

LES ESSAIS PILOTES : UN ATOUT POUR LA CONCEPTION ET LA RÉALISATION DES TRAVAUX DE DÉPOLLUTION CAS DU TRAITEMENT BIOLOGIQUE DES HYDROCARBURES



Résumé

Problématique chantier

Teneurs résiduelles
en HC non
conformes lors d'un
traitement on site

Démarche

Essais
complémentaires
pour comprendre
l'origine de la non
conformité

Solutions

Modification des
objectifs de
traitement

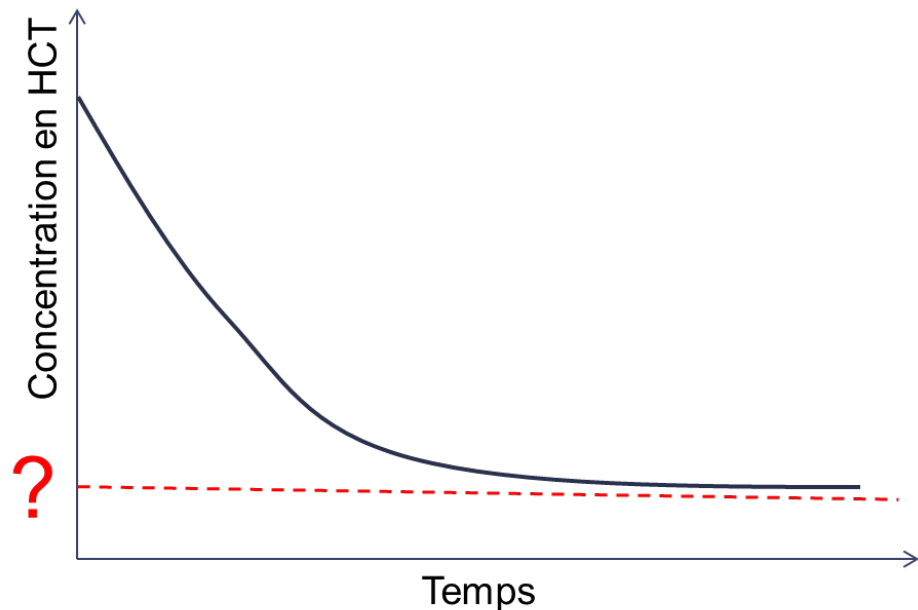
**Création d'un pilote
pour anticiper ces
problématiques**

Sommaire

- Contexte
- Etudes des paramètres limitants
- Développement d'un essai de biodisponibilité
- Conclusion

Contexte

- Traitement biologique
→ Diminution HC au cours du temps
- Risques « projet » : incertitudes sur le seuil / durée
- Cas concret : Traitement on site d'une pile

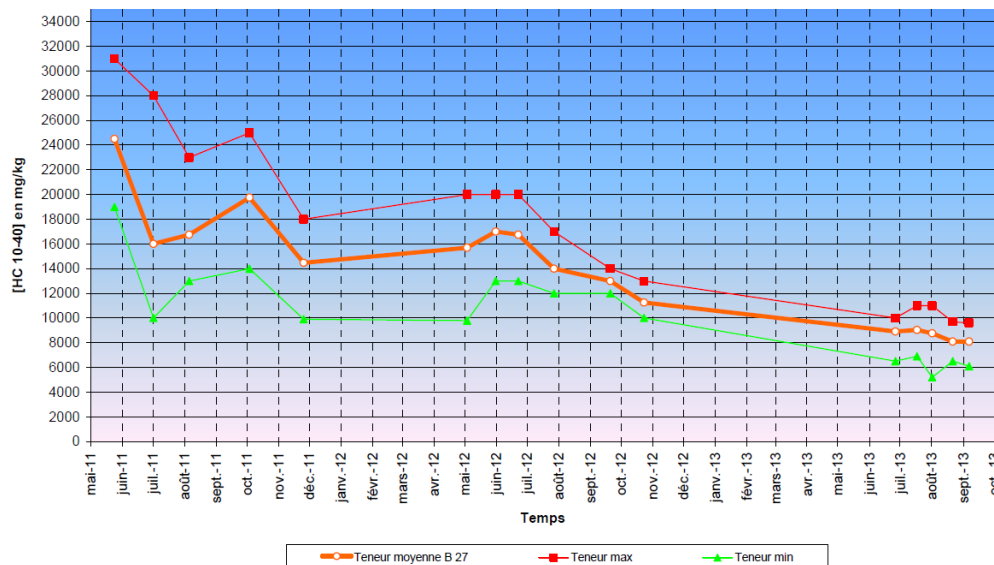


Contexte

- Pollution HC (C_{20} - C_{40} : 80%)
- Pile d'environ 25 000 m³
- Objectif de traitement : 5 000 mg/kg pour réemploi
- Aération : brassage / 15 j + ventilation en phase hivernale

Contexte

- Teneurs non atteintes malgré durées très importantes
- Pas de perspectives d'atteinte à court terme
- Atteinte d'une asymptote de traitement > 5000 mg/kg










- Utilisation d'outils complémentaires pour comprendre cette problématique et l'anticiper pour de futurs chantiers

Etudes des paramètres limitants

- Paramètres limitant l'efficacité d'un traitement biologique :
 - Nature / Age des polluants (Huile, Essence, ...)
 - Nature des terrains (présence de toxiques, absence de micro-organismes, ...)
 - Biodisponibilité des polluants (Nature polluants, Localisation, Age, ...)
 - Type de mise en œuvre (ajout de nutriments, méthode d'apport O₂, ...)

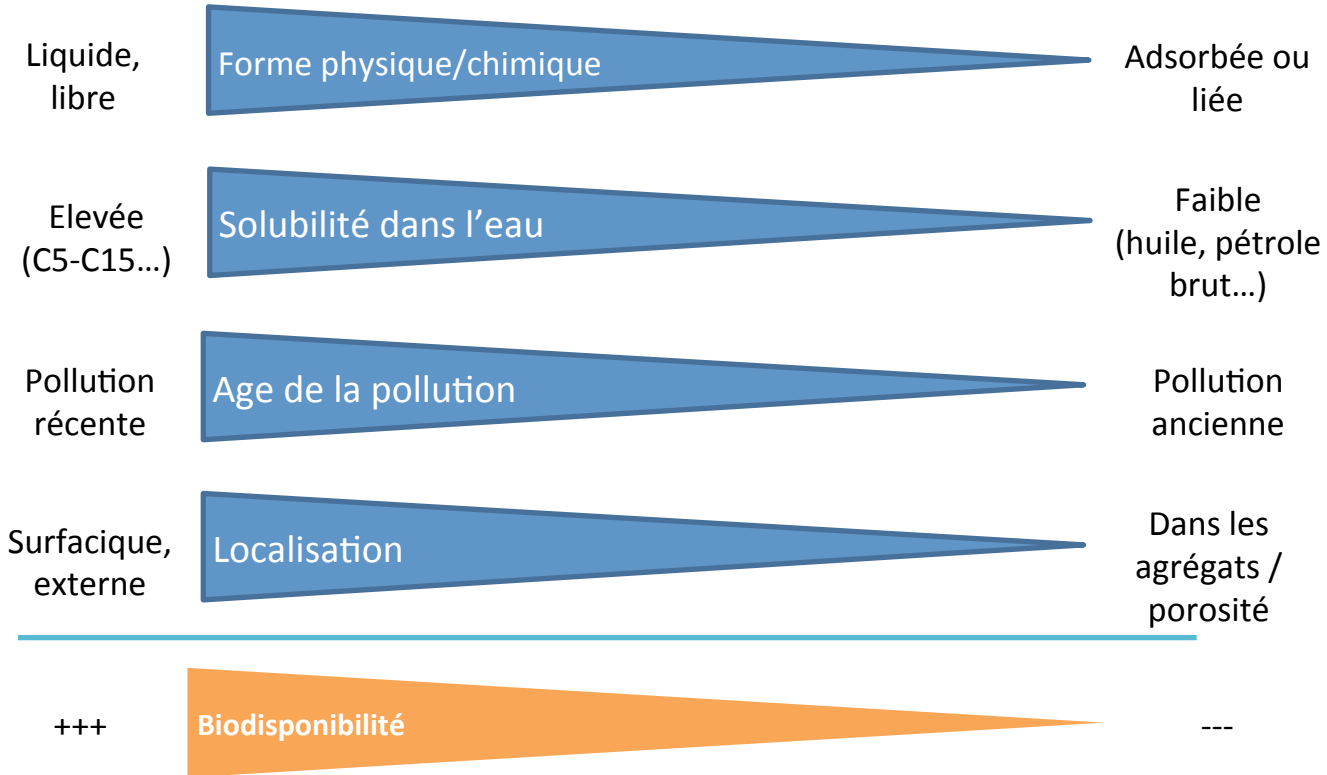
Etudes des paramètres limitants

PHYSIQUE		CHIMIQUE
<p>I</p>  <p>Polluant particulaire</p>	<p>IV</p>  <p>Polluant adsorbé dans les particules</p>	<p>VII</p>  <p>Polluant lié chimiquement au sol</p>
<p>II</p>  <p>Film liquide surfacique</p>	<p>V</p>  <p>Polluant dissous dans l'eau des pores du sol</p>	
<p>III</p>  <p>Polluant adsorbé à la surface des particules</p>	<p>VI</p>  <p>Polluant liquide ou solide dans les micro ou nanopores du sol</p>	

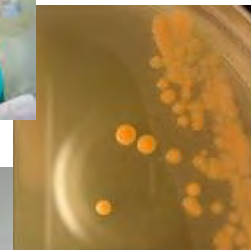
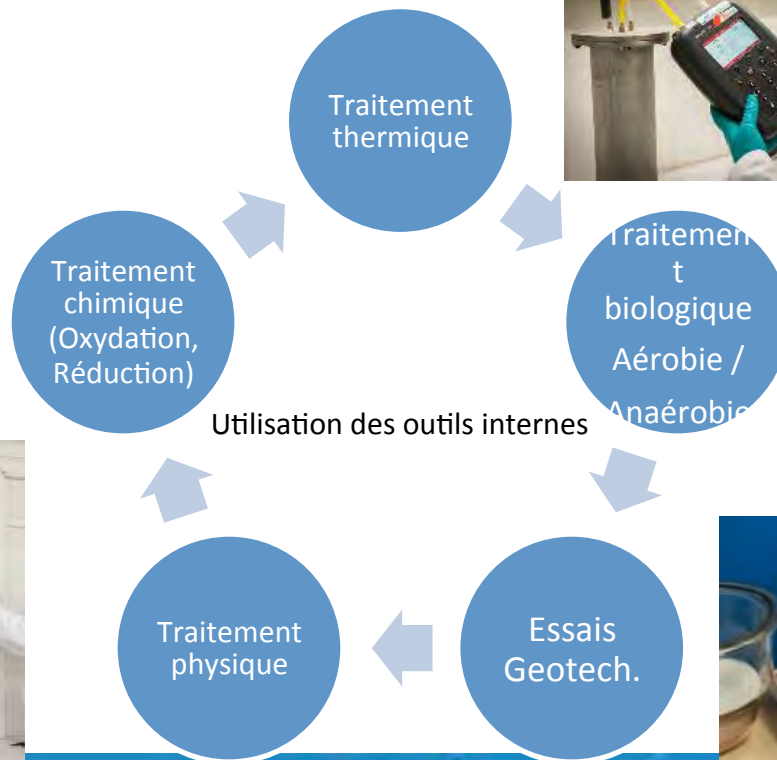
D'après Devliegher and Verstraete (1996)

Extractibilité, biodisponibilité...

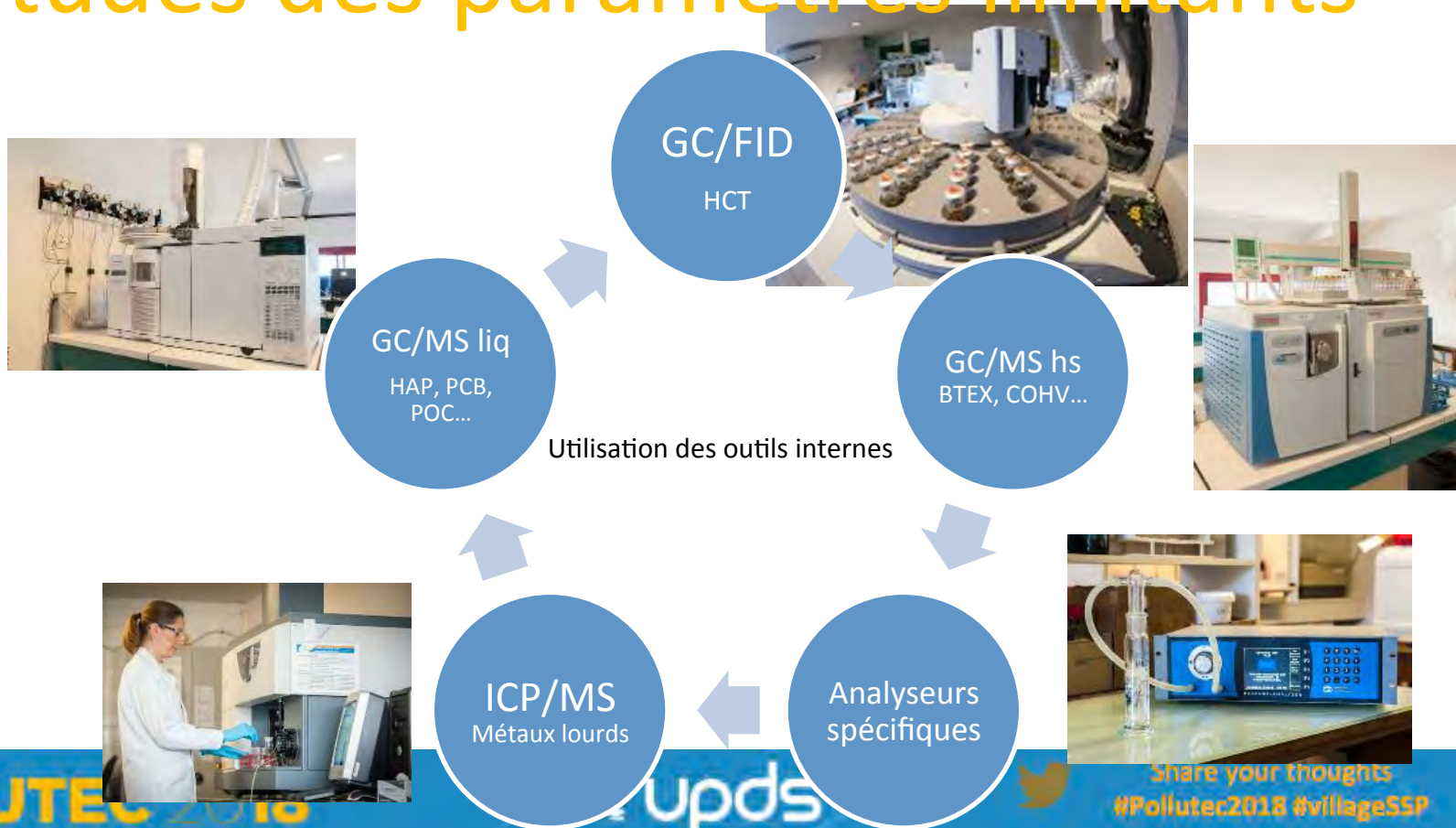
Etudes des paramètres limitants



Etudes des paramètres limitants



Etudes des paramètres limitants



Etudes des paramètres limitants

- Investigations complémentaires :
 - Caractérisation de la localisation des HC : 80 % de la pollution localisée dans la fraction fine (<80 μ m)
 - Défavorable en terme de biodisponibilité
 - Caractérisation des HC : pollution type gazole + huile fortement dégradée
 - Défavorable en terme de biodisponibilité / cinétique

Etudes des paramètres limitants

- Investigations complémentaires :
 - Caractérisation : fortes teneurs en MOT
 - Défavorable en terme de biodisponibilité (adsorption HC) et peut concurrencer la dégradation des HC
 - Caractérisation : pH, teneurs en métaux, ...
 - Pas d'indices de conditions non compatibles avec une dégradation des HC.

Etudes des paramètres limitants

- Investigations complémentaires :
 - Aération : essai sur site de différentes méthodes d'aération (brassage, circulation d'air), et de géométrie de pile
 - L'apport d'oxygène n'est pas limitant.
 - Carence en nutriments : essai en laboratoire.
 - Absence de carence en nutriments.

Etudes des paramètres limitants

- Investigations complémentaires :
 - Essai de respiration : respiration présente mais faible par rapport à la teneur en HC
 - Même en laboratoire l'activité biologique est limitée
 - Essai de bioaugmentation : apport de bactéries provenant d'autres piles ayant fonctionnées
 - Pas d'amélioration significative de l'activité biologique

Etudes des paramètres limitants

- Investigations complémentaires :
 - Caractérisation biomoléculaire : criblage de différents biomarqueurs ADN / ARN de la dégradation des hydrocarbures
- Présence d'ADN : Les biomarqueurs sont présents
- Absence d'ARN : les biomarqueurs sont inactifs
- Activité biologique peu significative : confirme les essais de respiration et les observations terrain.

Etudes des paramètres limitants

- Investigations complémentaires :
 - Essai de traitement par tensio-actifs en vue d'optimiser la biodisponibilité
 - Pas de diminution significative de la teneur en HC
 - Essai d'oxydation chimique :
 - Pas de diminution significative de la teneur en HC

Etudes des paramètres limitants

- Synthèse :
 - Pas de problèmes de mise en œuvre (aération, nutriment, humidité, pH, ...)
 - Activité biologique limitée en raison d'une faible biodisponibilité
 - Essais d'optimisation non efficaces
 - **Approche qualitative de la biodisponibilité, mais pas d'informations quantitative ou semi-quantitative**
 - **Développement d'essais pour quantifier cette biodisponibilité**
 - Modification de la solution terrain : ARR, écotoxicité, lixivation, ...
 - Validation par l'administration/MOA d'un seuil plus haut

Développement essai de biodisponibilité

- Pilotes historiquement réalisés par SUEZ
 - Caractérisation : coupes pétrolières, analyse biomol.
 - Essai de respiration : évaluation qualitative de la respiration des sols (étude des carences en nutriments, et de la biodisponibilité)
 - Essai de cinétique : estimation des vitesses de dégradation au démarrage du traitement
 - Essai ne permettant pas, sur des courtes durées, d'évaluer l'importance des fractions faiblement biodisponibles
 - Mise en œuvre d'essais complémentaires afin d'évaluer la biodisponibilité

Développement essai de biodisponibilité

- Pas de méthodes précises sur la mesure de la biodisponibilité
- Nombreuses approches : polymère d'extraction, solvants d'extraction, ...
- Pas de lien entre le fait que le polluant soit extractible et la biodisponibilité
- En revanche, lien admis entre biodisponibilité et facilité d'extraction.
→ Extraction par solvant = mesure indirecte de la biodisponibilité

Développement essai de biodisponibilité

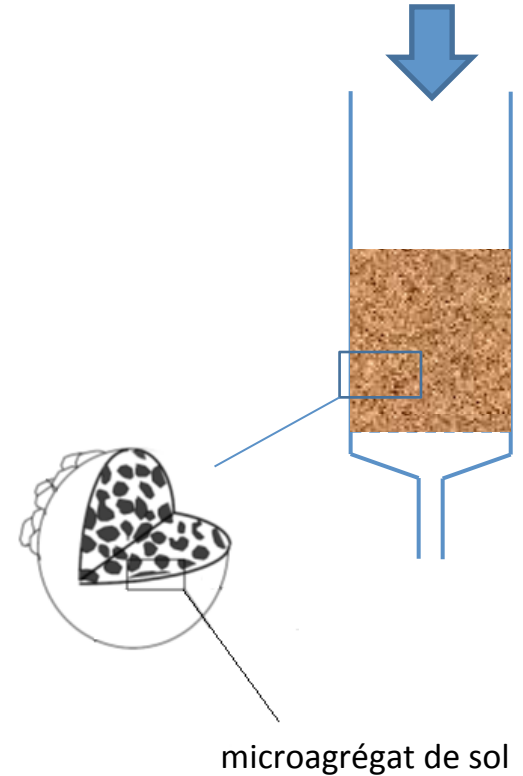
- Axes d'investigations : soumettre l'échantillon à différentes forces d'extraction
 - Durée de l'extraction
 - Composition/Concentration du solvant d'extraction (polarité, solubilité, Pvap) : utilisation de solvants polaires ou apolaires
 - Technique d'extraction / préparation : Agitation V/V, retournement, percolation en colonne, séquentielle, ...

Développement essai de biodisponibilité

- Validation du protocole
 - Essais sur plusieurs sols de nature différente, de pollution différente (en age et en nature)
 - Etude de l'évolution de la récupération des hydrocarbures en fonction du choix du solvant et de sa concentration
 - Etude de l'influence de la préparation (désagrégation / colonne)
 - Vérification à chaque essai de la cohérence par rapport à l'analyse HC C10-C40
 - Vérification de la sélectivité (par rapport à des terres dopées en polluants)
- Identifier un protocole représentatif et ne modifiant pas/peu la nature des terrains

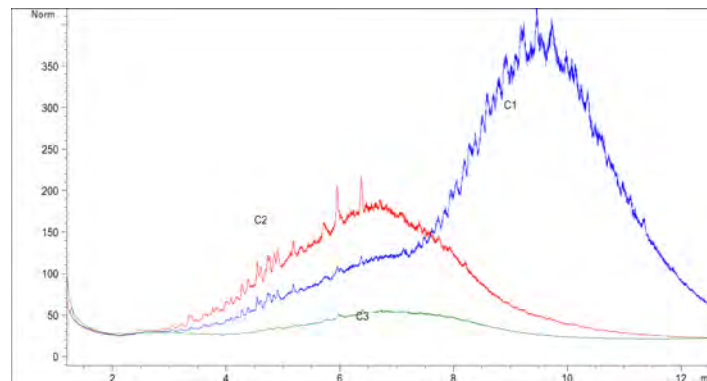
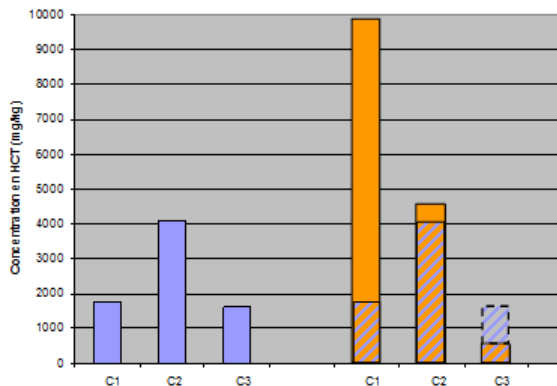
Développement essai de biodisponibilité

- Extraction séquentielle en colonne de sol :
 - Colonne de sol : meilleure représentativité, et conservation de la structure du sol
 - 3 extractions successives avec différents solvants (polaire/apolaire)
 - Dosage des HCT dans les 3 fractions C1, C2 et C3
 - Expression des résultats
 - C1 = Hydrocarbures facilement biodisponibles
 - C2 = Hydrocarbures moyennement biodisponibles
 - C3 = Hydrocarbures faiblement biodisponibles
 - HCT = C1+C2+C3



Développement essai de biodisponibilité

- Vérification de la sélectivité de l'essai :
 - Sol B (pollution ancienne en gazole) / Sol B avec ajout d'huile



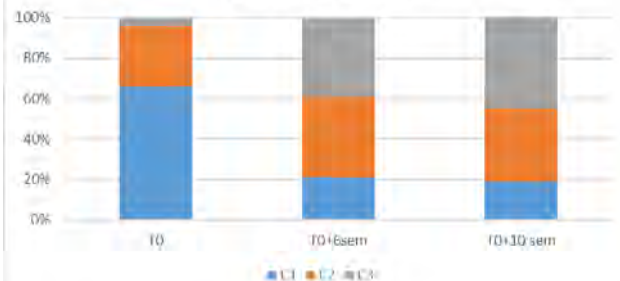
→ La pollution fraîche se retrouve dans la fraction C1

→ La nature des HC dans les différentes fractions est différente.

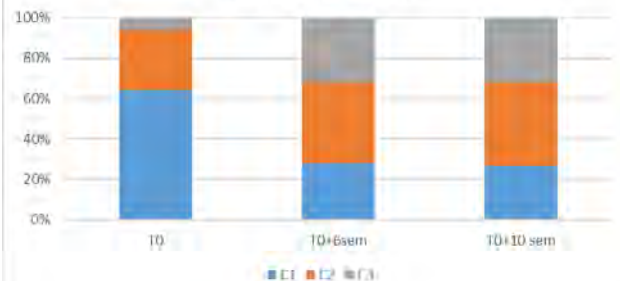
Développement essai de biodisponibilité

- Evolution de la biodisponibilité dans le temps :

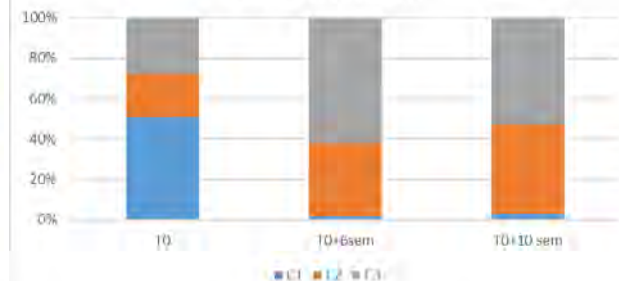
Evolution de la bioaccessibilité au cours du temps
(Sol B dopé Gazole)



Evolution de la bioaccessibilité au cours du temps
(Sol B dopé Huile)



Evolution de la bioaccessibilité au cours du temps
(Sol A dopé Huile)

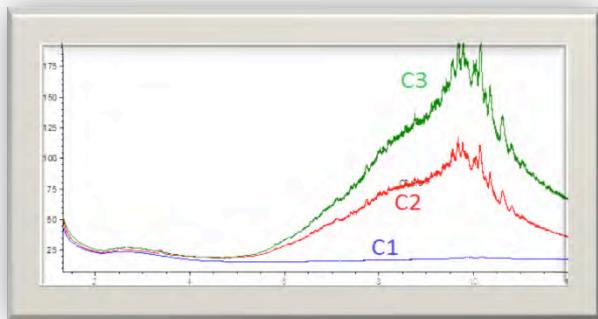


→ Dégradation en priorité de la fraction bioaccessible

→ Au cours du temps, les polluants occupent des fractions de moins en moins bioaccessibles.

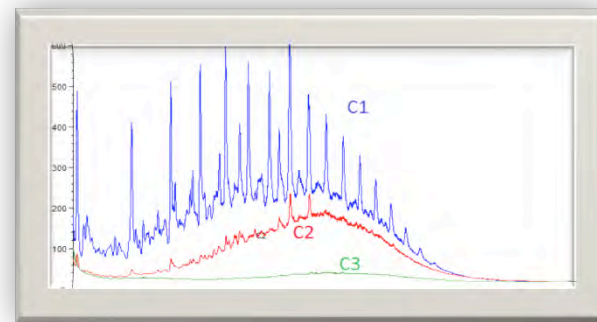
Développement essai de biodisponibilité

- Quelques exemples de résultats de pilotes en routine



- HCT = 5700 mg/kg / Huile
 - 0% de fortement biodisponible
 - 35% de moyennement biodisponible
 - 65% de faiblement biodisponible

- HCT = 7800 mg/kg
 - 64% de fortement biodisponible
 - 30% de moyennement biodisponible
 - 6% de faiblement biodisponible



Conclusions

- Les pilotes peuvent être utilisés en phase de conception pour limiter les incertitudes, mais également en réalisation pour optimiser/adapter un traitement.
- SUEZ a fait évoluer ses pilotes pour tenir compte de cette problématique de biodisponibilité mal appréhendée auparavant.
- Une évolution semi-quantitative de la biodisponibilité est effectuée en routine par SUEZ

CONTACT

mathieu.charrier@suez.com

+ 33 6 84 82 81 05

www.suezremediation.fr