

// TECHNIQUE

La nécessité de traiter des impacts significatifs en solvants chlorés sur un site industriel en activité, incluant des risques sanitaires et environnementaux potentiels hors site ainsi que des contraintes de calendrier et de logistique, a conduit à l'application d'une technique de traitement in situ innovante permettant l'atteinte d'objectifs de traitement ambitieux.

TRAITEMENT THERMIQUE IN-SITU

DE SOURCES EN COMPOSÉS ORGANO-HALOGÉNÉS VOLATILS (COHV)
SUR UN SITE INDUSTRIEL EN ACTIVITÉ

Contexte du projet

Suite à l'acquisition par un client d'ERM d'une usine de production, en activité dans l'ouest de la France depuis 1964, diverses études environnementales ont permis d'identifier la présence d'impacts en solvants chlorés ou « Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV) » dans les eaux souterraines, avec notamment des teneurs élevées observées au niveau des deux zones sources principales.

Une de ces zones « Source 2 », associée à un stockage historique de Trichloroéthylène (TCE) ainsi qu'à un bâtiment existant de stockage de produits chimiques, était à l'origine d'un panache dans les eaux souterraines. Ce panache était notamment marqué par le TCE, 1,1,1-Trichloroéthane (1,1,1-TCA) et leurs produits de dégradation. La « Source 2 » étant située en bordure aval de site, le panache s'étendait également hors site – présentant ainsi un risque sanitaire potentiel (via de potentielles remontées de vapeurs dans les

habitations en aval hydraulique du site) et environnemental. En conséquence, l'Administration a demandé à l'exploitant du site que des travaux de dépollution soient mis en œuvre pour gérer ces risques.

Définition d'une stratégie et des objectifs de traitement

La caractérisation de la « Source 2 » (Figure 1) s'est faite de manière itéra-

tive par l'installation de piézomètres, la réalisation de prélèvements passifs de gaz du sol (AGI sampler) et enfin par une phase d'investigations ciblées CPT-MIP (Cone Penetration Test associée au Membrane Interface Probe).

La stratégie de traitement devait prendre en compte un nombre d'enjeux et facteurs importants, notamment :

- Sous-sol de la zone source forte-

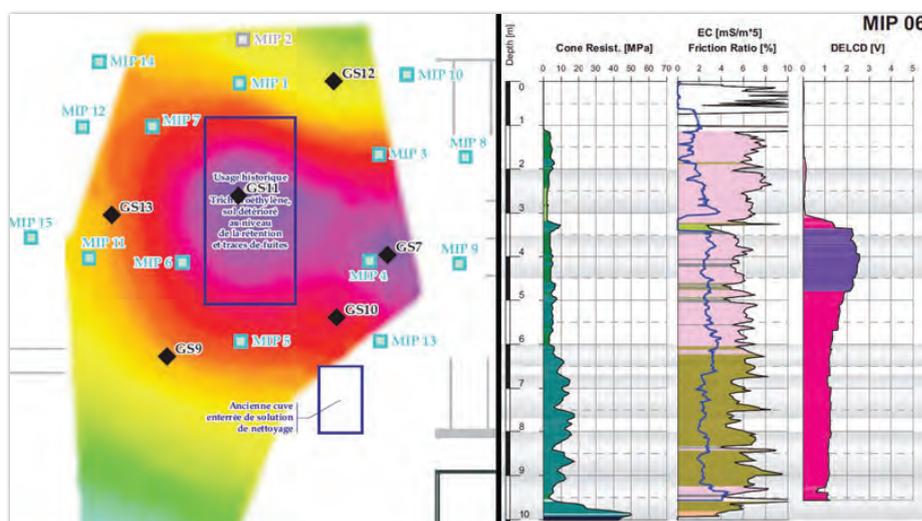


Figure 1 : Caractérisation de la source 2

ment impacté (jusqu'à 400 mg/L et phase pure « DNAPL » suspectée) ;

- Impacts présents jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 10-12m ;
- Lithologie peu perméable (argiles et schiste altéré) ;
- Zone à traiter de faible étendue (environ 450 m²) et d'accès limité, située à proximité de la voirie publique et traversée par une canalisation d'eaux pluviales ;
- Besoin de libérer la zone pour réutilisation dans un délai relativement court.

Un Plan de gestion a été préparé pour la « Source 2 » puis, suite à des études complémentaires, un traitement thermique in-situ de la pollution (« Electrical Resistance Heating » - ERH) a été privilégié. Le principe du traitement par ERH (Figure 2) repose sur un chauffage du sol par la résistance de ce dernier à un courant électrique le traversant. Le chauffage permet notamment la volatilisation des composés chlorés

qui sont alors captés et traités avant rejet.

Les principales raisons de la sélection de l'ERH (notamment en comparaison d'approches de traitement par excavation ou par « soil mixing » qui étaient également théoriquement envisageables) étaient :

- L'efficacité prouvée de l'ERH pour un traitement « agressif » des COHV et l'adaptation de cette technique pour permettre une répartition homogène de la montée en température des sols peu perméables.
- Le traitement par ERH ne présentait pas de contraintes majeures pour le réaménagement futur de la zone à traiter.
- Le traitement par ERH pouvait être mis en œuvre sans nécessiter de dévier la canalisation d'eaux pluviales.

Après échanges avec l'Administration, un Arrêté Préfectoral a été établi encadrant les travaux de dépollution, dont l'objectif global était

la réduction de la masse en COHV dans les sols et les eaux souterraines dans la zone de traitement – sans que des objectifs quantitatifs ne soient fixés. La qualité des sols dans la zone de traitement serait vérifiée après travaux en comparant les teneurs résiduelles en COHV avec celles mesurées avant travaux.

Dans cet esprit, les objectifs « internes » ont été fixés, visant un abattement supérieur ou égal à 95% des teneurs en COV (dont 95% spécifiquement pour le TCE) dans les eaux souterraines au sein de la zone de traitement.

Approche

Consultation des entreprises et définitions d'objectifs « techniques »

Une phase de consultation des entreprises spécialisées en traitement thermique a été menée, avec la définition de deux objectifs « techniques » conçus pour maximiser les chances d'atteindre les objectifs de traitement, à savoir :

- Atteindre une température moyenne de 90°C, répartie horizontalement et verticalement sur l'ensemble du volume de la « Source 2 » (suivi par les thermocouples installés dans la zone) ; et
- Maintien de cette température jusqu'à ce que la courbe de masse extraite dans le temps approche une asymptote, couplée à une réduction significative des concentrations en COHV dans les eaux souterraines.

Un groupement d'entreprises a été sélectionné pour la mise en œuvre de ces travaux. →

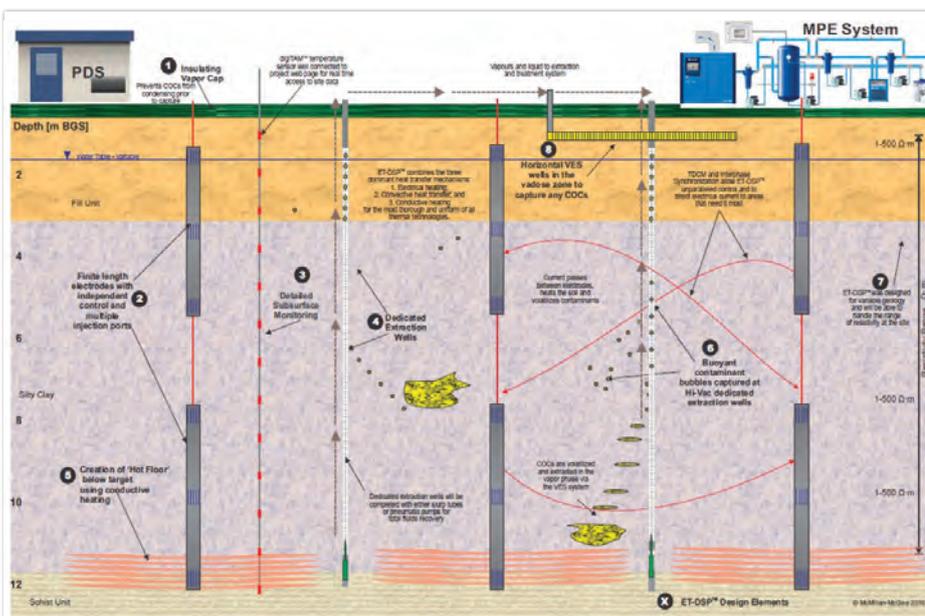


Figure 2 : Le principe du traitement par ERH (©McMillan-McGee 2018)

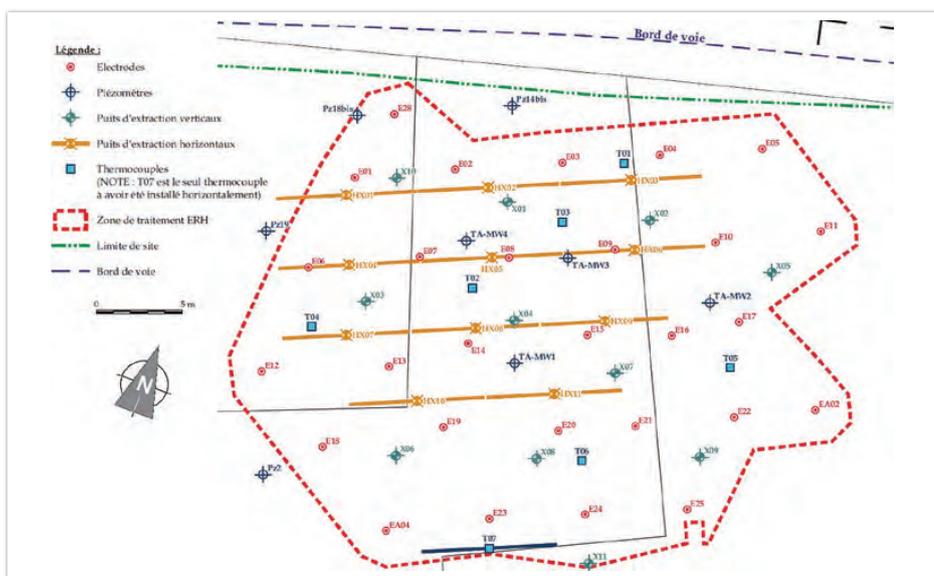


Figure 3 : Schéma de la zone de traitement ERH, des ouvrages enterrés et piézomètres.

Installation du système de traitement (Figures 3 et 4)

Entre juin et juillet 2017, ont été installés dans la zone de traitement :

- 11 puits d'extraction verticaux (100mm, profondeur moyenne de 12m) ;
- 11 puits d'extraction horizontaux (50mm) ;
- 28 électrodes (200mm, profondeurs de 8 à 13m, installées par

paires de deux électrodes de taille identique superposées l'une au-dessus de l'autre) – la distribution des électrodes a été conçue de manière à assurer une triangulation entre elles pour optimiser le chauffage du sous-sol ;

- 7 thermocouples dont 1 installé à l'horizontal (38mm, profondeur moyenne de 12m) ; et
- 7 piézomètres supplémentaires, dont 4 dans la zone de traitement

équipés de tubages en acier galvanisé (50mm, profondeur moyenne de 13m).

Par la suite, de juillet à septembre 2017, les phases suivantes ont été réalisées :

- La préparation, pose puis séchage d'une couche de béton (vapor cap) ;
- L'installation des conduites d'extraction ;
- La mise en place des équipements de surface incluant principalement : 3 containers maritimes, 2 séparateurs de phases, un échangeur de chaleur, 4 cuves plastiques, une tour de stripping, 5 filtres à charbons actifs (3 pour la phase gazeuse et 2 pour la phase liquide), et l'ensemble des réseaux de circulation des fluides associés ; et
- L'alimentation électrique du système (y compris 2 transformateurs) suivie de l'inspection électrique des installations.

Suite à la réalisation d'un « état zéro » de la qualité des eaux souterraines, le système a été testé fin septembre pour une mise en service le 4 octobre 2017. →



Figure 4 : Vue de l'installation de traitement par ERH.

Phase d'exploitation (Figures 5 et 6)

La phase d'exploitation s'est étendue sur 27 semaines, caractérisée par trois sous-phases :

- La phase de chauffe (d'octobre 2017 à début février 2018) – pour la montée en température moyenne des sols de 16°C à 94°C ;
- La phase de maintien de la température (de début février 2018 au 1 mars 2018) – avec des ajustements

mineurs pour mieux cibler les zones les plus impactées et optimiser la consommation électrique; et

- La phase de refroidissement (du 2 mars 2018 au 12 avril 2018) – après atteinte de la répartition idéale des températures et d'une tendance asymptotique d'extraction de masse, la chauffe n'était plus nécessaire et les électrodes ont été mises hors tension. Le système d'extraction a été maintenu jusqu'au 12 avril 2018.

La phase d'exploitation a été suivie grâce à une interface web donnant accès à toutes les parties prenantes aux données mesurées en temps réel sur le système. Ce suivi, en plus d'une présence permanente de l'entreprise spécialisée et de la supervision hebdomadaire d'ERM, ont permis à l'équipe de contrôler et d'optimiser les performances du système, tant d'un point de vue de l'ingénierie que des performances environnementales. →

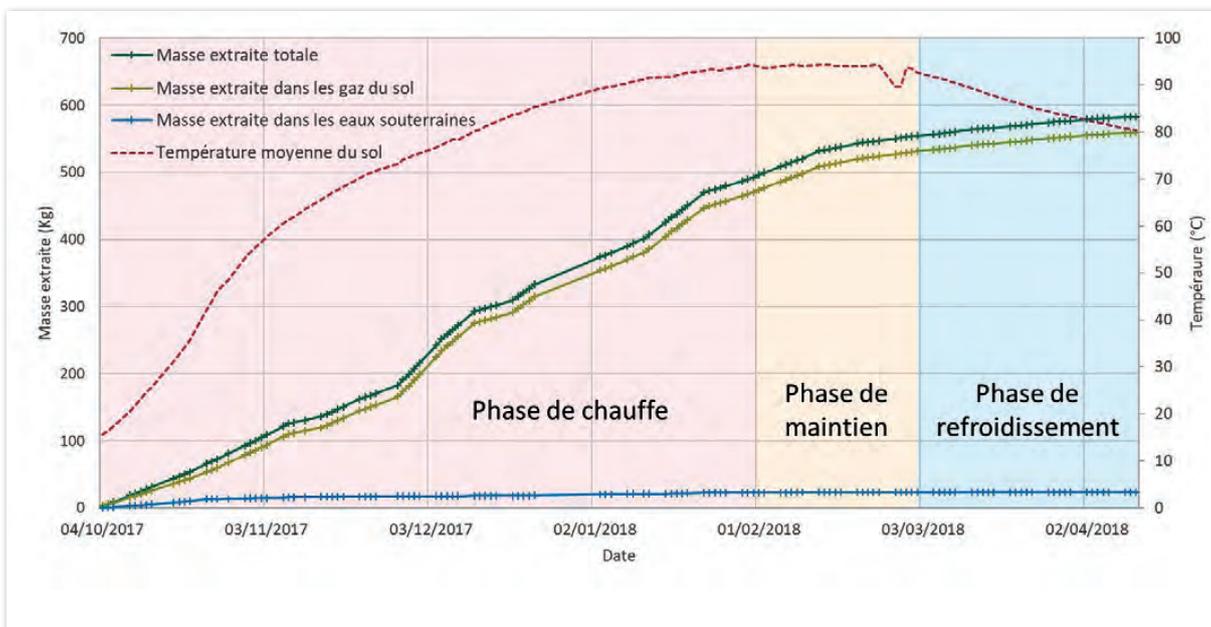


Figure 5 : Phase d'exploitation – évolution d'extraction de masse.

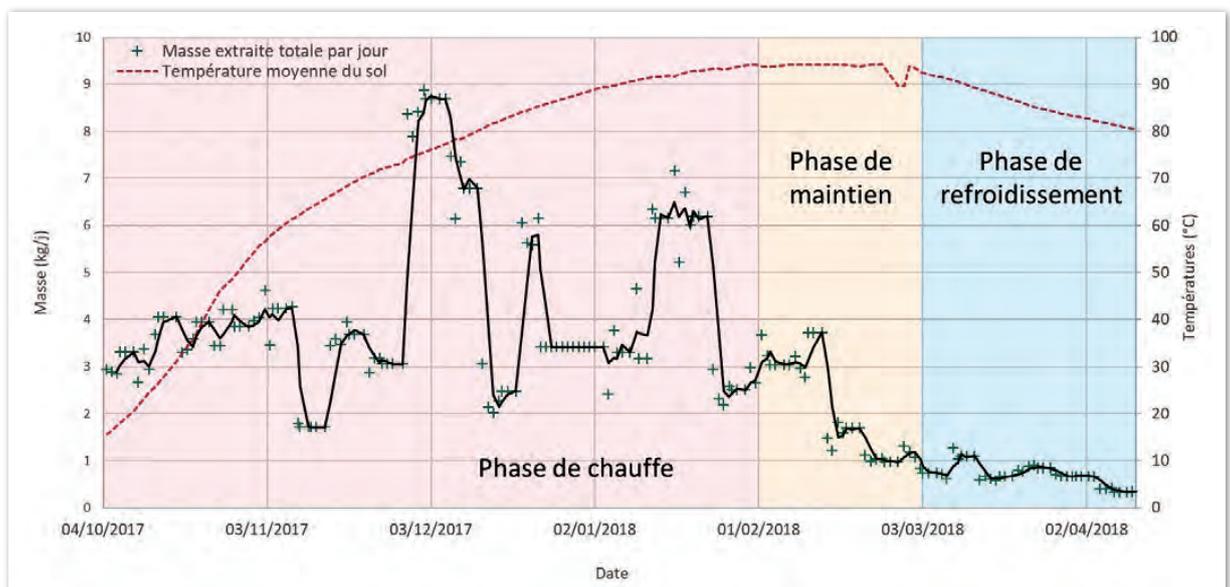


Figure 6 : Phase d'exploitation – évolution d'extraction de masse.

Bilan du projet

- Environ 1,25 millions de m³ d'air ont été extraits du sous-sol et traités, tout en respectant les seuils de rejet applicables (AM 1998) ;
- Environ 4 100 m³ d'eau ont été extraits dont seulement 22 % ont été rejetés au réseau d'égout, la majeure partie ayant été réinjectée dans le sous-sol après traitement ;
- Environ 582 kg de masse totale de polluants extraite par le système de traitement (le double de l'objectif de départ) ;
- En fin de projet, la masse extraite

était d'environ 0,3 kg par jour, soit 10 fois moins que celle relevée au début du traitement, et 20 à 30 fois moins que les records atteints sur ce projet de 7 à 9 kg par jour ;

- 5 mois après l'arrêt du traitement (septembre 2018) :

- L'abattement des teneurs en COHV mesuré à

- > 98 % dans la zone de traitement ; et
- 70 % à 90 % en aval hydraulique.

- Concentrations en COHV dans les sols au sein de la zone traitée toutes inférieures aux limites

de quantification du laboratoire (0,1 mg/kg) pour l'ensemble des échantillons analysés -> Soit aucun impact résiduel dans les sols au droit de la zone traitée par ERH.

Ainsi, l'ensemble des objectifs fixés a été considéré comme atteint.

En outre, une diminution dans le temps des impacts résiduels dans les eaux souterraines est attendue compte tenu des conditions favorables de biodégradation - un programme de suivi périodique des eaux souterraines et gaz du sol sur site et hors site a été initié en 2019, et les premières tendances dégagées sont encourageantes (Figure 7).

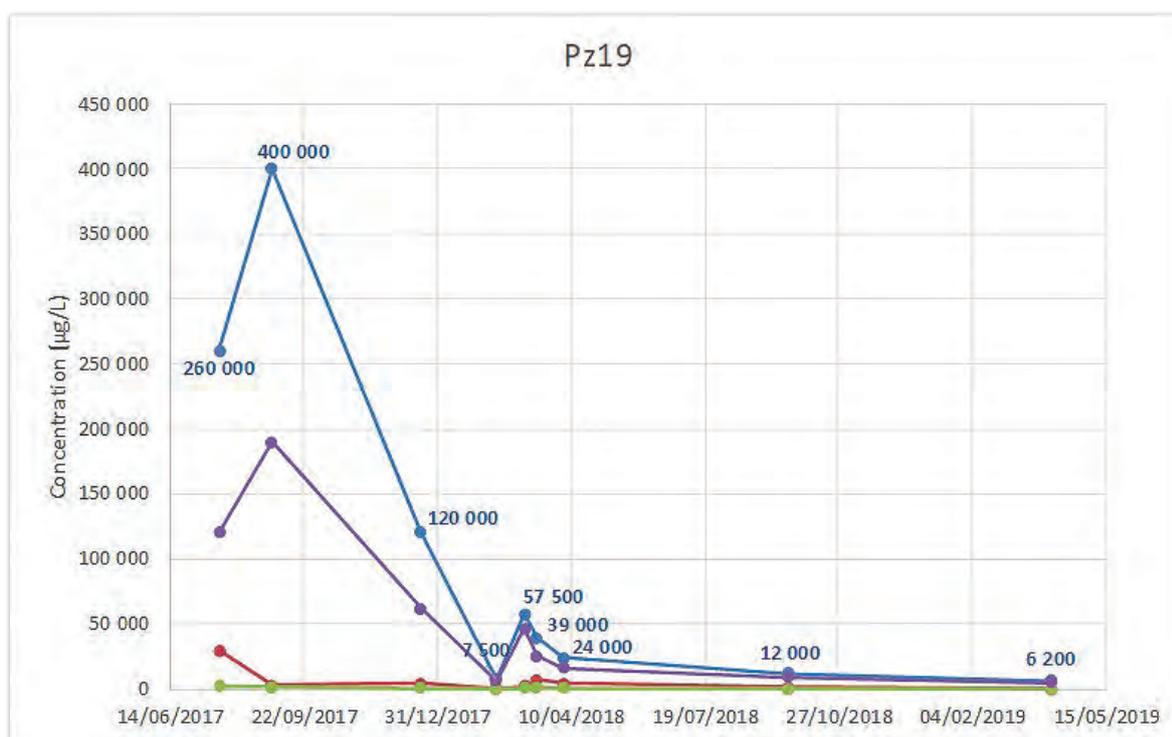


Figure 7 : Concentrations dans les eaux souterraines en aval immédiat de la zone traitée.

Conclusions

Le traitement thermique par ERH s'est montré très efficace et a permis d'atteindre, dans une durée conforme aux attentes, l'ensemble des objectifs de traitement établis.

Ce succès est notamment attribuable à la collaboration étroite entre les différents acteurs (ERM, entreprise, client), ainsi qu'à l'ouverture d'esprit dont a fait preuve

l'Administration dans l'acceptation de l'application d'une technique innovante et encore peu connue en France.

Kenneth JONES, ERM France
 Marie DEBACKERE, ERM France
 Robert SHOFSTALL, ERM France