# // DOSSIER : RECONVERSION DES FRICHES

# LAVAGE DES SOLS EN ALSACE

## DE L'INTÉRÊT D'UNE INGÉNIERIE POUSSÉE RÉALISÉE DANS UN ESPRIT DE PARTENARIAT.

Les projets de réhabilitation d'envergure cumulent les sujets à appréhender. En impliquant à l'amont les différents intervenants, les projets peuvent être fortement optimisés tant en termes économiques qu'en termes environnementaux.

## PRÉSENTATION DU PROJET

Le site, implanté dans l'Est de la France, a accueilli entre 1960 et 2010 des activités de production de pigments et colorants solubles. Suite à sa fermeture, le client a confié la réalisation des investigations environnementales puis la mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage pour la réalisation des travaux de déconstruction et de dépollution à la société RAMBOLL.

Le client a ensuite confié à REMEA (groupe VINCI) la réalisation de 2 pilotes puis les travaux de réhabilitation (2017-2020). Pour la partie démolition de ces travaux REMEA s'est associé à la société CARDEM.

## LA RECHERCHE D'OPTIMISATION : DES INVESTIGATIONS AUX ESSAIS PILOTES

Dès 2011, la société RAMBOLL a mis en place un plan de caractérisation du site en vue de sa réhabilitation.

Pour les sols, ce sont plus de 210 sondages qui ont été forés entre 10 et 20 m de profondeur avec plus de 1 000 échantillons analysés permettant de collecter 200 000 données analytiques de composés cibles définis en fonction de l'activité spécifique des différents ateliers de l'ancienne usine.

Pour les eaux souterraines, le suivi environnemental trimestriel, en place depuis le début des années 2000 sur un réseau comprenant 45 piézomètres avant le démarrage des travaux, a permis de collecter plus de 12 000 données analytiques, permettant de caractériser et délimiter les panaches.

Ainsi, plusieurs types de contaminations ont pu être identifiés : métaux lourds, solvants chlorés, substances agrochimiques, molécules organiques spécifiques aux anciennes productions du site. Ces contaminations chimiques, en lien avec l'activité de production de colorants et pigments, ont conduit à une importante coloration des terres du site. Les impacts ont été mis en évidence principalement au droit des grandes zones de production historiques (bâtiments de production, parcs de stockage de produits) et à proximité du réseau d'eaux usées chimiques (canalisations, fosses de relevage).

Au total, le volume de matériaux impactés à traiter a été estimé en phase étude à 65 000 m$^3$ (soit 127 000 t).

Compte tenu de la géologie des terrains principalement composée d'alluvions grossières gravelo-sableuses et de la répartition des impacts (sur plusieurs milliers de mètres carrés et pouvant atteindre la nappe à une profondeur de -11 m), une solution de terrassement et de lavage sur site a rapidement été privilégiée.

Figure 1 : Efficacité du traitement des sols et des eaux (avant/après)

Afin de confirmer la faisabilité technique et économique de cette solution, une série d'essais pilotes a été réalisée. Ces essais pilotes se sont déroulés sur 2 années en étroite collaboration entre les sociétés REMEA, RAMBOLL et le client sur la plateforme d'essais de REMEA à Montereau-Fault-Yonne. Ces essais ont permis :

- de valider l'efficacité du traitement des sols par criblage et lavage en une seule passe (Figure 1),
- d'apporter d'importants enseignements techniques et opérationnels : choix des types d'équipements et de leur dimensionnement, ratio eau de lavage/sols impactés, taux de recirculation, flux, coloration comme bon traceur de la contamination chimique permettant d'envisager un pilotage "à vue" du traitement sans attendre les résultats analytiques, etc.,
- de dimensionner le traitement des eaux de lavage afin de limiter les quantités d'eaux consommées pendant le projet,
- d'optimiser le lavage en augmentant les quantités des matériaux lavés pouvant être réutilisés afin de diminuer les quantités évacuées.

### Intérêt des essais et pilotes amont :

Les courbes suivantes mettent en évidence l'intérêt de ces essais et les optimisations techniques atteintes au fur et à mesure de la réalisation de ces études et pilotes, se traduisant directement par des optimisations financières.

Dans un premier temps, l'efficacité du traitement n'était attendue que sur les fractions les plus grossières (particules de diamètre >1 mm). Les essais ont permis de montrer l'efficacité du traitement à partir des particules de diamètre 100 µm, limitant d'autant les évacuations de matériaux en filière (figure 2 – courbe orange).

Parallèlement, il a été montré qu'il était possible d'atteindre des siccités proches de 80% pour les boues évacuées (figure 2 – courbe bleue), optimisant encore les coûts d'évacuation (figure 3).

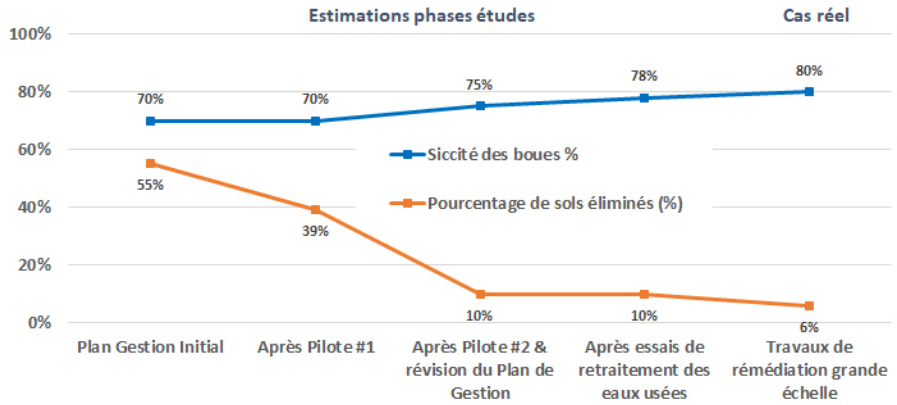


Figure 2 : Optimisations techniques en cours de projet

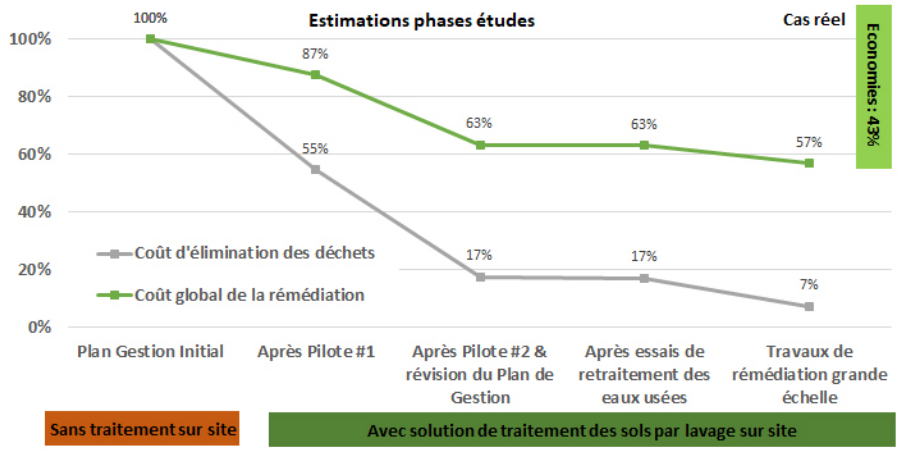


Figure 3 : Optimisations financières en cours de projet

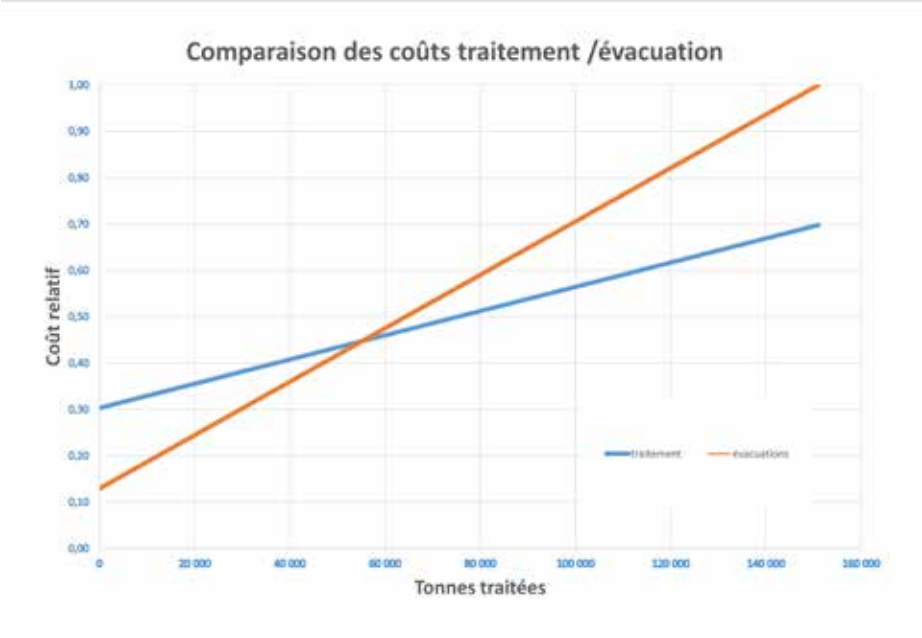


Figure 4 : Comparaison des coûts traitement sur site ou d'évacuations selon les tonnages impactés

### Intérêt d'un traitement sur site :

En ramenant les coûts de réhabilitation (dimensionnés pour l'échelle de ce projet) à la tonne de matériaux impactés gérés, les coûts de la solution de traitement par lavage ont été comparés à ceux de la solution d'évacuation hors site en fonction du tonnage impacté à gérer (Figure 4).

Il a ainsi été montré que la solution de traitement sur site devient intéressante financièrement à partir de tonnages à traiter supérieurs à 55 000 tonnes ; ceci étant principalement lié aux frais fixes nécessaires à la mise en place et à l'exploitation des unités de traitement. Ce seuil de rentabilité prend même en considération ici le fait que 25% des matériaux peuvent être conservés sur site dans la solution d'évacuation en filière hors site.

L'intérêt de la solution de lavage des sols sur site a donc bien été confirmée et retenue pour la gestion des 150 000 tonnes traitées dans le cadre du projet, conduisant à une économie d'environ 30% en coût et très significative en émission de $CO_2$.

# LA PROTECTION DES RESSOURCES ET DE L'ENVIRONNEMENT DE L'EXCAVATION AU LAVAGE

Au global, la réhabilitation a porté sur 76 000 m³ de matériaux impactés au droit du site, ce qui a nécessité le terrassement de 170 000 m³ de terres.

Afin d'empêcher les émissions de poussières et de substances volatiles à l'atmosphère, 12 400 m² de tentes ventilées ont été mis en place (en 2 phases) au droit des zones à terrasser . Un système de ventilation équipé de pré-filtres et de filtres à charbons actifs permettant de traiter jusqu'à 200 000 m³/h d'air a été installé pour assurer le renouvellement de l'air.

Après leur terrassement, les terres impactées étaient envoyées vers l'unité de lavage dimensionnée pour le projet. Cette unité de traitement était composée de plusieurs parties permettant un lavage en une seule passe :

- Un module rotatif sous eau à temps de séjour contrôlé permettant d'assurer le lavage des éléments du sol et la dissociation des particules,
- Une unité de séparation par criblage et lavage des éléments supérieurs à 1mm de diamètre,
- Une unité de traitement des sables par double hydrocyclonage dont le but est de séparer et de laver les matériaux de diamètre compris entre 100 µm et 1 mm de diamètre,
- Un module physico-chimique suivi d'un filtre presse à membranes permettant de décanter et déshydrater les particules de diamètre inférieur à 100µm,
- Un module de traitement des eaux afin que celles-ci puissent être réutilisées en circuit fermé.

Ainsi, tous les matériaux de granulométrie supérieure à 100 µm ont été lavés sur site puis analysés pour valider l'atteinte des seuils de réemploi sur site. Seules les parties les plus fines (boues déshydratées) qui concentrent la pollution ont été évacuées hors site en filière agréée.

Au cours des 20 mois qu'ont duré les opérations de lavage, 151 000 tonnes de matériaux ont été lavées. Près de 95% des matériaux lavés ont été réutilisés sur site en remblais en respectant les seuils imposés dans l'arrêté préfectoral. Seules 10 500 tonnes de boues déshydratées (siccité 80%) ont dû être éliminées hors site

Figure 5 : Vue générale en cours de chantier : excavations hors et sous tente, confortement et unités de traitement

La mise en place de l'unité de traitement des eaux permettant de travailler en circuit fermé ainsi que l'installation de cuves de récupération des eaux de pluie a permis de limiter les consommations en eau de ville.

Au global, 383 000 m³ d'eau auraient été nécessaires afin de laver les matériaux du site. Grâce au traitement des eaux et à leur réutilisation en circuit fermé, la consommation réelle n'a été que de 31 000 m³ soit 8% des besoins effectifs dont une partie importante a été utilisée de surcroit pour l'abattement des poussières (arrosage des pistes, brumisation par turbo-Ram) et pour compenser les pertes en eau par évaporation.

Les bétons des superstructures des bâtiments, triés et stockés depuis la démolition de 2014 (50 000 tonnes) ainsi que les bétons générés lors de la démolition des infrastructures (40 000 tonnes), ont également été utilisés en remblais sur le site, permettant de ne pas importer de matériau extérieur.

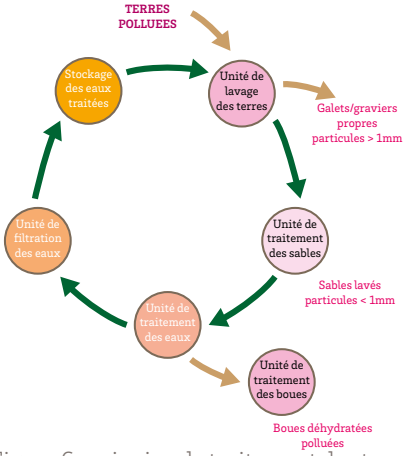


Figure 6 : principe de traitement des terres et de recyclage des eaux de lavage

## BILAN DE L'OPÉRATION

Ainsi, par la mise en place d'un confinement sous tente et le traitement des effluents gazeux avant rejet et en divisant par 10 le recours au trafic routier pour les évacuations entre la phase d'étude initiale et la réalisation du projet, le chantier a permis de limiter significativement son impact environnemental.

L'absence d'apport de matériaux extérieurs et le réemploi de la grande majorité des matériaux du site a également contribué à limiter l'impact écologique du chantier.

C'est également par 10 qu'a été divisée la consommation d'eau nécessaire au lavage des terres grâce à la mise en place du recyclage des eaux et à la récupération des eaux de pluie.

Ce résultat a pu être atteint grâce à la démarche d'essais et de pilote mise en place par le client et RAMBOLL avec l'appui de REMEA. Ceci souligne l'apport positif des Plans de Conception de Travaux réalisés en amont aux travaux dans le cadre d'une approche partenariale entre les différents intervenants.

Pierre-Yves Klein (Remea)
Thomas PERRIER (Ramboll)