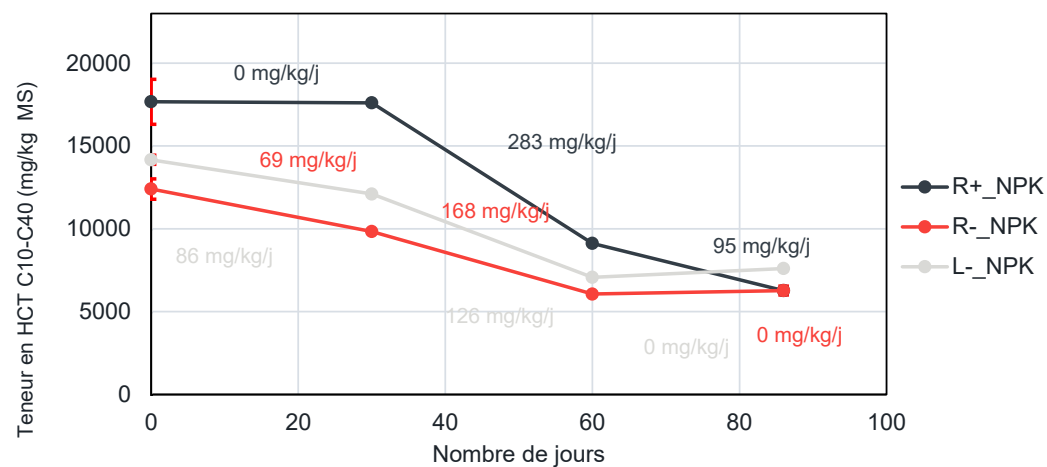


- Laboratoire
- Matrice testée
 - SOLS : 20 000 mg/kg

Respirométrie - Limons



Cinétique de dégradation des HCT C10-C40 - Modalités NPK



ESSAIS DE BIOREMEDIATION

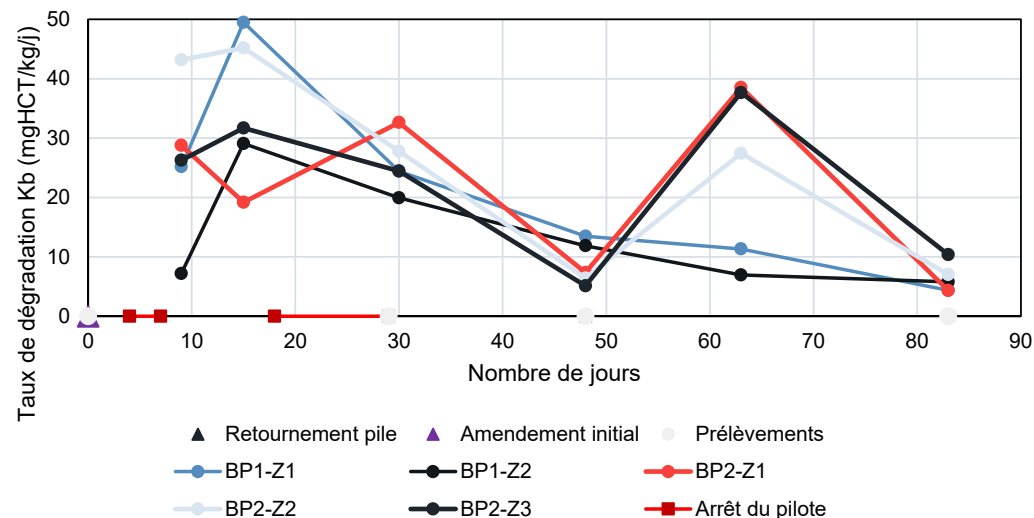
Essais pilote

Test pilote, WSP, 2022

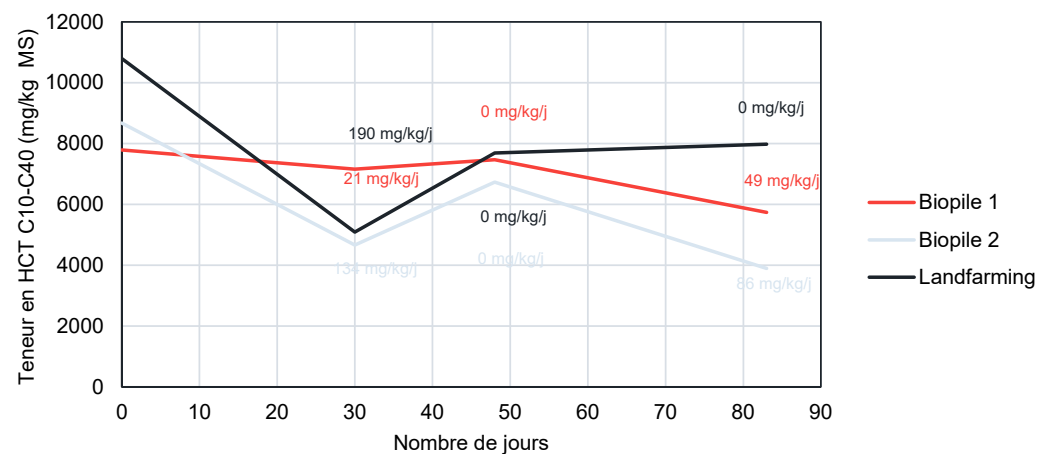


- Pile couverte et ventilée
- Landfarming
- Essais menés en été
- Matrice testée
 - SOLS : 20 000 mg/kg

Respirométrie



Cinétique de dégradation des HCT C10-C40



Micro organismes

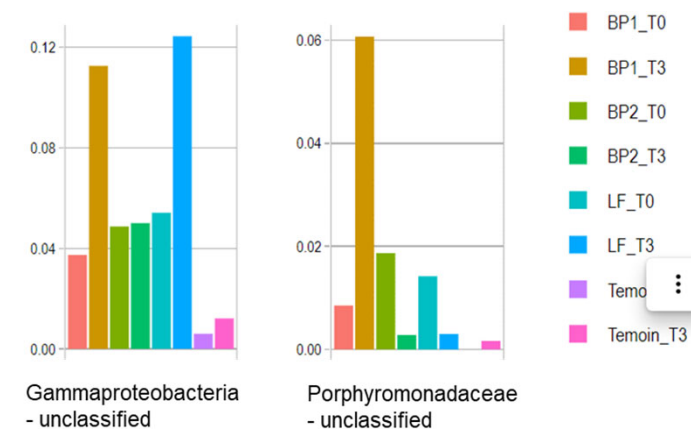
Gènes bactériens de dégradation :

- Peu de gènes de dégradation dans les sols bruts
- Pas d'augmentation de gènes de dégradation avec l'amendement et l'aération

Séquençage et identification des populations fongiques

- Diversité (Shannon) moindre dans les sols impactés
- Sélection de taxon (Gammaproteobacteria et Porphyromonadaceae) reconnus apte pour la dégradation des HCT

Gènes	T0	T3 mois
Gènes dégradant les HCT/alcanes en condition anaérobie et/ou aérobie		
<i>Alkane Monooxygenase (ALK) – (Cells/g)</i>	4,84E+04	1,82E+04
<i>Alkane Monooxygenase (ALMA) – (Cells/g)</i>	<1,11 ^E +04	< 9,79 ^E +03
<i>Alkylsuccinate Synthase (ASSA) – (Cells/g)</i>	5,63E+03	< 9,79 ^E +03
Autres, microorganismes		
<i>Total Eubacteria (EBAC) – (Cells/g)</i>	6,94E+08	7,03E+08
<i>Sulfate Reducing Bacteria (APS) – (Cells/g)</i>	2,23E+08	2,15E+08



Conclusion

- Biorémédiation possible sur sols < 20 000 mg/kg
- Traitement en biopile aérée, retournée
- La dégradation est supportée par des processus fongiques

Point de départ

- Pilote de désorption thermique précédemment réalisés ont montré :
 - Ecoulements de phase pure,
 - Détérioration rapide des matériaux
 - Combustion incontrôlée des matériaux

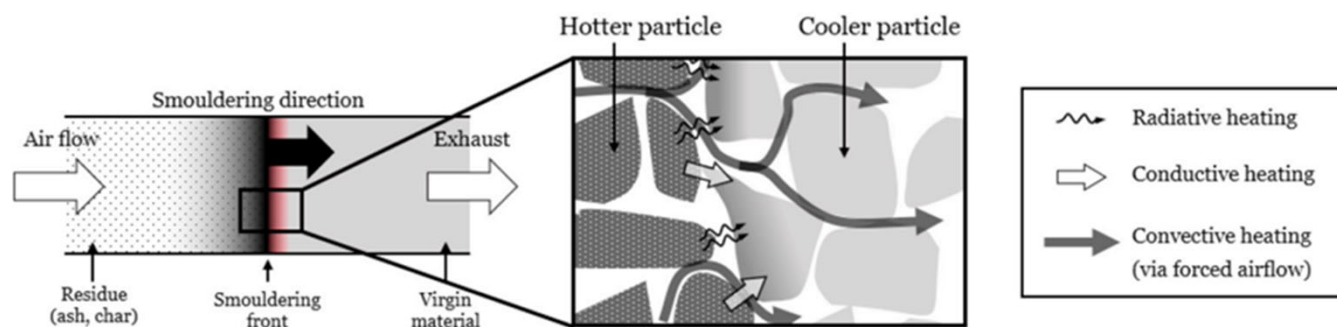


Point de départ

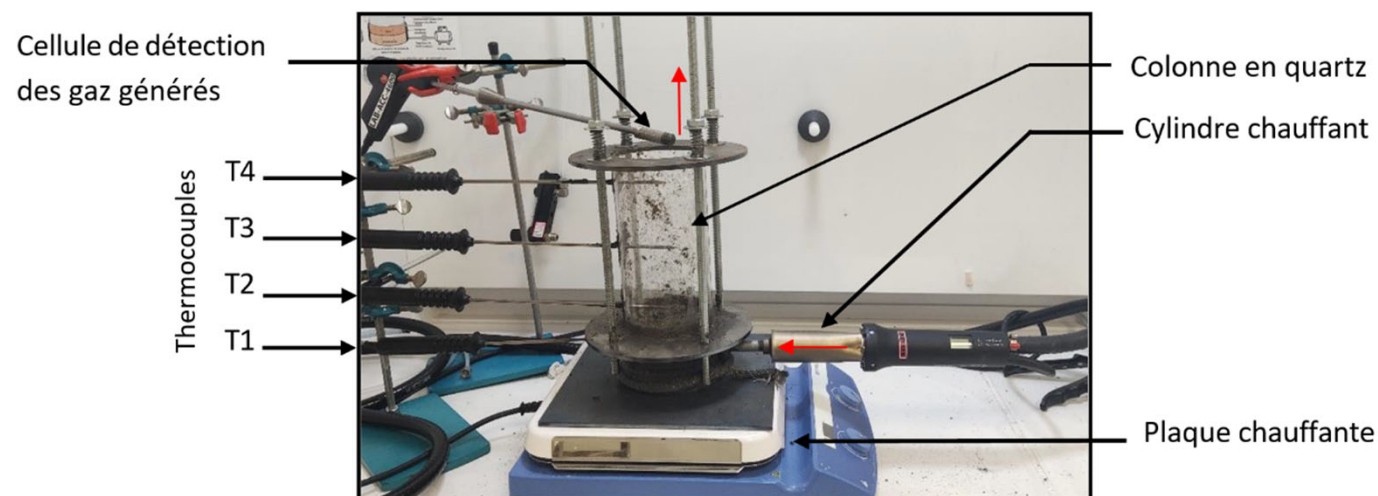
- Pourquoi ne par tester le traitement par combustion lente?

Paramètres	Combustion enflammée	Combustion lente
Température de pointe (°C)	~1995	~280 à 550
	~1000 à 1200	~430 à 800
	~1100	~650 à 1200
Vitesse de propagation (mm/min)	~100	~1
Taux CO/CO ₂	<0.05	~0.1 à 1
Flux de chaleur pour l'allumage (kW/m ²)	~30 à 45	0
	~10	~7 à 18

(Hons K. Wyna, Muxina Konarova, Jorge Beltramini, Greg Perkins, Luis Yermán)



Essais laboratoire



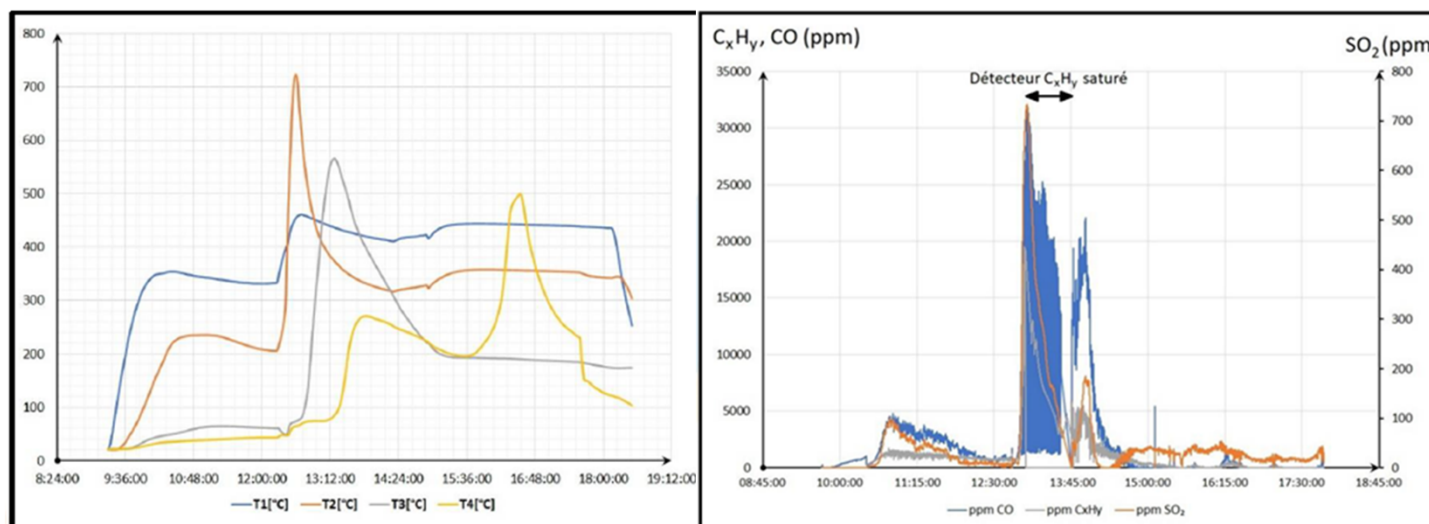
Modalités testées

- Sol brut / Résidu brut
- Sol / Résidu chaulé
- Sol / résidu mélangé à un structurant minéral
- Sol / résidu préséché à l'air

ESSAIS DE COMBUSTION

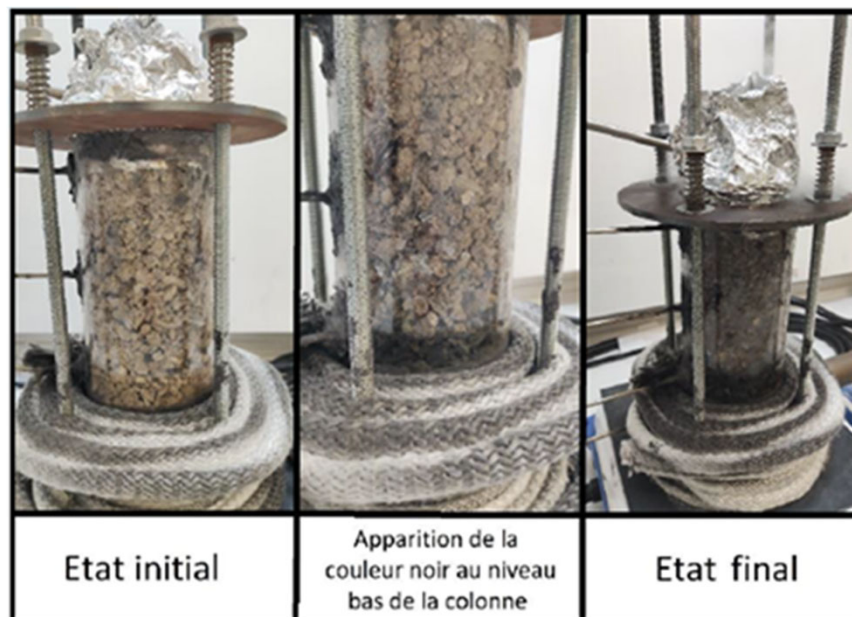
Résultats

- Mélange de résidus/sols séchés à l'air



Nom de l'échantillon		Smold 24-R après séchage avant combustion	Smold 24 R après combustion			Calcul de l'abattement entre initial et bas de colonne
Paramètres	Unité		Haut colonne	Bas colonne	moyenne	
Matière sèche	% P.B.	95,3	99,3	99,9	99.6	
COT par combustion	mg/kg M.S.	175 000	45 700	35 000	40 350	77%
HCT C10-C40	mg/kg M.S.	80 100	9 950	6 120	8 035	90%

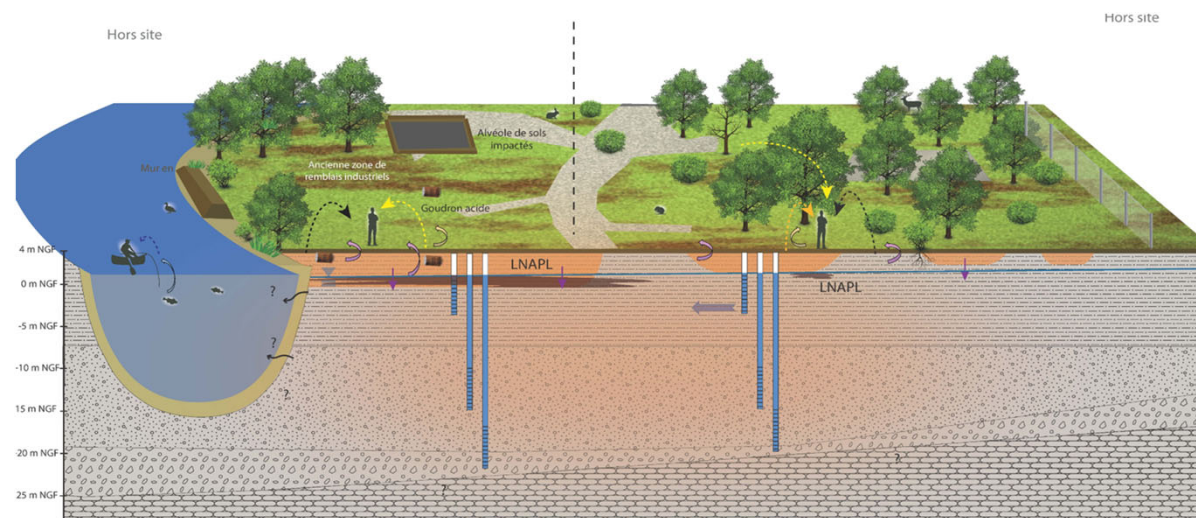
ESSAIS DE COMBUSTION



- Observation d'un front de combustion (température max = 700°C)
- Nécessité de sécher le sol
- Abattement significatif des teneurs en HCT
- Le bilan énergétique (Energie Vs PCI) indique la possibilité de traiter un matériau avec une teneur > 45 000 / 70 000 mg/kg

CONCLUSIONS et SUITE

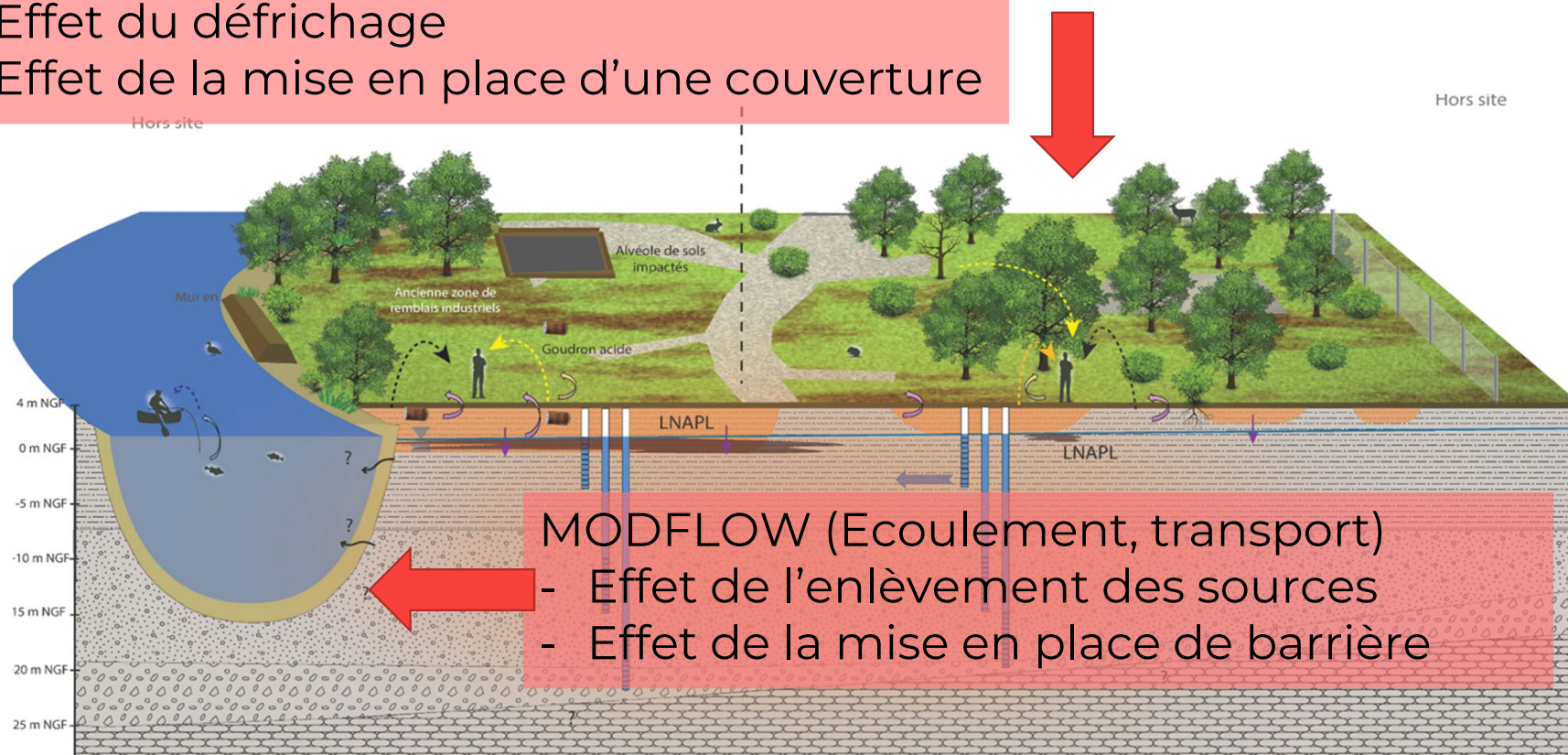
- Validation technique de la traitabilité des sols < 20 000 mg/kg par bioremédiation
- Etudes à poursuivre pour valider la traitabilité des zones sources
- Dimensionnement en cours de la solution de stabilisation / confinement et modélisation de l'effet de la réhabilitation sur le flux de HCT vers les eaux de surface



CONCLUSIONS et SUITE

HYDRUS (infiltration)

- Effet du défrichage
- Effet de la mise en place d'une couverture



MODFLOW (Ecoulement, transport)

- Effet de l'enlèvement des sources
- Effet de la mise en place de barrière

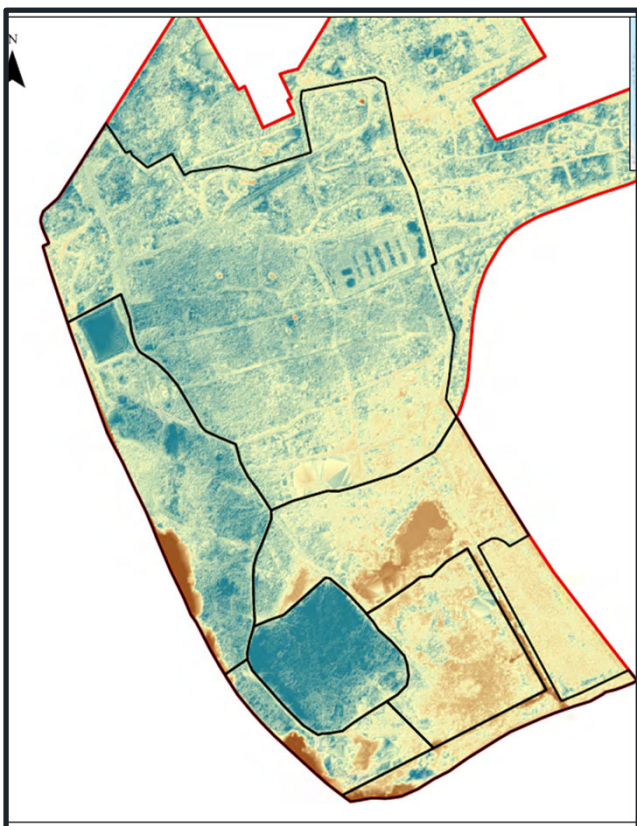
Merci

christophe.barnier@wsp.com

CONTEXTE

- Prise en compte de l'innondabilité du site

Topographie



Q10
standart



Q10
changement climatique

