



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



**Par : Edouard BOURGINE**

**Promotion 2010/2011**

**Maître de stage : Mr Etienne VIE**

## Remerciement

---

Je remercie mon maître de stage Mr Etienne VIE, ma chef Mlle Alexandra EVENO ainsi que toute l'équipe de GRS Valtech qui a bien voulu m'accueillir et me supporter pour ces 6 mois de stage.

Leur gentillesse et leur efficacité m'ont permis de faire connaissance avec le monde du travail de façon fort agréable. Les connaissances acquises lors de ces 6 mois étant parfaitement complémentaires à celles obtenus lors de mes études.

---

## Table des matières

Remerciement .....	1
Table des Illustrations .....	3
Table des photos .....	3
1 Introduction .....	4
2 Présentation de l'entreprise .....	5
3 Présentation du Chantier SNF Les Mureaux .....	6
4 Traitement et réhabilitation du site .....	8
4.1 Excavation et traitement en biotertre.....	8
4.1.1 Tri et Excavation .....	9
4.1.2 Andain et Biotertre .....	9
4.1.3 Validation et remblaiement .....	10
4.1.4 Aléas de chantier .....	11
4.2 Soil Venting Thermal Extraction.....	13
4.2.1 Principe général de la technique.....	13
4.2.2 Récupération et captage des gaz .....	14
4.2.3 Traitement des gaz .....	15
4.2.4 Traitement de l'eau .....	17
4.2.5 Caractéristique et implantation de la zone de traitement.....	17
4.2.6 Difficultés rencontrées .....	17
4.3 Rédaction des rapports et analyses .....	19
5 Autres Chantier.....	20
5.1 HSD – Saint-Denis.....	20
5.2 Limeil-Brevannes .....	21
6 Conclusion .....	22
ANNEXES.....	23

## Table des Illustrations

---

Figure 1 Agencement de GRS Valtech par rapport à Veolia .....	5
Figure 2 Logigramme pour les excavations.....	8
Figure 3 Schéma simplifié d'un biotertre .....	9
Figure 4 Schéma de principe du procédé SVTE .....	13
Figure 5 Schéma d'agencement des différentes unités de traitement .....	14
Figure 6 Réacteur de photo-oxydation complété.....	15
Figure 7 Schéma du biofiltre des Mureaux.....	16

## Table des photos

---

Photo 1 Photo aérienne du site en 1987 .....	6
Photo 2 Vue aérienne du site le 19/05/2011.....	7
Photo 3 Photo d'une partie des biotertres des Mureaux .....	10
Photo 4 Photo d'une cave dans une zone d'excavation.....	11
Photo 5 Photo de la décharge enterrée.....	12
Photo 6 Photo des cadres de réacteurs fondus.....	19
Photo 7 Photo d'une partie de la décharge de Limeil-Brevanne .....	21

# 1 Introduction

---

Mon stage de Master 2 s'est déroulé dans l'agence de Paris de l'entreprise GRS Valtech, sous filiale de Veolia Propreté, avec pour but le suivi d'un projet de dépollution, du point de vue entreprise de travaux et non de celui du bureau d'étude. Ceci implique une bonne mobilité et une forte présence sur le terrain afin de maximiser l'efficacité des travaux.

J'ai choisi ce stage pour son coté professionnel et travaux. Mon principal projet durant ces six mois a été le chantier de SNF – Les Mureaux, ancienne entreprise de traitement de futs, déchets à base de solvant et retraitement des solvants, amené à être reconverti en zone résidentielle. Mon but ayant été de mener à bien la dépollution en assistant au mieux de mes capacités l'ingénieur projet responsable du chantier.

Le principe utilisé sur les Mureaux est innovant, ce qui a nécessité beaucoup d'investissement en termes de temps et d'efforts de la part de l'équipe pour trouver la bonne marche à suivre. Cela depuis le choix de l'emplacement des unités à la conception du rapport d'exploitation et, l'interprétation et l'utilisation de différentes données du chantier.

Le présent rapport présente dans un premier temps l'entreprise qui m'a accueillie durant ces six mois ainsi que le site sur lequel a eu lieu le principal de mon activité. Ensuite les deux techniques employées sur le site sont détaillées précisément, de leur principe de fonctionnement aux aléas éventuels rencontrés et les solutions appliquées. Enfin sont présentés d'autres chantiers sur lesquels j'ai travaillé ou que j'ai simplement visités.

## 2 Présentation de l'entreprise

La société GRS Valtech est une sous filiale spécialisée de Veolia Propreté comme indiqué sur la figure 1.

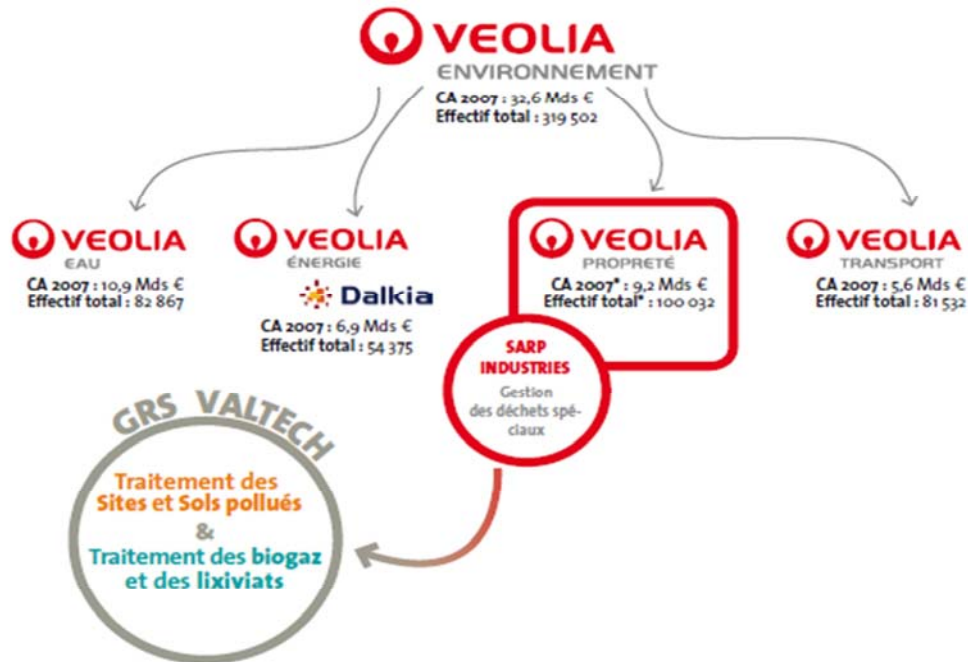


Figure 1 Agencement de GRS Valtech par rapport à Veolia

GRS Valtech développe deux métiers spécifiques qui sont :

La reconversion des sites et sols pollués pour la redynamisation des territoires

La gestion des biogaz, des lixiviats et des effluents industriels.

Fondée en 1990 GRS Valtech est une des premières entreprises d'ingénierie de dépollution. Depuis 20 ans la société vise l'excellence en ayant une politique de Qualité, Sécurité et Environnement ou QSE au cœur de ses priorités. Ce qui lui a permis d'obtenir plusieurs certifications et label comme ISO 9001 pour le management de la qualité et ISO 14001 pour le management environnemental.

Fort des partenaires du groupe Veolia, l'entreprise maîtrise l'ensemble de ses filières permettant une continuité dans l'engagement de service. Elle emploie aujourd'hui environ 175 personnes. Elle officie dans pratiquement toute la France. Le siège étant à Lyon, différentes succursales se trouvent à Mulhouse, Marseille, Bordeaux, Toulouse, dans les environs de Paris et de Lille. Il y a également des représentations à l'étranger, notamment en Suisse et au nord de l'Italie.

L'agence de Paris dans laquelle j'ai fait mon stage est la plus importante et compte 33 personnes. Cette agence est très dynamique et une bonne ambiance y règne.



### 3 Présentation du Chantier SNF Les Mureaux

---

Le site SNF pour Société Nouvelle Fradin du nom de son ancien propriétaire, aux Mureaux fut un site industriel du début du XXe siècle au 15/12/1999. Les principales activités exercées sur ce site étaient la régénération de solvants et le retraitement de peintures et vernis sous formes de fûts ou par apports en citernes. Ce qui a entraîné le stockage important d'hydrocarbures, de solvants et de résidus de solvants dans des conditions qui ne respectaient pas l'environnement. Lors de la récupération initiale du site, près de 20 000 fûts de peinture stockés furent évacués, tout comme des citernes en mauvais état, dont la presque toutes ne possédaient pas de rétention. De nombreux bâtiments et hangars furent également démolis.

Le site se trouve le long d'une route très emprunter d'un côté (à gauche sur la photo 1 et à droite sur la photo 2) et d'une voie SNCF de l'autre. Il mesure 310 mètres de long pour 130m au plus large. Il possède cependant une forme en pointe et recouvre une surface d'environ 25000 m<sup>2</sup>.

Tout le côté sud du terrain est bordé par une voie SNCF, celle-ci relie Mantes-la-Jolie à Paris, il s'agit d'une ligne relativement passante où il peut y avoir jusqu'à un train toutes les 5 minutes. Initialement une solution par purge mécanique des terrains avait été envisagée ; cette solution couteuse et compliquée du fait de la proximité des voies et des profondeurs à atteindre (15m) a été écartée au profit d'une solution technique innovante.

La photo 1 montre le site tel qu'il était en 1987, la photo 2 le montre au mois de mai 2011. La ligne rouge indique la délimitation du site.

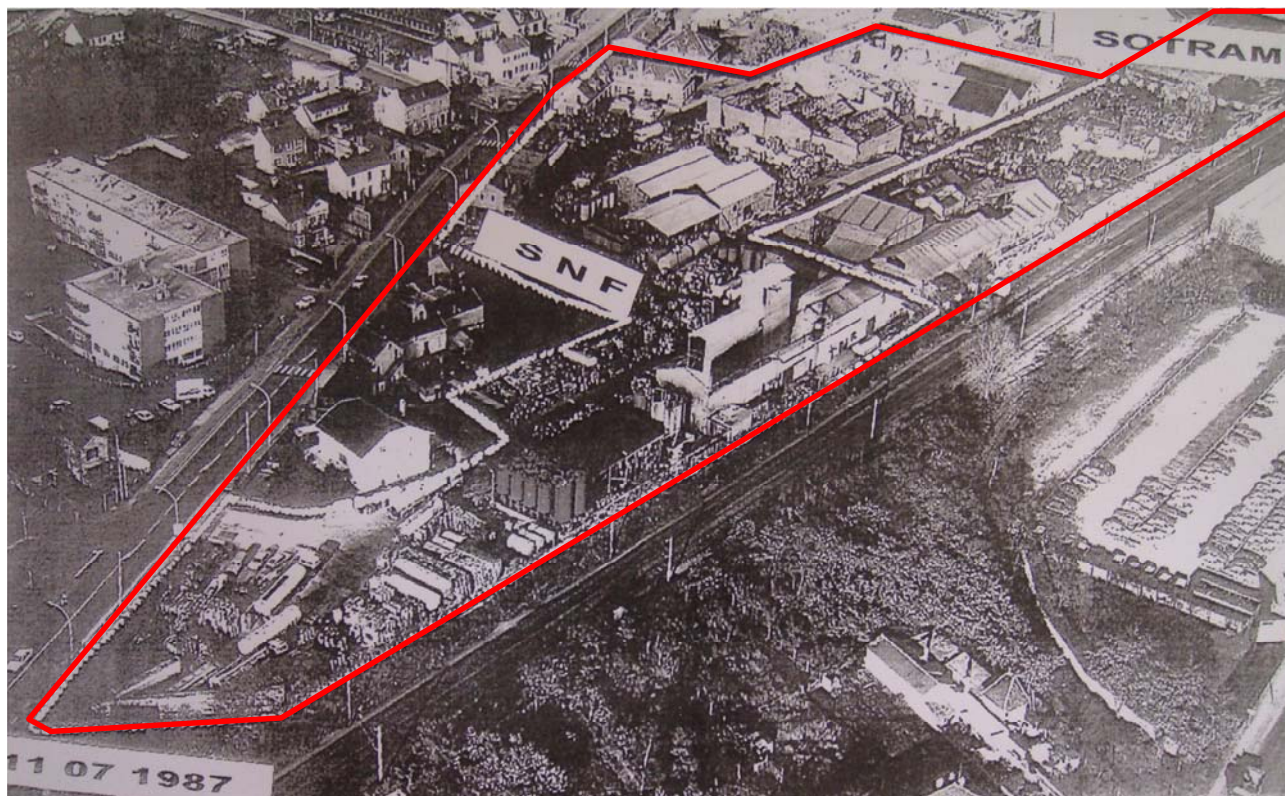


Photo 1 Photo aérienne du site en 1987





Photo 2 Vue aérienne du site le 19/05/2011

Le site est divisé en deux grandes parties, la zone Est et la zone Ouest. La zone Ouest est la plus impactée, c'était que se trouvait l'usine de retraitement et le stockage des solvants. Les polluants sont fortement concentrés et en profondeur. Il y a principalement des COHV et BTEX. La zone Est, qui recouvre deux propriétés différentes, est beaucoup moins polluée, sa partie nord possédait entre autres des logements pour les ouvriers, la partie sud des ateliers de mécanique. L'annexe 1 montre l'agencement des différentes parties.

La nappe phréatique a été fortement impactée dans la zone ouest. Le traitement de la nappe a débuté en 2004 avec la mise en place d'une barrière hydraulique toujours en place actuellement.

Le site se trouve à 500m de la Seine sur des alluvions anciennes formés de sable, gravier, colluvions et quelques apports éoliens sur une épaisseur moyenne de 10 m. En dessous se trouve de la craie à bellemnite, assez altérée, datée du crétacé supérieur puis une alternance de craie à silex / craie tendre. La nappe monte jusqu'au toit des craies.

La nappe se trouve à une profondeur moyenne de 15 mètres avec des fluctuations de plus ou moins 1 mètre et draine la Seine. La nappe s'écoule globalement du Nord-Est vers le Sud-Ouest. En aval du site, à 1200m se trouve un point de captage pour l'alimentation en eau potable de la ville, la barrière hydraulique permet de protéger ce captage des effluents du site.

Lorsque je suis arrivé, les travaux d'excavation et traitement des terres les moins polluées, anciennement bâties, avaient commencé au 2<sup>ème</sup> semestre de l'année 2010 et les travaux pour le traitement de la zone source de la pollution de la nappe : début 2011 par Soil Venting Thermal Extraction ou SVTE et s'étendront sur deux ans, jusqu'en avril 2013 selon le planning prévu.

## 4 Traitement et réhabilitation du site

### 4.1 Excavation et traitement en biotertre

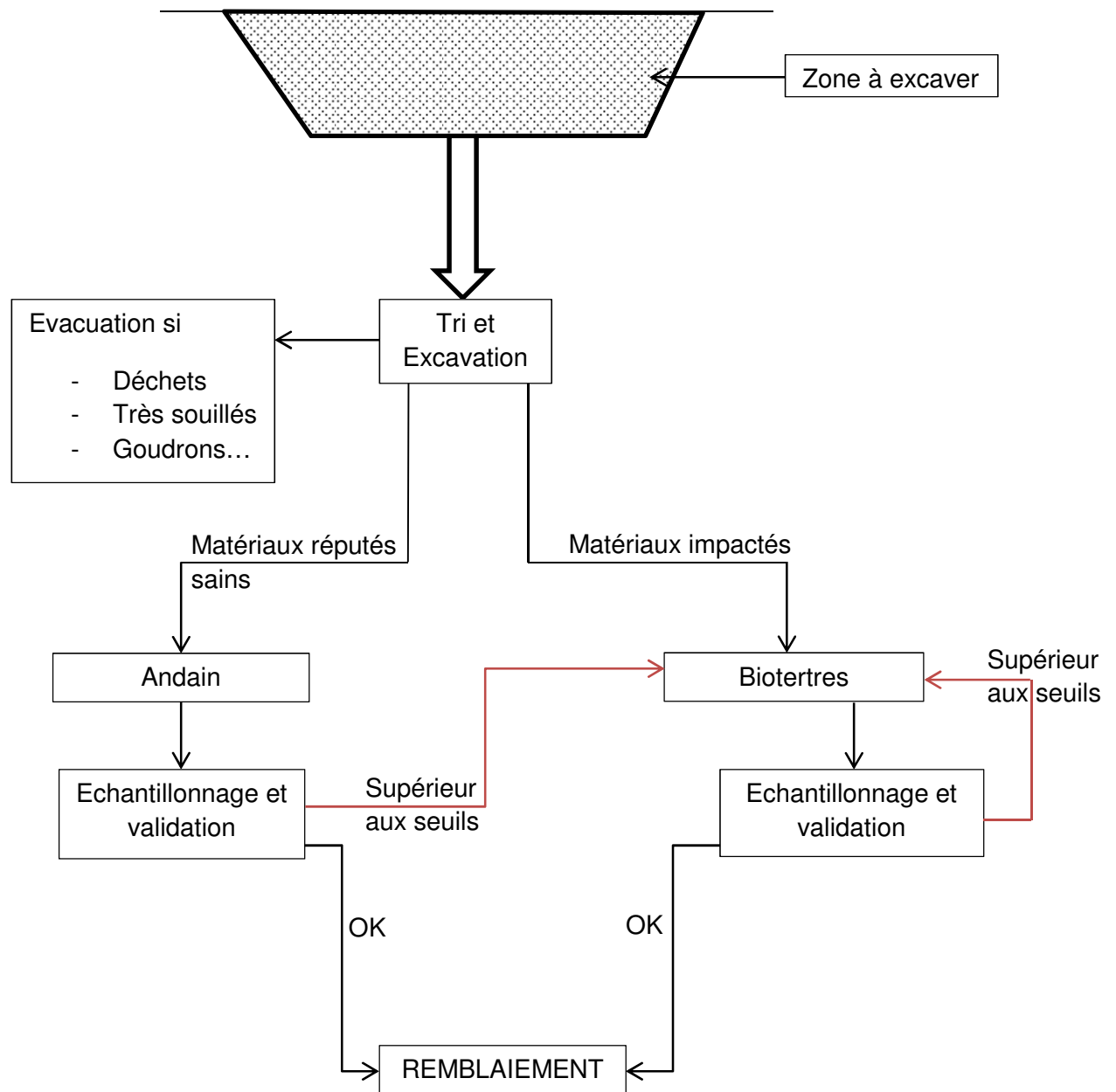


Figure 2 Logigramme pour les excavations

#### 4.1.1 Tri et Excavation

Pour la partie Est, moins impactée en profondeur, l'excavation est possible pour dépolluer le terrain. Le sol est presque uniquement constitué de sables/graviers/colluvions auxquels viennent s'ajouter des restes des bâtiments présents au-dessus comme des gravats et des tirants. Les zones à déblayer ont été caractérisées par un échantillonnage de sol et d'air du sol à 1m et 3m de profondeur par maille de 10mx10m. Une fois les terres excavées plusieurs options, à décider avant sont disponibles.

- Une évacuation des terres car celles-ci sont trop polluées pour être traitées sur place, un envoi vers une décharge ou un centre d'incinération adapté est nécessaire.
- Les terres sont suspectées polluées ou réputées saines, elles sont excavées et mise en Andain. Un Andain est un tas de terre. Pour des raisons pratique ceux-ci sont généralement large de 6/8m et haut de 3m. La longueur dépendant de la quantité de terre disponible.
- Les terres sont avérées polluées, elles sont alors mises en biotertres

La zone concernée correspond à peu près au deux tiers de la surface totale du terrain. La pollution est principalement concentrée en surface dans les trois premiers mètres. Il s'agit d'une pollution HCT et métaux (arsenic et plomb) et aux BTEX, COHV dans une moindre mesure.

La première excavation fait 3m de profondeur. Une analyse pour contrôler le fond des fouilles est effectuée, si celle-ci est supérieure aux seuils alors l'excavation doit poursuivre, sinon elle s'arrête.

#### 4.1.2 Andain et Biotertre

Les terres dont la pollution n'est pas avérée sont placées en Andain.

Les terres excavées polluées sont placées en biotertres. Une partie est disposée en un premier lit d'environ 50cm d'épaisseur sur lequel sont placés les drains permettant l'aération. Le reste des terres est alors placé par-dessus. Une bâche est placée dessous pour éviter les éventuelles infiltrations et une autre par-dessus pour protéger des intempéries et des émanations de gaz.

Les tertres mis en place par la société sont identiques sur tous les chantiers, seule la longueur peut éventuellement varier selon la quantité de terres disponible et le type de sol. Ils font 6/8m de large pour 2.5/3m de haut et en moyenne 40m de long. La figure 2 montre le schéma simplifié d'un biotertre.



Figure 3 Schéma simplifié d'un biotertre

Selon la pollution le traitement ne sera pas tout à fait identique. Dans tous les cas l'excavation des terres et la circulation forcée d'air dans le biotertre permet de passer d'un milieu plutôt anaérobie à un milieu aérobie.

Si la pollution est plus composée d'hydrocarbure léger ou de COHV, facilement volatil, alors l'air sera aspiré des biotertres, les polluants récupérés sont ensuite adsorbés sur charbon actif.

Dans le cas d'une pollution avec des hydrocarbures plus lourds, de l'engrais sera ajouté afin de fournir une zone d'azote aux bactéries. L'air sera également insufflé, celui-ci réchauffé par la turbine permettra d'élever légèrement la température et ainsi favoriser la croissance bactérienne et par conséquent la dégradation des polluants.

Le principe de mise en biotertres est utilisable tel quel sur des sols possédant une bonne porosité comme des sables ou des limons. Dans le cas de sols très argileux un mélange avec du sable ou bien du compost sera nécessaire, les tertres seront généralement plus courts.

La photo 3 montre une partie des biotertres.



**Photo 3** Photo d'une partie des biotertres des Mureaux

#### **4.1.3 Validation et remblaiement**

La durée du traitement est variable selon la concentration de la pollution, celle-ci peut aller de deux ou trois mois à presque un an. Dans le cas de traitement de longue durée les biotertres sont retournés tous les 4 à 6 mois. Un nouvel ajout de nutriment est réalisé à cette occasion. Il



peut aussi être envisagé de réaliser un arrosage des terres afin de garantir une teneur en eau minimale dans le terrain favorable aux bactéries. S'il y a un besoin en eau, le retournement peut être plus fréquent, jusqu'à une fois par mois. L'annexe 2 montre les objectifs de traitement.

Régulièrement sur les biotertres des analyses sont effectuées. Sur les andains les analyses sont effectuées peu après la sortie de terre. Si les résultats d'analyses montrent que les polluants se trouvent en concentration inférieurs aux différents seuils définis par le contrat alors le remblaiement des terres peut commencer. Sinon le traitement en biotertre continue ou commence dans le cas d'un andain.

Sur les Mureaux 3000 m<sup>3</sup> de terres ont ainsi déjà été traités dont 60% déjà remblayé.

#### 4.1.4 Aléas de chantier

Plusieurs aléas ont été rencontrés lors des excavations, comme la découverte de vieilles caves, nombreuses conduites usagées en béton, brique ou métal et également une décharge enfouie qui contenait de nombreux tubes de peinture vide, une carcasse de voiture démantelée et des pots de goudrons (photo 4 et 5)



Photo 4 Photo d'une cave dans une zone d'excavation





**Photo 5 Photo de la décharge enterrée**

Pour les conduites en métal une extraction à la pelleuse suffit simplement, les parties en briques, en béton ou bien les blocs de pierres sont également triés puis concassés. En revanche pour la « décharge » un crible est nécessaire. Il s'agit d'une machine permettant de trier les matériaux solides selon leurs tailles. Les déchets seront séparés puis expédiés dans un centre de traitement agréé, les terres seront traitées sur site.

## 4.2 Soil Venting Thermal Extraction

### 4.2.1 Principe général de la technique

La zone traitée avec cette technique correspond à la partie Ouest du terrain, elle représente environ 8000m<sup>2</sup>. Elle est également plus longue et moins large (l'endroit le plus mince fait 25m).

La pollution sur cette zone est beaucoup plus importante que sur le reste du site. Elle est plus concentrée et également beaucoup plus profonde puisque la couche de craie de la nappe est touchée sur sa partie haute, c'est également la source de la pollution de la nappe. Du fait de l'étroitesse de la zone, coincée entre une route passante et la voie SNCF, cette dernière étant très sensible aux mouvements de terrain, une excavation à une telle profondeur est non envisageable.

L'utilisation du procédé de Soil Venting Thermal Extraction ou SVTE qui permet de ne presque pas modifier le terrain est donc la plus appropriée le long de la voie SNCF. Un suivi précis de la topographie du terrain et de la hauteur de la voie SNCF par un géomètre est fait pour vérifier que la chauffe du sol n'entraîne pas un tassement, même faible, qui pourrait provoquer le déraillement d'un train.

Le procédé de SVTE vise à élever la température du sol suffisamment afin d'augmenter la tension de vapeur des polluants présents pour que ceux-ci soient récupérables ensuite par venting.

Deux parties sont à différencier, la première de chauffage et récupération en bleu sur la figure 4, et la seconde de traitement, en rouge sur la figure 4

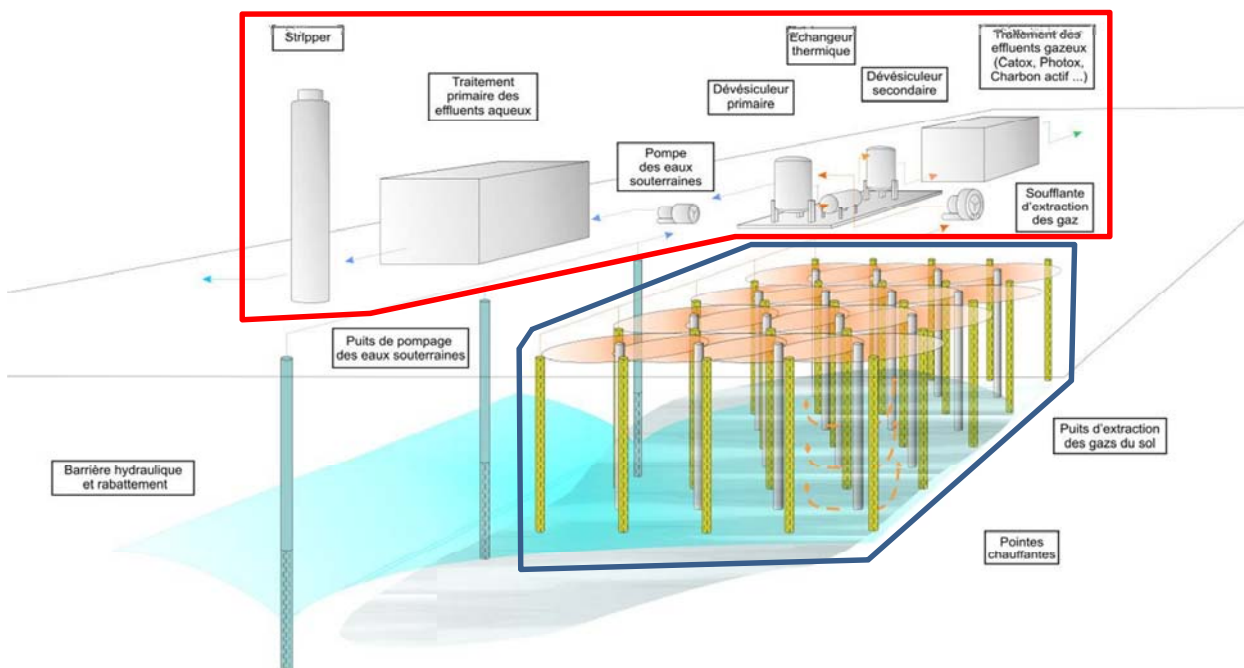


Figure 4 Schéma de principe du procédé SVTE

Les différentes unités de traitement sont agencées comme indiqué sur la figure 5.

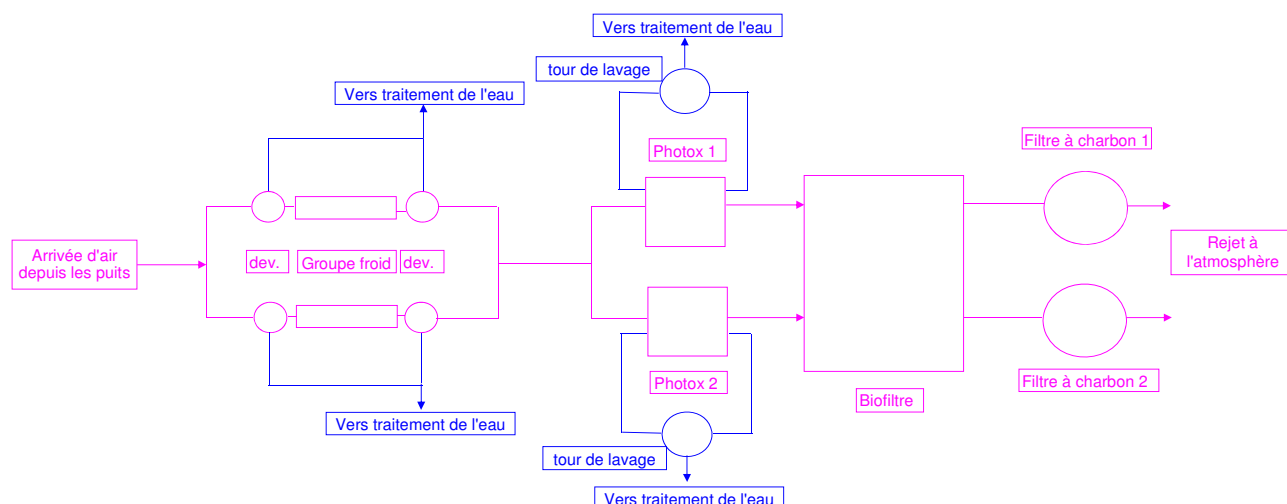


Figure 5 Schéma d'agencement des différentes unités de traitement

#### 4.2.2 Récupération et captage des gaz

Selon le type de polluant les puits sont chauffés jusqu'à atteindre une température comprise entre 400 et 800°C, ce qui permet aux polluants ciblés de passer en phase gazeuse. Une fois en phase gazeuse, ils sont pompés et envoyés vers les unités de traitement.

L'utilisation d'un chauffage in situ exploite la conductivité thermique des sols, qui est très similaire pour tous les différents types de sols.

Cela permet de compenser l'hétérogénéité naturelle des sols qui peut poser problème comme lors de l'utilisation d'une technique de sparging-venting qui consiste à injecter de l'air sous pression d'un côté dans la nappe pour faire passer les polluants sous forme gazeuses et d'aspirer de l'autre. Cependant il est impératif que la nappe soit sous les aiguilles, si celles-ci la touchaient la perte énergétique serait énorme.

L'inertie thermique du sol est cependant très grande, et plusieurs mois seront nécessaires pour amener le sol à la température voulue, pour les Mureaux 100°C. Théoriquement le chauffage et l'extraction devront rester actifs durant 22 mois pour traiter complètement cette zone.

Les puits sont chauffés à l'aide d'aiguilles, des résistances longues de 12.5m et larges de 4cm. Leurs températures sont contrôlées par un thermocouple placé directement le long de l'aiguille. Les aiguilles utilisent 1.5kW/m sur leur partie chauffante, soit 13.5kW par aiguille. Cela représente environ 10 fois la consommation d'une maison.

Les pointes sont mises en place dans des puits en isolants le haut à l'aide de laine de roche pour éviter les remontées d'air chaud. Les annexes 3, 4 et 5 montrent la mise en place d'aiguille et leurs isolations. Lors de cette phase j'ai supervisé 2 personnes pour l'isolation des aiguilles et leur mise en place, action délicate car les aiguilles se tordent facilement et la gaine du thermo couple est fragile.

La seconde partie est la collecte des gaz, pour cela des puits de venting ont été installés partout sur la zone, en plaçant 3 puits de venting en triangle autour d'une aiguille. Les puits de venting font 12 ou 15m de long selon les besoins de l'endroit. Tous ces puits de venting sont raccordés à deux unités d'extraction par un réseau de captage métallique dimensionner selon le

nombre de puits collecter et installé par une entreprise spécialisée dans les réseaux industriels. J'ai également supervisé une partie de l'installation de ce réseau.

Une fois arrivé sur les unités de traitement les gaz sont refroidis par deux aérothermes et deux groupes froids en parallèle jusqu'à une température de 10°C. Les gaz passent également dans un dévésiculeur afin de récupérer l'eau.

#### 4.2.3 Traitement des gaz

Les gaz sont ensuite envoyés vers un réacteur de photo-oxydation qui permet de traiter les polluants chlorés en grandes parties ainsi qu'une partie des BTEX. Cette technique permet de traiter les gaz pollués à basse température et possède un excellent rendement, normalement supérieur à 90%. Les réacteurs utilisent des lampes UV et un catalyseur charbon actif / dioxyde de titane pour fonctionner

Le flux d'air est perpendiculaire au plan des catalyseurs. Les annexes 6 et 7 montrent un réacteur vu de l'extérieur, de l'intérieur vide. La figure 6 montre un réacteur avec le catalyseur (panneau gris clair tendu sur les cadres) et les lampes (symbolisée en pointillés rouge).



Figure 6 Réacteur de photo-oxydation complété



Dans le réacteur photo-catalytique il se produit de nombreuses réactions. Notamment une production d'agents oxydants à partir de l'oxygène de l'air et de l'humidité du flux. Le dioxygène subit une photolyse qui est suivie de la formation d'ozone.



Cette réaction est réversible pour une longueur d'onde  $< 250 \text{ nm}$ .

L'eau résiduelle du flux subit également une photolyse et forme un radical  $\text{OH}^\circ$  qui possède également un fort pouvoir oxydant :



Il s'y produit également une photolyse de la molécule notée R-R (comme par exemple du cis 1,2 Dichloroéthylène) sous l'effet du rayonnement UV.

On obtient :



Les produits de cette photolyse réagissent ensuite avec différents agents oxydants produits en même temps dans le réacteur.

Les cinétiques de réactions d'oxydo-réduction sont augmentées grâce au catalyseur de  $\text{TiO}_2$  et charbon actif. La présence du charbon actif permet d'adsorber les polluants localement sur une zone contenant des particules de dioxyde de titane en augmentant ainsi leur concentration et accélérer encore plus la cinétique de réaction. De plus les intermédiaires de réactions auront ainsi plus de chance de rester piégés sur le charbon actif et d'être dégradés à leur tour

Au final la réaction de photo-oxydation produit du  $\text{CO}_2$ , de l'eau et de l'acide chlorhydrique. L' $\text{HCl}$  est éliminé grâce à une tour de lavage placée directement derrière le réacteur. L'acide passe en phase aqueuse et est neutralisé par de la soude, le pH global de la tour étant régulé à 7 afin d'avoir un bon rendement.

L'air résiduel est ensuite envoyé vers un biofiltre qui élimine les HCT et les BTEX restants. Ce biofiltre est composé de compost qui sépare les drains amenant l'air de ceux qui l'emportent, le tout étant étanchéifié. La figure 7 montre le schéma du biofiltre des Mureaux, et l'annexe 8 le montre juste avant l'étanchéification. Sur la figure 7 le flux de nutriment/eau est symbolisé en bleu et le flux d'air en rouge. Le puits sert à la récupération de l'eau. Sortie

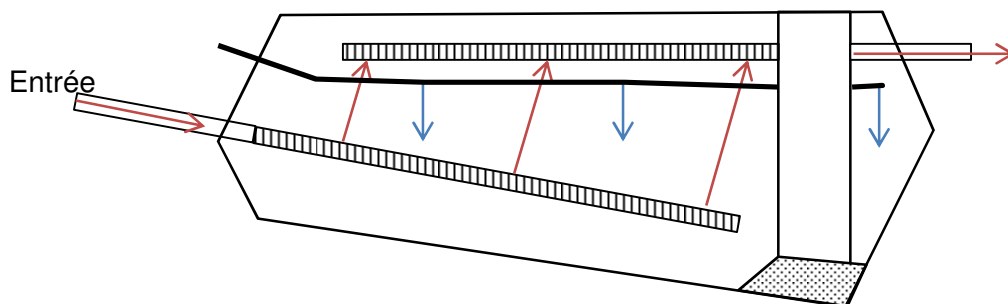


Figure 7 Schéma du biofiltre des Mureaux



La faune bactérienne du biofiltre est entretenue de manière automatique par arrosage régulier d'eau ajoutée à de l'engrais pour satisfaire les besoins en N, P et K. Le puits permet de récupérer l'eau résiduelle afin d'éviter une stagnation au fond biofiltre. Cette eau est réutilisée pour arroser. Ce qui permet de tourner en circuit fermé.

Deux turbines permettent d'extraire l'air du biofiltre et le maintiennent en dépression, les gaz passent sur des charbons actifs avant d'être rejeté à l'atmosphère.

#### **4.2.4 Traitement de l'eau**

En plus du traitement des gaz le site possède un traitement d'eau. Celui-ci sert principalement à traiter ce qui provient de la barrière hydraulique, mais également en quantité moindre l'eau recueillis par les dévésiculeurs des groupes froids et les eaux de vidanges des tours de lavage de la photo catalyse.

Cette unité de traitement d'eau est composée d'un séparateur qui permet d'isoler une éventuelle phase flottante, d'un stripper qui permet de faire passer une majorité des polluants en phase gaz, ensuite envoyé vers le biofiltre. Au final l'eau passe sur des charbons actifs avant d'être rejetée dans le réseau d'évacuation de la ville.

#### **4.2.5 Caractéristique et implantation de la zone de traitement**

Cette zone correspond à la partie Ouest du terrain, elle représente environ 8000m<sup>2</sup>. Elle est également plus longue et moins large (l'endroit le plus mince fait 25m).

La pollution sur cette zone est beaucoup plus importante que sur le reste du site. Elle est plus concentrée et également beaucoup plus profonde puisque la couche de craie de la nappe est touchée sur sa partie haute, c'est également la source de la pollution de la nappe. Du fait de l'étroitesse de la zone, coincée entre une route passante et la voie SNCF, cette dernière étant très sensible aux mouvements de terrain, une excavation à une telle profondeur est non envisageable.

L'utilisation de la SVTE qui permet de ne presque pas modifier le terrain est donc la plus approprié le long de la voie SNCF. Un suivi précis de la topographie du terrain et de la hauteur de la voie SNCF par un géomètre est fait pour vérifier que la chauffe du sol n'entraîne pas un tassement, même faible, qui pourrait provoquer le déraillement d'un train.

#### **4.2.6 Difficultés rencontrées**

Lors de l'exécution de la SVTE, plusieurs difficultés ont été rencontrées. La première concerne la quantité de polluants extraits. En effet celle-ci est très importante, de l'ordre de 12 kg/h de BTEX et COHV (environ 45/55). A cette quantité les réacteurs photox sont saturés

La solution envisagée est de passer à un système de thermo-catalyse ou CATOX. Cette unité fonctionne en oxydant violemment à haute température, entre 320 et 500 °C, les polluants dans un réacteur catalytique pour former de l'eau et du CO<sub>2</sub>.

Pour obtenir cette réaction le flux d'air est préchauffé avec d'entrer dans le réacteur. Comme la réaction est fortement exothermique, avec un échangeur il est possible de récupérer la chaleur produite pour chauffer les gaz entrants, et fonctionner ainsi de manière autotherme.

Néanmoins la température bride ainsi la quantité de polluants admissible pour ne pas surchauffer l'unité, la limite est de 11g/m<sup>3</sup> soit plus de dix fois les possibilités d'un réacteur de photo-catalyse.

L'utilisation des CATOX sera donc faite le temps que la concentration d'extraction des polluants diminue suffisamment pour que les réacteurs suffisent à les détruire. Ceux-ci consommant moins d'énergie qu'une CATOX à faible concentration.

Une seconde difficulté concerne la production de phosgène en tant que sous-produits de dégradation lors d'une catalyse sur TiO<sub>2</sub>. Le phosgène, de formule COCl<sub>2</sub>, est un gaz très toxique dont la Valeur Limite d'Exposition pour 8h est de 0.02ppm. Celui est plus lourd que l'air et attaque principalement les muqueuses.

Cependant le phosgène très instable en présence d'eau et se dégrade en HCl et dioxyde de carbone. La tour de lavage située directement derrière les réacteurs permet de détruite le phosgène éventuellement formé. Néanmoins sa possible présence oblige à maintenir le système en dépression pour éviter toutes fuites.

La troisième difficulté concerne les difficultés du réglage lié à l'efficacité du traitement.

Le processus de SVTE sur ce site est utilisé à grande échelle, et possède deux lignes de traitements identiques parallèles et croisés, chacune ayant 4 unités. Ces nombreuses machines possèdent des seuils d'alerte qui leurs sont propres. Ce qui laisse une faible marge de manœuvre pour le fonctionnement et rend la mise au point et le réglage d'autant plus difficile. Ceci ajouté aux nombreux coudes et légères fuites qui entraînent des pertes de charges plus ou moins importantes, provoque de nombreux arrêt des machines.

Il y a plusieurs solutions possibles, le point de résistance le plus faible est la grande sensibilité à la dépression des tours de lavages, une solution serait donc de changer les tours actuellement en PEHD par des tours plus solides, faites d'acier par exemple.

Une autre solution serait de passer le système en pression, malheureusement le phosgène empêche cette possibilité dans cette partie du circuit. Sinon cela pourrait entraîner des fuites involontaire et dangereuse pour le personnel et/ou le voisinage.

Une dernière difficulté est la résistance thermique des réacteurs de photocatalyse, ceux-ci ont été conçu en polypropylène, dont le point de fusion en dépression se trouve vers les 60°C contrairement aux 90°C/100°C prévu. Par conséquent lors des essais un de réacteurs a fondu.

La photo 6 montre ce réacteur, il s'agit du même que celui présenté en figure 6.



**Photo 6** Photo des cadres de réacteurs fondus

Les différentes difficultés ont finalement trouvées une solution commune. En effet une unité de CATOX est déjà prévue et si les tests sont concluants, une seconde pourrait venir pour remplacer l'autre réacteur de photo-catalyse. La CATOX possède une tour de lavage différente, capable de résister et refroidir les gaz à 500°C qui sortent du réacteur. Avec l'absence des réacteurs photox le phosgène n'est plus produit et la mise en pression pourrait être possible.

### **4.3 Rédaction des rapports et analyses**

Une autre partie du travail consiste à s'assurer que les unités fonctionnent bien. De nombreuses analyses d'air en différents points du circuit sont donc régulièrement effectuées par prélèvement d'air sur charbon actif, au minimum une fois par mois. L'eau pompée de la barrière hydraulique est également régulièrement analysée avant et après traitement.

Des mesures directes ou en ligne sont faites de manières plus ponctuelles mais permettent de vérifier plus souvent le bon fonctionnement global et d'essayer de maximiser le système de traitement.

Les analyses couplées aux mesures directes permettent d'établir des comparatifs dans le temps permettant de valider les courbes de décroissance prévues lors de la création du projet et également estimer une fin de l'extraction des polluants.

La mise au point et la rédaction du rapport d'exploitation qui permet d'informer le client de l'avancement du chantier, des problèmes ou recommandations éventuels, ainsi que la transmission d'information aux autres chantiers pouvant utiliser le même système font également parties de mon travail.

## 5 Autres Chantier

---

### 5.1 HSD – Saint-Denis

Le chantier de HSD à Saint-Denis est un ancien site de stockage de solvants organiques et d'huiles. Il s'agit d'une ancienne zone très industrialisée où l'on trouvait notamment Gaz de France, Charbonnage de France et des usines de production de White Spirit (qui se retrouve en trace dans la nappe). La nappe phréatique est donc très impactée. Le site en lui-même fait environ 20000m<sup>2</sup> et se trouve en bordure d'un canal relié à la Seine. Le chantier a démarré en 1996.

Le traitement a consisté principalement en un écrémage du flottant, qui pouvait aller au début du chantier jusqu'à 6m d'épaisseur selon les endroits. Aujourd'hui l'épaisseur de flottant qui a bien diminué permet une extraction multiphase ou EMP. Il est donc possible d'extraire plus efficacement les polluants restants. L'écumage en comparaison à une EMP coûte beaucoup moins cher pour une efficacité très légèrement inférieure avec de grandes épaisseurs de flottants, cependant à épaisseur moindre l'EMP est plus efficace.

Mon travail sur ce chantier, grâce à mon expérience sur les Mureaux, a été la mise en place et la construction du biofiltre permettant de traiter les futurs gaz extraits. Le biofiltre ressemble à celui présent sur le chantier des Mureaux à quelques différences sont à noter :

- Il est beaucoup plus long et moins large (25m contre 10m et 4m de large contre 8m)
- L'entrée et la sortie des gaz se situent du même côté du biofiltre.
- Il est également légèrement moins épais (2m contre 2.5m).

Les différences de formes s'expliquent par la topographie du terrain, sur les Mureaux le terrain était libre, sur HSD, le biofiltre est bloqué entre le bord de la propriété et un versant non négligeable de terrain (environ 6m).

## 5.2 Limeil-Brevannes

Je suis intervenu dans le cadre de la mise en place en urgence sur une décharge à ciel ouvert non autorisée sur la commune de Limeil Brevannes un système de maîtrise des départs de feu.

Ce chantier réalisé pour le compte de l'ADEME, est très médiatisé et demandait la mise en place de dispositif d'extinction de départ de feu au niveau du tas de déchets qui dégageaient des fumées toxiques incommodant tout le quartier.

La décharge de très grande taille, où sont stockés environ 150 000 m<sup>3</sup> de déchets divers de type plastique, bois et organique principalement. Le tas fait 25m de haut pour 200m de long. La fermentation des déchets organiques présents dans ce tas entraîne une augmentation importante de température. Ceci ajouté à une chaleur d'été entraîne le départ de nombreux feux spontanés.

Mon rôle a été d'assister un ingénieur pour mettre en place une solution anti-feu efficace rapidement pour pallier aux interventions quasi quotidienne des pompiers. La photo 7 montre le tas avec une des lances à eau installée en action. J'ai également aidé à former les gardiens au maniement du système anti-incendie



Photo 7 Photo d'une partie de la décharge de Limeil-Brevanne

Le site a été sécurisé avec une clôture afin d'empêcher toute intrusion. Un réseau de collecte des lixiviats a été mis en place afin de traiter les eaux avant rejets, celles-ci allant directement au réseau de la ville et pouvant impacter la nappe phréatique aux endroits non bétonnés.



## 6 Conclusion

---

La technique de SVTE utilisée sur les Mureaux est innovante en France, et moins aux Etats-Unis où elle est plus utilisée. Elle permet de traiter in situ des zones aux sols sensibles comme sous des bâtiments (sous-sol, cave...). Et également en évitant l'excavation des terrains, cela évite de faire passer les polluants dans l'atmosphère lors de la manipulation des terres, ce qui peut être incommode voir dangereux. Néanmoins un fort apport énergétique est nécessaire.

Ce stage m'a permis de découvrir le monde du travail dans la dépollution avec son fonctionnement, ces contraintes de temps et d'argent. En étant principalement sur le site des Mureaux, j'ai pu étudier complètement ce nouveau système. Ce qui m'a permis de comprendre les différents mécanismes qui interviennent dans ce milieu.

Au terme de ce stage j'ai pu avoir la satisfaction de voir la fin des tests et de la mise en route de la technique principale de ce chantier, tout en travaillant dans un domaine qui me plaît. J'ai pu approfondir une bonne partie de mes connaissances dans différents domaines tout en étant entouré de personnes compétentes qui ont su me guider et m'assister tout en me laissant une certaine autonomie.

## ANNEXES

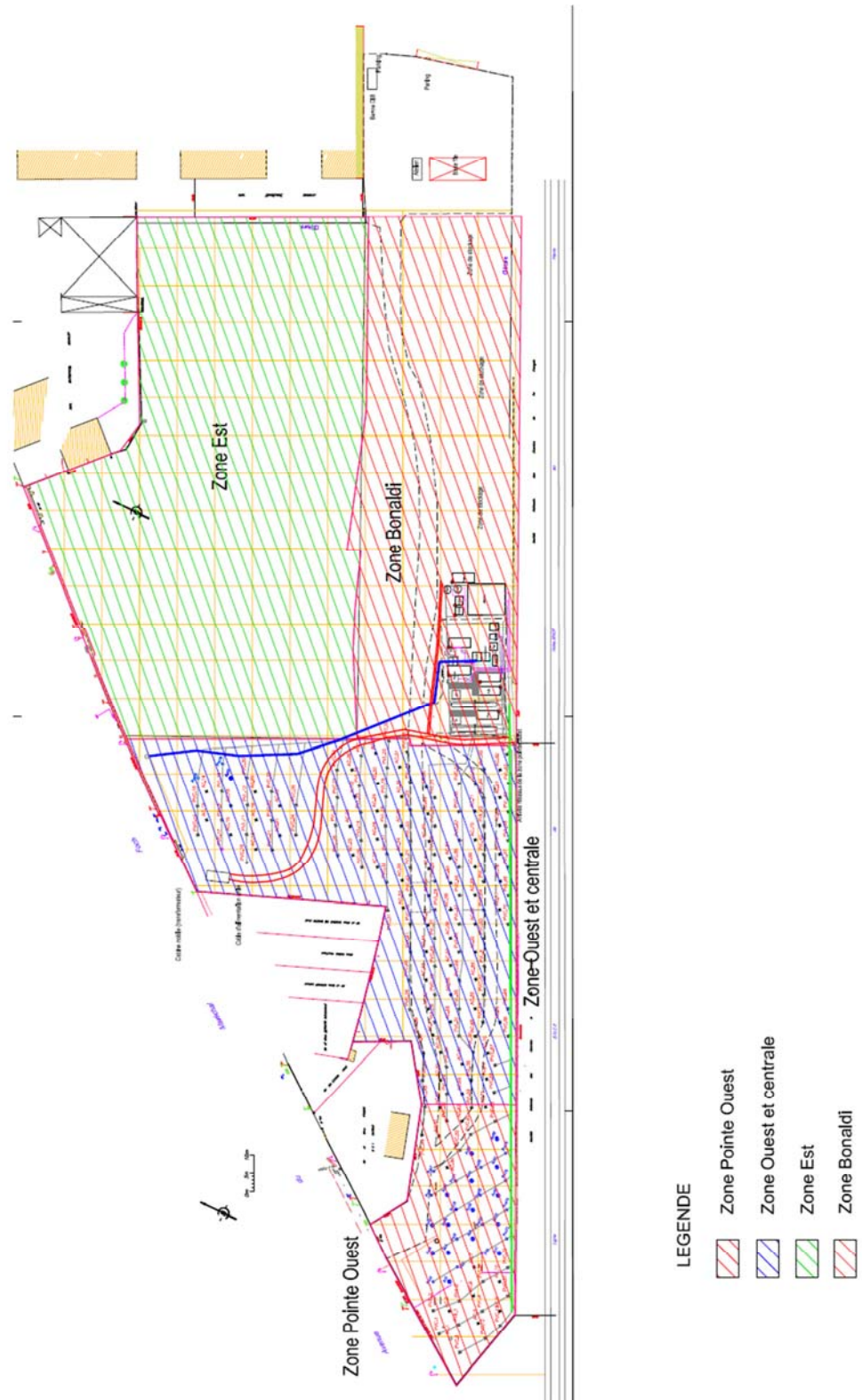
---

# Table des Annexes :

---

Annexe 1 Agencement des trois différentes parcelles.....	22
Annexe 2 Objectif de réhabilitation des sols.....	23
Annexe 3 Photo de la mise en place test de la première aiguille .....	24
Annexe 4 Mise en place de l'isolation du haut de l'aiguille. ....	25
Annexe 5 Mise en place d'une aiguille avec isolation. ....	26
Annexe 6 Photo d'un réacteur de photo-catalyse (photox).....	27
Annexe 7 Photo de l'intérieur d'un photox.....	28
Annexe 8 Photo du biofiltre des Mureaux .....	29

# ANNEXE 1



Annexe 1 Agencement des trois différentes parcelles.

# ANNEXE 2

## SNF Les Mureaux

Substances		Objectifs de réhabilitation des sols exprimés en mg/kg ("cibles")	
Famille	Composés	Bloc 1: Sols de surface (entre 0 et 3m de profondeur)	Bloc 2: Sols profonds (entre 3 et 10 m de profondeur)
<b>HCT</b>	Hydrocarbures totaux	1000	4000
<b>HAP</b>	Naphtalène	12	12
<b>BTEX</b>	Benzène	6.5	7
	Ethylbenzène	3.1	84
	Toluène	52	55
	Xylènes	150	160
<b>COHV</b>	Chlorure de vinyle		0.1
	1.1 dichloroéthylène	0.03	
	Dichlorométhane	0.21	0.21
	Trans 1.2 Dichloroéthylène	0.44	0.44
	1.1 Dichlorométhane	0.08	0.11
	Trichlorométhane	0.1	0.1
	Tétrachlorométhane	0.05	0.05
	Trichloroéthylène	35.75	35.75
	Tétrachloroéthylène	5.7	5.7
	Cis 1.2 Dichloroéthylène	13.4	13.4
	1.1.1 Trichlorométhane	2.3	2.3

Annexe 2 Objectif de réhabilitation des sols



## ANNEXE 3

---



Annexe 3 Photo de la mise en place test de la première aiguille

## ANNEXE 4

---



Annexe 4 Mise en place de l'isolation du haut de l'aiguille.

*La laine de roche est mise en place pour éviter les remontés de gaz brûlants qui pourrait occasionner des blessures ainsi qu'une perte d'énergie.*



## ANNEXE 5

---



Annexe 5 Mise en place d'une aiguille avec isolation.

## ANNEXE 6

---



Annexe 6 Photo d'un réacteur de photo-catalyse (photox)

*Les orifices sur le côté gauche permettent l'entrée des gaz (la sortie s'effectuant par le côté opposé). Ceux visibles sur la partie droite permettent l'insertion des lampes UV.*

## ANNEXE 7

---



Annexe 7 Photo de l'intérieur d'un photox

*La photo est prise avant la mise en place du catalyseur et des lampes UV. Les cadres visibles sont les supports du catalyseur.*



## ANNEXE 8

---



Annexe 8 Photo du biofiltre des Mureaux

*La photo a été prise lors de la mise en place du biofiltre. A ce stage il reste uniquement la mise en place de la bâche supérieure. Les tuyaux visibles sont ceux de sorties des gaz.*

# Suivi de projet de dépollution

## **Résumé :**

Le stage a été effectué de février à août au sein de l'agence de Paris de l'entreprise GRS Valtech, spécialisée en reconversion des sites et sols pollués pour la redynamisation des territoires.

Le sujet concernait le suivi d'un projet de dépollution, le chantier de SNF – Les Mureaux. Ancien site industriel de retraitement de peinture où de nombreux solvants ont été utilisés et stockés dans de mauvaises conditions de rétention.

Les techniques utilisées sur la partie sont : sur la plus polluée du site la Soil Venting Thermal Extraction ou SVTE, c'est une technique innovante en France, surtout sur une telle surface. Il s'agit d'une technique in situ, appropriée sur le site qui doit avoir le minimum de mouvement de terrain. Et sur la partie la moins polluée la mise en biotertres qui consiste à faciliter la destruction des polluants par les bactéries.

Mon travail a consisté en un premier temps à assister la mise en place de toute l'installation, son placement les connexions des unités entre elles et ensuite la mise en route et les tests pour vérifier la bonne marche de toutes les unités.

Dans un second temps j'ai aidé à la rédaction du rapport d'exploitation destiné au client et au suivi analytique et financier du projet.

**Mot clés :** Dépollution, Chantier, Soil Venting Thermal Extraction (SVTE), GRS Valtech